

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

“İnsansız Hava Araçlarının Orman Yolu Projelerinde Kullanımı” adındaki bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmalarım sırasında yardımlarını hiç esirgemeyen, önerileriyle araştırmanın gelişimine yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erhan ÇALIŞKAN hocama teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmam süresince tüm desteğini gösteren kardeşim Oğuzhan KINALI'ya, değerli çalışma arkadaşlarım Serkan YAZICI ve Feyza KALYONCU'ya, tüm eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan manevi desteğini daima hissettiğim sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Mihrişah KINALI
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İnsansız Hava Araçlarının Orman Yolu Projelerinde Kullanımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Erhan ÇALIŞKAN’ın 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. 04/10/2021

Mihrişah KINALI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IIX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Literatür Özet	4
1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	7
1.1.3. Orman Yolları	7
1.1.3.1. Ana Orman Yolları	10
1.1.3.2. Tali Orman Yolları.....	10
1.1.3.2.1. A Tipi Tali Orman Yolları	10
1.1.3.2.2. B Tipi Tali Orman Yolları	10
1.1.3.2.2.1. Standartları Yükseltilmiş B-Tipi Tali Orman Yolu (SBT):	12
1.1.3.2.2.2. Normal B Tipi Tali Orman Yolları (NBT)	12
1.1.3.2.2.3. Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları (EBT).....	12
1.1.3.3. Traktör Yolları	13
1.1.3.3.1. Traktör Yollarında Eğimler.....	13
1.1.3.3.2. Traktör Yollarında Genişlik	14
1.1.3.3.3. Traktör Yollarında Yol Sathı	14
1.1.4. Ülkemizde Orman Yolu Planlaması ve Orman Yolu İnşaatının Önemi.....	14
1.1.5. İnsansız Hava Araçları (İHA)	15
1.1.5.1. İnsansız Hava Araçları (İHA) Tanımı ve Tarihçesi.....	16
1.1.5.2. İnsansız Hava Araçları (İHA) Sistemlerinin Sınıflandırılması	18
1.1.5.3. İnsansız Hava Araçları (İHA) Sistem Bileşenleri	22
1.1.6. Global Positioning System (GPS).....	22
1.1.6.1. GPS Çalışma Yöntemi	23

1.1.7.	Yoğun Görüntü Eşleme Yöntemi.....	23
2.	MATERYAL	25
2.1.	Çalışma Alanının Tanımı	25
2.2.	Çalışma Alanının Yetiştirme Ortamı ve Topoğrafik Özellikleri.....	26
2.3.	Araştırmada Kullanılan Veri ve Ekipmanlar	27
2.3.1.	CHC i73 CORS GNSS Ölçüm Aleti ve Özellikleri.....	27
2.3.2.	Topcon QS Total Station Aleti ve Özellikleri.....	29
2.3.3.	DJI Phantom 4 RTK Drone Özellikleri	30
3.	YÖNTEM	33
3.1.	Arazide Veri Toplama ve Değerlendirme.....	33
3.2.	Uygulama İşlemleri.....	33
3.2.1.	CORS GNSS ve Total Station Ölçüm Aleti ile Ölçüm İşlemi.....	34
3.2.2.	DJI Phantom 4 RTK Drone ile Farklı Yüksekliklerde Fotoğraflama İşlemi ve Verilerin İşlenmesi	34
3.2.2.1.	DJI Phantom 4 RTK Drone Fotoğraflarının İşlenmesi ve Alana Ait Nokta Bulutunun Oluşturulması	36
3.2.3.	Arazi Yüzeyini Temsil Eden Nokta Bulutu Veri Setlerinden Yol Güzergahına İsbet Eden Alanda Noktaların Kesilmesi ve Gürültü Noktalarının Tespiti Edilerek Elemine Edilmesi	37
3.2.4.	Elde Edilen Nokta Verilerinden Halihazır Harita Oluşturulması ve Yol Projesi Yapımı	39
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1.	CORS GNSS ve Total Station Ölçüm Aletine Ait Bulgular ve Tartışma....	42
4.2.	DJI Phantom 4 RTK ile Farklı Yüksekliklerde Fotoğrafların İşlenmesine Ait Bulgular ve Tartışma	50
4.3.	Nokta Bulutu Üretimine Ait Bulgular ve Tartışma.....	51
4.4.	Arazi Yüzeyini Temsil Eden Nokta Bulutu Veri Setlerinden Yol Güzergahına İsbet Eden Alanda Noktaların Kesilmesi ve Gürültü Noktalarının Tespit Edilerek Elemine Edilmesine Ait Bulgular ve Tartışma	55
4.5.	Nokta Verilerinden Halihazır Harita Oluşturulması ve Yol Projesi Yapımına Ait Bulgular ve Tartışma.....	65
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	101
6.	KAYNAKLAR	104
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ORMAN YOLU PROJELERİNDE KULLANIMI

Mihrişah KINALI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Erhan ÇALIŞKAN
2021, 108 Sayfa

Dünyada ortak fikir olarak kabul edilen yol medeniyettir anlayışı ile yeryüzünde açılmış ve açılması düşünülen her yol güzergâhının insan hayatına önemli derecede katkı sağladığı bilinmektedir. Bu yol güzergâhları kimi zaman sık ormanlık alanlar içerisinde, kimi zaman ise çıplak alanlara denk gelecek şekilde tasarlanabilmektedir. Ormanlık alanlarda oluşturulacak yol güzergâhları için arazi yüzeyini temsil eden noktalar yersel ölçüm yöntemleri ile elde edilebilmektedir. Yersel ölçüm yöntemlerinde sık ormanlık alanlarda, arazi yüzeyinde nokta toplama işleminde sık veri elde edilmesinde sorunlar yaşanabildiği ve uzun zaman aldığı bilinmektedir. Bu tez çalışmasında yersel ölçüm tekniğinde yaşanan bu sorunlar göz önüne alınarak yersel ölçüm tekniği ve İnsansız Hava Araçları (İHA) yardımı ile farklı yüksekliklerde elde edilen fotoğrafların fotogrametrik işlem ile elde edilen nokta bulutu verilerinin, her uygulama projesinde aynı yol güzergâhı ve yöntemleri olacak şekilde arazinin yapısı, kazı ve dolgu değerlerinin kıyaslanması işlemi gerçekleştirilmiştir. İki yöntem arasında toprak işi miktarının hesabında, İHA 50 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı değeri %0,27 ve toplam dolgu değerinde %1,08 fark belirlenmiştir. İHA ile 50 m yükseklikteki fotoğrafların fotogrametrik yöntem ile elde edilen nokta bulutu verilerinin yersel ölçüm tekniğine yüksek derece benzerlik gösterdiği, ormanlık alanlarda yapılması düşünülen orman yolu projelerinde az zamanda çok veri elde edilebileceğinden dolayı yersel ölçüm tekniğinden sonra kullanımı tercih edilmesi gereken bir alet olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Yolu, İHA, Fotogrametri, Yersel Ölçüm, Toprak Hacmi

Master Thesis

SUMMARY

USE OF UNMANNED AIRCRAFT IN FOREST ROAD PROJECTS

Mihrişah KINALI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Department
Supervisor: Prof. Dr. Erhan ALIŐKAN
2021, 108 Pages

It is known that every road route that has been opened and thought to be opened on the earth with the understanding that the road, which is accepted as a common idea in the world, is civilization, contributes significantly to human life. Forest road routes can be designed sometimes in dense forest areas and sometimes in bare lands. Points representing the land surface for forest road routes to be created in forested lands can be obtained by terrestrial measurement methods. It is known that in terrestrial measurement methods, there may be problems in obtaining frequent data in densely forested lands and in point collection on the land surface and it takes a long time. In this thesis study, considering these problems experienced in terrestrial measurement technique, the structure of the land, with the help of terrestrial measurement technique and Unmanned Aerial Vehicles (UAV), the point cloud data obtained by photogrammetric process of the photographs obtained at different heights, the same road route and methods in each application project. Comparison of splitting and filling values was carried out. Between the two methods, a difference of 0.27% in the total amount of cut and 1.08% in the amount of filling was determined in the calculation of the amount of earthwork and the measurement amount of UAV 50 m. It has been concluded that the point cloud data obtained by the photogrammetric method of the photographs with the UAV at 50 m height show a high degree of similarity to the terrestrial measurement technique, and since a lot of data can be obtained in a short time in the forest road projects planned to be made in forest areas, it is a tool that should be preferred after the terrestrial measurement technique.

Keywords: Forest Road, UAV, Photogrammetry, Terrestrial Measurement, Soil Volume

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Orman yollarının enine kesit görünüşleri..... 8
Şekil 2.	Uygulama Alanı 26
Şekil 3.	CHC i73 CORS GNSS..... 28
Şekil 4.	Topcon QS Total Station 30
Şekil 5.	DJI Phantom 4 RTK..... 32
Şekil 6.	İHA Uçuş Alanı 35
Şekil 7.	DJI Photogrammetry yazılımında uçuş parametrelerinin girilmesi; 36
Şekil 8.	Yersel yöntem ile elde edilen poligon ve nokta verileri 50
Şekil 9.	Ön işleme sonucunda tespit edilen oluşan az miktardaki nokta bulutu 51
Şekil 10.	Üretilen yoğun nokta bulutu 52
Şekil 11.	Sınıflandırılmış nokta bulutu verisi 53
Şekil 12.	Kesilmiş nokta bulutu verisi 57
Şekil 13.	Octree 7 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri 58
Şekil 14.	Octree 8 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri 59
Şekil 15.	Octree 9 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri 60
Şekil 16.	Octree 10 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri 61
Şekil 17.	Renklendirme metodu sonucu oluşan nokta verisi 62
Şekil 18.	Noktalara ait renk histogramı..... 63
Şekil 19.	Gürültü noktalarından ayıklanmış nokta verileri 64
Şekil 20.	Sıklığı azaltılmış nokta verileri 65
Şekil 21.	Araziye ait detay çizimleri 66
Şekil 22.	Arazi detayları ve üçgen model ile oluşturulan arazi yüzeyi 67
Şekil 23.	Arazi yüzeyinde çizilen sabit yol güzergahı 68
Şekil 24.	Güzergâh üzerinden siyah kot ve en kesit üretimi 69
Şekil 25.	Boy kesit üretimi 70
Şekil 26.	Yol güzergahına yapılan düşey çizim işlemi 71
Şekil 27.	Sabit düşey tanımlama sonucu üretilen a) Yersel Ölçüm b) 50 m c) 75 m d) 100 m değerlerine ait boy kesitler 72
Şekil 28.	Sabit düşey tanımlama sonucu üretilen a) 0.000 m b) 10.000 m c) 20.000 m d) 30.000 m e) 40.000 m f) 50.000 m aralıklarına ait en kesitler..... 74

- Şekil 29. Arazi yapısı esas alarak üretilen a) Yersel Ölçüm b) 50 m c) 75 m d) 100 m 85
- Şekil 30. Arazi yapısı esas alınarak üretilen a) 0.000 m b) 10.000 m c) 20.000 m 87



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.	Orman yollarının geometrik standartları..... 9
Tablo 2.	CHC i73 CORS GNSS teknik özellikleri 28
Tablo 3.	Topcon QS Total Station teknik özellikleri 29
Tablo 4.	Phantom 4 RTK drone gövdesine ait teknik özellikler 31
Tablo 5.	Phantom 4 RTK haritalama fonksiyonlarına ait teknik özellikler 31
Tablo 6.	Phantom 4 RTK kamerasına ait teknik özellikler 31
Tablo 7.	Phantom 4 RTK GNSS teknik özellikleri..... 32
Tablo 8.	Yersel Ölçüm Yönteminde Elde Edilen Poligon Değerleri 42
Tablo 9.	Yersel Ölçüm Yönteminde Elde Edilen Nokta Değerleri..... 43
Tablo 10.	Ön işleme sonucu oluşan sonuç verileri..... 52
Tablo 11.	Nokta bulutlarından kesilecek uygulama alanına denk gelen nokta değerleri 55
Tablo 12.	Yersel - İHA 50 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması 77
Tablo 13.	Yersel - İHA 50 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması..... 78
Tablo 14.	Yersel - İHA 75 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması 79
Tablo 15.	Yersel - İHA 75 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması..... 80
Tablo 16.	Yersel - İHA 100 m sonuç kazı değerlerinin kıyaslanması 82
Tablo 17.	Yersel - İHA 100 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması 83
Tablo 18.	Yersel - İHA toplam sonuç değerlerinin kıyaslanması 84
Tablo 19.	Yersel - İHA 50 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması 90
Tablo 20.	Yersel - İHA 50 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması..... 91
Tablo 21.	Yersel - İHA 75 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması 92
Tablo 22.	Yersel - İHA 75 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması..... 93
Tablo 23.	Yersel - İHA 100 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması 94
Tablo 24.	Yersel - İHA 100 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması..... 96
Tablo 25.	Sabit düşey tanımlama sonucu oluşan dolgu ve kazı değerleri..... 97

