

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADEN SAHALARINDA AGREGA STOKLAMA ALANLARINDA HACİMSEL
ÖLÇME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOLGA AKBOSTANCI

ARALIK 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADEN SAHALARINDA AGREGA STOKLAMA ALANLARINDA HACİMSEL
ÖLÇME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga AKBOSTANCI

DANIŞMAN : Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

İKİNCİ DANIŞMAN : Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

ZONGULDAK

Aralık 2019

KABUL:

Tolga AKBOSTANCI tarafından hazırlanan “Maden Sahalarında Agrega Stoklama Alanlarında Hacimsel Ölçme Yöntemlerinin Performans Değerlendirmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
20/11/2019

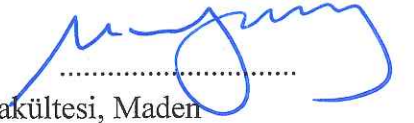
Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



Üye: Prof. Dr. Mahmut YAVUZ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım./...../2019



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."


Tolga AKBOSTANCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MADEN SAHALARINDA AGREGA STOKLAMA ALANLARINDA HACİMSEL ÖLÇME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Tolga AKBOSTANCI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

İkinci Danışman: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Aralık 2019, 43 sayfa

Madencilik endüstrisinde agrega sektörü üretim miktarı bakımından önemli bir büyüklüğe sahiptir. Üretilen agregaların çoğunluğu yüzey ocaklarındaki doğal kaynaklardan (kum, çakıl, kırılmış kaya) sağlanmaktadır. Agregada stok yığınlarının hacmini hesaplamak için geleneksel yer bazlı ölçüm yöntemlerinin kullanılması durumunda, ölçüm ekibinin ekipmanları ile sahada bulunması ve çok sayıda noktanın koordinatlarını ve yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Ölçüm noktaları, stok tabanının etrafında, stok yığının üstünde ve kırılma çizgileri boyunca seçilmektedir. Bu noktalar belirlendikten sonra, ölçümlerden yüzey modelleri üretilmektedir. Modeller, hacim değişikliklerini hesaplamak için baz taban yüzeyi ile karşılaştırılmaktadır. Büyük bir depolama sahasında tüm stokların bu yöntemle ölçülmesi zaman alıcı ve pahalıdır. Ölçücüler sahada aynı zamanda çeşitli tehlikeli koşullara da maruz kalmaktadır. Bir alternatif yöntem, stok hacimlerini hesaplamak için insansız hava aracı (İHA) olarak bilinen drone kullanmaktır.

ÖZET (devam ediyor)

İHA kullanılması durumunda bir diğer önemli avantaj iş sahasında çalışmaların kesintisiz olarak devam edebilmesidir. Stok hacminin belirlenmesi için İHA kullanılmasıyla ilgili en yaygın soru, ölçümlerin ve hesaplamaların doğruluğudur. Bu çalışmada, çakıl agrega malzemesinden oluşan bir stok yığnında GNSS(küresel konumlama sistemi) nokta ölçümlerinden, İHA (insansız hava aracı) drone ve YLT (yersel lazer tarama) yönteminden elde edilen verilere dayanarak hacim hesaplamaları yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar İHA yönteminin, GNSS veri noktaları ile YLT elde edilen yüzeylere dayalı hacim hesaplamasına kıyasla, kabul edilebilir metreküp farkıyla hızlı ve güvenli stok hacmi ölçümleri için uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, Ölçüm, Stok Yığnı, Hacim

Bilim Kodu: 607.01.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PERFORMANCE EVALUATION OF VOLUME MEASUREMENT METHODS IN MINING SITES AGGREGATE STORAGE AREAS

Tolga AKBOSTANCI

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

Thesis Advisor: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

Co-Advisor: Assoc. Prof. Umut Güneş SEFERCİK

December 2019, 43 pages

In the mining industry the aggregates sector has an important size in terms of production quantity. Most of the aggregates are produced from natural resources (sand, gravel, crushed rock) in surface quarries. Using traditional ground-based surveying methods to calculate the volume of aggregate stockpiles means a surveyor team must take their equipment on site and capture the coordinates and elevation of multiple points. The points are selected around the base of the stockpile, on top of the stockpile and along the break lines. Once these points have been captured, the surveyor generate surface models. The models are compared against a baseline surface to calculate volume changes. Measuring all the stockpiles in a large stockyard using this method is time consuming and expensive. The surveyor is also exposed to various dangerous conditions. An alternative is using unmanned aerial vehicles (UAV), known as drone, to calculate stockpile volumes. The more points that are captured, the more accurate a surface model will be and a drone can capture more points than a surveyor using traditional methods in a fraction of the time. As an added important benefit, site working operations can continue uninterrupted.

ABSTRACT (continued)

The most common question considering using drones for stockpile volume determination is the accuracy of measurements and calculations. In this study, stockpiles made up of gravel aggregate material was measured to compare volume calculations based on data obtained from GNSS (Global Navigation Satellite System) point surveys and UAV (Unmanned Aerial Vehicle) drone and TLS (Terrestrial Laser Scanning) surveying methods. The obtained results showed that UAV's are suited for fast and safe stockpile volume measurements with an acceptable difference of cubic meters when compared to volume calculation based on surfaces obtained with GNSS and TLS measurements.

Keywords: Aggregate, Measurement, Stockpile, Volume

Science Code: 607.01.01

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, tez konusunun belirlenmesi, kapsamının ayrıntılandırılması, tez süresi boyunca yapıcı öneri ve eleştirileri ile sonuçların yorumlanmasında, çok değerli katkı ve yönlendirmeleri için tez danışmanı hocalarım Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN ve Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince ve sonuçlandırılmasında derin bilgileriyle önerilerde bulunan ve arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Arş. Gör. Can ATALAY'a, Yüksek Lisans öğrenimim boyunca desteklerinden dolayı Zonguldak İl Özel İdaresi Ruhsat ve Denetim Şube Müdürü Yüksel TURPCU'ya, işyerindeki çalışmalara ara vererek stok sahalarında ölçüm yapabilmemiz için fırsat tanıyan Gedikoğulları Kum Çakıl Beton Ür. Yapı Malz. İnş. Nak. Tic. San. Ltd. Şti. sahibi İlhan GEDİK'e çok teşekkür ederim.

Jüri Üyelerim Prof. Dr. Mahmut YAVUZ ve Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR'a çok teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir şekilde emeğini esirgemeyen her konuda desteklerini gördüğüm sevgili babam Zeki AKBOSTANCI ve annem Gülşen AKBOSTANCI ve eşim Hülya AKBOSTANCI'ya sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 KONUNUN ÖNEMİ.....	1
1.2 TEZİN AMACI VE KAPSAMI.....	2
BÖLÜM 2 YIĞIN ÖLÇÜMLERİ.....	3
2.1 GENEL BİLGİLER.....	3
2.2 HACİM HESAPLAMALARI	4
2.3 ÖLÇÜM CİHAZLARI	5
2.3.1 GNSS	5
2.3.2 TUSAGA-AKTİF (Türkiye Ulusal Sabit Gps Ağı-Aktif/CORS-TR).....	6
2.3.3 Uzaydan Konum Belirleme Sistemi- GPS (Global Positionning System)	7
2.3.4 Total Station.....	9
2.3.5 Yersel Lazer Tarayıcılar (YLT)	9
2.3.5.1 Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri	10
2.3.5.2 Yersel Lazer Tarayıcı Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi	11
2.3.5.3 Bağımsız Model Yöntemi.....	12

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

2.3.6 İnsansız Hava Aracı (İHA)	12
BÖLÜM 3 SAHA ÖLÇÜMLERİ	14
3.1 SAHANIN KONUMU VE ÖZELLİKLERİ	14
3.2 ÖLÇÜM SAHASINDA YER KONTROL NOKTALARININ TESİSİ	15
3.3 YIĞIN ÖLÇÜMLERİ.....	16
3.4 ÇALIŞMA SAHASI ÖLÇÜM VERİLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	16
3.4.1 GNSS	17
3.4.2 Yersel Lazer Tarayıcı (YLT)	20
3.4.3 İnsansız Hava Aracı (İHA)	22
BÖLÜM 4 ÖLÇÜM VERİLERİN İŞLENMESİ.....	24
4.1 HACİM VE ALAN HESAPLAMALARI.....	24
4.1.1 Alan Hesaplamaları	24
4.1.2 Hacim Hesaplamaları.....	25
4.2 GNSS VERİLERİNİN İŞLENMESİ.....	27
4.3 İHA FOTOGRAMETRİ İŞLEMLERİ.....	27
4.4 YLT VERİLERİNİN İŞLENMESİ.....	30
BÖLÜM 5 SAYISAL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI	32
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	44
BİBLİYOGRAFYA	46
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Farklı boyutlardaki agregalar	3
2.2	2016 yılında Avrupa’da ülkeler bazında agrega üretimi	4
2.3	TUSAGA-Aktif istasyonları	6
2.4	Uzaya gönderilen ilk uydu SPUTNIK-I	7
2.5	Nokta konum belirleme	8
2.6	Bağıl konum belirleme.....	9
2.7	Topcon GM Total Station	9
2.8	Lazer tarayıcıdan elde edilen 3D renkli nokta bulutu görüntüsü.....	10
2.9	Yersel lazer tarayıcı ölçüleri, tarayıcı koordinat sistemi ve yer koordinat sistemi.....	11
2.10	Lazer tarayıcı istasyonları	12
3.1	İnceleme sahasına ait havadan İHA drone fotoğrafı.....	14
3.2	YKN sahada uygulama çalışmaları.....	15
3.3	Ölçümü yapılan stok yığınları.....	16
3.4	İş akım şeması.....	17
3.5	Sahada GNNS ölçümlerine ait görünümeler	18
3.6	GNNS ölçüm noktaları ve dijital yüzey modeli.....	19
3.7	Yersel lazer tarayıcı cihazı.....	20
3.8	Lazer tarayıcı ölçüm kürelerinin saha içindeki konumları	20
3.9	Lazer tarayıcı tarafından çekilen renkli ve siyah-beyaz görüntüler.....	21
3.10	Yersel lazer tarayıcı verilerinden elde edilen 3 boyutlu (3D) saha görüntüsü.....	21
3.11	Dji Phantom 4 Pro drone modeli ile kumanda ünitesi	22
3.12	50 m irtifa uçuşlarının konum hatalarının ortomozaik üzerindeki görüntüsü	23
3.13	100 m irtifa uçuşlarının konum hatalarının ortomozaik üzerindeki görüntüsü	23
4.1	Simpson kuralı	24
4.2	Ortalama alanlar formülü.....	25
4.3	Üçgen prizma hacim hesabı	26
4.4	Stok yığınlarının üçgen prizma modelleri	26

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.5 GNSS verilerinin işlenmesi	27
4.6 Yöneltilme bilinmeyenlerinin çözümü ve eşleştirme aşaması	28
4.7 Ağ örgüsü üretimi	29
4.8 Stok sahası ölçüm istasyonlarının dağılımı	30
4.9 Stok sahasının 3D görünümü	31
4.10 Checkboard saha yerleşimleri	31
5.1 Stok yığnında GNSS cihazı ile operatör ölçümü	32
5.2 GNSS ölçüm noktaları dağılımı	32
5.3 Değişken yüzeyli yığnın görünümü	33
5.4 Stok yığnındaki kör noktalar.	33
5.5 Kullanılan teknikler ve 4 adet yığnın gölgelendirme haritaları.	34
5.6 4 Nolu yığnın YLT ve İHA 50 m görünümü	36
5.7 Kullanılan tekniklere göre toplam stok ve 4 nolu stok değerleri	37
5.8 Kullanılan cihazlara göre 2 nolu stok yığnının en kesitleri	38
5.9 2 nolu stok yığnının görünümü	39
5.10 2 nolu stok yığnında GNSS cihazı ile operatör ölçümü	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
5.1	Çalışmada incelenen stok yığınlarının kübaj hesabı.....	35
5.2	Kullanılan tekniklerin karşılaştırılması.....	40





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Δ : Delta

KISALTMALAR

CORS-TR	: Continuously Operating Reference Stations - Turkey
DSM	: Digital Surface Model
DTM	: Digital Terrain Model
GCS	: Ground Control Station
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
GSD	: Ground Sample Distance
IMU	: Inertial Measurement Unit
İHA	: İnsansız Hava Aracı (Drone)
RTK	: Real Time Kinematic
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yüzey Modeli
TS	: Total Station
TLS	: Terrestrial Laser Scanning
TUSAGA-AKTİF	: Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal GPS Ağı
UAV	: Unmanned Aerial Vehicles
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YLT	: Yersel Lazer Tarama



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 KONUNUN ÖNEMİ

Madenler ve taş ocaklarında, iş güvenliğini geliştirmek, işletme maliyetlerini düşürmek ve verimliliği artırmak için yenilikçi yöntemler aranmaktadır. Örneğin, insansız hava araçları (İHA) önemli bir şantiye aracı olarak yer almaya başlamıştır. Yerüstü madenlerinde ve agrega işletmelerinde stok yığın yönetimi, insansız hava araçları için yaygın uygulama alanı potansiyeli taşımaktadır. Madencilik endüstrisinde agrega sektörü üretim miktarı bakımından önemli bir büyüklüğe sahiptir. Üretilen agregaların çoğunluğu yüzey ocaklarındaki doğal kaynaklardan (kum, çakıl, kırılmış kaya) sağlanmaktadır. Agregada stok yığınlarının hacmini hesaplamak için geleneksel yer bazlı ölçüm yöntemlerinin kullanılması durumunda, ölçüm ekibi ekipmanları ile sahada bulunmalı ve çok sayıda noktanın koordinatlarını ve yüksekliğini belirlenmelidir. Noktalar, stok tabanının etrafında, stok yığının üstünde ve kırılma çizgileri boyunca seçilmektedir. Bu noktalar belirlendikten sonra, ölçümlerden yüzey modelleri üretilmektedir. Modeller, hacim değişikliklerini hesaplamak için baz taban yüzeyi ile karşılaştırılmaktadır. Büyük bir depolama sahasında tüm stokların bu yöntemle ölçülmesi zaman alıcı ve pahalıdır. Ölçücüler sahada aynı zamanda çeşitli tehlikeli koşullara da maruz kalmaktadır (ağır ekipmanların yakınında yürümek, dengesiz stok yüzeylerine tırmanmak vb.). Bir alternatif yöntem, stok hacimlerini hesaplamak için insansız hava aracı (İHA) olarak bilinen drone kullanmaktır. Hacim ölçümleri için ne kadar fazla nokta yakalanırsa, yüzey modeli o kadar doğru olmakta ve geleneksel ölçüm yöntemlerine kıyasla drone ile daha sınırlı zamanda daha fazla nokta elde edilebilmektedir. İHA kullanılmasının bir diğer önemli avantajı ise sahada çalışmaların kesintisiz olarak devam edebilmesidir. Stok hacminin belirlenmesi için İHA kullanılmasıyla ilgili en yaygın soru, ölçümlerin ve hesaplamaların doğruluğudur. Bu çalışmada, çakıl agrega malzemesinden oluşan bir stok yığnında GNSS nokta ölçümlerinden ve İHA, YLT yönteminden elde edilen verilere dayanarak hacim hesaplamaları yapılmış ve karşılaştırılmıştır.