SEMBOLLER DİZİNİ

M³ Metreküp

Ha Hektar

Km Kilometre

İHA İnsansız Hava Aracı

OGM Orman Genel Müdürlüğü

GPS Küresel Konumlandırma Sistemi

UAV/UAS İnsansız Hava Aracı

ICAO Ulusal Sivil Havacılık Örgütü

YKN Yer Kontrol Noktası

GNSS Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

MTA Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü

KTÜ Karadeniz Teknik Üniversitesi

OİŞ Orman İşletme Şefliği

GSD Yer Örnekleme Aralığı

SYM Sayısal Yükseklik Modeli

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Türkiye'nin toplam yüzölçümü 77.945,200 hektardır. Ülkemiz orman varlığı 2021 yılı itibari ile 22.740,297 hektar olduğu belirtilmiştir. Bu sayı ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,2'sini kapsamaktadır (OGM 2021). Orman, haylice geniş ve büyük bir alanda kendine özgü iklim oluşturabilen, belirli yükseklik, sıklık ve yapıdaki ağaçlar, ağaççık, çalı ve otsu bitkiler, eğrelti, yosun ve mantarlar, toprağın üst ve alt kısmında yaşayan mikroorganizmalar ve çeşitli hayvan ve böceklerle orman toprağının bütün olarak oluşturduğu yaşam birliğidir (Aytuğ, 1976 ve OGM 2014). İnsanların istedikleri yere gidip ulaşabilmesi ve eşyaların bir yerden başka bir yere aktarılması için, ne kadar ilkel ve basit de olsa bile, her zaman bir yolun varlığına gereksinim duyulur. Yol hayatımızda ihtiyaç duyduğumuz ve insanlık tarihin başından itibaren hayatımızı kolaylaştıran bir araç olmuştur. İnsanlar gereksinimleri için, en eski taşıma aracı olan kızıağın keşfi ile ilk yolları meydana getirmişlerdir. Ancak yol yapımı yönteminde tahakkuk edilen en değerli gelişme İ.Ö. 5000'li yıllarda tekerleğin icadıyla birlikte başlamış olduğu kabul görür. (Umar ve Yayla, 1986; Seçkin, 1984).

İnsanoğlunun kullandığı yol, taşıma araçlarının, insanlığın, teknolojinin gelişmesiyle birlikte modern yaşam standartlarında sürekli ortaya çıkan yükselmeler ile benzer ölçüde gelişmiştir (Aykut, 1984). İnsanlığın teknolojinin gelişmesi ile birlikte diğer mühendislik yapılarında olduğu gibi yol yapımında yapısal hedefli en temel ilke; yapının fonksiyonuna ve işleyişine bağlı olduğundan taşıtlardan ortaya çıkacak statik ve dinamik etkilerle diğer dış etkileri başkaca yapıyı oluşturup meydana çıkararak malzemenin fiziksel ve kimyasal nitelik ve özelliklerinden kaynaklanan iç etkilere karşılık, kendi bünyesinde ve gerekse yerleştiği doğal zeminde kalıcı deformeler (hasarlar) ortaya çıkarmadan, en uygun güvenlik ve teknik özellikte ekonomik bir yol yapısının sağlanması olarak tayin edilmiştir (Erdaş, 1980).

Genel tanımıyla orman yolları ormanların işletmeye açılabilmesine vesile olan, lastik tekerlekli araçların yıl boyunca transfer gerçekleştirebilmesine amacı ile, ormanda iç ve dış bağlantıyı sağlayan tek şeritli toprak zeminli yollar olarak tarif edilebilir (Gümüş, 2013). Orman yollarının tek yönlü olmasının en önemli sebebi doğadaki tahribatı en az seviyede

tutabilmektir. Bunun nedeni orman yol ağlarının orman ekosisteminin içinde yer almasıdır. Orman yolları yapı malzemesinin toprak olmasının sebebi, natürel bir yapı malzemesi olmasından dolayı asfalt gibi kimyasal içerikleri barındıran malzemelerin orman içindeki yol yapımında kullanılmaktan kaçınılmak istenmesinden kaynaklanmaktadır.

Ülkemizde yapılması planlanan orman yolları uzunluğu toplamda günümüze kadar %65'i gerçekleştirilebilmiştir. Orman yolu yapımının maliyeti fazlasıyla yüksektir. Bu nedenle mali kaynakların yerinde kullanılması için yapılacak yeni yolların, ormanların sürekliliğini devam ettirecek şekilde işleme açılmasını sağlayacak teknik ve ekonomik değerlere barındırması gerekmektedir (Erdaş, 1986). Türkiye'de çeşitli ormancılık faaliyetleri kapsamında (ağaçlandırma, koruma, rekreasyon, erozyon ve sel kontrol, vb.) gerçekleşmesi için gerekli olan yol miktarı 282 000 km olarak hesaplanmış olup bu miktarın 2014 yılı itibari ile 177 000 km'si tamamlanmıştır. Orman alanlarından geçen 66 000 km köy yolu ve karayolu dahil olmak üzere ormancılık faaliyetlerinde yararlanabilecek toplam yol uzunluğu 243 000 km'ye ulaşmıştır (OGM, 2015).

Orman yolları, ormancılık hizmetleri için gerekli ormancılık altyapısının temel inşasını oluşturan, ancak orman ekosisteminde kalıcı hasara neden olacak karmaşık ve pahalı mühendislik yapılarıdır. Ancak geleneksel ormancılık anlayışının aksine, orman yol ağları ile yürütülmesi fikri, ormanların odun üretimi için kullanılması çerçevesinde dahi olsa; ormanın faydalanmaya devam etmesini sağlamak için teknik çözümlerle uygulanmalıdır. Bir bakıma orman ekolojisi sistemini, ormanın ekolojisini inceleyen teknolojik tahlil uygulamasıdır (Çalışkan ve ark. ,2010).

Orman yollarında, istifade edilen birincil öncelik olan alt yapı tesisi; ormancılık uygulamalarının ve faaliyetlerinin yerine getirilmesi için çok önemlidir. Bu nedenle ülkemize kültürel sosyal ve ekonomik faydalar oluşturmaktadır. Ormanlık alanları işletmeye açmayı hedefleyen orman yol ağının planlanması, inşası, yapılmasından sonra bakımı, barındırmış olduğu teknik standartlar ve ekonomik özellikleri bakımında üzerinde durulması konu olmasının yanında ekolojik problemlere sebebiyet vermesi yönüyle de şüphesiz içermesi yönüyle de oldukça önem arz etmektedir (Erdaş vd. 1995; Arıca 2020).

Orman yol ağları; ormanları oluşacak çeşitli hastalık ve böcek zararlılarından koruyabilmek, gerçekleştirilecek yangınlara müdahale edebilmek, yeni nesil orman alanlarının yetiştirilmesi ve hali hazırdaki orman alanlarının bakımını yapabilmek, orman

sınırları içinde bulunan yerleşim yerlerinin yol ve ulaşım ihtiyacını karşılayabilmek ve entansif olarak işletebilmek amacıyla tasarlanmaktadır.

Ormanlardan en elverişli şekilde yararlanmayı sağlamak maksadıyla, daha önceden belirlenip tespit edilebilecek istekler yönünde yapılan plan ve projelere uygun olarak ormanların işletmeye açılmaktadır. Ormanların işletmeye açılması çalışmalarının ana hedefi orman yollarının sayısını arttırmaktır. Önceden tespit edilen hedeflere ulaşmak doğrultusunda ormanların bulunan fonksiyonlarına en uygun şekilde planlanan orman yol ağlarına yol yapım tekniğine en uygun olarak ortaya çıkarmak, ekonomik kayıpların önüne geçebilmek ve belirlenen hedeflere için gerekmektedir (Eroğlu, 2003, Köprülü 2020).

Orman yolları faaliyetleri, geniş bir yelpazede yürütülmeye çalışılan uzun süreli ve zor şartları kuruluşunda barındıran çalışmalardır (Şafak ve Gül, 2012). İnsanlık geçmişinden günümüze kadar uydu ve hava araçları ile elde edilen görüntüler ormancılık alanında faydalı bilgilere dönüştürülerek geniş kapsamlı olarak kullanılır (Çakır ve ark.2005). Çeşitli meteorolojik olumsuz hava şartları ve olayları sebebi ile her an bilgiye erişmek veya temin etmek imkânlar dâhilinde olmayabilir (Arıca ve ark. 2007). Bu kapsamda daha pratik şekilde uygulama kolaylığı olduğu için insansız hava araçları çok faydalı fırsatlar taşımaktadır.

İnsansız hava araçları (İHA) geçmişten günümüze kadar özellikle milletlerarası alanda ve çeşitli ortamlarda çalışma konusu olmuştur ve olmaya da devam etmektedir. Bunların genellikle ilk çıkış noktaları insansız hava araçların çeşitli sektörlerde kullanılması, İHA koordinasyon yazılımı ve kodlamaları şeklinde görülmektedir (Vincent and Rubin, 2004).

Geçmişten günümüze geldiğimizde ise bilgisayar bilimleri, mühendislikler, yeryüzü bilimleri, haritacılık, ziraat ve ormancılık vb. çeşitli sektörlerde yayın yapan dergilerde sıklıkla çalışmalarda kullanımına ihtiyaç duyulan bir araç haline gelmiştir. Ormancılık faaliyetleri içerisinde Yersel Lazer Tarama, İHA ve bunlar gibi araçlar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları: Ormanların haritalanması, Ormancılık envanteri çalışmaları, 3 boyutlu harita yapımı, Orman yangınları ile mücadele, Orman zararlıları ile mücadele ve Yaban hayatı takibi gibi birçok şekilde sıralanabilir (Buğday 2019).

1.1.1. Literatür Özeti

Tavşanoğlu (1955), orman yolları planlama, bakım ve yapımıyla ilgili temel bilgileri ortaya koymuştur. Almanya'da Loffler, Ziesak, Shiba tarafından gerçekleştirilen çalışmada, araştırma konusu modern teknolojinin orman yollarının planlanmasında faydaları ve olanakları ve ön bilgiler olarak sayısal arazi modeli, arazi ve meşcere veri depolama bilgilerine ihtiyaç duyulmuştur. Bilgisayar tabanlı bu yöntem ile elverişsiz arazi koşullarında, sıfır hattı ve orman yol ağı planlanmasının yapılmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak tüm verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi ile orman yol ağı planı oluşturulmuştur (Shiba ve ark., 1990)

Şentürk, “Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları” adlı çalışmasında, orman yolu projelerinin bahsi geçen güzergâh planı, en ve boy kesitlerinin düzenlenmesi, bir araya getirip hazırlayıp çizmek, kazı ve dolgu alanlarını hesaplamak geleneksel yöntem ve bilgisayar ortamında olmak kaydıyla farklı biçimde yapılmıştır. Bu iki metod ile elde edilen sonuçlar ve maliyetler karşılaştırılmıştır (Şentürk, 1992).

Orman yolları; ormanları yoğun bir şekilde işletmeye açmak, ormanları böcek zararlılarından ve hastalıklarından korunması, yangınlarla mücadele edip söndürmesi, ormanların yetiştirilmesi ve bakımı çalışmalarının yapılması, orman içindeki aktif yaşam olan köylerin ve köylülerin yol ihtiyacını karşılanması vb. amaçlarla yapılmasıdır (Gümüş, 2003).

Orman yolları; ormancılık hizmet ve faaliyetlerini meydana getirmek maksadıyla ormanın içinde kurulan genel olarak tek yönlü, iktisadi, doğal yapılı yollardır. (Acar, 2005).

Orman yolları; ormanların iktisadi, sosyo-kültürel fonksiyonlarının meydana çıkması için işletilen, inşa edilen alt yapı tesisleri çok yüksek maliyetlidir. (Karabacak, 2010).

Ülkemizde orman yolları ile ilgili Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 1964 senesinde sistemli orman yol ağı planlaması çalışmalarına başlangıç vermiş ve bu çalışmaları 1974 senesinde tamamlayabilmiştir (OGM, 2011). Bu çalışma sonrasında verimli ormanlarda orman ürünlerinin üretimi ve nakliyatı maksadıyla lüzum görülen yol miktarı 144.425 km olarak tespit edilmiştir. Daha sonraki dönemde koruma, ağaçlandırma, rekreasyon, dinlenme, piknik, erozyon önleme vb. faktörler bünyesinde yapılabilen fonksiyonel planlama amaçları güzergahında bütün ormancılık faaliyetlerinin meydana getirilmesi için yol ihtiyacı 210.000 km olarak yenilenip düzenlenmiştir. Bu kapsamda 2010 yılı sonuna

kadar yapılan yollar 163.072 km ye ulaşmış bulunmaktadır. Buna göre ilerleyen süreçte 46.928 km yeni orman yolu yapı gerçekleştirilecektir. İnşa edilecek orman yollarının tekniğine uygun olarak ve toprak kaybını önleyici önlemleri alarak yapılması ve çevreye vermiş olduğu zararı minimize indirebilir (OGM, 2011)

Orman yollarının planlanmasında uygun güzergahın seçimi bir dizi teknik, ekolojik ve ekonomik faktörlere bağlı olan karmaşık bir mühendislik problemidir. Ülkemizde orman yollarının planlanmasında bilgisayar yazılımı (Demir, 2002; Demir ve Öztürk, 2004) ve CBS yöntemlerinin (Gümüş ve Erdaş, 2000, Gümüş ve ark., 2003, Altunel, 2006, Çalışkan, 2013 kullanıldığı çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmıştır.

Hayati ve ark. (2012) tarafından 'Orman Yol Ağı Planlama Üzerine Delphi ve Konumsal Çoklu-Kriter Değerlendirmelerini Birleştirerek Yapılan Uzman-Temelli Bir Yaklaşım' adlı çalışmada, orman yolu planlamayı etkileyen teknik, ekonomik ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak yol ağı planlamada önemli olan kriterler belirlenmiştir.

Avcı (2010) da büyük yapı, yol ve kanal çalışmalarında kazılacak toprak hacminin hesaplanması, maden işletmelerinde çıkarılan maden miktarının belirlenmesi amacıyla hacim hesabı yapılmıştır. Bu amaç için öncelikle sayısal model oluşturulmuş ve bu model üzerinden hacim hesabı yapılan bir çalışma yapılmıştır.

Doğruluk (2013) de Sayısal Arazi Modeli belirlenen bir karayolu projesi için oluşturulmuştur. Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak sıklaştırılan yüzeyler ile proje kotlarını ifade eden yüzey arasındaki hacim hesabı yapılmıştır.

Yiğit, Yazar ve Karakoç' un yapmış oldukları çalışmada İnsansız Hava Aracı (İHA) kavramının tam olarak tanımıyla birlikte açıklaması yapılmış ve İnsansız Hava Sistemleri (İHS)'nin İnsansız Hava Araçlarından farkları ortaya konmuştur. Tüm evrende İHA faaliyetlerinde gerçekleştirilen 'sınıflandırmalar' ayrıntılı şekilde taranıp tetkik edilmiş, sınıflandırma ölçütleriyle bu ölçütlere göre yapılan sınıflandırmaların incelenmesi detaylı çalışılmıştır. Aynı zamanda en geniş ve sıklıkla başvurulan sınıflandırma metodu en geniş kapsamlı olarak incelenmiştir. İnsansız Hava Araçlarının ilerleyen teknolojiyle yaşamımızdaki karşılığına vurgu yapmak maksadıyla hem klasik hem modern anlamda askeri ve sivil havacılıktaki çalışma alanları genişçe açıklanmıştır. Sonuca gelindiğinde yeryüzündeki İnsansız Hava Araçlarının faaliyetlerinin genel tartışma başlıkları temel alınmış ve İHA'lar için genel bir bakış açısı ortaya konmuştur. (Yiğit ve ark. 2018)

Yollar konusunda İHA sistemlerinin uygulamalarına odaklanan çok az sayıda araştırma bulunmaktadır (Rathinam ve ark., 2008; Zhang ve Elaksher, 2011; Siebert ve Teizer, 2014; Vilarino ve ark., 2016).

Yılmaz ve arkadaşlarına göre, günümüzde birçok alanda uzaktan algılama ve fotogrametri teknik ve yöntemleri ile üretilen veriler kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber günümüzde uzaktan algılama ve fotogrametri ile üretilen verilerde, üretim platformu olarak insansız hava araçları kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyet, hız, yüksek çözünürlük ve tekrarlı uçuş kabiliyeti sayesinde insansız hava araçları küçük alanlar için tercih edilmektedir. Ayrıca insansız hava araçları, insanların girmesinin tehlikeli olduğu ve hassas davranılması gereken birçok alanda, kolaylıkla ölçüm yapılmasını sağladığı için tercih edilmektedir (Yılmaz ve ark. 2018).

Kahveci ve Can'a göre İnsansız Hava Aracı (İHA); içinde pilotu ve yolcusu olmayan, sadece hedefe uygun ekipman (video kamera, fotoğraf makinesi, GNSS, lazer tarama cihazı, vb.) barındıran, uzaktan kumandalı ve/veya otomatik olarak görevini icra edebilen bir çeşit uçaktır. İHA'ların askeri, sivil (hobi ve ticari) ve bilimsel maksatlı profesyonel kullanımları ülkemizde ve tüm dünyada hızla artmakta, bu sebeple önümüzdeki yıllarda bu konunun daha fazla gündem oluşturacağı değerlendirilmektedir. Zaman geçtikçe artan bu yoğun kullanımın temel sebepleri olarak; özellikle sivil amaçlı İHA'ların çok geniş kullanım alanlarının olması, birçok mesleki (örn. harita yapım amaçlı) kullanımlarda yüksek doğruluk, zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması sayılabilir. (Kahveci ve ark. 2017)

İHA sistemleri, günümüzde üzerine eklenen farklı özellikler ile farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu bağlamda İHA'lar doğal kaynak yönetiminde ve ormanlık alanlarda görüntüleme, değerlendirme ve yönetim amaçlı birçok farklı kullanım amacına hizmet etmektedir. Mera alanların sınıflandırılması (Rango ve ark, 2009; Laliberte ve ark., 2010), tepe çapı genişliği ve ağaç yüksekliğinin belirlenmesi (Zarco ve ark., 2014), bölmeden çıkarma çalışmaları sonucunda oluşan toprak zararının belirlenmesi (Pierzchala, 2014), yollardaki deformasyon oranının belirlenmesi (Zhang ve Elaksher, 2012), orman yangınların takibi ve yangın sonrası konumsal durum değerlendirmesi (Horcher ve Visser, 2004) gibi farklı çalışmalarda kullanılmaktadır.

1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Trabzon Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı olan Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde yer alan Çatak Orman İşletme Şefliğine ait ormanlık alanda örnek alan seçilerek; İHA fotogrametrisinin orman yolu projelendirmesinde sayısal arazi modeli üretimi ve toprak hacmi miktarının hesaplanmasında kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

Gerekli belge ve haritalar temin edilerek bu evraklarla araziye çıkılmış ve örnek alandaki yollar incelenmiştir. Bu incelemede ilgili yolların; İHA, GPS ve total station ölçüm aleti ile gerekli ölçümleri yapılmış, örnek alanda yapılması planlanan yolun kazı ve dolgu miktarları belirlenmiştir.

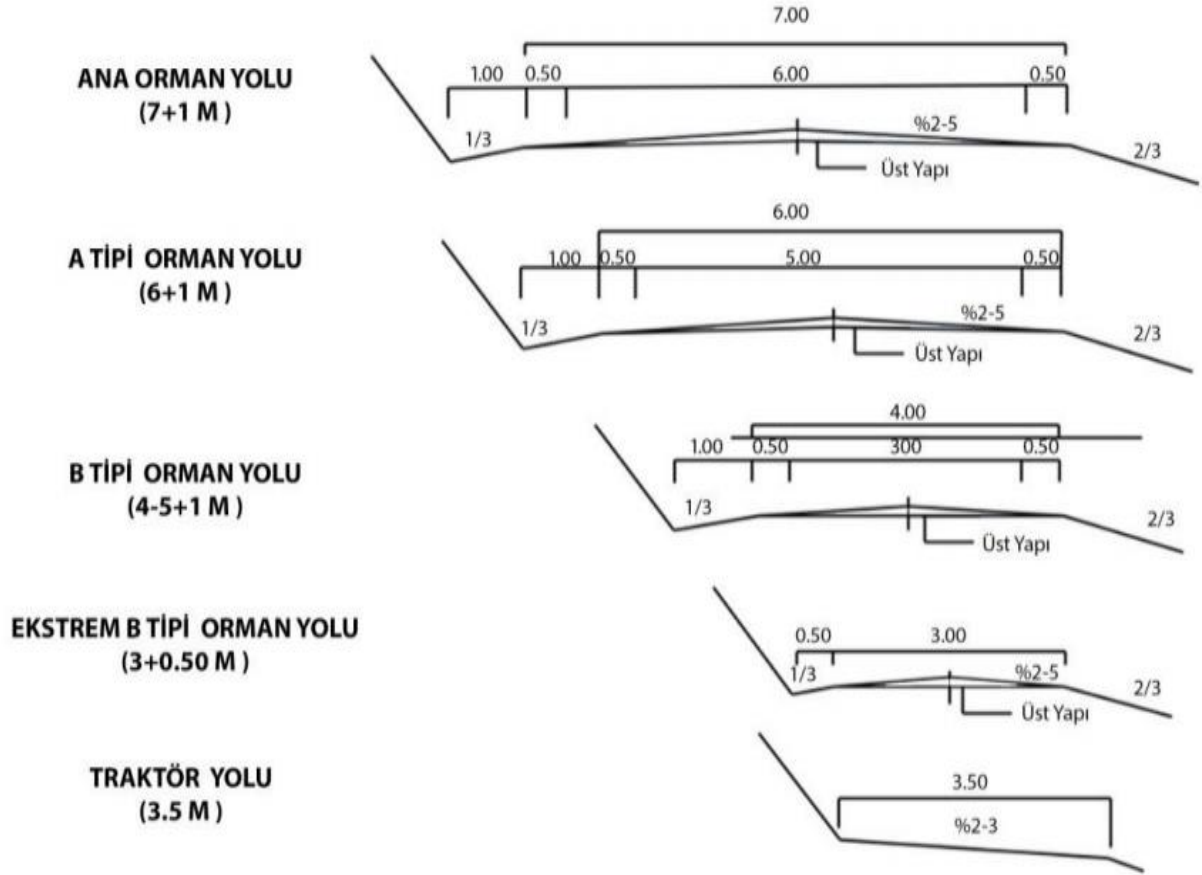
İHA fotogrametrisi ile topografik olarak dağlık arazi yapısına sahip orman yolu güzergahlarında yüksek doğruluk ve hassasiyette 3Boyutlu (3B) nokta bulutu verisi üzerinden sayısal arazi modeli üretilmesi ve kazı ve dolgu miktarlarının çok daha hassas bir şekilde hesaplanması, gelecek yıllarda yapılacak çalışmalara önemli bir altlık oluşturacaktır.

1.1.3. Orman Yolları

Orman Yollarında yıl boyunca taşınabilecek ürün miktarları, yapılış hedefleriyle trafik yoğunluğu, ilerleyiş halindeki araçların büyüklüğü ve yük kapasitesi dikkate alınarak üç temel gruba ayrılmaktadır. Bu yollar;

- 1) Ana orman yolları,
- 2) Tali orman yolları,
 - 2.1) A tipi orman yolları,
 - 2.2) B tipi orman yolları,
 - 2.2.1) Standartları yükseltilmiş B-tipi tali orman yolları (SBT),
 - 2.2.2) Normal B- tipi tali orman yolları (NBT),
 - 2.2.3) Ekstrem B- tipi tali orman yolları (EBT),
- 3) Traktör yolları (Sürütme yolları)

Bu 3 temel yolun geometrik standartları ve konumları aşağıdaki Şekil 1 ve Tablo 1'de gösterilmiştir (OGM, 2008).