1.2 TEZİN AMACI VE KAPSAMI

Madencilik faaliyetleri ile üretilen taneli agrega malzemeleri (kum, çakıl, kırmataş) sınıflandırma işlemlerinden sonra sahalarda stoklanarak depolanmaktadır. Üretim planlaması ve satış koşullarına bağlı olarak sahalarda zamanla değişkenlik gösteren stok yığınları oluşmaktadır. Etkin bir işletme yönetimi için belirli aralıklarla mevcut agrega stok hacimlerinin güvenli bir şekilde ölçümü ve kestirimine ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçme teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte klasik ölçme araçları ve yöntemleri yerine uydu bazlı gözlem yapan küresel konumlama sistemi (GNSS), yersel lazer tarama teknolojisi (YLT) ve insansız hava araçları (İHA) ile sayısal stok ölçümleri ve analizleri yaygınlaşmaktadır. Tez çalışmasında farklı ölçme araçları ile gerçekleştirilecek olan pilot agrega stok yığını ölçümlerinin referans verilerle kıyaslama yöntemiyle doğruluk, uygulanabilirlik, ekonomiklik ve güvenlik açısından performans değerlendirmesi yapılmıştır.

BÖLÜM 2

YIĞIN ÖLÇÜMLERİ

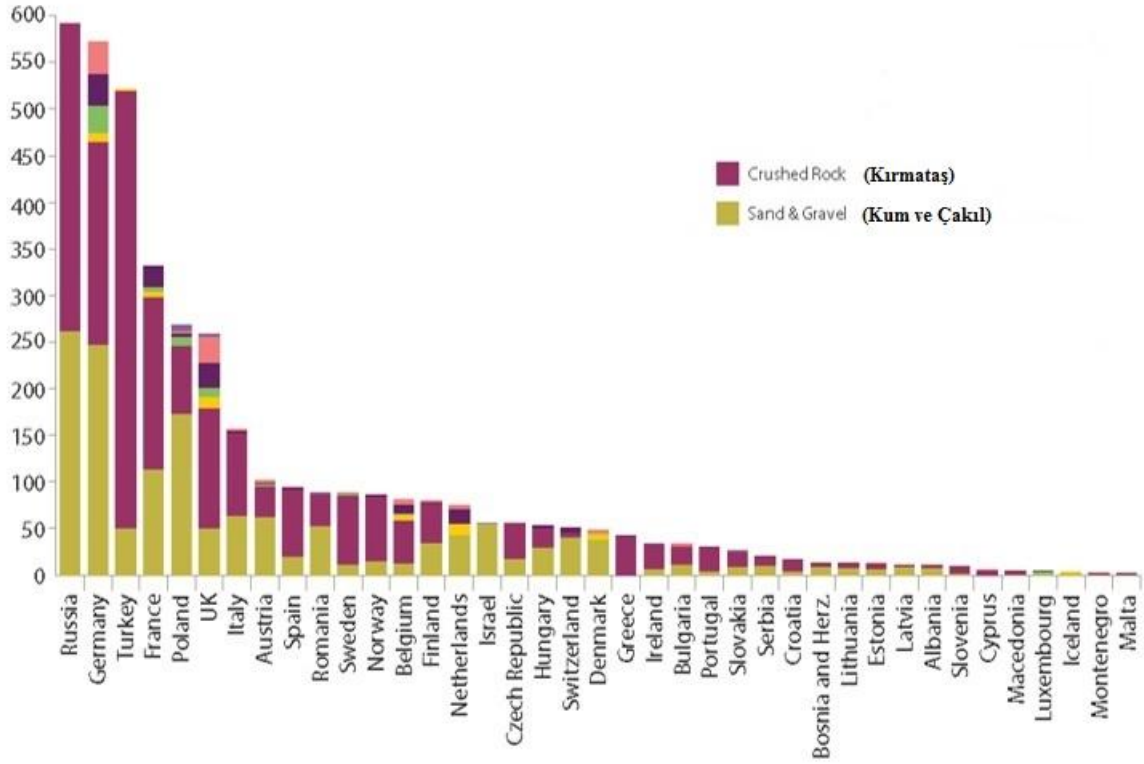
2.1 GENEL BİLGİLER

Madencilik endüstrisinde agrega sektörü üretim miktarı bakımından önemli bir büyüklüğe sahiptir. Üretilen agregaların çoğunluğu yüzey ocaklarındaki doğal kaynaklardan (kum, çakıl, kırılmış kaya) sağlanmaktadır. Agregalar, altyapı yol çalışmalarında, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan farklı boyutlarda olan kum-çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Farklı boyutlardaki agregalar (URL-1).

Kaynağına göre agregaları sınıflandırdığımızda doğal ve yapay agregalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal agregalar nehir yatakları, deniz ve göl kenarları, taş ocaklarından alınan ve üzerinde kırma-yıkama ile sınıflandırma dışında hiçbir işlem yapılmamış agregalardır. Kum, çakıl ve kırmataş en çok kullanılan doğal agregalardır. Şekil 2.2’de Avrupa’da ülkeler bazında agrega üretimi dağılımı verilmiştir (URL-2). Agrega üretim miktarları incelendiğinde Avrupa ülkeleri içinde özellikle kırmataş üretiminde lider olduğumuz anlaşılmaktadır. Bu durum tez çalışması kapsamında incelenen agrega yığın ölçümleri ve hacim hesaplama konusunun önemini göstermektedir.



Şekil 2.2 2016 yılında Avrupa'da ülkeler bazında agrega üretimi (Milyon ton) (URL-2).

2.2 HACİM HESAPLAMALARI

Genellikle mühendislik projelerinin (yol, inşaat, madencilik vb.) arazi ile ilgili çalışmaları sırasında maliyet hesaplarının yapılabilmesi için kazılacak ve doldurulacak toprak hacimlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulur. Hacim hesapları genel olarak, enkesitlerden, prizmalardan, yüzey nivelmanı ölçülerinden ve eş yükseklik eğrili haritalardan yararlanılarak yapılır.

Günümüzde bu yöntemlere alternatif çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların dayanak noktası araziye tanımlayacak uygun dağılımda ve sıklıkta noktaların toplanmasıdır. Fakat bu yöntem çok fazla hesaplama işlemi gerektirmektedir. Bu matematiksel işlemler karmaşık olmamasına rağmen zaman alıcıdır. Ancak bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle bu zorluklar aşılmıştır. Bu yüzden sayısal arazi modeli yöntemi çok büyük önem kazanmış olup, hacim hesabında en sık kullanılan yöntem olmuştur. Burada temel teori, araziye en iyi tanımlayacak noktalara (X,Y,Z koordinatları) dayandırılmaktadır (Yanalak 2005, Yakar vd. 2009). Her bir nokta kendine komşu noktalara bağlanır, böylece tüm arazi yüzeyini kaplayacak üçgen

prizmaları oluşturulur. Bu üçgen prizmaların hacimlerinin toplamı tüm yüzeyin belli bir referans yüzeyinden olan hacim miktarını verir.

Bu çalışmada GNSS, YLT ve İHA hacim hesaplarında kullanılabilirliği ve performansı araştırılmıştır. Bu amaçla Zonguldak İli Çaycuma İlçesi Gemiciler mevkiinde beton parke üretimi yapan bir işletmede stok sahasında bulunan farklı boyutlarda bulunan stoklarda GNSS, YLT ile İHA'dan elde edilen verilerden hacimler hesaplanıp karşılaştırılmıştır.

2.3 ÖLÇÜM CİHAZLARI

2.3.1 GNSS

Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) 20'nci yüzyılın, yaşantımızın her alanına girmiş en önemli teknolojik gelişmelerinden biridir. Uydu sistemlerinin bilimsel, navigasyon ve askeri amaçlı kullanımlara getirdiği sınırsız olanaklar ve büyük ekonomik getirisi teknolojik olarak gelişmiş diğer ülkeleri de kendi uydu sistemlerini kurmaya yöneltmiştir. Bu bağlamda Rusya GLONASS, Avrupa Birliği (AB) Galileo, Çin Beidou/Compass, Hindistan GAGAN ve Japonya ise QZSS uydu programını gerçekleştirmiş ve geliştirilmeye devam etmektedirler. Böylece, mevcut tüm uydu sistemleri ile diferansiyel sistemlerin tamamına Global Uydu Navigasyon Sistemleri (GNSS) adı verilmiştir.

Uydularla konum belirleme sistemlerine ilave olarak diferansiyel sistemlerin (CORS vb.) de faaliyete geçmesiyle kullanıcıların gerçek zamanlı kinematik uygulamalardan yararlanması olanağı önemli ölçüde artmıştır. Bu gelişmelerden en önemlisi ise nokta ve oturum bazlı ölçüm yapılan GNSS noktalarının yerini 7 gün 24 saat sürekli ve aktif şekilde en basit konfigürasyonda koordinat düzeltmeleri yayınlayabilen sabit GNSS ağlarının (CORS) almış olmasıdır.

Herhangi bir zamanda, dünyanın herhangi bir yerinde bulunan bir kullanıcının konumunu belirleyen ve en az 4 uydudan kod-faz varış zamanının ölçülmesi esasına dayanan bir uydu ölçme sistemidir.

2.3.2 TUSAGA-AKTİF (Türkiye Ulusal Sabit Gps Ağı-Aktif / CORS-TR)

Ağ-RTK (Network - Real Time Kinematic) tekniğinin günümüzde en fazla uygulanan şekli sabit GNSS ağlarıdır. Ülkemizde bu amaçla 146 noktadan oluşan CORS-TR (Continuously Operating Reference Stations-TR) ağı kurulmuştur (Şekil 2.3). CORS-TR projesinde aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir. Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenabilmektedir. Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri, dakikalara ve hatta saniyelere inmektedir.

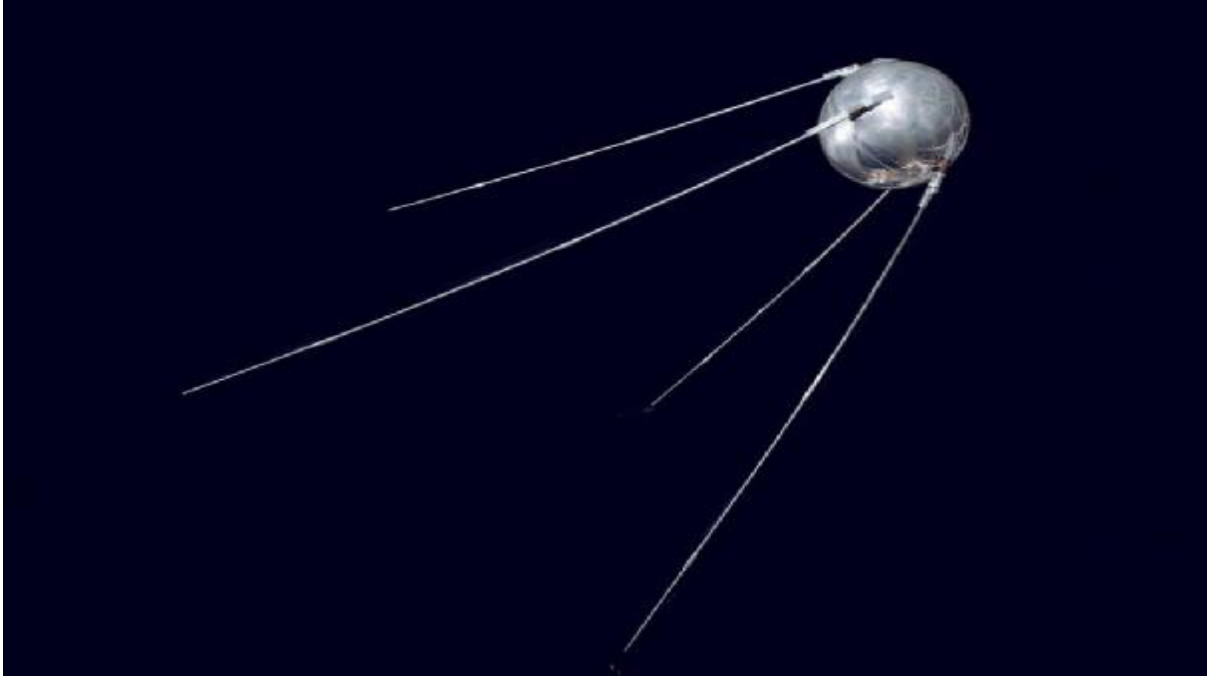
Sabit GNSS ağlarının kurulmasıyla haritacılık dışındaki alanlarda da bunlardan yararlanma oranı gittikçe artmaktadır. Bu nedenle, gerçek zamanlı GNSS uygulamalarındaki artış ulusal haritacılık kuruluşları olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nü, TÜBİTAK desteği ve İstanbul Kültür Üniversitesi yürütücülüğünde, kadastro, jeodezik ve diğer amaçlar (navigasyon, meteorolojik vb.) için de kullanılmak üzere sabit GNSS ağları kurmaya yöneltmiştir. Kurulmakta olan bu ağa TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif) ya da İngilizce olarak "CORS-TR" adı verilmiştir. Bu proje TÜBİTAK sponsorluğunda 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Aralık 2008 itibariyle tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı'nca 15 Haziran 2011 tarihine kadar test amacıyla ücretsiz olarak işletilen sistem, bu tarihten itibaren Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulunca belirlenen Birim Fiyatlar üzerinden ücretli olarak işletilmektedir (URL-3).



Şekil 2.3 TUSAGA-Aktif istasyonları (URL-3).

2.3.3 Uzaydan Konum Belirleme Sistemi - GPS (Global Positioning System)

Bilim adamları ilk çağlardan beri gökyüzündeki cisimlere ölçüm yaparak konumlarını, yönlerini, yeryuvarının geometrik şeklini ve fiziksel yapısını belirlemeye çalışmışlardır. 20. yüzyılda başlayan uzay çalışmalarının neticesinde ilk yapay uydu SPUTNIK-I 1957 yılında uzaya fırlatılması ile uzay çalışmaları hız kazanmıştır (Şekil 2.4).



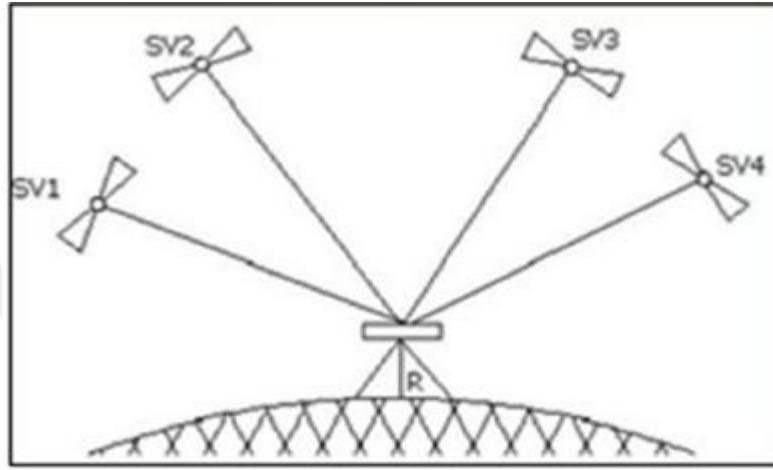
Şekil 2.4 Uzaya gönderilen ilk uydu SPUTNIK-I (URL-4).