Şekil 1. Orman yollarının enine kesit görünümleri (OGM, 2008)

Tablo 1. Orman yollarının geometrik standartları

YOLUN TİPİ	BİRİMİ	ANA ORMAN YOLU	TALİ ORMAN YOLU				TRAKTÖR YOLU
			A-TİPİ	B- TİPİ			
				SBT	NBT	EBT	
Platform Genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit Sayısı	adet	2	1	1	1	1	1
Azami Eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari Kurp Yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Hendek genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	–
Üstyapı genişliği	m	6	5	3	3	3	–
Köprü genişliği	m	$7+(2*0,6)$	$6+(2*0,6)$	$5+(2*0,6)$	–	$4+(2*0,6)$	–

SBT: Standartları yükseltilmiş B tipi tali orman yolları

NBT: Normal B tipi tali orman yolları

EBT: Ekstrem B tipi tali orman yolları

1.1.3.1. Ana Orman Yolları

Trafiğe en elverişli şekilde Ana Orman Yolları Tablo 1’de gösterildiği gibi platform genişliği 7 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam yol genişliği 8 m olan ana dereleri takip edecek şekilde inşa edilen yollardır. Tanımlanan genişlikte yol yapılabilmesi için ve Orman Genel Müdürlüğünden özel izin alınmalı ve o yol üzerinde bir yıllık süre boyunca nakledilecek emvalin 50.000m³ ten fazla olması gerekir. Ana orman yollarının üst yapı malzemesinin hepsi 6 metre genişliğinde kaplanacak, en düşük kurp yarıçapı 50 metre, ayriyeten en yüksek eğim %8 olmak zorundadır. Ana orman yollarında standart trafik işaretleri koyulması gerekli ve kaçınılmazdır. (OGM 2008)

1.1.3.2. Tali Orman Yolları

1.1.3.2.1. A Tipi Tali Orman Yolları

Orman yol ağlarından A tipi tali orman yolları; Platform genişliği ve hendek genişliği Tablo 1’de gösterildiği gibi 7 metre genişliğinde ana dere yolları olarak açıklanmıştır. A tipi tali orman yolu inşa edebilmek için Devlet Orman İdaresi yani Orman Genel Müdürlüğü iznine tabidir ve bahsi geçen yol güzergâhında bir yıllık zaman diliminde taşınacak ürün hacminin 25.000 ila 50.000 metreküp sınırları içerisinde olacağı tahmin edilmektedir. A tipi tali Tablo 1’in devamı orman yollarının üst-yapı genişliği 5 metre ve en düşük kurp yarıçapı 35 metre ayriyeten en yüksek meyil %10 olmak zorundadır. (OGM, 2008)

1.1.3.2.2. B Tipi Tali Orman Yolları

B tipi tali orman yollarının trafiğe en elverişli Tablo 1’de ki gibi platform genişliği 3-5m ve hendek genişliği 0,50- 1m olarak toplam genişliği 3,5- 6m civarında olan, Yamaç ve dere yolları biçiminde tarif edilebilir. B tipi tali orman yolları üzerinde bir yıl boyunca taşınacak ürün miktarı 25.000m³ ten az olmak zorundadır.

- a.) Üretim ve nakliyat mevsimi,
- b.) Transfer edilecek ürünün cinsi,

c.) Arazi yapısı

Gibi faktörler dikkate alınmak şartıyla bu tarz orman yollarının tamamının veya bir kısmının 3-4m genişliğindeki üst yapı malzemesi ile kaplanmak zorundadır. Bu tip Orman yolunun en düşük kurp yarıçapı 12m ve prensip olarak normal eğim olan %9 eğim kullanılacak, lakin kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla azami eğim %12 olacaktır. Ters taşımada eğim 1000m ye kadar %9, 1000m den daha uzun mesafede %7 olacaktır. %75'in üzerinde olan arazi yamaç meylinde uzun mesafede ise som ve sert kaya olması durumlarında, böyle kısımlarda yol platformu genişliği 3m, hendek genişliği 0,50m olacak biçimde B tipi tali orman yolunun toplam genişliği 3,5m olması gerekmektedir. (OGM 2008).

Genel tasviri yukarıdaki gibi yapılmış olan ve çok büyük bir kısmını orman yol ağlarının oluşturduğu ve ulaşımı sağlayan B-tipi tali orman yolları;

- Orman arazisinin topografik yapısı,
- Ormancılık faaliyetlerinin yoğunluğu ve evveliyeti,
- İş merkezleri,
- Trafik yoğunluğu

gibi faktörler dikkate alınarak üç alt başlığa ayrılmıştır (OGM 2008).

Bunlar;

- a.) Standartları yükseltilmiş B tipi tali orman yolları (SBT)
- b.) Normal B tipi tali orman yolları (NBT)
- c.) Ekstrem B tipi tali orman yolları (EBT)

1.1.3.2.2.1. Standartları Yükseltilmiş B-Tipi Tali Orman Yolu (SBT):

Standart yükseltilmiş B tipi tali orman yolları, orman alanların içinden tam ortasına ve ormanlarla birlikte küme halindeki köylere ulaşım imkanı sağlayan, treylerlerin ve ağır iş makinelerinin manevra yapmaksızın işletme şefliği sınırları içindeki ormanlık alanda taşıyabileceği, Tablo 1'deki gibi platform genişliği 5m, hendek genişliği 1m, en düşük eğimi %9 en yüksek kurp yarıçapı 20m ve laseleri uygun olarak, en aşağı görüş mesafesi 20 -30m olan, sanat yapısı ile üst yapı yapılması öncelikli yollardır.(OGM 2008)

1.1.3.2.2.2. Normal B Tipi Tali Orman Yolları (NBT)

Normal B tipi tali orman yollarında platform genişliği 4m, hendek genişliği 1m olacak şekilde, en yüksek eğim genelde %9, çok ender olarak da eğimin %12 olabileceği, kurp ve lase en küçük yarıçapı 12m olan ve bahsi geçen ormanların tümüne ulaşımı sağlayan yollardır. Normal B tipi tali orman yolları uygun topografik yapı ve arazi şartlarında uygulanır (OGM 2008).

1.1.3.2.2.3. Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları (EBT)

Ekstrem B tipi tali orman yolları, işletme şefliği sınırları içindeki ormanlık alanda çok zor arazi şartlarının bulunduğu veya orman zonundan dağ zonuna yaklaşıldığında ucu kör yollar ile çok dik yamaçlar ve som kayalıkların bulunduğu alanlarda kısa mesafelerde uygulanabilecek yollardır. Platform genişliği 3 metre, hendek genişliği 0,50 metre, en yüksek meyil kısa mesafelerde %12 olabilecektir, karşılaşma yerleri ve yolun sonunda dönüş yeri yapılarak, uygun bulunan yerlere ise trafik işaretleri konulması zorunludur. (OGM 2008)

1.1.3.3. Traktör Yolları

Traktör yolları mekanizasyon işlemi henüz başlamamış olan veya normal eğimli orman yolları ile ulaşılamayan ve yoğun üretim yapılan fazlasıyla zor arazi koşullarındaki bölgelerde biriken orman ürünlerinin tam kapasite ile taşımaya elverişli yol veya rampaya kadar kısa mesafeli taşınması gayesiyle yapılan standartları düşük geçici yollardır (OGM,2008).

Traktör yollarının genel ilkeleri aşağıdaki gibidir;

1. Bu yollar hali hazırda yol ağı planları ile bir bütün halinde olmak zorundadır.
2. Bu yollar hali hazırda durumdaki orman yol ağı planları ile ulaşımın imkânsız olduğu, mekanizasyonun yapılmadığı dere içiyle çözümü olmayan benzeri alanlarda toplanan orman ürünlerinin en yakın standart yola veya rampaya kadar taşınması için yapılmak zorundadır.
3. Bu yolların bulunduğu yer ve güzergâh; yolların uzun süreli kullanımı uygunluk sağlayacak, bozulmaları önleyecek ve üretim kısmında üretilen ürünlerin nakil esnasında gerçekleşebilecek sorunların çözülebilecek nitelikte olması zorunludur. Orman İşletme şefi ile bir teknik elaman yardımıyla saptanarak, bir konum planı ve gerekçe raporu düzenlenerek, İşletme Şefliğinin önerileri, İşletme Müdürlüğünün uygun görüşleri ve ilgili Bölge Müdürlüğünün onayı ile uygulanmak zorundadır (OGM 2008).

1.1.3.3.1. Traktör Yollarında Eğimler

Bu yollarda uygulanacak meyiller; iniş aşağı transitte en yüksek meyil %16, çözüm bulunmasının çok zor olduğu ve ender durumlarda %20 ve yokuş yukarı taşımada %12 olmak zorundadır ve hiçbir şekilde bu eğimler aşılmayacaktır.

1.1.3.3.2. Traktör Yollarında Genişlik

Traktör yolu genişliği Tablo 1'deki gibi 3,5m olmak zorundadır.

1.1.3.3.3 Traktör Yollarında Yol Sathı

Bahsi geçen yollarda yol platformunun dere tarafındaki eğim %2–3 olmak zorundadır. Traktör yollarında uygulanan meyiller normal meyillerden yüksek olduğundan dolayı şiddetli ve yüksek erozyon tehlikesine karşı maruz kalması olasıdır. Bu sebeple taşımadan sonra her 40 metrede bir tabii açık tümsek yapılmalı ayrıyeten zorunlu olmaması şartında sanat yapısı yapılmaması gerekmektedir. Bu yollarda yolun uzunluğu maksimum 1.000 kilometre, yolun en az kurp yarıçapı ise 8metre olmalı ayrıyeten bu yollara üstyapı yapılmaması gerekir (OGM 2008).

1.1.4. Ülkemizde Orman Yolu Planlaması ve Orman Yolu İnşaatının Önemi

Ülkemizdeki ormancılık faaliyetleri farklı iklimatik ve topografik şartlarda bulunan ormanlık alanlar üzerinde yürütülmektedir (Acar ve ark. ,2000). Orman yolları, ormanın tüm bölme ve bölmeciklerinin içinden veya çok yakınından geçerek ormanın her noktasından istifade etmeyi mümkün kılan tesislerdir ve hiçbir zaman iki noktayı birbirine bağlayabilen birer tesis olmamışlardır. Gerekse orman içine her çeşit yöntem ve idari işleri icra edebilmek, gerekse odun hammaddesini orman içinden tüketim yerlerine kadar nakledebilmek amacıyla orman yollarının orman içinde bir ağ biçimine gerçekleştirdiği birlik ve bütünlüğe "Orman Yol Ağı" denilmektedir. (Martin ve ark. ,1999).

Orman Yol Ağı Planı, bir orman topluluğundan elde edilecek her türlü ürünü maksadına uygun bir biçimde ve devamlı olarak nakledilmeye, her türlü ormancılık hizmetlerini gerçekleştirmeye, ormanların çok yönlü işlevsel yararlarının oluşturulması için dere, yamaç, sırt ve bağlantı yolları gibi birbirine bağlı birçok ana ve tali yollardan oluşmaktadır (Arıcak 2008). Orman Yol Ağı Planlama alanında hali hazırdaki yol uzunluğunun (metre), mevcut orman alanına olan oranına (hektar) 'Yol Yoğunluğu' denilir.

Yol yoğunluğu 1 hektar (ha) 'a düşen metre cinsinden yol uzunluğu olacak şekilde açıklanır. Buna göre yol yoğunluğu:

(Yol Yoğunluğu = Toplam Yol Uzunluğu (m) / Orman Alanı (ha)) eşitliği formülü ile hesaplanabilir.

Dağlık arazide ekonomik nedenler, verimlilik, sel ve erozyon gibi olgulardan dolayı yol yoğunluğunun en uygun 20 m/ha olması gerekmektedir. Orman Yol Ağı Planlaması yapılırken kısa ve orta mesafeli orman hava hatlarının da düşünülüp kullanım yerlerinin planlanması gerekir. Böylece ekonomik ve ekolojik yönden zararların azaltılması sağlanmış olur. (Anonim, 1998).

Türkiye'de ormancılık çalışmaları ülkenin farklı yerlerinde ve dağınık biçimde olan yaklaşık 21,2 milyon hektara yakın ormanlık alan üzerinde yürütülmektedir. Bu kadar geniş ve dağınık halde, hatta ve hatta çoğunlukla dağlık araziler üzerinde bulunan ormanlık alanlarda çalışmak, orman alanlarının iyi bir yol ağına sahip olması ile mümkün olacaktır. Ayriyeten orman yol ağları orman köylerinin yol güçlü istekleri ve halkın dinlenme gereksinimlerini giderilmesine de olanak sağlayabilmektedir. Bu çehreyle bahsi geçen bu çeşit yollar iktisadi ve sosyo-kültürel yararlar sağlayabilmektedir (Erdaş vd.1995).

Ormancılık faaliyetlerinde orman yolları en önemli alt yapılardan birini oluşturmaktadır. Orman yolu yapım ve bakım maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orman yolu sanat yapıları ve bakım çalışmaları da dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 50 milyon TL orman yolu bakım ve yapım çalışmaları için harcanmaktadır. Bu sayılar OGM yıllık bütçesinden %20-25 gibi oldukça büyük bir oranı kapsamaktadır (Acar, 2005).

1.1.5. İnsansız Hava Araçları (İHA)

100 yıllık aşamalı bir gelişimin akabinde İnsansız Hava Araçları (İHA) çalışmaları özellikle 90'lı yıllarının en başı itibariyle çok daha hızlı bir yükselme ve gelişim göstermeye başlamıştır. Toplu üretime geçme istekleri, tasarımında standardizasyon gereksinimini giderme uğraşı ve faaliyetleri yüksek kaza olasılıkları gibi nedenler dikkate alındığında 100 yıl önceki otomotiv endüstrisinin takip ettiği ilerleme basamaklarını izlediği

söylenmektedir (Hobbs, 2010). Yaşanılan son 20 yıllık süreç içerisinde İHA destekli araştırma ve çalışma faaliyetlerinin âdeti, daha evvelki yıllara oranla önemli ölçüde artmıştır. Bu artış ve büyüme ile İHA'lar askeri havacılık faaliyetlerinin dışında gündelik hayata da girerek sivil ve ticari uygulama ve faaliyetlerde kullanılmaya başlanmış, böylece günlük yaşamada rahatlıkla uyarlanmış ve akademik projeler ve faaliyetler içinde çok güncel ve önemli bir konu durumuna getirilmiştir (Finn vd. 2012).