ABD Savunma Bakanlığı tarafından tasarlanan askeri amaçlı GPS uydularının jeodezik çalışmalarda da kullanılabilceği anlaşılmıştır ve bu amaçla 1970’li yıllardan beri çalışmalar sürmektedir. GPS yöntemi jeodezide 1980’li yıllardan bu yana yaygın olarak kullanılmakta olup, ölçme sırasında uydular koordinatları bilinen sabit noktalar olarak kabul edilmektedir.

Uzaydan konum belirleme sisteminde, uzay bölümünü GPS uyduları oluşturmakta, gelen sinyallerin toplandığı kontrol istasyonları vasıtasıyla uyduların planlanan yörüngelerinden sapma miktarları hesaplanarak, hesaplanan yeni yörünge bilgileri uydulara tekrar yüklenmektedir.

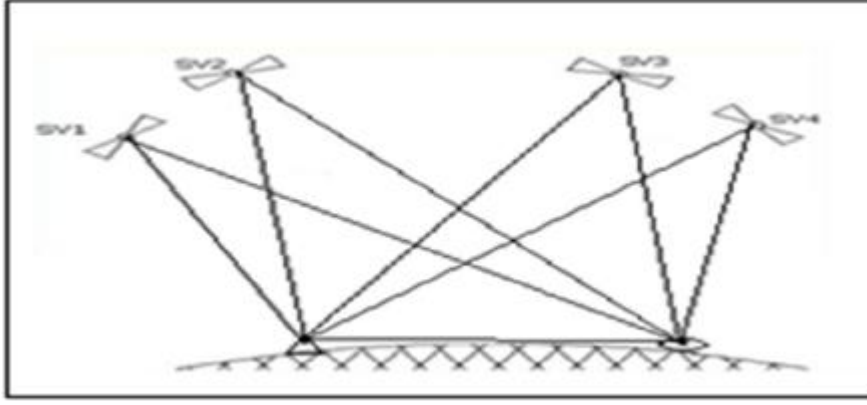
GPS alıcıları ile iki türlü konum belirleme yapılabilir. Bunlar;

Nokta konum belirleme: GPS alıcı, dünyanın herhangi bir yerinde, herhangi bir anda (gece veya gündüz) belirli bir süre GPS uydularından gelen sinyalleri kendi hafızasına yükler. Alıcının içinde bulunan yazılım ile o noktanın üç boyutlu koordinatları (X, Y, Z) +20/-100 m doğrulukla hesaplanmaktadır. Doğruluğun kaba olması nedeniyle bu yöntem jeodezi ve fotogrametri mühendisliği'nde pek kullanılmamakta, daha çok yaklaşık koordinat belirleme gerektiren işlerde kullanılmaktadır (Şekil 2.5). Bunun için tek GPS alıcısı yeterlidir (Kartal 2017).



Şekil 2.5 Nokta konum belirleme (URL-5).

Bağlı Konum Belirleme: Bu yöntemde en az iki alıcı olmalıdır. İki alıcı aynı zamanda iki noktadan uydulardan gelen sinyalleri toplayarak iki nokta arasındaki uzunluğu ve koordinat farklarını 1 - 5 ppm (milyonda bir) doğrulukla verebilmektedir (Şekil 2.6). GPS yöntemi ülke nirengi ağlarının sıklaştırılmasında, yenileme çalışmalarında, jeodinamik araştırmalarda, kadastral ölçmelerde ve diğer mühendislik hizmetlerinde kullanılmaktadır. Hızlı statik ve kinematik yöntemlerin gelişmesiyle poligon noktalarının ve ayrıntı noktalarının koordinatları bulunabilmektedir. Klasik ölçme yöntemlerinde olduğu gibi noktaların birbirini görmesi zorunluluğu yoktur. Her türlü hava koşullarında, gündüz ve gece ölçme yapma imkanı vardır. Bazı projelerde daha hızlı ve ekonomik olduğu yapılan çalışmalar ile ispatlanmıştır (Kartal 2017).



Şekil 2.6 Bağlı konum belirleme (URL-6).

2.3.4 Total Station

Total Station'lar (TS) 1980'li yıllarda piyasaya sürülmüştür ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ölçüm aleti açı ile mesafeyi elektronik olarak ölçüp değerleri sayısal olarak kendi ekranında göstermektedir (Şekil 2.7). Aletin içerisine yerleştirilen bir mikro işlemci yardımıyla ölçülen yatay, düşey açı ve eğik mesafeyi kullanarak yatay mesafeyi, iki nokta arasındaki X ve Y koordinat farklarını, alet ve yansıtıcı yüksekliği alete yüklenmiş ise kot farkını, yine durulan noktanın koordinatları, varsa bakılan noktanın X,Y,Z koordinatlarını anında ek bir hesaplama gerekmeksizin vermektedir. Bunun yanında arazide toplanan verileri kendi içerisinde bulunan veya harici olarak alete bağlanabilen arazi kayıt birimlerine aktarabilmektedir. Aletlerin bu özelliği sayesinde verileri kağıda yazmak gibi bir sorun ortadan kalkmakta ve yazım sırasında oluşabilecek hatalar yok olmaktadır (Kartal 2017).



Şekil 2.7 Topcon GM total station (URL-7).

Arazide toplanan veriler bilgisayara aktarıldıktan sonra, uygun yazılımlar ile bilgisayar ortamında değerlendirilerek sayısal haritalar üretilmekte, istenildiği takdirde, otomatik çizim masalarında çizdirilmektedir.

2.3.5 Yersel Lazer Tarayıcılar (YLT)

Yersel lazer tarayıcılar pek çok ölçme uygulamasında, özellikle tarihi yapıların röleve çalışmalarında giderek artan bir oranda kullanılmaktadır. Yersel lazer ölçmelerinde temel büyüklük, alet ve ölçülen nokta arasındaki mesafedir. Yersel lazer tarayıcılar çok yüksek çözünürlükte değildir. Yersel lazer tarayıcılar aletin kurulabildiği zemin noktasından belli yatay ve düşey açılar altında objeyi görüntüleyebilirken, kamera obje etrafında hareket ettirilerek objenin tamamı görüntülenebilir.

Yersel lazer tarama yöntemi mevcut ölçme yöntemleriyle birlikte kullanılabilir ve ölçüler diğer ölçme verileriyle entegre edilebilir. Küçük objeler, mimari detaylar bina cepheleri, fabrika ve mühendislik uygulamaları ve daha pek çok alanda kullanılacak farklı tip ve türde tarayıcılar mevcuttur (Şekil 2.8).



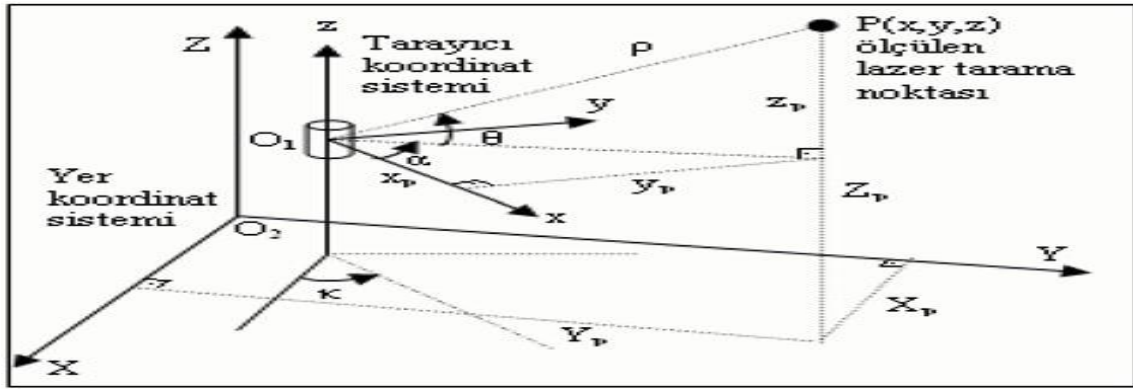
Şekil 2.8 Lazer tarayıcıdan elde edilen 3D renkli nokta bulutu görüntüsü Zazadin Han - Konya (Altuntaş ve Yıldız 2008).

2.3.5.1 Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri

Lazer tarayıcılar, ölçülecek objeyi yatay ve düşey yönde belirli bir açı altında nokta dizileri şeklinde tarayarak nokta bulutu halinde görüntülenmesini sağlar. Her lazer noktası için tarayıcı alet merkezli kutupsal koordinatlar ölçülür. Bunlar; ölçülen noktaya olan eğik uzaklık (\tilde{n}),

ölçüm doğrusunun x eksenine ile yatay düzlemde yaptığı açı (α) ve ölçüm doğrusunun yatay düzlemle yaptığı eğim açısı (θ)'dır. Aynı zamanda ölçülen yüzeyin yapısına ve ölçme uzaklığına bağlı olarak dönen sinyalin yoğunluğu da ölçülerek kaydedilir (Altuntaş ve Yıldız 2008).

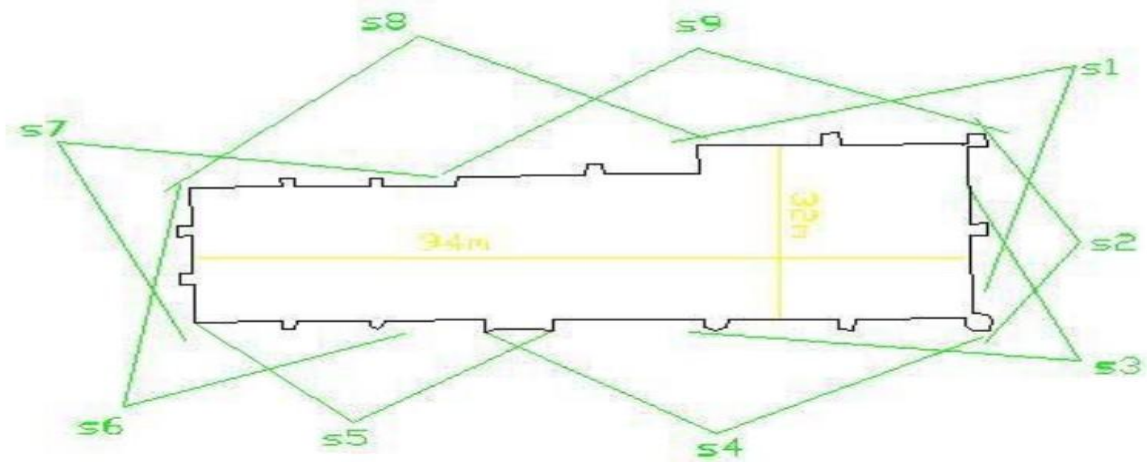
Yersel lazer tarayıcılarla ölçülen büyüklükler ve tarayıcı koordinat sistemi Şekil 2.9'da görülmektedir. Lazer tarayıcı nokta bulutları ölçülen alanı gerçek ölçüleri ile temsil ettiği için objenin 1:1 ölçekli 3D modeli olarak da düşünülebilir.



Şekil 2.9 Yersel lazer tarayıcı ölçüleri, tarayıcı koordinat sistemi ve yer koordinat sistemi (Altuntaş ve Yıldız 2008).

2.3.5.2 Yersel Lazer Tarayıcı Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi

Lazer tarayıcılarla binaları, tarihi eserleri ya da başka alanları tümüyle görüntüleyebilmek için değişik noktalardan çok sayıda tarama yapılır (Şekil 2.10). Her bir taramadan elde edilen nokta bulutunun koordinatları, tarayıcı alet merkezli lokal koordinatlardır. Objenin 3D modelini oluşturmak için bütün nokta bulutları, seçilen referans koordinat sisteminde birleştirilmelidir. Genellikle ilk taramanın koordinat sistemi referans olarak alınır. Bu durumda ilk taramadan sonraki taramaların referans koordinat sistemine 3D dönüşümlerinin yapılması gerekir (Altuntaş ve Yıldız 2008).



Şekil 2.10 Lazer tarayıcı istasyonları (URL-8).

Bu çalışmada lazer tarayıcı nokta bulutlarının referans koordinat sisteminde birleştirilmesinde bağımsız model yöntemi kullanılmıştır.

2.3.5.3 Bağımsız Model Yöntemi

Bu yöntemde nokta bulutları ölçme işleminin amacına bağlı olarak önceden tanımlı yersel koordinat sisteminde, bütün taramalarda yer kontrol noktalarının (YKN) bulunması gerekir. YKN kullanımı yapılan lazer taramalarının birleştirilmesini, lazer noktalarının doğruluğunun artırılmasını, fotogrametrik ve topografik ölçülerin bu ölçülerle birleştirilmesini sağlar. YKN aynı zamanda bağlama noktalarının uygunsuz dağılımından ve ölçü yönteminden kaynaklanan dönüşüm hatalarını da azaltır.

2.3.6 İnsansız Hava Aracı (İHA)

Günümüzde özellikle uluslararası alanda, açık maden işletmelerinde halihazır harita üretimi, üç boyutlu modelleme, hacim, kübaj hesapları ve deformasyonların izleme çalışmalarında İHA fotogrametrisi yönteminden faydalanılmaktadır. Son yıllarda İHA fotogrametri yöntemi ülkemizde de madencilik sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Madencilik sektöründe İHA fotogrametri yönteminin kullanılması zaman, maliyet ve iş güvenliği açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

İHA'lar ve dijital fotogrametrik kameraların son on yıldaki gelişimi ve yaygın kullanımı ile fotogrametrinin önemi artmış ve harita üretimi için daha uygun bir çözüm haline gelmiştir.

GNSS ölçü yöntemleri ile oluşturulan az miktardaki yer kontrol noktaları ile doğrudan bağlantı kurarak veya İHA üzerinde bulunan RTK - GNSS sistemleri kullanılarak, yoğun yer örneklem noktaları kolaylıkla elde edilebilmektedir.

Açık maden işletmelerindeki halihazır harita üretimi, üç boyutlu modelleme, üretim ve dekapaj miktarının belirlenmesi, stok ve döküm sahası kübaj hesapları, jeolojik haritalama, kazı planlaması, dik ve erişilemeyen noktaların haritalanması gibi çalışmalarda da yöntemden faydalanılmaktadır.

Maden sahalarında yersel yöntemler ile bu çalışmanın yapılması iş güvenliği açısından risklere, yüksek maliyetlere ve zaman kayıplarına yol açmaktadır. Buna karşın İHA kullanılarak periyodik ortofoto (düzeltilmiş hava fotoğrafı) haritaların üretimi oldukça düşük maliyetli ve zaman, personel açısından kıyaslanamayacak kadar avantajlıdır. Bunun yanı sıra İHA ile tüm maden sahasının periyodik haritaları üretilebilmektedir.

BÖLÜM 3

SAHA ÖLÇÜMLERİ

3.1 SAHANIN KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

Saha ölçümleri Zonguldak-Çaycuma Filyos ırmağı çevresinde yer almakta olan kum-çakıl işletmesindeki stok yığınlarında gerçekleştirilmiştir. Sahaya ait havadan insansız hava aracı (İHA drone) ile elde edilmiş fotoğraf görünümü Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 İnceleme sahasına ait havadan İHA drone fotoğrafı.

Maden sahalarında İHA fotogrametrisi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar sadece halihazır harita üretimi ile sınırlı olmayıp ortofoto, nokta bulutu, SYM ürünleri ile üretilen 3D modeller üzerinden alan, kübaj, dolgu miktarı ve dekapaj hesapları yapılmaktadır. Bunun yanında basamak açısı, genişliği ve yüksekliği, genel şev açısı ve özellikle anlık örtü-kazı oranları gibi parametreler çok kısa sürelerde zahmetsizce belirlenebilmektedir.

3.2 ÖLÇÜM SAHASINDA YER KONTROL NOKTALARININ TESİSİ

Saha ölçüm alanını dışarıdan çevreleyecek şekilde jeodezik tesislerin yapılması öncül ve temel iş adımı gerekliliğidir. Uydu, frekans ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte konuma dayalı iş alanlarında güncel ölçümlerin yapılması daha aktif ve hızlı hale gelmiştir. Eş zamanda yeni gelişen ölçüm teknikleri de klasik ölçme işleyişine dayalı olarak ölçüm yapılacak ilgili bölgeyi çevreleyecek ve içerecek şekilde Yer Kontrol Noktaları (YKN) dağılımını gerçekleştirilir (Şekil 3.2).

Yersel Lazer Tarama arazi işleyişinde YKN noktalarının belirlenmesi aşaması kare desenli hedeflerin sabit ve yerinden hareket edemez olan yan yüzeylere yapıştırılıp, koordinatlandırma işlemi Lazer Total Station vasıtasıyla yapılabilir. Ancak İHA fotogrametrisinde YKN'lerin yere tesisi uygundur. Bu YKN'lerin koordinatları Total Station veya CORS-TR alıcısıyla sağlanabilmektedir.



Şekil 3.2 YKN sahada uygulama çalışmaları.

3.3 YIĞIN ÖLÇÜMLERİ

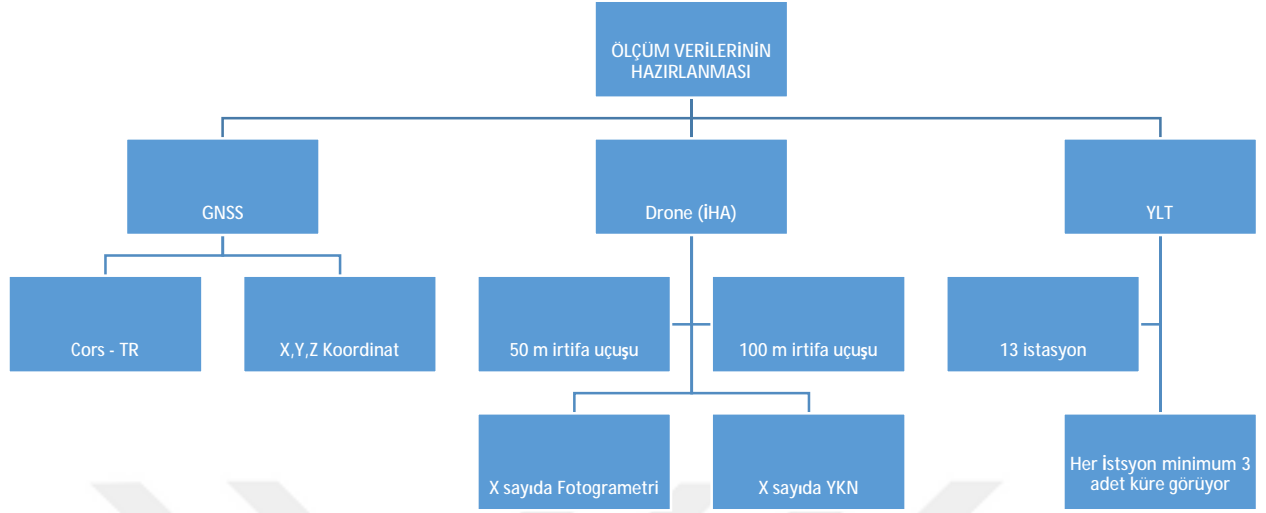
Sahada ölçüm yapılan yığınlara ve tesise ait görünüm Şekil 3.3’de verilmiştir. Agregatör stok yığın hacmi ölçüm yönteminde kullanılan cihazlar Trimble R10 GNSS Alıcısı, FARO Lazer Tarayıcı ve Dji Phantom 4 dronedan (İHA) oluşmaktadır.



Şekil 3.3 Ölçümü yapılan stok yığınları.

3.4 ÇALIŞMA SAHASI ÖLÇÜM VERİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Kum-çakıl işletmesindeki stok yığınlarında gerçekleştirilen stok ölçümlerinde ölçüm verilerinin hazırlanmasında kullanılan cihazlar ve yapılan işlemlere ait iş akım şeması Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4 İş akım şeması.

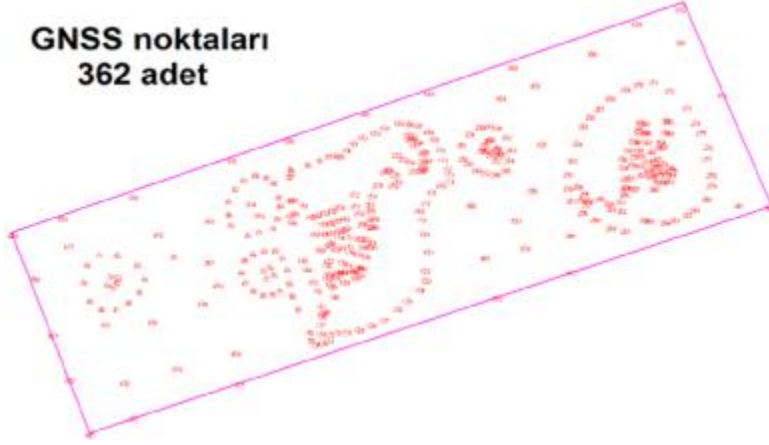
3.4.1 GNSS

Ölçüm aletlerinden olan GNSS cihazı ile arazinin halihazır vaziyet planı, referans noktaları ve Yer Kontrol Noktaları (YKN) oluşturulmuştur. Sahadan elde edilen kum-çakıl stoklarına ait ölçüm verileri ham veri dosyası olarak kullanılmıştır. Trimble R10 GNSS alıcısı ile yeni nesil merkez konumlama teknolojisi sayesinde daha hızlı ölçü, daha iyi hassasiyet (3-3.5 mm) ve daha yüksek kalite kontrolü sağlamaktadır. Sahada GNSS ölçümlerine ait çalışmalar (Şekil 3.5) ile ölçüm verilerinden elde edilen GNSS dijital yüzey modeli Şekil 3.6'da verilmektedir.



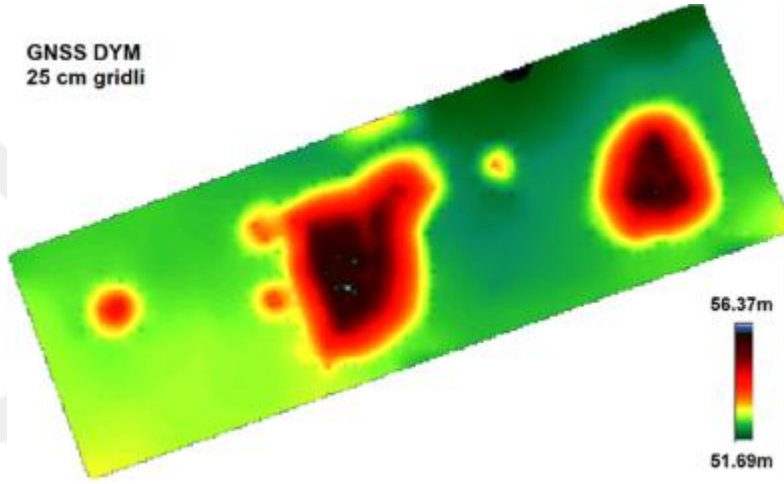
Şekil 3.5 Sahada GNSS ölçümlerine ait görüntüler.

GNSS noktaları
362 adet

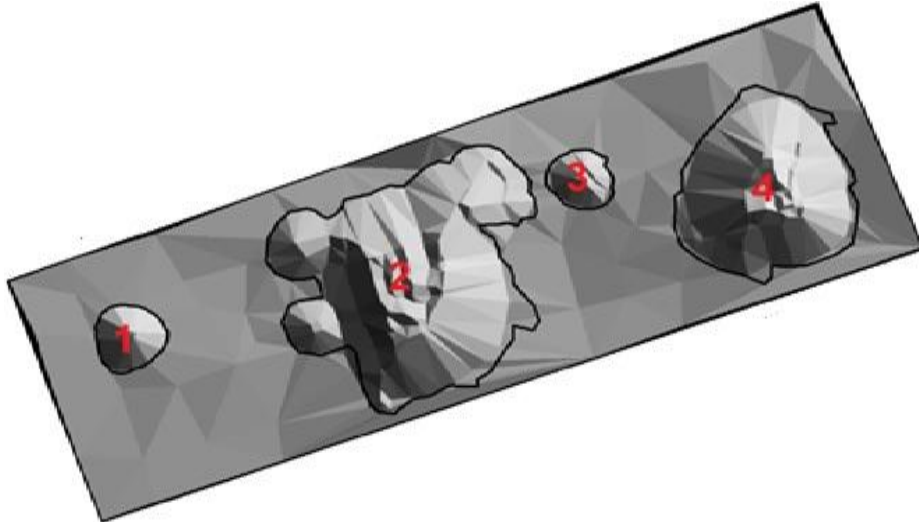


a- GNSS noktaları

GNSS DYM
25 cm gridli



b- GNSS dijital yüzey modeli



c- Stok yığınlarının konumları

Şekil 3.6 GNSS ölçüm noktaları ve dijital yüzey modeli.

3.4.2 Yersel Lazer Tarayıcı (YLT)

FARO Yersel Lazer Tarayıcı cihazı (Şekil 3.7) ile hacim ve boyutsal kontrolünün, basit ve hassas bir şekilde yapılmasına olanak sağlayan entegre renkli kamerası sayesinde fotoğraf gerçekliğinde 3D görüntüler oluşturulabilmektedir. Lazer tarayıcı cihazı ölçüm kürelerinin saha içindeki konumları Şekil 3.8’de verilmiştir.

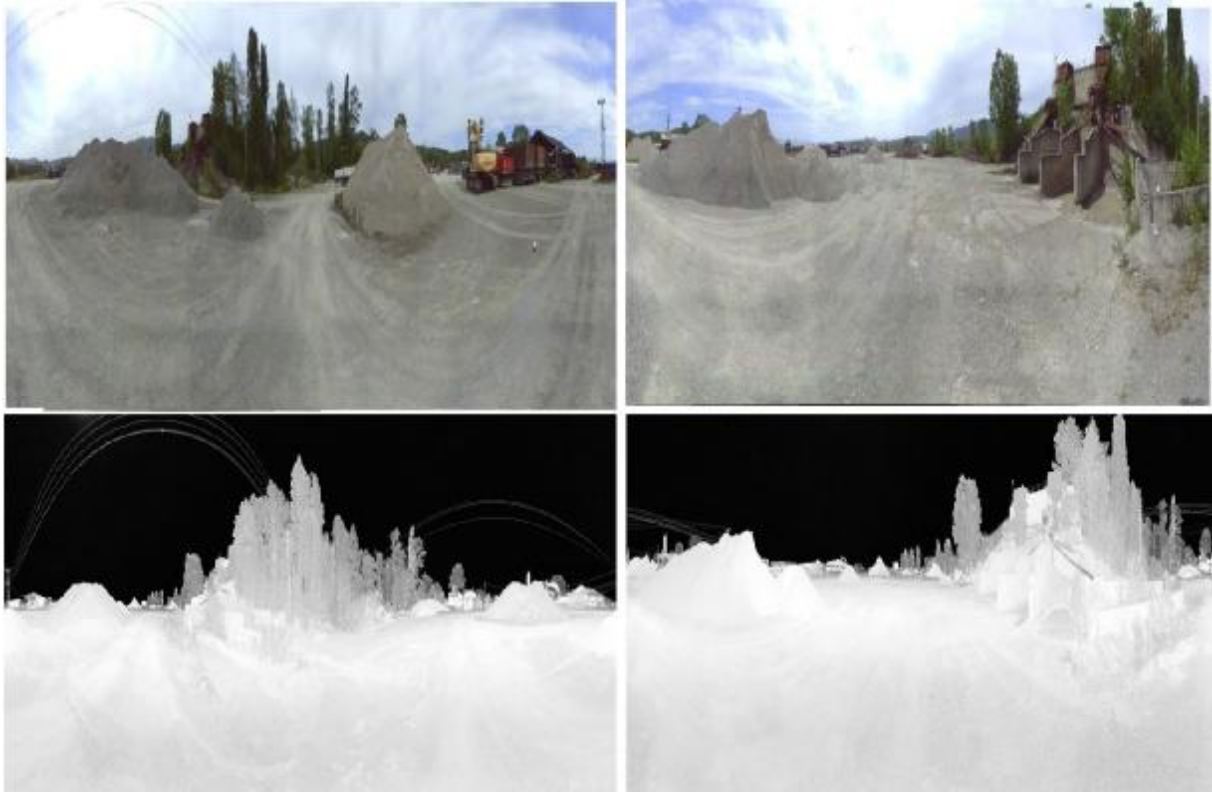


Şekil 3.7 Yersel lazer tarayıcı cihazı.



Şekil 3.8 Lazer tarayıcı ölçüm kürelerinin saha içindeki konumları.

Stok sahasında lazer tarayıcı tarafından balıkgözü objektif ile çekilen görüntüyle siyah-beyaz görünüm Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9 Lazer tarayıcı tarafından çekilen renkli ve siyah-beyaz görüntüler.

Yersel lazer tarayıcıdan elde edilen veriler Trimble Realworks yazılımında işlenerek elde edilen 3 boyutlu (3D) saha görüntüsü Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10 Yersel lazer tarayıcı verilerinden elde edilen 3 boyutlu (3D) saha görüntüsü.

3.4.3 İnsansız Hava Aracı (İHA)

Saha çalışmasında insansız hava aracı (İHA) olarak Dji Phantom 4 Pro drone ile kumanda ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.11). Bu modelin 20 MP gelişmiş kamerası sayesinde istenilen yüksekliklerde yeterli çözünürlükte görüntüleme yapılabilmektedir. Fotogrametrik dijital görüntülerin işlenmesinde ise Agisoft Metashape yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3.11 Dji Phantom 4 Pro drone ile kumanda ünitesi.