İHA'lar uluslararası kaynaklarda “drone” veya “UAV/UAS (Unmanned Aerial Vehicle/Systems)” olarak tanımlanmış olup, belli başlı tekniksel özellikler dışında aynı anlama gelmektedirler. Diğer yandan, ilk sürümleri “drone” olarak bilinen ve bugünkü kadar yüksek tekniksel özellikleri barındırmayan İnsansız Hava Araçları günümüze kadar genelde askeri hedefli ve silahlı olarak kullanıldıklarından ve bu gibi durumlarda toplumların belleğinde olumsuz bir imgeye sahiptirler, günümüzde ise sivil havacılık sektöründe daha çok UAV/UAS (İHA) isimleri kullanılmaktadır. (Kahveci vd. 2017)

1.1.5.1. İnsansız Hava Araçları (İHA) Tanımı ve Tarihçesi

İHA (UAV: Unmanned Aerial Vehicle); içinde insan (pilot) olmaksızın, GPS kontrollü ve otomatik olarak gidebilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Dictionary.com, 2016) . Günümüzde İHA'lar, yerde bulunan bir kullanıcı (pilot) tarafından gönderilerek uzaktan kumanda ile görev yerine getiren ya da önceden planlanan uçuş güzergâhı yüklenerek otomatik olarak uçurulabilen hava araçlarıdır. Bunlar için çok genel olarak; teknik özelliklerine göre (ağırlıklarına, boyutuna, kapasitesine, yakıt/enerji kaynağına, kanat yapılarına, otomatik veya yarı otomatik (uzaktan kumandalı) olmalarına göre, vb.) ve kullanım hedeflerine göre askeri, sivil, ticari 3 ana sınıflandırma yapmak olanaklıdır. ICAO genelgesinde ise İHA'lar; otomatik ve uzaktan kumandalı olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır, (ICAO, 2011).

Uzaktan kumandalı (yarı otomatik) hava araçlarının tarihsel geçmişi oldukça eskiye dayanmaktadır. 22 Ağustos 1849 yılında Avusturyalıların, içerisinde zaman fitilli patlayıcı bulunduran 200 pilotsuz balonu İtalya'nın Venedik şehrine göndermesi, hava saldırısında ilk İnsansız Hava Aracı kullanımı olarak kabul edilmektedir. Gerçekte, bu patlayıcı balonların bir kısmı hedefler üzerine düşüp patlarken, bir kısmı da rüzgârın etkisiyle geri dönüp

Avusturya sınırlarında patladığı da ifade edilmektedir. Diğer yandan, insansız balonların askeri maksatlı kullanımı Amerika'da 1793 yıllarda görülmekte olup, bu balonlar iç savaşta sadece keşif maksatlı kullanılmışlardır, (Monash University, 2003). 1908 yılının Nisan ve Kasım ayları arasında minimum yarısı Alman olan 25'ten fazla havacı pilotu taşıyan yaklaşık 10 Alman balonunun Fransa hatlarını geçtiği ve Fransa'ya indikleri kayıtlarda görülmektedir. Bütün bu gelişmelerin etkisiyle 1910 yılında Paris Konferansı'nın tertiplenmesi yoluna gidilmiştir. Konferans hava hukukunun somut verilerin elde edilememesine karşın uluslararası platformda düzenlenmesine yönelik olarak ilk diplomatik çaba olması dolayısıyla tarihe geçmiştir.

I. Dünya Savaşı'nın sonlarında (1916) insansız ilk uçak (Ruston Proctor Aerial Target) planlanmıştır ve ilk insansız kullanımı ise “uçan bombalar” olarak bilinen “Hewitt-Sperry” jiroskop kontrollü otomatik uçak ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ABD Silahlı Kuvvetleri'nin resmi uçağı Kasım 1917 tarihinde “otomatik uçan uçak” olmuştur, ilk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiş fakat I. Dünya Savaşı'nda kullanma imkânları olmamıştır. (Wikipedia.org, 2016). İHA'larla ilgili faaliyetler II. Dünya Savaşı ve sonrasında da devam etmiş, Irak, Afganistan ve Vietnam, Savaşları dahil günümüze kadar birçok askeri operasyonlarda kullanılmış ve halen kullanılmaya da devam etmektedirler. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonraki yoğun çalışmalar, Harpoon”, “Tomahawk” ve “Cruise” gibi füzelerin geliştirilmesinde önemli katkı sağlamıştır. Başka bir söylemle, askeri maksatlı İnsansız hava aracı piyasası hızla gelişmiş ve son yıllardaki birçok anlaşmazlıklarda İnsansız hava aracı kullanımı çok başarılı sonuçlar doğurmuştur ve diğer alanlarda kullanımlar için de güven kazanmıştır. Bunların sonucu olarak da sivil maksatlı icraatlarda İnsansız hava aracı kullanımı günlük hayatımıza girmiştir ve bu alandaki gelişimler her geçen gün artmaktadır. İHA'ların sivil maksatlı kullanım alanlarına örnek olarak; haritacılık (ortofoto ve sayısal yükseklik modeli oluşturma, hacim ve alan hesapları vb.), arama-kurtarma faaliyetleri, istihbarat ve güvenlik maksatlı kullanım, çevresel gözlemler, kirlilik tespiti, hava durumu izleme, orman yangınları dâhil birçok yangını izleme, kıyı ve sahil şeridinin gözlenmesi, altyapıların (boru hatları, havaalanları, yollar, nehirler, barajlar, köprüler vb.) gözlenmesi, tarımsal uygulamalar (hassas tarım uygulamaları ve tarımda bir yılda toplanan ürünlerin takibi), havadan olay yeri inceleme keşfi, kentsel dönüşüm çalışmaları, doğal afetlerin izlenmesi ve koordinasyonu, arkeolojik çalışmalar, 3 boyutlu şehir modellerinin oluşturulması, ve bunlar gibi birçok alanı kapsamaktadır. Bu kadar çok kullanım alanı olmasına karşın sivil maksatlı İnsansız hava aracı piyasası halen gelişmesini

tamamlayamamış olup, özellikle bununla ilgili sertifikalandırma işlemleri, mevzuat konuları ile sivil havacılık hava trafik yönetimindeki yerinin tanımlanarak geliştirilip, standarda uygun duruma getirilmesiyle bu alanda çok daha önemli gelişmelerin olacağı açık şekilde ortadadır (Kahveci vd. 2017).

1.1.5.2. İnsansız Hava Araçları (İHA) Sistemlerinin Sınıflandırılması

İHA sistemlerinin çeşitli kaynaklardan sınıflandırması için sabit bir yöntem yoktur. Buy nedenle, birçok farklı sistemin kullanımı da dâhil olmak üzere, tüm evrende yaygın olarak kabul edilen bir sınıflandırma yoktur. Sınıflandırmanın en temel parametreleri ile tanımları arasında pek bir fark yoktur. Pilot uzaktan veya otonom kullanımı olmaması ve ölümcül veya ölümcül olmayan faydalı yükleri taşıyabilmesi, sınıflandırmada kullanılan en temel 3 kriterdir (Gupta vd. 2013).

Kaynaklardaki sınıflandırma faaliyetleri incelendiğinde, farklı değişkenlere dayalı bölümlendirmeler yapılmıştır (Kurtuluş ve ark., 2010). Her gerçekleştirilen faaliyette o faaliyetin gereksinimi temel alınarak oluşturulmuş birçok miktarda sınıflandırma görülmektedir. Oluşturulan sınıflandırmalara bakıldığında kaynak olarak alınan parametrelerin 12 kısımda sıralayabiliriz (Illyash ve Korchenko, 2013);

- a.) Hava aracının kullanım alanına göre;
- b.) Kullanılan kontrol sisteminin çeşidine göre;
- c.) Uçuş kurallarına göre;
- ç.) Havada kullanılan alanın durumuna göre;
- d.) Hava aracının tipine göre;
- e.) Kanat tipine göre;
- f.) Kalkış ve inişteki kaldırma kuvvetinin yönüne ve kalkış-iniş tipine göre;
- g.) Hava aracının motor tipine göre;
- h.) Yakıt sistemine, tank tipine, sistemden istifade sayısına göre

1.) Genel kategori (İHA maksimum kalkış ağırlığı, menzil, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa değerlerine göre);

i.) Gerçekleştirilebilecek mesafe yarıçapına göre;

j.) Uçuş irtifasına göre;

k.) Fonksiyon ve uygulama alanlarına göre (Korchenko ve Illyash, 2013).

İHA kullanım alanlarına göre sınıflandırılırken ticari, sivil ve askeri tatbikatların yanı sıra terörle mücadele tatbikatları da bir başka kullanım alanı olarak gösterilebilir. Bu uygulamalar genellikle tam olarak sivil veya askeri tatbikatlar olarak anlaşılmamaktadır. En geniş çerçevede, askeri tatbikatlar üç bölüme ayrılabilir: kara, hava ve deniz (Yiğit ve ark. 2018).

Kullanılan kontrol sistemi tipine göre sınıflandırma yapılırken 'İHA Kontrol Sistemi' İHA'ları diğer hava taşıtlarından ayırt etmek için önemli bir kriterdir. İnsansız uçuş hedefi göz önüne alındığında kontrol sisteminin önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu standarda göre yapılan sınıflandırma dikkate alındığında dronelerin tarihçesine ve teknolojik gelişimine göre birçok farklı kontrol sistemi sıralanabilir. Öncelikle yer kontrol noktasından (YKN) belirli bir mesafede pilot tarafından kontrol edilen operasyona 'doğrudan kontrol' denir. Diğer ikinci kategoriye ise 'gözlem kontrolü' dır. Burada drone bağımsız veya otonom olarak hareket edebilir ve pilot uçuşuna kısmen veya harekete geçmek için bazı komutları takip edebilir. Üçüncüsü 'uyumsuz/otonom kontrol' başlığı gözden geçirilebilir. Sürücüsüz ve otonom yani bağımsız hareket edebilen, daha önceden yapılan ön programlama işlemleri ile gerçekleştirilir. Uyumsuzluğun amacı, uçuş sırasında kullanılan ön programlama işleminin çok fazla dışında bırakılmamasıdır. Programı yapılan uçuş başlatıldıktan sonraki hareketinde taktiksel bir değişim gerçekleştirilemez ayrıca uçuş sırasında gerçekleşen dış etkenlere ahenk sağlanamaz. Dördüncü olarak incelemeye alınan "uyumlu-otonom kontrol" sisteminde ise herhangi bir pilotaj müdahalesi yaşanmadan, tamamıyla bütünleşmiş İHA kontrol sistemi ile kontrol sağlanmaktadır. Böylece dış faktörlere ya da yeni uygulamalara uyum sağlamak muhtemel olabilir. (Yiğit ve ark. 2018)

Uçuş kurallarına göre yapılan sınıflandırmalarda, İnsansız hava araçları 3 bölümde incelenmektedir: Aletli- Enstrümantasyona dayalı uçuş kuralları, Görerek uçuş kuralları ve Görerek-Aletli uçuş kuralları. Uçuş, pilotun gözetimiyle denetimi altında ve güneş ışığından yararlanarak yapılıyorsa bu tür uçuşlara 'görsel uçuş' denir. Öte yandan aletli uçuşlarda ise

oto-pilot kontrol sistemi devreye girer ve uçuş gündüz, örneğin gece müsait olmadığı zamanlarda yapılır. Bazen uçak kalkar ve bekler. İlk bölümü (örneğin uçuşta) görüntüleyerek uçuşta ve uçuşun enstrümantasyonu bazında değerlendirilebilir. Bu uçuş türü 3. Grup olarak adlandırılabilir. Uçuş kurallarına göre uçuşta ise oto-pilot kontrol sistemi etkindir ve devrededir. Uçuş, gün ışığından faydalanılamayan zamanlarda yani gece vaktinde gerçekleştirilir. Kimi zaman uçuşun havalanma vs. gibi ilk kısımları görerek uçuşta, asıl olarak uçuş ise enstrümantasyona dayalı uçuşta değerlendirilebilir. Bu tip uçuşlarda 3. grup olarak adlandırılabilir. Uçuş kurallarına göre sınıflandırılır; kontrol sisteminin niteliğine, ulusal sivil havacılık standartlarına gereksinimlere göre farklı olabilir. (Yiğit ve ark. 2018)

Havada kullanılan alanın durumuna göre yapılan sınıflandırmalarda, bölünmemiş (ayrılmamış) ve bölünmüş (ayrılmış) alan olarak iki kısımda değerlendirilir. Bahsedilen uçuş sırasında kullanılan bölgedeki alanın durumudur. Bölünmüş hava alanı tanımlamasına giren alan çeşitleri; yasaklı yani engellenmiş(kısıtlanmış) alanlar ile İnsansız Hava Araçlarının özel kullanımları için belirlenen alanlardır. Bölünmemiş hava alanlarına göre bölümlendirilirken ise amaçlanan; izinli ve lisanslı, belirli bir sistem kapsamında yapılan, hava trafik kontrol sistemini kapsayan uçuşların olduğu alanlardır (Yiğit ve ark. 2018).