Yer kontrol noktalarının yerleştirilmesi ve ölçülmesi işlemlerinden sonra drone için 50 m ve 100 m irtifalarda uçuş güzergahı belirlenmiş olup, agrega sahası üzerinde uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Birinci uçuşta 50 m irtifada 233 adet ve ikinci uçuşta 100 m irtifada 126 adet olmak üzere toplam 359 adet fotoğraf elde edilmiştir. Uçuş işlemi tam otomatik olmasından dolayı kullanıcı tarafından herhangi bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

İnsansız hava araçları ile elde edilen sayısal görüntülerin eğiklik, dönüklük ve yükseklik farkından dolayı meydana gelen hataları düzeltilerek ve dik izdüşüm haline getirilerek ortofoto görüntüleri oluşturulmaktadır. Ortofoto görüntüler ile ortomozaik haritalar üretilmektedir. Ortomozaik haritalar araziye birebir olarak temsil ettiği için birçok alanda altlık görüntü olarak kullanılmaktadır. İHA'nın konum hatalarının ortomozaik üzerindeki görüntüsü ile yer kontrol noktalarının dağılımı 50 m irtifa için Şekil 3.12, 100 m irtifa için Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.12 50 m irtifa uçşların konum hatalarının ortomozaik üzerindeki görüntüsü.



Şekil 3.13 100 m irtifa uçşların konum hatalarının ortomozaik üzerindeki görüntüsü.

BÖLÜM 4

ÖLÇÜM VERİLERİN İŞLENMESİ

4.1 HACİM VE ALAN HESAPLAMALARI

4.1.1 Alan Hesaplamaları

Yapılan çalışmada Agisoft Metashape yazılımında Simpson kuralı ile alan hesapları yapılmıştır. Bu kurala göre sınırları eğri çizgilerden oluşmuş olan alan tek sayıdaki doğrularla bölünür. Simpson kuralına göre doğrular paralel veya hep h mesafededirler (Şekil 4.1).

Bu kuralın formülü;

$$S = \frac{11}{3} h (n_1 + 2 \sum a_t + 4 \sum a_ç + a_n) \quad (4.1)$$

Burada; S = Alanı (m²)

h = Doğrular arası mesafe

a_t = Tek sayılı doğruların uzunlukları

a_ç = Çift sayılı doğruların uzunlukları

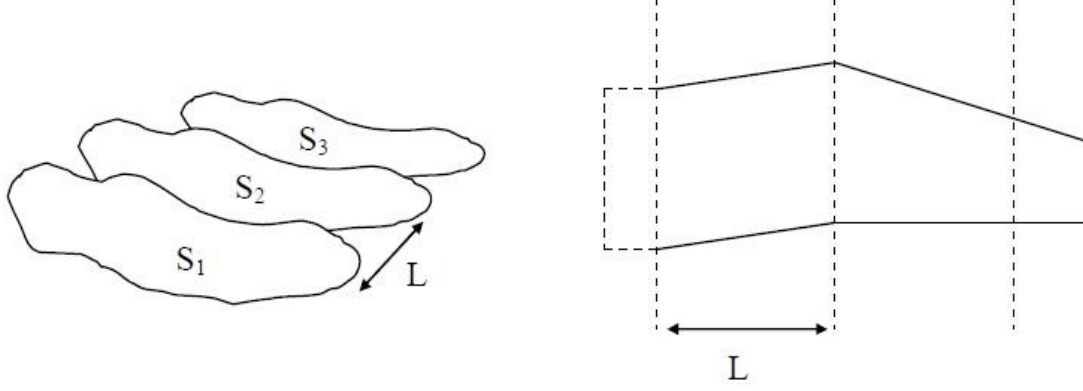
n = Dilim sayısını ifade etmektedir.



Şekil 4.1 Simpson kuralı (Eraslan 2008).

4.1.2 Hacim Hesaplamaları

Ortalama alanlar formülünde hacimler iki kesit alanı arasında tek tek hesaplanır. Her iki kesitin hacmi hesaplanarak toplam hacme ulaşılır (Şekil 4.2). Stok hesaplamalarında üçgen prizmalar oluşturularak (Şekil 4.3) stok yığınlarının üçgen prizma modelleri çıkartılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.2 Ortalama alanlar formülü.

Bu kuralın formülü;

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot L \quad (4.2)$$

Burada; V = Hacim (m³)

S = Kesit alanı (m²)

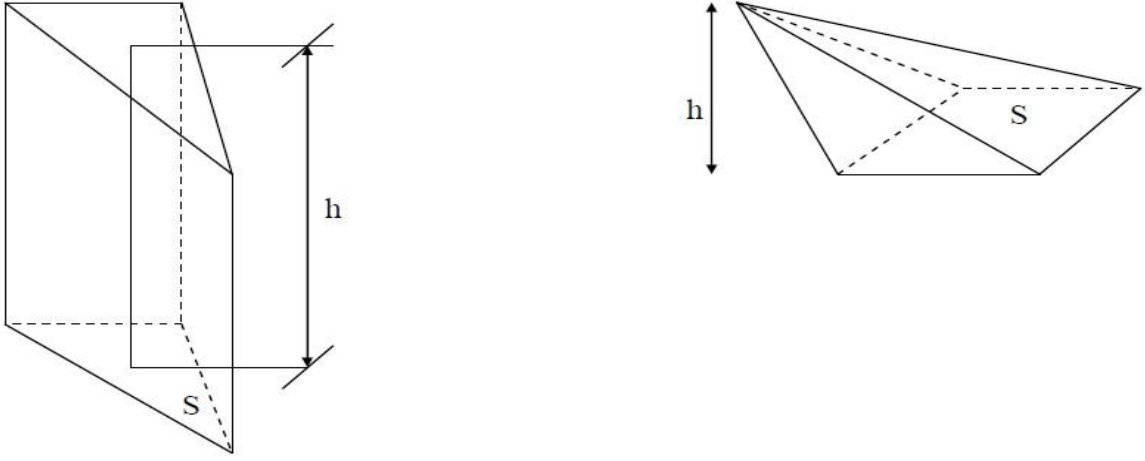
L = Kesitler arası mesafeyi (m) ifade etmektedir.

Birbirini takip eden paralel kesitler için;

$$V = (S_1 + 2S_2 + 2S_3 + 2S_4 + \dots + S_n) \frac{L}{2} \quad (4.3)$$

Eğer kesitler arası mesafe sabit değilse formül şöyledir.

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} L_2 + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} L_{n-1} \quad (4.4)$$



Şekil 4.3 Üçgen prizma hacim hesabı.

Üçgen Prizmanın formülü;

$$V = S \cdot h \quad (4.5)$$

Burada; V = Hacim

S = Üçgen alanı

h = Yüksekliği ifade etmektedir.

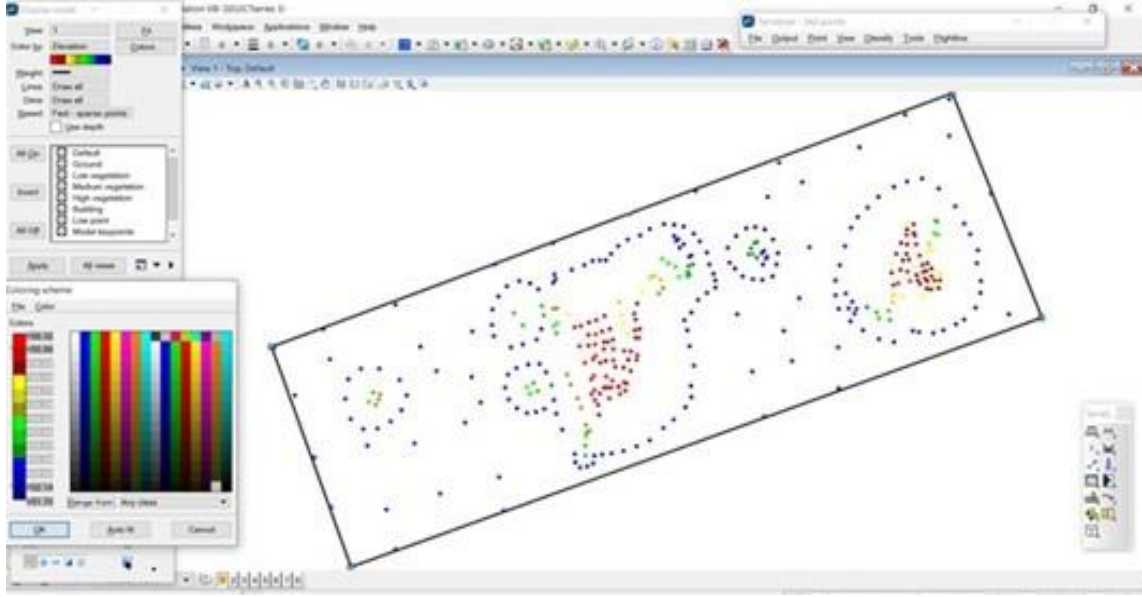


Şekil 4.4 Stok yığınlarının üçgen prizma modelleri.

4.2 GNSS VERİLERİNİN İŞLENMESİ

GNSS ile elde edilmiş olan, noktalar *.xyz formatında konum içerikli yazı dosyasına dönüştürülerek Netcad yazılımı içinde işlem görmüştür. Bu süreçte yığınlar ayrıştırılarak, kübaj miktarlarının karşılaştırılabilmesi için numaralanmıştır.

Yapılan işlemler sonucunda yığınlar ayrıştırılmış ve yüksekliğine göre farklı renklendirme yapılarak Şekil 4.5’de sınıflandırılmıştır.

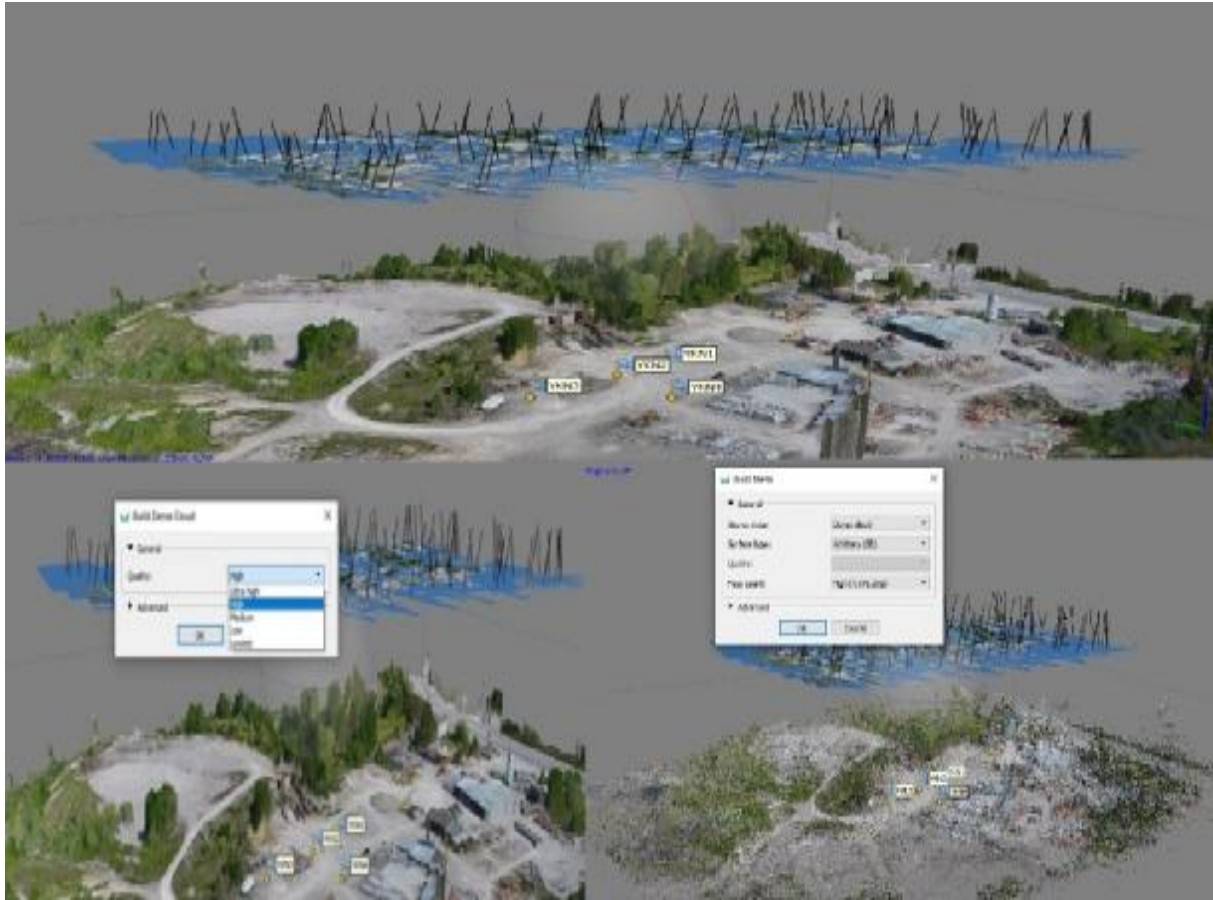


Şekil 4.5 GNSS verilerinin işlenmesi.

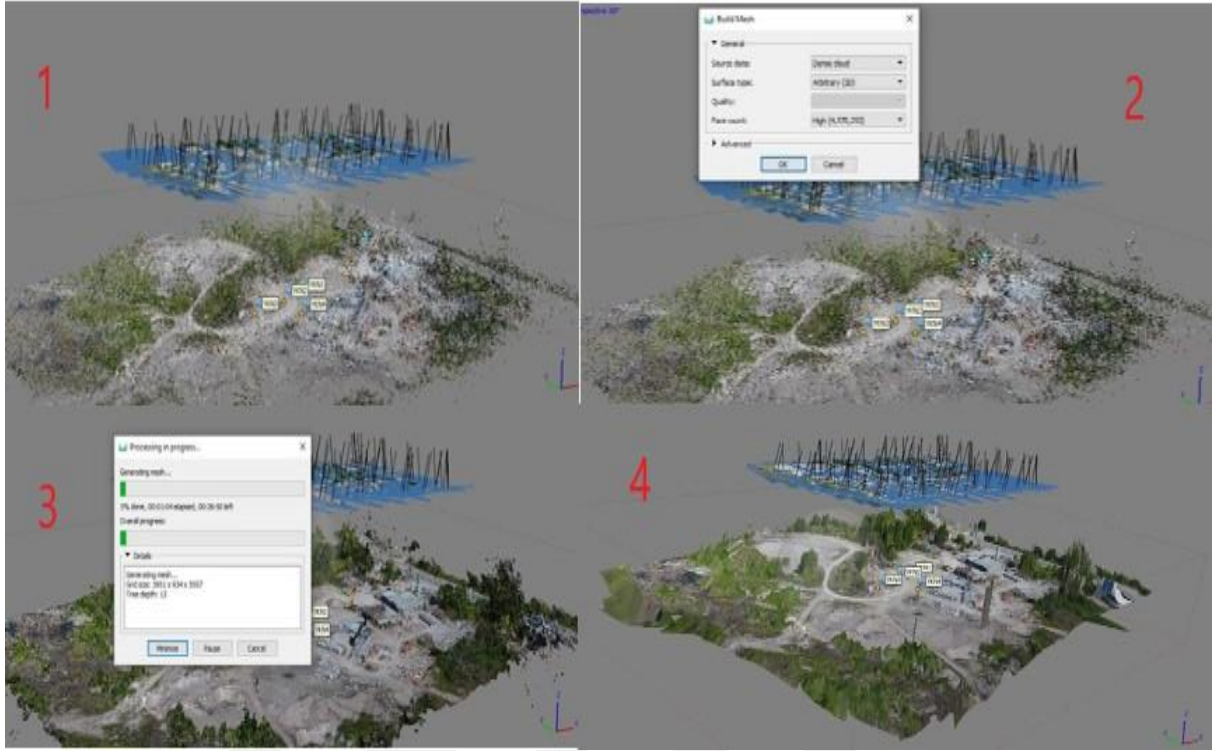
4.3 İHA FOTOGRAMETRİ İŞLEMLERİ

Öncelikle yüklenen görüntüler kalibrasyon işleminden geçmektedir. Başlangıçta alınan yer kontrol noktalarının koordinatları, manuel ya da otomatik olarak alınan görüntülere bağlama noktaları ile eklenerek görüntüler yeniden konumlandırılır. Yeni konumunda olan görüntülerin bindirme işlemi yapılırken boyuna %80, enine %60’lık oran kullanılarak görüntü işlemede 4.2 cm/pix boyutlarındaki görüntülerin her biri otomatik olarak eşlenir, konumlandırma hataları otomatik olarak kendi içinde hesaplanır. Birleştiren görüntüler 3 boyutlu nokta bulutuna dönüştürülür. Elde edilen nokta bulutunun üzerine üçgenleme ağı üretilir ve sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulur.

Agisoft Metashape yazılımı ile Dji Phantom 4'ten 50 m ve 100 m'den alınan görüntüler yer kontrol noktalı ve yer kontrol noktasız olmak üzere ayrı ayrı işlenmiştir. Agisoft Metashape programında YKN ile nokta bulutlarının oluşturulması Yoğun Nokta Bulutu ve Ağ örgüsü olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Görüntülerin bindirme alanlarındaki bağlama noktalarından yararlanarak, karşılıklı yöneltme ve mutlak yöneltme adımları gerçekleştirilir (Şekil 4.6). Bu işlem Structure from Motion (SFM) algoritmasını SIFT eşleştirme yöntemini baz alan Agisoft yazılımında yapılmıştır.



Şekil 4.6 Yöneltme bilinmeyenlerinin çözümü ve eşleştirme aşaması.



Şekil 4.7 Ağ örgüsü üretimi.

Yoğun nokta bulutu üretim aşamasında Şekil 4.7’de yöneltlen görüntülerdeki noktalar ölçek ve bağlama noktalarının model alanlarında daha sık kullanılarak üretilen nokta bulutu modelidir. Üretim aşaması diğer adımlara göre uzun süren bu aşamada bulunan özneliklerin çıkarımı ve yapının özgün biçimiyle yeniden kurulması gerçekleştirilmektedir.

Ağ örgüsü (Mesh) üretiminde birçok işlemde olduğu gibi üçgenleme metodu kullanılmıştır. Ancak bütün ölçme teknikleriyle alınan noktalar harici tutulmuş; uygulamanın sağlıklı yapılabilmesi adına ağ örgüsü ve kübaj alımı Surfer yazılımında gerçekleştirilmiştir.

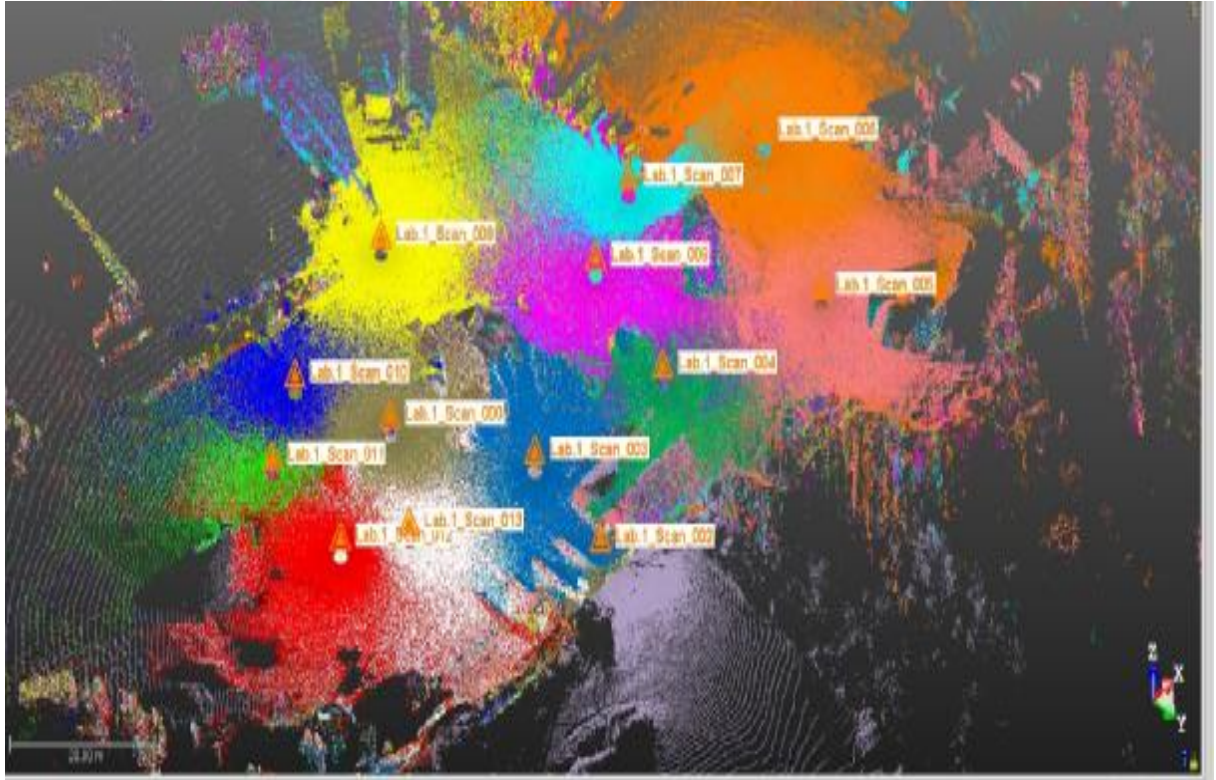
50 m ve 100 m irtifalarda gerçekleştirilen uçuşlar için işlem adımları ayrı ayrı uygulanmış olup, YKN göre fotoğraf orta noktaları;

- 50 m irtifada 233 adet fotoğrafta 514.222 nokta;
- 100 m irtifada 126 adet fotoğraf 129.807 nokta ile SYM oluşturulmuştur.

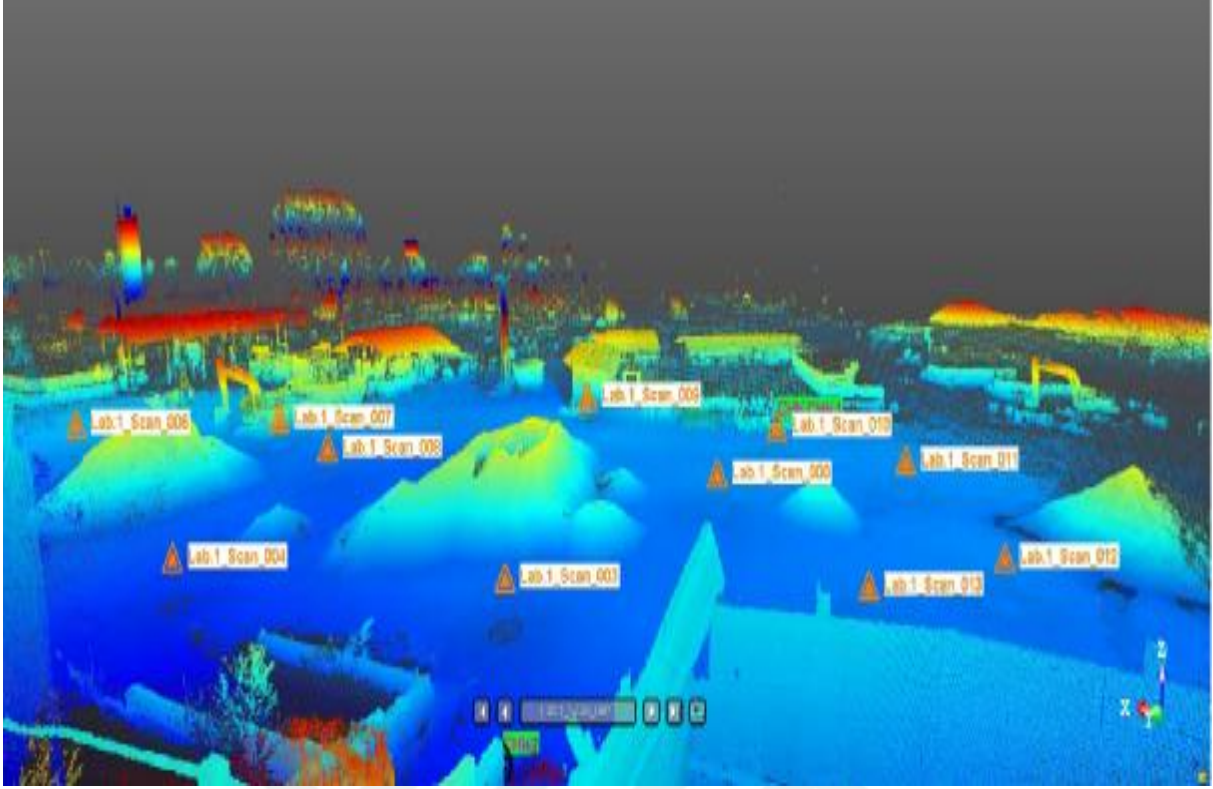
4.4 YLT VERİLERİNİN İŞLENMESİ

Çalışmada yersel lazer tarama ile elde edilen 13 istasyondaki verilerin ilk tarama referans seçilerek Trimble Realworks 9.1 yazılımı ile tarama esnasında yerleştirilen küreler yardımıyla tek bir nokta bulutu haline getirilmesinin sağlandığı hedefli birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu işlemde hedef olarak kullanılan küreler farklı boyutlarda olabilen, değişken yapıdadırlar. İlgili yazılımda kullanılan küre yarıçap uzunluğu seçimi doğru seçilmelidir. Bu çalışmada bu değer 0,145 metredir.

Stok sahasında 13 adet ölçüm istasyonlarının dağılımı Şekil 4.8 ve stok sahasının 3D görünümü Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Stok sahası ölçüm istasyonlarının dağılımı.



Şekil 4.9 Stok sahasının 3D görünümü.

Sahada Total station yardımı ile Şekil 4.10’da gösterilen 4 adet Checkboard’un konumlandırma işlem adımları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10 Checkboard saha yerleşimleri.

BÖLÜM 5

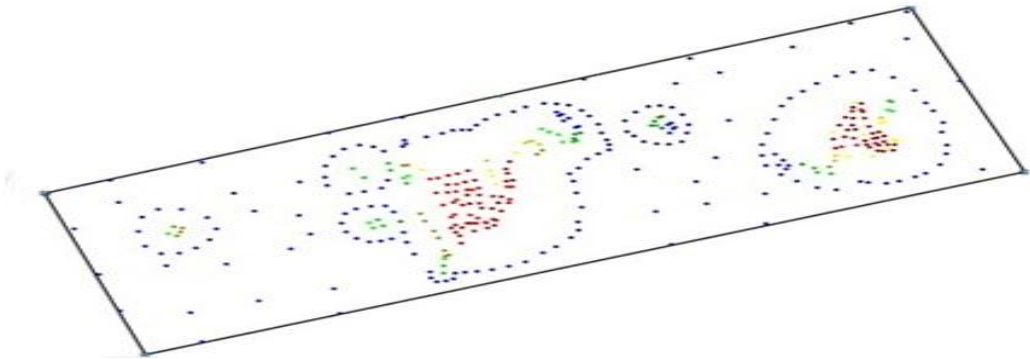
SAYISAL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

GNSS, YLT ve İHA ölçüm verilerinden elde edilen yatay ve düşey doğruluk analiz sonuçları Trimble RealWorks Viewer programı ile işlenmiş olup sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Stok sahasında GNSS ölçümlerinde küçük yığınlarda hata oranının az olduğu, büyük yığınlarda ise şev üstü ve çevresinde operatörün dolaşarak nokta alımını yaptığı (Şekil 5.1), stok yığınlarının üstlerinde uç noktalarında ve stok yüzeyinde iş güvenliği açısından kayma, düşme tehlikesinin oluşması ölçüm noktası arası mesafenin artmasına, buna bağlı olarak daha az nokta alımı olmuştur (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Sok yığnında GNSS cihazı ile operatör ölçümü.



Şekil 5.2 GNSS ölçüm noktaları dağılımı.

YLT yönteminde, cihazın büyük yığınlarının üst noktalarını algılayabilmesi için stok sahasında bazı istasyonlar yüksek alanlara yerleştirilmiştir. Düzgün şekilli olmayan yığınlarda ise (Şekil 5.3) ölçüm istasyonlarının farklı yüzeyleri tek yüzey gibi algılamasından kaynaklı kör noktaların oluşması kübaj hesabında hata oranını arttırmıştır (Şekil 5.4).

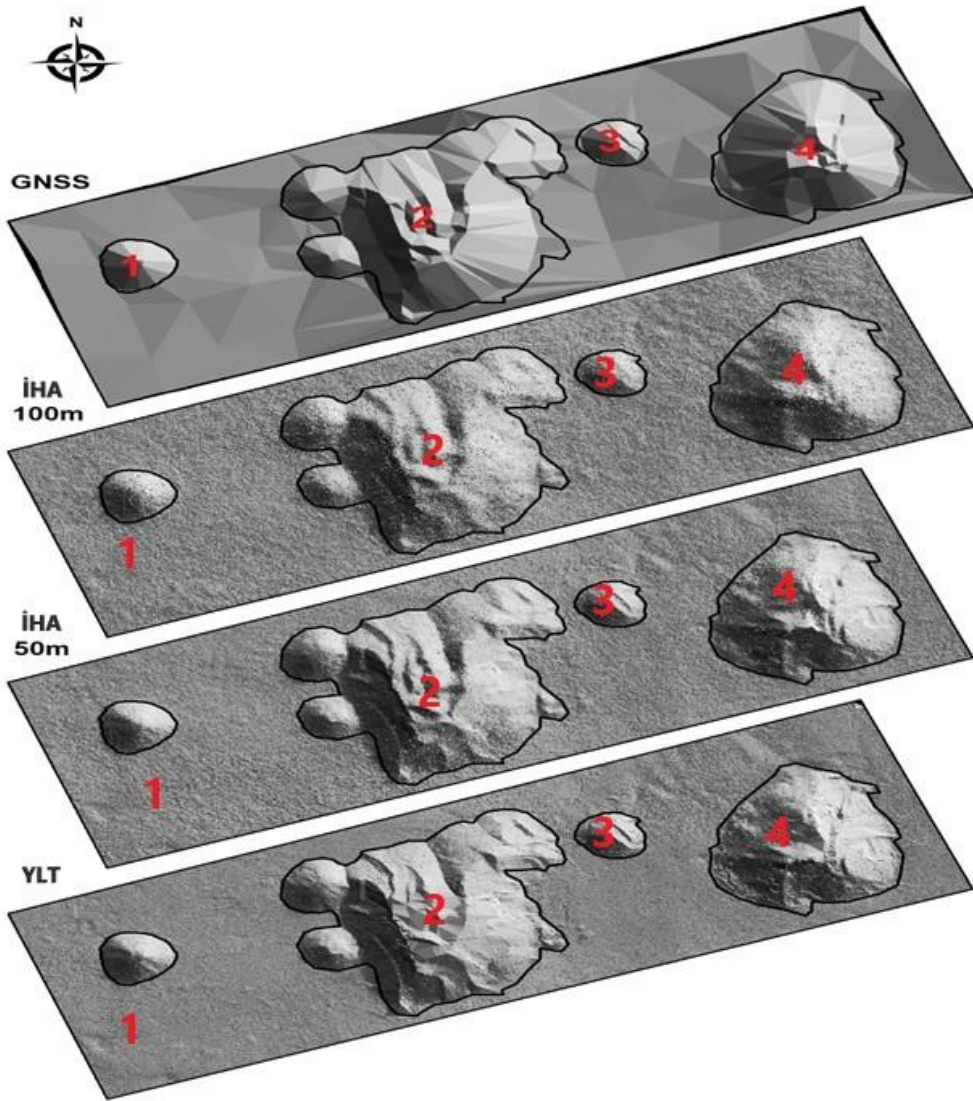


Şekil 5.3 Değişken yüzeyli yığınının görünümü.