Doğrudan doğruya dronelerin çeşitlerine göre yapılan sınıflandırmalar hava aracının tipine göre olan sınıflandırmalardır. Uçak, helikopter, döner- sabit kanat, güdümlü/ hibrit gibi İnsansız Hava Araçlarının türlerine göre sınıflandırma yapılabilir. (Yiğit ve ark. 2018)

Stabil ve stabil olmayan (döner kanat tipi) ve değişken olarak kanat tipine göre yapılan sınıflandırmaları 2 kısımda inceleyebiliriz. Genel olarak uçak ve helikopter tipindeki İnsansız Hava Araçlarının tasarımında sabit kanat seçimi yeğlenir. Kanat başlığını da kendi içinde değişken olarak 3 alt başlığa ayrılabilir. Bunlar;

- uçuş esnasında değişebilen kanat büyüklüğü,
- kanat pozisyonu,
- kanat formudur.

Kalkış ve inişteki kaldırma kuvvetinin yönüne göre sınıflandırmalarda İnsansız Hava Araçlarının yön durumuna göre kullanılan kalkış ve iniş sınıflandırması yapabiliriz. Kalkışta dikey yönlü veya yatay yönlü olarak sınıflandırılabilir. Şu var ki iniş aşamasında çok daha fazla alternatifli sınıflandırma yapmak söz konusudur. Yatay iniş, dikey iniş, paraşütlü iniş,

direk iniş, durmaksızın ve tüm bu inişlerin birleştirilmesi şeklinde yapılan inişler örnek olarak verilebilir. (Yiğit ve ark. 2018)

Kalkış – iniş tipine göre sınıflandırmada, kalkış ölçütleri; iniş-kalkış pisti olan temel hava alanı, gemi güvertesi, su yüzeyi, el ile başlama komutu vererek, başlama kurulum sistemi kullanarak sıralanabilir. İniş tipine göre sınıflandırmaların ölçütleri ise; iniş/kalkış pisti bulunan standart hava alanı, su yüzeyi, gemi güvertesi, çoklu iniş ve standart olmayan iniş biçiminde gösterilebilir. (Yiğit ve ark. 2018)

Hava aracının motor tipine göre sınıflandırması, bu yöntem kaynaklarda gerçekleşmiş olan sınıflandırma çalışmalarında ilk 3 içinde yer almaktadır. İnsansız Hava Araçlarında kullanılan motorlar en geniş kapsamlı gaz türbinli, elektrik ve pistonlu motorlar olarak 3 parçaya bölünse de kendi aralarında çok daha geniş kapsamlı bir sınıflandırmaya tabi tutulabilirler. (Yiğit ve ark. 2018)

Yakıt sistemine göre sınıflandırmalarda kullanılan yakıt sisteminin belirleyici faktördür. Üretim yerinde üretim esnasında yakıtı konulan, pilotsuz, tek kullanımlık İnsansız hava araçları yakıt sistemleri için ana önceliktir. Bir başka öncelik ise yer durağından, gemi güvertesinden veya başka bir yerden yakıt transferi yapmaya uygun kullanan İnsansız Hava Araçlarıdır. Yakıt tankı tipine göre yapılan sınıflandırmalarda, ana yakıt deposu olan İHA'lar ile temel yakıt deposunun bitişiğinde fazladan yakıt deposu olan İHA'lara göre yapılan sınıflandırmadır. Yakıt sisteminden faydalanma miktarına göre yapılan sınıflandırmalarda İnsansız hava araçlarının icra edeceği göreve göre yakıt sistemini kaç kez kullanacağını miktarı değişebilmektedir. (Yiğit ve ark. 2018)

1.1.5.3. İnsansız Hava Araçları (İHA) Sistem Bileşenleri

İnsansız Hava Araçlarının sistem temel bileşenleri;

- a.) İskelet, kanat, pervane, motor ve batarya ana gövdeyi oluştururken,
- b.) Elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) kontrol birimini oluşturur,
- c.) Sensör, kamera vd. algılayıcılar ile İHA planlama, uçuş ve yönetimi maksatlı iletişim, yazılım ve donanım kullanımı amacına yönelik sistem bileşenlerini oluşturmaktadır (Torun 2017).

1.1.6. Global Positioning System (GPS)

İngilizce karşılığı “Global Positioning System” kelimesinin kısaltması olan GPS (Türkçe olarak ‘Küresel Konumlandırma Sistemi’), uydu sinyallerinden yararlanılarak Dünyada bulunduğumuz yeri 5ila 10 metre hassasiyetle ölçmektedir. Bu sinyalleri yayan sistem, ABD Savunma Bakanlığı’na ait yörüngede devamlı olarak dönen uydulardan oluşmaktadır. Bu uydular radyo sinyalleri yayarak yeryüzündeki GPS alıcısı bu sinyalleri almaktadır. Böylece konum belirlemesi mümkün olmaktadır. Bu sistem öncelikle sadece ve sadece askeri amaçlar için kurulmuştur. Bu sistemden faydalanarak askeri çıkartmalarda kolayca yön tain etmek ve roket atışlarında nokta atışı yapmak hedeflenmiştir. Ancak 80’li yıllarda GPS sistemi sivil kullanıma da açılmıştır. Şu an GPS alıcılarının arabada, gemide veya doğada kısacası her yerde kullanılmak üzere üretilmiş birçok modeli mevcuttur. (URL-1)

1.1.6.1. GPS Çalışma Yöntemi

Dünyanın yörüngesinde GPS uyduları, oldukça hassas atomik saatlere sahiptir. Bu saatler dünyadaki diğer uydular ve saatlerle ile senkronize çalışır ve her gün sapmalar düzeltilir. Uydular, yörüngedeki konumlarını ve bu hassas saat bilgilerini sürekli olarak Dünya'ya gönderirler. Dünyadaki en az 3 GPS uydusundan bu sinyallere ihtiyaç duyar ve GPS alıcısı gelen saat bilgisinin mutlak zamandan sapmasına bakarak her uydunun mesafesini anlayabilir ve böylece dünyadaki konumunu hesaplayabilir (URL-1).

GPS uydularının gönderdiği sinyaller ile GPS alıcısı konumunu tam olarak tespit edebilir. Sadece Enlem ve Boylam bilgisi için 3 uydu yeterlidir. Enlem ve Boylam ile yükseklik de isteniyorsa 4 adet uydudan sinyal alınması gerekir (URL-1).

1.1.7. Yoğun Görüntü Eşleme Yöntemi

Yoğun görüntü eşleştirme; aynı alanı görmek için birden fazla sayıda (yüksek bindirmeli) hava fotoğrafı kullanarak, 1 piksel kadar küçük aralıklarla bir haritanın çizilmesi ve eşlenmesi anlamına gelmektedir. İki fotoğrafa dayanan ve bir stereo çifti oluşturan geleneksel fotogrametride, sayısal yükseklik modelinin görüntü haritalaması ve görüntü eşleştirmenin 10 ila 20 piksel aralığında olması beklenmektedir (Balce, 1986). Bir nokta ile ilgili 10-20 görüntü olması durumunda ise konvensiyonel fotogrametri kuralları uygulanamaz. Örneğin, 10 adet bindirmeli görüntü olması durumunda, bir stereo çift için gerekli olan nokta aralığı konvensiyonel yöntemdeki aralığın 7 de 1'ine denk gelmektedir. (Leberl vd., 2010).

Bunun sonucunda görüntü eşleme aralıkları 1-3 piksel arasına düşmektedir ve 10 cm yer örnekleme aralığına sahip bir görüntüde, yoğun görüntü eşleme ile elde edilecek (3B) üç boyutlu nokta bulutundaki yoğunluk metrekarede (m^2) de yüzlerce nokta oluşabilmektedir. Yoğun görüntü eşleme işlemi sonucunda yüksek yoğunluğun yanı sıra yüksek doğruluklar da elde edilmektedir. Nokta bulutu kullanılarak, Arazi Örnekleme Mesafesi (GSD) 'nden daha iyi bir düşey doğruluğa ulaşılabilmektedir. Örneğin 10 cm GSD'ye sahip görüntülerden,

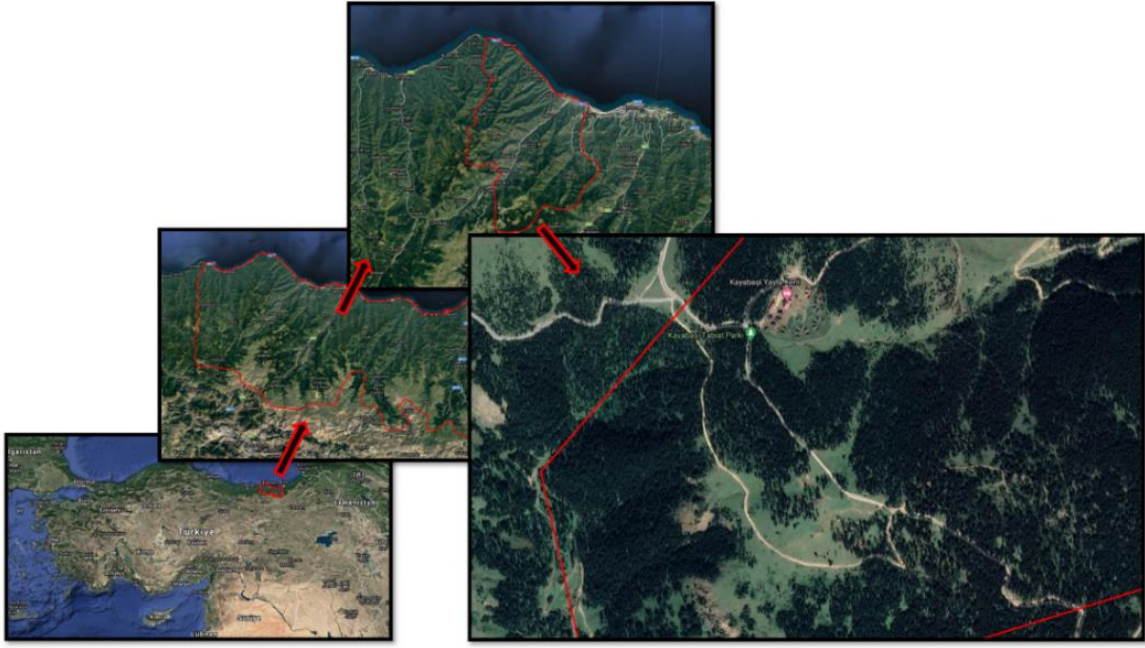
10 cm'den daha iyi düzeyde doğrulukta Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) çıkarılabilmektedir (Wiechert vd., 2012).

Görüntülerdeki kalitesi ve yüksek bindirme oranlarının iyileştirilmesi, yüksek hassasiyetli ve yüksek yoğunluklu 3B nokta bulutları elde etmek için otomatik görüntü eşleştirme algoritmalarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Haala, 2011). Son dönemlerde geliştirilen ve öne çıkan görüntü eşleştirme algoritması, performanslı oldukça yüksek çalışan ve doğru sonuçlar veren Semi-Global Matching (SGM) Türkçe karşılığı Yarı Küresel Eşleme yöntemidir. Bu metotta her bir pikselin yükseklik değeri hesaplanmakta, hesaplanan bu değerde yüksek yoğunlukta yükseklik modeli üretilmesine olanak sağlar (Hirsh Müller, 2008). Bu yöntemde çeşitli kameralardan alınan görüntüler kullanılarak, farklı özellikteki arazilerde ve çeşitli temel-yükseklik oranlarına sahip fotoğrafları da barındıran detaylı bir analiz (Rothermel ve Haala, 2011) yapılmış ve yüksek kalitede Sayısal Yükseklik Modeli üretimi için faydalı sonuçlar bulunmuştur. Görüntü eşleme yazılımlarında da son dönemde çok önemli gelişmelere ulaşılmıştır. Bu gelişmeler ile artık daha küçük detaylar da modellendirilebilmekte, daha hacimli veri setleri daha kısa zamanlarda işlenebilmekte; daha homojen, gerçek ve çok daha yoğun nokta bulutları elde edilebilmektedir. (Heuchel vd., 2011).