Şekil 5.4 Stok yığınındaki kör noktalar.

Ölçüm sahasında farklı boyut ve büyüklüklerde stoklanan malzeme yığınlarında GNSS, İHA ve YLT cihazların almış olduğu nokta ve görüntü sayılarının gölgelendirme haritaları (Şekil 5.5) oluşturulmuştur. Küçük yığınlarda GNSS ölçümlerinde hata oranının az olduğu, büyük yığınlarda şev üstü taramalarında operatör kaynaklı (iki ölçüm noktası arası mesafenin çok olması) daha az nokta alımı hata oranını arttırdığı, YLT yönteminde büyük yığınlarda ölçüm istasyonlarının farklı mesafelerdeki yüzeyleri tek yüzey gibi algıladığı, kübajları oluşturulan 4 adet yığının gölgelendirme haritalarından İHA ölçümünün ise en verimli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.5 Kullanılan teknikler ve 4 adet yığının gölgelendirme haritaları.

GNSS, İHA ve YLT cihazları ile farklı boyut ve büyüklükte stoklanan malzeme yığınlarında yapılan ölçümlerin Simpson yöntemi ile kübaj hesabı Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Çalışmada incelenen stok yığınlarının kübaj hesabı.

Stok Yığınları	Ölçüm Cihazı	Nokta Sayısı	Z (taban kot) aralığı (m)	Kübaj (m ³)
1 No.lu	GNSS	15	52,56-54,20	18,1787
	İHA 100m	8236	52,59-54,34	21,3362
	İHA 50m	28434	52,61-54,39	21,4854
	YLT	212381	52,48-54,24	23,1594
2 No.lu	GNSS	162	52,08-56,32	729,9883
	İHA 100m	93957	51,96-56,43	734,0524
	İHA 50m	352437	51,96-56,49	723,4927
	YLT	1142405	52,06-56,38	692,2296
3 No.lu	GNSS	24	51,96-53,29	12,7418
	İHA 100m	6029	51,95-53,26	13,4016
	İHA 50m	22337	51,91-53,26	12,4925
	YLT	91259	52,03-53,41	12,9828
4 No.lu	GNSS	93	52,18-56,14	293,7032
	İHA 100m	52949	52,00-56,17	339,0026
	İHA 50m	207423	51,89-56,25	338,6950
	YLT	1016800	52,15-56,32	318,8583
Toplam	GNSS	294	51,96-56,32	1.054,6122
	İHA 100m	161171	51,95-56,43	1.107,7930
	İHA 50m	610631	51,89-56,49	1.096,1658
	YLT	2462845	52,03-56,38	1.047,2303

GNSS, İHA ve YLT cihazlarının karşılaştırılması amacıyla kübaj hesabı yapılan 3 numaralı (küçük hacimli) ve 4 numaralı (büyük hacimli) yığınlar referans stoklar olarak baz alınmıştır.

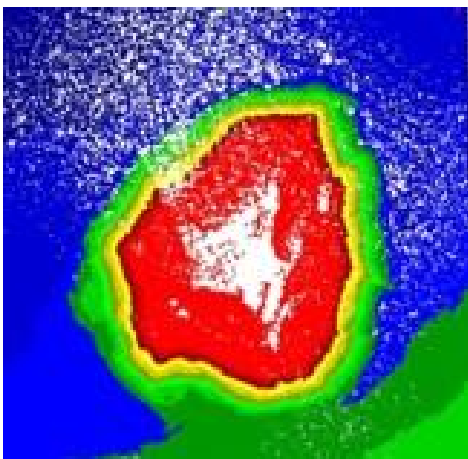
Küçük hacimli 3 nolu stok üzerinde yapılan incelemede; taban kotlarının tüm ölçüm cihazlarında 51,91-53,41 m arasında birbirine yakın değerlerde olduğu, en az nokta ölçümü

yapan GNSS cihazıyla en çok nokta ölçümü yapan YLT cihazıyla kübaj değerlerinin birbirine yakın değerler verdiği, İHA 50 m ölçümünün de GNSS ve YLT kübaj değerinin kabul edilebilir farklı değerlerde kaldığı görülmüştür.

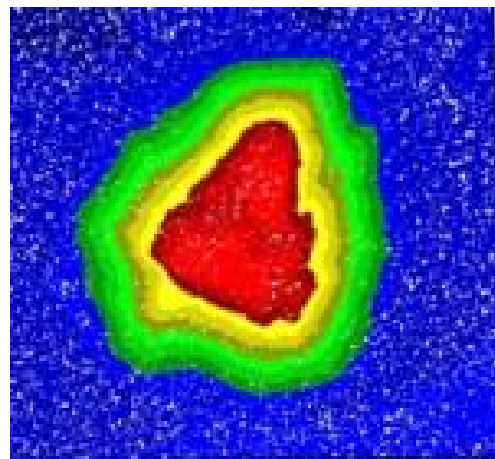
Büyük hacimli 4 nolu stok üzerinde yapılan incelemede ise; taban kotlarının tüm ölçüm cihazlarında 51,89-56,32 m arasında birbirine yakın değerlerde olduğu, en az nokta ölçümü yapan GNSS cihazıyla en çok nokta ölçümü yapan YLT cihazıyla kübaj değerleri arasında fark olduğu, yığınların yüksekliklerine göre farklı renklendirme yapıldığında (Şekil 4.5) operatörün stok yığının taban çevresi ile ve tepe noktalarından daha çok nokta aldığı, yığına ait tüm yüzeylerinden ölçüm yapmadığından 25,1551 m³'lük bir fark ortaya çıkmıştır.

4 nolu yığına ait İHA 50 m ve YLT cihazlarının ölçümlerine ait renklendirme yapıldığında, YLT ölçüm kürelerinin yığının tepe noktasını algılayamadığından 318,8583m³ kübaj değeri elde ettiği, İHA 50 m ölçümünde ise 338,6950 m³ nün de GNSS ve YLT kübaj değerinin kabul edilebilir fark değerinde kaldığı görülmüştür

4 nolu yığında YLT ölçüm değeri 318,8583m³, İHA 50 m ölçüm değeri 338,6950 m³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.1). YLT ve İHA 50 m kübaj değerleri arası 19,8367 m³'lük farkın oluşmasında; Şekil 5.6'da YLT ölçümünde kotlara göre renklendirme yapıldığında yığının üst kısmının taban seviyesine yerleştirilen ölçüm küreleri tarafından algılanmadığı (beyaz bölge) bu sebeple kübaj değerinde İHA 50 m ile farklı ölçüm değeri oluşturmuştur.



a- YLT 4 nolu yığın

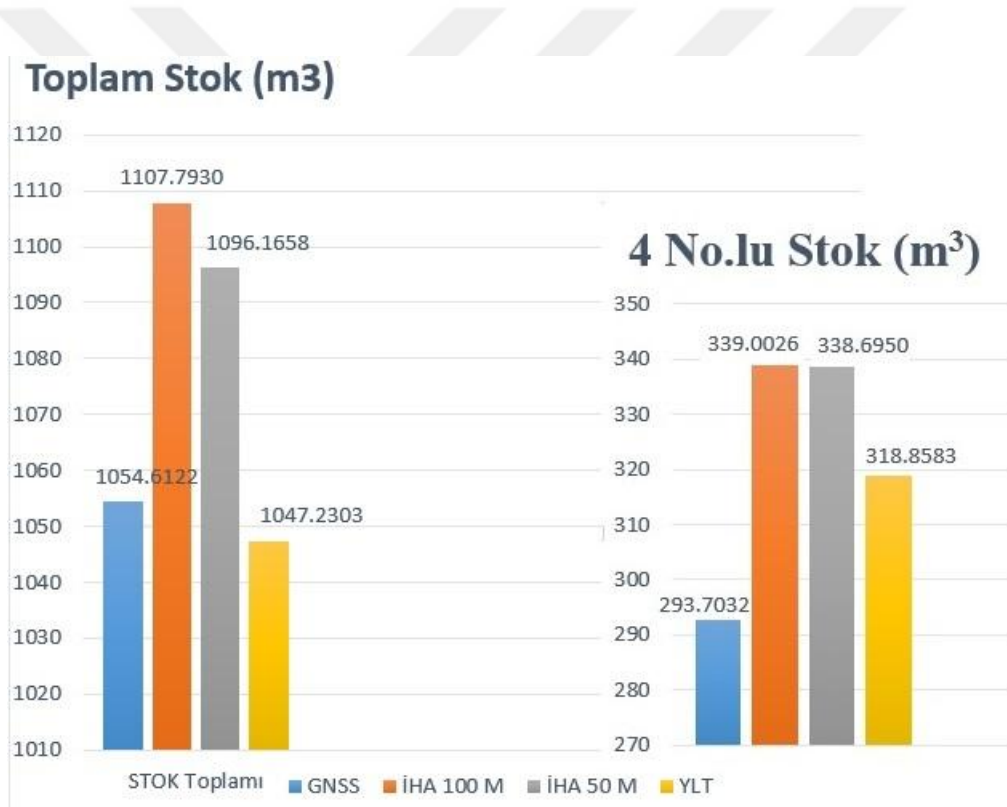


b- İHA 50 m 4 nolu yığın

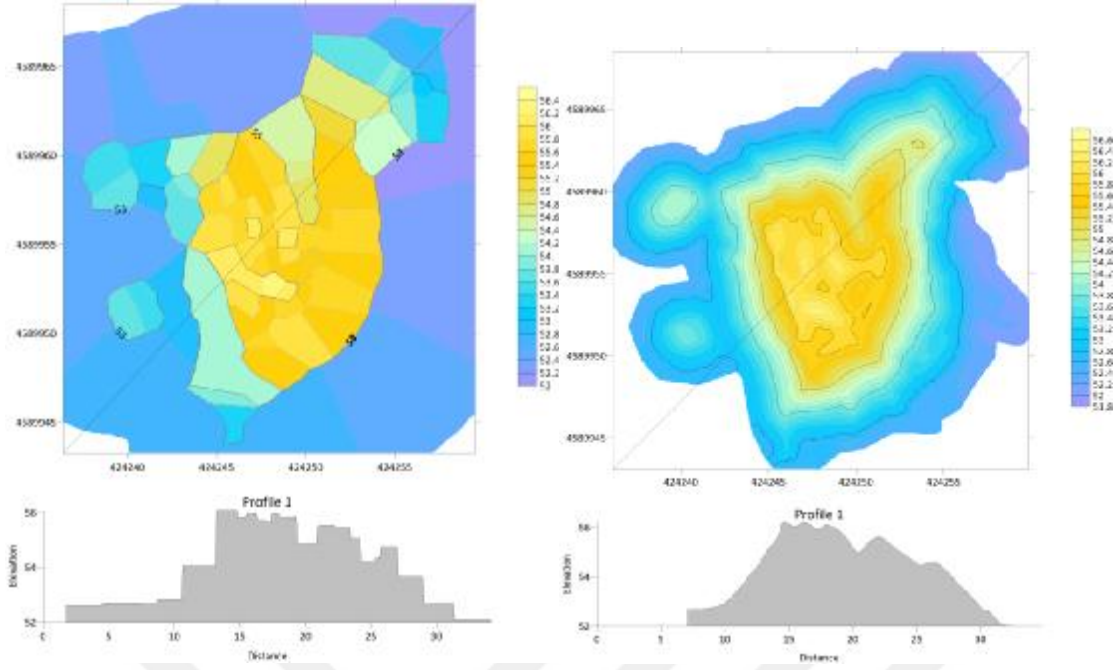
Şekil 5.6 4 Nolu yığının YLT ve İHA 50 m görünümü.

Ölçüm hatalarının İHA yönteminde daha sınırlı olması ve 50 m ile 100 m irtifa uçuşu yoğun nokta verilerinden elde edilen 4 no'lu referans stok hacimleri arasında farkın sınırlı olması nedeniyle ($\Delta V = 0,3076 \text{ m}^3$) çalışmada en verimli ölçümlerin ve stok hacminin İHA yöntemi ile elde edildiği söylenebilir.

Kullanılan tekniklere göre toplam stok değerleri arasında karşılaştırma yapıldığında (Şekil 5.7) klasik ölçme metotları kullanılan GNSS ile en modern ve pahalı cihaz olan YLT cihazı arasında %0.7, İHA 50 m ile YLT arasında %4.4, İHA 100 m ile YLT arasında %5.4'lük kabul edilebilir bir fark ortaya çıkmıştır. 50 m ve 100 m irtifalarda gerçekleşen İHA yöntemi verilerinden kestirimi yapılan toplam stok hacimleri arasındaki fark ise ($\Delta V = 11,6272 \text{ m}^3$) nispeten sınırlı olmuştur.

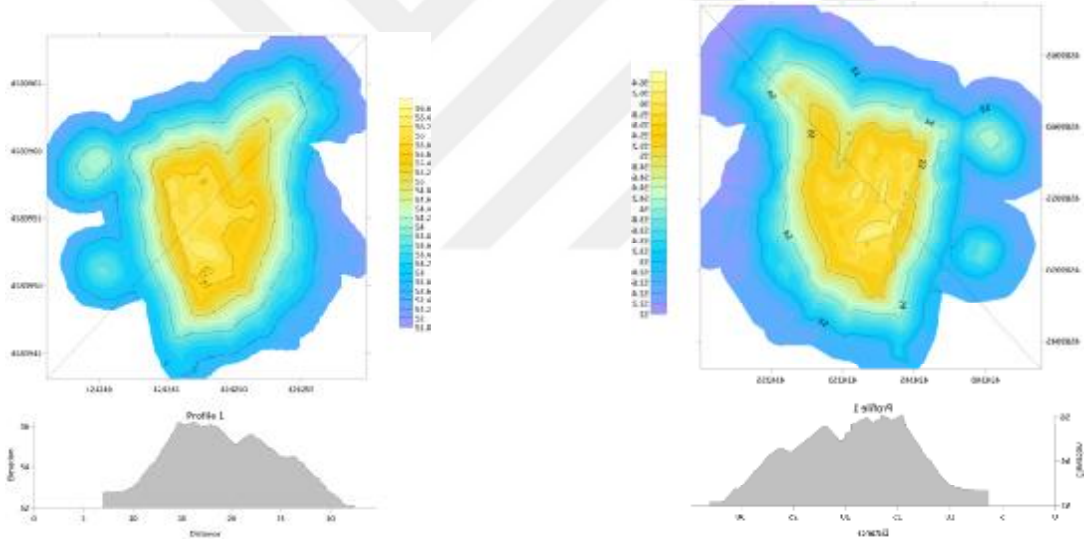


Şekil 5.7 Kullanılan tekniklere göre toplam stok ve 4 nolu stok değerleri.



a- GNSS 2 nolu yığın

b- İHA 50 m 2 nolu yığın



c- İHA 100 m 2 nolu yığın

d- YLT 2 nolu yığın

Şekil 5.8 Kullanılan cihazlara göre 2 nolu stok yığınının en kesitleri.