2. MATERYAL

2.1. Çalışma Alanının Tanımı

Tez kapsamında Trabzon İli, Maçka ilçesi, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Çatak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan ilgili şeflik Ekvatora göre; 40°41'38" - 40°49'59" kuzey enlemleri arasında Greenwich'e göre; 39°19'35" - 39°31'44" doğu boylamları arasında yer alır. Plan ünitesinin en yüksek rakımlı yeri; şefliğin güneyinde bulunan 2450 rakımlı tepedir. En düşük rakımlı yeri ise 650 m ile Maçka Deresinin şefliği doğu sınırından terk ettiği noktadır. Şefliğe ilişkin ormanlık alanlar içerisinde üretilip elde edilen orman ürünleri Trabzon ve dolaylarındaki şehirlerde değerlendirilmektedir. İşletme şefliğinin toplam alanı 13529,7 ha olarak bugün ki sınırları ile planlanan ilk planda işletme sınıfları yerini silvikültürel işlem ünitesine, meşcere ve kuruluş tipi de bölmecik kavramına bırakmıştır. Ayrılan bölmeciklerin 1073,3 ha.'ı yaş sınıfları metodu ile, 1489,3 ha.'ı çap sınıfları metodu (devamlı orman) ile işletilmesi planlanmıştır. 2622,1 ha ormanlık alan koruma ormanı olarak ayrılmış ve herhangi bir silvikültürel işlem yapılmaması öngörülmüştür. Plan ünitesinde toplam 8345,0 ha alan orman dışı alan olarak belirlenmiştir. Plan ünitesi ormanları Maçka ilçesine ortalama 15 km, Trabzon iline ortalama 45 km mesafededir (Şekil-2).



Şekil 2. Uygulama Alanı

2.2. Çalışma Alanının Yetiştirme Ortamı ve Topoğrafik Özellikleri

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nın verilerine göre şeflik alanın kayaç yapısı genel olarak mesozoyik zaman diliminin kretase devrinin üst kretase devresinde oluşmuş volkanitler ve sedimenter kayalardan oluştuğunu söylemek mümkündür. Şefliğin güney kısmında bulunan Yaylabaşı deresi ve Maçka deresinin kesiştiği alanda bulunan sarp yamaçlar ise aynı zaman diliminde oluşmuş volkanik kayaçlardan dasit, riylit ve riydasit kayaçlarıdır. Şefliğin güneyinde bulunan yüksek kesimlerdeki yaylalar mesozoyik dönemin alt jura devrinde oluşmuş volkanitler ve sedimenter kayalardan oluşmaktadır.

Toprak tiplerinin yayılışına bakıldığında plan ünitesinin genellikle gri-kahverengi podzolik topraklar ile batı ve güney kesimlerinin yüksek dağ çayır topraklarından oluştuğunu sonucu ortaya çıkmaktadır ki arazi gözlemleri de bu sonucu desteklemektedir. Maçka Orman İşletme Şefliği Doğu Karadeniz Bölgesinde yer almaktadır. Karadeniz Kıyı Kuşağı Nemli Ilıman İklim ile Karadeniz Nemli Soğuk Dağ İklimi Bölümü kuşağında gösterilmiştir.

Şefliğin iklimsel duruma bakıldığında ise Çatak Orman İşletme Şefliğine bağlı olan bölgede Doğu Karadeniz ikliminin etkisi bulunmaktadır.

Çatak Orman İşletme Şefliğine ilişkin yetiştirme ortamı şartlarına göre ladin, kayın ve sarıçam plan ünitesi ormanlarının asli ağaç türleridir. Ayrıca kızılğaç, gürgen, göknar ve meşe türlerinde asli ağaç türleriyle karışık veya küçük grup ya da küme halde saf olarak plan ünitesinde bulunurlar.

Plan ünitesi uygulanacak silvikültürel işlemler, envanter, kayıt, hesap ve kontrol işlerine temel oluşturmak üzere 'büyüklükleri 35,3 ha ile 552,7 ha arasında değişmekte olan '131' adet bölmeye ayrılmıştır (Anonim 2019).

2.3. Araştırmada Kullanılan Veri ve Ekipmanlar

Bu tez çalışmasında tercih edilen çalışma alanında yapılan ölçümler sırasında; poligon tayini için 'CHC i73 CORS GNSS' ölçüm aleti, arazi üzerinden ormanlık alandaki sık nokta alımı için 'Topcon QS Total Station' ölçüm aleti ve hava fotogrametri yönteminde kullanmak üzere 'DJI Phantom 4 RTK' drone kullanılmıştır. Kullanılan bu aletlerin teknik özellikleri bu bölümde anlatılmıştır.

2.3.1. CHC i73 CORS GNSS Ölçüm Aleti ve Özellikleri

Tercih edilen uygulama alanında 'CHC i73 CORS GNSS' ölçüm aleti (Şekil 3) ile arazide total station ile ölçüm için gerektirecek poligon noktalarının tayin ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir. 'CHC i73 CORS GNSS' cihazı aşağıdaki Tablo 2'de gösterilen teknik özelliklere sahiptir.

Tablo 2. 'CHC i73 CORS GNSS' ölçüm aletinin teknik özellikleri

İzleme Kapasitesi	
-Kanal Sayısı -İzlenen Sinyaller	624 GPS: L1, L2, L5 GLONASS: L1, L2 GALILEO: E1, E5a, E5b BEİDOU: B1, B2, B3 SBAS: L1 QZSS: L1, L2, L5
Konumlandırma Hassasiyeti	
-Hızlı Statik -Hassas Statik -RTK (L1+L2) -DGNSS -SBAS -Maksimum Veri Hızı	H: 2.5 mm + 0.5 ppm, V: 5.0 mm + 0.5 ppm H: 3.0 mm + 0.1 ppm, V: 5 mm + 1 ppm H: 8 mm+ 1 ppm, V: 15 mm+ 1.0 ppm H: 0.4 m, V: 0.8 m H: 1 m, V: 1.5 m 1 Hz, 5 Hz ve 10 Hz



Şekil 3. CHC i73 CORS GNSS

2.3.2. Topcon QS Total Station Aleti ve Özellikleri

Uygulama alanında Topcon QS Total Station ölçüm aleti (Şekil 4) ile ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir.

Topcon QS Total Station cihazı Tablo 3'teki teknik özelliklere sahiptir.

Tablo 3. Topcon QS Total Station teknik özellikleri

AÇI ÖLÇÜMÜ	QS
Yöntem	Mutlak Okuma
Yatay	2 taraf
Dikey	2 taraf
Minimum Okuma	1" / 5" (0,2 / 1mgon)
Doğruluk	3" (1mgon)
Eğim Düzeltme	Çift Eksen
Telafi Aralığı	± 6'
MESAFE ÖLÇÜMÜ	QS
1 prizma	9.840 '(3.000 m)
3 prizma	13.120 '(4.000 m)
9 prizma	16.400 '(5.000 m)
Prizmatik Olmayan Mod	4,9' - 820' (1,5 m - 250 m)
Prizmatik Olmayan Uzun Mod	16,4' - 6500' (5,0 m - 2.000 m)
ÖLÇÜM DOĞRULUĞU	QS
Prizma Modu	İnce 0.2mm / 1mm ± (2mm + 2ppmxD) mse Kaba 1mm ± (7mm + 2ppmxD) orta Kaba 10mm ± (10mm + 2ppmxD) ortalama
Prizmatik Olmayan Mod	İnce 0.2mm / 1mm ± (5mm) mse Kaba 1mm / 10mm ± (10mm) mm
Prizmatik Olmayan Uzun Mod	İnce 1mm ± (10mm + 10ppmxD) mse Kaba 5mm ± (20mm + 10ppmxD) orta Kaba 10mm ± (100mm) mse



Şekil 4. Topcon QS Total Station

2.3.3. DJI Phantom 4 RTK Drone Özellikleri

Bu tez kapsamında kullanılan ‘DJI Phantom 4 RTK Drone’ (Şekil 5) tam otomatik ve manuel kullanıma, RTK-PPK ile çift frekanslı GNSS ölçü yöntemine, yatayda 0,01 metre düşeyde 0,015 metre hassasiyete ve üzerine entegre 20 Megapiksel kameraya sahiptir. İnsansız Hava Aracına ait detaylı teknik özellikler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 4. Phantom 4 RTK drone gövdesine ait teknik özellikler

-Hover Doğruluk Aralığı	-RTK aktif ve düzgün çalışıyor: -Vertical:±0.1 m;Horizontal:±0.1 m -RTK kapalı -Vertical:±0.1 m(vision positioning); -±0.5 m(GNSS positioning) -Horizontal:±0.3 m(vision positioning); -±1.5 m(GNSS positioning)
-------------------------	---

Tablo 5. Phantom 4 RTK haritalama fonksiyonlarına ait teknik özellikler

-Harita Doğruluk **	-Haritalama doğruluğu, Dijital Ortogörüntü Sınıfı için ASPRS Doğruluk Standartlarının gereksinimlerini karşılar -** Gerçek doğruluk, çevre aydınlatmasına ve desenlerine, uçak irtifasına, kullanılan harita yazılımına ve çekim sırasındaki diğer faktörlere bağlıdır.
-Zemin örnek mesafesi (GSD)	-(H / 36.5) cm / piksel, H, çekim sahnesine göre uçağın yüksekliği anlamına gelir (birim: m)
-Veri Toplama Verimliliği	-Yaklaşık olarak çalışma alanı Tek bir uçuş için 1 kilometrekare (182 metre yükseklikte, yani GSD, yaklaşık 5 santimetre /pikseldir, Dijital Ortogörüntü Sınıfı için ASPRS Doğruluk Standartları gerekliliklerini yerine getirir

Tablo 6. Phantom 4 RTK kamerasının ait teknik özellikleri

-Sensör	-1" CMOS; Efektif pikseller: 20 MP
-Lens	-FOV 84 ° ; 8,8 mm / 24 mm (35 mm format eşdeğeri: 24 mm) ; f/2.8 - f/11, otomatik odaklama, 1 m
-ISO	-Video:100-3200(Otomatik) -100-6400 (Manuel) -Foto:100-3200 (Otomatik) -100-12800 (Manuel)

Tablo 6'nın devamı

-Mekanik Deklanşör Hızı	-(8 - 1/2000 s)
-Elektronik Deklanşör Hızı	-(8 - 1/2000 s)

Tablo 7. Phantom 4 RTK GNSS aletinin ait teknik özellikler

-Tek Frekanslı, Yüksek Hassasiyetli GNSS Modülü	-GNSS + Beidou + Galileo (Asya); -GNSS + GLONASS + Galileo (diğer bölgeler)
-Çok Frekanslı Çok Sistemli Yüksek Hassasiyetli RTK GNSS	-Kullanılan Frekans: GNSS: L1 / L2; GLONASS: L1 / L2; Beidou: B1 / B2; Galileo: E1 / E5a İlk Sabit Süre < 50 s Konumlandırma Hassasiyeti: Dikey 1,5 cm + 1 ppm (RMS) ; Yatay 1 cm + 1 ppm (RMS) 1 ppm, hatanın uçaktan gelen her 1 km harekette 1 mm artış olduğu anlamına gelir.