Çizelge 5,1’de 2 nolu stoka GNSS, İHA 50 m ve İHA 100 m kübaj değerlerinin birbirine yakın olduğu ancak YLT değerinin diğer ölçümlerden düşük olma sebebi araştırıldığında, YLT cihazının stok yığınının düzgün geometrik yapıda olmamasından kaynaklı farklı yüzeyler arasında oluşan kör noktaların (Şekil 5.4) ölçüm istasyon kürelerinin algılayamamasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. GNSS cihazının Şekil 5.8’deki en kesitinin diğer cihazlarla karşılaştırılması yapıldığında stoğun geometrik yapıda olmadığı, basamak şeklinde çıktığı tespit edilmiştir. En kesitin bu şekilde olmasının sebebinin araştırıldığında, 2 nolu stoğun

düzgün geometrik yapıda (Şekil 5.9) olmamasından kaynaklı operatörün stok yığını ve etrafında nokta alım sıklığının az olması ve şev üst noktalarında ve düzgün olmayan yüzeylerden nokta ölçümünü yapamayıp sorunlu bölgeleri pas geçip daha düzgün yüzeylerden okuma yapmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.9 2 nolu stok yığınının görünümü.



Şekil 5.10 2 nolu stok yığnında GNSS cihazı ile operatör ölçümü.

Çalışma kapsamında; GNSS, İHA ve YLT cihazlarının ölçümü, kurulumu ve elde edilen verilerin çeşitli yazılımlarla çözümlenmesi iş ve işlemleri için süreler bazında karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 5.2). Ayrıca, yöntemler arasında elde edilen noktasal veri sayısı, cihaz fiyatları ve iş güvenliğinde olası riskler açısından karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmalardan da İHA uygulamasının agrega stoklama alanlarında hacimsel ölçme yöntemleri arasında en avantajlı yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2 Kullanılan tekniklerin karşılaştırılması.

Cihaz	Nokta Sayısı	Harcanan Zaman		Cihaz Fiyatı (TL)	İş Güvenliği Açısından Riskler
		Verilerin Kaydedilmesi (dk)	Verilerin İşlenmesi (saat)		
GNSS	362	120	1	45.000	Tehlikeli
İHA 50 m	610631	20	5	15.000	Az Tehlikeli
İHA 100 m	161171	20			
YLT	2462845	260	60	250.000	Tehlikeli

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Madencilik faaliyetlerinde stok ve döküm sahalarında yersel yöntemlerle yüksek doğrulukta kübaj hesabı çalışmalarının yapılması uzun zaman almakta, ölçümler sırasında üretimi sekteye uğratabilmektedir. Bununla birlikte iş güvenliği açısından da riskli durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında özellikle stok sahasındaki çalışmalar için farklı ölçüm teknikleri ve donanımlara sahip GNSS, İHA ve YLT ile veri toplamanın uygunluğu ve elde edilen verinin bilgiye dönüştürülmesindeki doğruluğu incelenmiştir.

Bu bağlamda GNSS, İHA ve YLT cihazlarının avantaj ve dezavantajları şu şekildedir.

- GNSS Alıcısının avantajları: Saha üzerinde arazide stok yığınlarının üzerinde ve etrafında dolaşarak ölçüm değerleri alındığından dolayı tabii zemin ile yığına ait şev üstü kot farklarının daha net bir şekilde tespiti yapılabilmesi.
- GNSS Alıcısının dezavantajları: Arazide stok yığınının üzerinde, çevresinde dolaşarak nokta alınması için geçirilen daha fazla zaman ve arazi şartlarına fiziki olarak maruz kalma (yağışlara bağlı su birikintilerinin oluşması v.b.) stok yığınlarının üstlerinde uç noktalarında ve stok yüzeyinde ölçüm sırasında iş güvenliği açısından kayma, düşme tehlikesinin oluşması, operatör kaynaklı nokta alımı esnasındaki hatalar.
- Yersel Lazer Tarayıcının avantajları: stok sahasında hacim ve boyutsal kontrolünün, basit ve hassas bir şekilde yapılmasına olanak sağlayan entegre renkli kamerası sayesinde fotoğraf gerçekliğinde 3D görüntüler oluşturulabilmesi, saha üzerinde arazide dolaşarak ölçüm değerleri alındığından dolayı yığının şev üst ile tabii zemin farklarına ait kotların daha net bir şekilde tespit yapılabilmesi.

- Yersel Lazer Tarayıcının dezavantajları: Diğer ölçüm aletlerine göre daha maliyetli olması, sahada ölçüm istasyon kürelerinde dış yüzey kaplama malzemelerinin sinyal yansıtmasında fiziksel etkene bağlı (araç geçişi sırasında toz bulutunun olması v.b.) hatalar ölçümün tekrarlanmasına neden olabilmekte, ölçüm sırasında alınan verilerin milyon mertebesinde (bu çalışmada 2.462.845) olmasından kaynaklı program çözümleme zamanının uzun olması, ölçüm istasyonlarının büyük yığınlarının üst noktalarını algılayabilmesi için stok sahasında yüksek alanlara yerleştirilmesi zorunluluğunun olması, düzgün şekilli olmayan yığınlarda istasyonların farklı yüzeylerin tek yüzey gibi algılanmasından kaynaklı kör noktalarının oluşması şeklinde sıralanabilmektedir.
- İHA'nın avantajları: Basit bir tasarımı olmasına rağmen üzerinde bulundurduğu 4 adet pervane ile görüntü alımında yeterli stabilizasyonun sağlanması, yüksek çözünürlüklü kameraya (20 MP) sahip ve üzerinde bulundurduğu GPS ve IMU'nun (açısal hız ve doğrusal ivme verisini tek bir modülde toplayan elektronik birim) hassasiyeti yeterli olması, istenilen farklı açılardan da veri toplayabilmesi, ayrıca küçük boyutlu olması nedeniyle her türlü alanda iniş kalkış yeteneğinin olması, gerektiğinde sahasının büyüklüğüne göre ölçüm uçuşu, verilerin kaydedilmesi ve işlenmesi gibi tüm proseslerin 1-1,5 saatlik zaman diliminde tamamlanabilmesi.
- İHA'nın dezavantajları: Kötü hava koşullarından kolaylıkla etkilenmesi, batarya ömrünün yaklaşık 20 dk olması sebebiyle küçük alanlardaki projelerde kullanılması, ormanlık/ağaçlık alanlarda zemin kotlarının tam belirlenememesi.

Maden stok sahasında ölçümler sırasında üretimi sekteye uğratmama, iş güvenliği açısından riskli durumlara maruz kalmama gibi faktörler ile diğer ölçüm cihazlarıyla verilerin yaklaşık olarak yakın değerlerde olması, sahada sonuçların drone ve bilgisayar yardımıyla daha hızlı olarak takibinin yapılabilmesi İHA uygulamasının ön plana çıkarmaktadır. Maden sahaslarında İHA sistemleri ile üretilmiş sayısal fotogrametrik haritaların Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğüne de geçerliği bulunmaktadır.

Sahanın ilk halihazır planının olması, maden sahasının örtü kazısının (ağaçlık/ormanlık alanların kesiminin) yapılmış olması ve sahada YKN'lerinin üretim ve stok hareketlerinin etki alanlarında kalmayacak şekilde tahsis edilmesi göz önüne alındığında ehliyetli bir operatör ile

İHA'nın madencilik faaliyetlerinde üretim ve stok planlamalarında yeterli güvenilirlikle kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.





KAYNAKLAR

- Altuntaş C ve Yıldız F** (2008) Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, Sayı 98, s. 20-27.
- Arango C and Morales C.A.** (2015) Comparison Between Multicopter İHA and Total Station For Estimating Stockpile Volumes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-1/W4, pp. 131-135.
- Avdan U, Şenkal E, Çömert R ve Tuncer S** (2014) İnsansız hava aracı ile oluşturulan verilerin doğruluk analizi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul, 14.
- Gül Y** (2019) Açık Maden İşletmelerinde İnsansız Hava Aracı (İHA) Uygulamaları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Sayı 62, s. 99-112.
- Gül Y, Poyraz F ve Hastaoğlu K.Ö** (2019) Madencilik Faaliyetlerinde İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulamaları. *Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi*, Sayı 83, s. 92-95.
- Kahveci M ve Can N D** (2017) İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. *S.Ü. Bilim ve Tekn. Derg.*, Sayı 4, s. 511-535.
- Kahraman M.K** (2015) Kinematik Ölçü Yöntemlerinden Klasik Rtk ile Ağ-Rtk (Cors-Tr) Yönetiminin Konum Doğruluğu Açısından Test Edilmesi: Sayısal İşletme Projelerinde Uygulamaları. *Uzmanlık Tezi*, İller Bankası Genel Müdürlüğü, 103.
- Kartal F** (2017) Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinde Kullanılan Total Station'lar ve GPS Notları (yayımlanmamış), YTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, 61-62 s.
- Kılınçoğlu D B** (2016) Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi ve Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Müh. Anabilim Dalı, İstanbul, 131 s.
- MAPEG** (2019) İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri ile Detay Ölçmeleri, Harita Üretimi ve Kontrol Esasları, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, www.mapeg.gov.tr/
- Özarslan A** (2010) Agregada Madenciliği ve Teknolojisi Ders Notları ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
- Stalin M J L** (2017) Volume Calculation from UAV based DEM, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 6, pp. 126-128.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Stalin M J L (2017) Volume Calculation from UAV based DEM, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 6, pp. 126-128.

Üstün A (2016) GNSS Teknikleri Lisans Ders Notları (yayımlanmamış), Kocaeli Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, 18 s.

Yakar M, Yılmaz H M ve Mutluoğlu Ö (2009) Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

URL-1 <[https:// www.speedwaycp.com/Aggregate-and-Truckhing/](https://www.speedwaycp.com/Aggregate-and-Truckhing/)>, Ziyaret tarihi: 02.07.2019

URL-2 <<https://www.uepg.eu/statisticsgraphs/>>, Ziyaret tarihi: 02.07.2019.

URL-3 <https://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/icerik/ekleri/tusaga-aktif_2018.pdf/>, Ziyaret tarihi: 11.07.2019

URL-4 <<https://gazetemanifesto.com/2018/hafiza-i-beser-4-ekim-1957-insanligin-ilk-yapay-uydusu-sputnik-1-209903/>>, Ziyaret tarihi: 12.07.2019.

URL-5 <<https://haritaonline.blogspot.com/2014/12/gps-ile-konum-belirleme-yontemleri/>>, Ziyaret tarihi: 14.07.2019.

URL-6 <<https://haritaonline.blogspot.com/2014/12/gps-ile-konum-belirleme-yontemleri/>>, Ziyaret tarihi: 14.07.2019.

URL-7 <[https:// topconpositioning.com/total-station-solutions /](https://topconpositioning.com/total-station-solutions/)>, Ziyaret tarihi: 17.07.2019.

URL-8 <<http://www.tufuab.org.tr/images/dergi/makaleler/45d95af3e246cc5.pdf/>>, Ziyaret tarihi: 18.07.2019.

BİBLİYOGRAFYA

- Boehler W, Bordas V M and Marbs A** (2003) Investigating Laser Scanner Accuracy, *Proceedings of XIXth CIPA International Symposium*, s.696-701, Antalya, Turkey, 30 Sep-4 Oct. (1974) Engineering classification of rock masses for the design of tunnel supports. *Rock Mech.*, 6 (4): 189 - 239.
- Bui D T, Long N Q, Bui X N, Nguyen V N, Van Pham C, Van Le C and Kristoffersen B+** (2017) Lightweight unmanned aerial vehicle and structure-from-motion photogrammetry for generating digital surface model for open pit coal mine are and its accuracy assessment. *In International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources*, Springer, Cham, 17-33.
- Eisenbeiss H** (2009) İHA Photogrammetry. Zurich:Eidgenössische Technische Hochschule.
- Forkuo E K and King B** (2004) Automatic Fusion of Photogrammetric Imagery And Laser Scanner Point Clouds, *ISPRS XXth Congress*, Commission 4, s.921-926, Istanbul.
- Gonçalves J A and Henriques R** (2015) İHA photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, 101-111.
- Johansson M** (2002) Explorations into the behavior of three different high-resolution ground-based laser scanners in the built environment, *Proceedings of the CIPA WG6 Int. Workshop on scanning for cultural herigate recording*, s.33-38, Antalya.
- Kara B C** (2018) İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi İle Alansal Deformasyonların İzlenebilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Lichti D D, Stewart M P, Tsakiri M and Snow A J** (2000) Calibration and Testing of a Terrestrial Laser Scanner, *The ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 12, Part B5/2, s. 485-492.
- Lichti D D and Gordon S J** (2004) Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Pint Clouds for Cultural Heritage Recording, *Proceedings of FIG Working Week*, 22-27 May, Athens, Greece, s.on CD.
- Peterman V** (2015) Landslide Activity Monitoring With The Help of Unmanned Aerial Vehicle. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40 (1/W4), 215-218.
- Scaioni M** (2002) Independet Model Triangulation of Terrestrial Laser Scanner Data, *The ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciencies*, Vol. 34, Part 5/W12, s. 308-313.

BİBLİYOGRAFYA (devam ediyor)

Waggot S M, Clegg P and Jones R R (2005) Combining Terrestrial Laser Scanning, RTK GPS 3D Visualisation: Application of Optical 3D Measurement in Geological Exploration, *Proceedings of the 7th Conference on 3-D Optical Measurement Techniques*, 3-5 Oct. 2005, Vienna, s.on CD.

Yanalak M (2005) Computing Pit Excavation Volume, *Journal of Surveying Engineering*, Vol.131 No.1, p.15-19.

Zweyer A (2006) HDS Products and Solutions, *Proceedings of ISPRS Lidar Workshop*, Istanbul, s.on CD.



ÖZGEÇMİŞ

Tolga AKBOSTANCI 1980’de Zonguldak’ta doğdu; İlk, Orta ve Lise öğrenimini Zonguldak’ta tamamladı; Zonguldak Fener Lisesinden mezun olduktan sonra 1998 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı Bölümünü bitirip 2000 yılında ZKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü’ne girdi, mezun olduktan sonra ZBEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans’ına başladı. Halen Zonguldak İl Özel İdaresinde Maden Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

E-posta: tolga_akbostanci@hotmail.com