Şekil 5. DJI Phantom 4 RTK

3. YÖNTEM

3.1. Arazide Veri Toplama ve Değerlendirme

Çatak Orman İşletme Şefliğinin amenajman planı temel alınarak öncelikle şeflik sınırları tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar kapsamında uygulama alanı olarak belirlenmiş orman alanı içerisinde uygun yol güzergahı tespit edilerek yersel ölçüm yöntemi ile arazi üzerinde nokta toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulama alanında belirlenen 341,17 m uzunluğunda yol güzergâhına isabet edecek şekilde hava fotogrametri yöntemi ile 50 m, 75 m ve 100 m olacak şekilde üç ayrı yükseklikte fotoğraflama işlemi gerçekleştirilerek elde edilen veriler, yoğun görüntü eşleme/eşleştirme tekniği yöntemi ile nokta bulutu verisi haline getirilmiş olup bu veriler üzerinden arazi yüzeyini temsil eden noktalar verileri tespit edilmiştir. Yersel ölçüm ile elde edilen veriler üzerinden yapılan yol projesi ile hava fotogrametri yöntemi ile elde edilen veriler üzerinden yapılan yol projelerinin doğruluğuna esas kıyaslanması ile hava fotogrametri yöntemi ile elde edilen nokta bulutu verilerinin irdelenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2. Uygulama İşlemleri

Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere iki farklı yöntem ile arazi üzerinde alım işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sırayla;

1. CORS GNSS ve Total Station ölçüm aletleri ile nokta toplama işlemi
2. DJI Phantom 4 RTK Drone ile farklı yüksekliklerde fotoğraflama işlemi

gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. CORS GNSS ve Total Station Ölçüm Aleti ile Ölçüm İşlemi

Uygulama alanında CORS GNSS aleti ile sık ağaçlık ve ormanlık alan içerisine denk yerlerde ölçüm işlemi bu alet ile yeterli hassasiyette ölçüm olmayacağından yol güzergahı olarak belirlediğimiz alanda uydu bağlantısına dikkat edilerek poligon tayini işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uygulama alanımız sık ağaçlık bir alana sahip olduğundan dolayı Total Station ölçüm aleti ile belirlediğimiz yol güzergahı çevresinde CORS GNSS ile tayin edilen poligonlardan okuma işlemleri yapılarak arazi üzerinde yersel ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir

3.2.2. DJI Phantom 4 RTK Drone ile Farklı Yüksekliklerde Fotoğraflama İşlemi ve Verilerin İşlenmesi

Tercih edilen uygulama alanında 'DJI Phantom 4 RTK Drone' cihazı ile 50 m, 75 m ve 100 m yüksekliklerde fotoğraflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Arazide yersel ölçüm gerçekleştirilen alanı kapsayacak şekilde geniş tahditli bir alan Google Earth Pro programı üzerinde belirlenmesi ve KML formatında kaydedilerek cihazın kumandasına aktarılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. İHA Uçuş Alanı

Kumanda ekranı üzerinden Plan sekmesinden 3D Photogrammerty menüsü seçilmiştir. Google Earth Pro üzerinden belirlenen uçuş alanı tanımlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

İHA gerçekleştirilecek uçuş için kamera çekim açısı 90° olarak belirlenmiştir. Her bir uçuş yüksekliği için fotoğraf bindirme oranları %70 enine ve %80 boyuna olarak belirlenmiştir (Şekil 7).



a)

b)

Şekil 7. DJI Photogrammetry yazılımında uçuş parametrelerinin girilmesi;

a) Kamera açısının belirlenmesi işlemi b) Görüntü bindirme oranının belirlenmesi işlemi

3.2.2.1. DJI Phantom 4 RTK Drone Fotoğraflarının İşlenmesi ve Alana Ait Nokta Bulutunun Oluşturulması

İHA aracı ile elde edilen fotoğraflar fotogrametrik olarak değerlendirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin gerçekleşmesinde fotoğrafların yoğun görüntü eşleme yöntemi ile piksel tabanlı nokta bulutu verisi üretimi gerçekleştirilmiştir. İnsansız Hava Aracı ile elde edilen görüntülerin kıymetlendirmesi işleminde Agisoft Metashape Professional programı kullanılmıştır.

Program başlangıcında gelen ekranda Workflow sekmesinden Add Photos komutu ile ilk olarak 50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar programa aktarılmıştır. Bu aktarma işleminde İHA'nın fotoğraflara atadığı koordinat değerleri, iç yöneltme parametreleri ve koordinat doğruluklarını içeren verilerin doğru bir şekilde işlendiği tespit edilmiştir (Şekil 9).

Tespit edilen koordinat değerleri ulusal koordinat sistemine ait değerler olmadığından Reference sekmesinin altında bulunan Convert komutu ile fotoğrafların içerisine tanımlanmış koordinatları, ulusal koordinat sisteminde olacak şekilde programın içerisinde tanımlı ülke koordinat sistemi olarak belirlenmiş TUREF / TM39 koordinat sistemi seçilerek dönüşüm işlemi tamamlanmıştır (Şekil 10).

Koordinat dönüşümü işlemi gerçekleştirildikten sonra Workflow sekmesinde sekmesinin altında Align Photos komutunda doğruluk “High” olacak şekilde seçilmiştir. Bu işlemde fotoğraflara işlenmiş koordinatlar, iç yöneltme parametreleri ve koordinatların doğruluk değerleri ile fotoğraflar konumlandırılarak ölçüm alanına ait az miktarda nokta bulutu verisi oluşturulmuştur.

Fotoğraflar ile gerçekleştirilen ön işlemin ardından Workflow sekmesinin altından Build Dense Cloud komutu tıklanarak oluşturulacak yoğun nokta bulutu verisinin kalitesi High ve derinlik filtrelemesi Moderate olacak şekilde seçilerek komut başlatılmıştır. Bu işlemde seçilen özellikler her bir uçuş için aynı olacak şekilde belirlenerek yoğun nokta bulutları üretilmiştir.

Üretilen nokta bulutu verilerinde yapılan incelemelerde sık ağaçlı orman alanı olduğundan dolayı manuel olarak yapılabilecek nokta toplama işlemi yerine nokta bulutu sınıflandırma yöntemi ile zemine ait noktalar ve üzerindeki doğal ve yapay nesnelere ait noktaların renklendirilerek ayıklanması tercih edilmiştir. Bu işlem için programın Tools sekmesi altında bulunan Dense Cloud sekmesinde Classify Ground Point komutu ile nokta bulutu verilerinin sınıflandırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Arazi Yüzeyini Temsil Eden Nokta Bulutu Veri Setlerinden Yol Güzergahına İsbet Eden Alanda Noktaların Kesilmesi ve Gürültü Noktalarının Tespit Edilerek Elemine Edilmesi

Agisoft Metashape Professional programı ile elde edilen nokta bulutunun sınıflandırılması ile arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verilerinin sayısı çok fazla olduğu için yersel yöntem ile nokta alımı gerçekleştirilen yol projesi uygulama alanını yersel ölçümde elde edilen nokta verileri dikkat edilerek Netcad programı üzerinde uygulama alanı temsil eden nokta üretimi gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen uygulama tahdit sınırına ait noktalar txt formatında CloudCompare programına aktararak manuel olarak çizilmiştir. Noktaların uygulama alanına göre kesilmesi işlemi bilgisayar ortamında kullanılacak nokta verisine ait dosya boyutlarının küçük olmasına ve hızlı çözüm üretilmesi adına gerçekleştirilmiştir.

Her yükseklik için yol proje alanını ayrı olacak şekilde elde edilen ve arazi yüzeyini temsil eden nokta verileri incelendiğinde arazi yüzeyinin dışında kalacak şekilde yüzeyden bağımsız noktalar tespit edilmiştir. Gürültü noktaları olarak tanımladığımız bu fazlalık verileri arazi yüzeyinin gerçeği temsil edilebilmesi adına elemine edilmesi gerekmektedir. Tespit edilen gürültü noktalarını ayıklamak için CloudCompare programı kullanılmıştır. 50 m, 75 m ve 100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verileri programa aktarılmıştır. Ardından nokta bulutu verisini seçilerek programın üst sekmesinde bulunan Connect Component komutu ile en uygun gürültü noktalarını ayıklama seviyesi ilk olarak Octree değerini 7 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100, ikinci olarak Octree değerini 8 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100, üçüncü olarak Octree değerini 9 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100, dördüncü ve son olarak Octree değerini 10 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımlarda arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen gürültü nokta bölgelerinin tespiti gerçekleştirilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede gerçek arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi ortaya çıkartılmıştır.

Arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi üçgen model ve eşyükselti eğrileri oluşumu için çok yoğun bir veri niteliği taşıdığı için nokta yoğunluğunu azaltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için CloudCompare program kullanılmıştır. Program ana ekranında Tools sekmesinin altında Other sekmesi içerisinde bulunan Remove Duplicate Points komutu ile noktalar arası mesafe 2 m olacak şekilde nokta yoğunluğu azaltma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Elde Edilen Nokta Verilerinden Halihazır Harita Oluşturulması ve Yol Projesi Yapımı

Yersel ölçüm ve hava fotogrametri yöntemleri ile elde edilen nokta verilerinden yol projesi yapımına gerekli olan üçgen model ve eş yükselti eğrileri ile halihazır harita üretimi gerekmektedir. Halihazır harita üretimi ve yol projesi yapım işlemleri için Netcad programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Program ara yüzünde araziye ait detaylar çizilmesinin ardından araziye ait nokta verileri kullanılarak üçgen model üretimi ve eş yükselti eğrilerinin oluşturulması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde ana sekmeler kısmında Netsurf sekmesi altında bulunan “Üçgen Oluştur” komutu ile yakınlık kriteri 50 m olacak şekilde tanımlanarak üçgen model üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem yersel ölçüm ve hava fotogrametrisi ile elde edilen nokta verileri için ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede her bir ölçüme ait arazi yüzeyi oluşturulmuştur.

Uygulama alanında yapılan yersel ölçümünde uygun yol güzergahı belirlenmiştir. Uygun yol güzergahı belirlenirken arazinin eğimi dikkate alınmıştır. Netcad programı ana sekmeleri içerisinde Netpro modülünden yeni proje komutu kullanılarak some noktalarının birleşimi yöntemi kullanılarak çizilen yol güzergahının tanımlanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yersel ölçüm ve hava fotogrametri yöntemleri ile elde edilen üçgen modeller üzerinden belirlenen yol güzergahını her birinde aynı olacak şekilde kullanılmıştır. Yol projelerinin kıyaslanmasına kolaylık sağladığı için ortak güzergâh kullanımı gerçekleştirilmiştir.

Programın Netpro modülü içerisinde “Modelden En Kesit” komutu sabit en kesit aralığı 10 m, eksenden genişliği 10 m olacak şekilde araziye ait yol proje güzergahına göre en kesit üretim işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu işlemde “Siyah Kot” olarak tanımlanan arazi yüzeyini tanımlayan en kesit üretimi gerçekleştirilmiştir.

İlk uygulama yöntemi olarak yersel ölçüm yöntemi ile elde edilen veriler üzerinden uygun eğim aralıklarına sahip kırmızı kot belirlenerek tüm yüzeylerde yol güzergahının başlangıç ve bitiş kotlarına bakılmaksızın hava fotogrametrisi yöntemi ile farklı yüksekliklerden elde edilen verilerde referans olarak kullanılması ve sonuç verilerinin oluşturulması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

İlk uygulama yönteminde belirtilen hususlar dikkate alınarak veriler üzerinden uygulama şekillerin Program Netpro modülü içerisinde “Profil Çizimi Modülü” ile yatay ve düşey ölçek değerleri 1/1000 olacak şekilde boy kesit çizimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Profilden boy kesit işlemi ile oluşturulan araziye ait kesit incelendiğinde eğim yüzdelerinde yüksek değerler tespit edilmiştir. Boy kesit profilinde eğim yüzdelerinde tespit edilen aşırılıklar dikkate alınarak boy kesit profili üzerinden uygun eğimde düşey yol tanımlanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Düşey yol tanımlanmasının ardından düşey tanım editöründen yol güzergahının başlangıç ve bitiş noktalarına göre düşük eğimde olacak şekilde “Kırmızı Kot” olarak bilinen yol güzergahına ait düşey çizim işlemi gerçekleştirilmiştir. Düşey profile belirlenen düşük eğimde belirlenen kırmızı kot için yersel ölçüm ile üretilen arazi yüzeyi referans alınarak oluşturulmuştur. Güzergâh ve düşey profil tanımındaki ve bu işlem sonucu yapılan incelemelerde yol eğimlerinin uygun seviyede oluşturulduğu tespit edilmiştir. Düşey profile düzenlenen kırmızı kotu yersel ve hava fotogrametri yöntemi ile elde edilen arazi yüzeylerine ait düşey profillerde ortak kullanım işlemi gerçekleştirilmiştir. Programın Netpro modülü içerisinde “Platform Editörü” komutu ile kırmızı kot tanımı, yol tanımları ve şev tanımları işlemine geçilmiştir. Sağa ve sola 3 m yol genişliği ve yol üzerinde su akışının sağlanması için %2 dever eğimi tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Yol kenarlarında oluşacak şevler için yatay ve düşeyde 1 m, kazı genişliği 1 m yüksekliği 25 cm olacak şekilde değerler tanımlanmıştır. Boy kesit, en kesit ve yol platformu değerlerini aynı olacak şekilde program üzerinde girişlerinin ardından yersel ölçüm ve İHA ile 50 m, 75 m ve 100 m aralıklar ile elde edilen arazi yüzeylerinde ortak kırmızı kot ile oluşturulan yol projesinin 0.00 m ile +341.17 m aralığında 10’ar metre aralıkla en kesit çizilmiştir.

İkinci uygulama yöntem herhangi uygun eğim aralığına sahip referans oluşturacak kırmızı kot belirlenmeden yersel ölçüm ve hava fotogrametrisi yöntemleri ile elde edilen arazi yüzeyleri esas alınarak yol projesi yapılması ve sonuç verilerinin oluşturulması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

İkinci uygulama yönteminde belirtilen hususlar dikkate alınarak yersel ölçüm ve hava fotogrametrisi ile elde edilen veriler üzerinde ilk yöntem yapılan aynı yol güzergahı kullanılmıştır. Programın Netpro modülü içerisinde “Modelden En Kesit” komutu sabit en kesit aralığı 10 m, eksenden genişliği 10 m olacak şekilde araziye ait yol proje güzergahına göre en kesit üretim işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu işlemde “Siyah Kot” olarak tanımlanan arazi yüzeyini tanımlayan en kesit üretimi ilk yöntemde aynı olduğu gibi gerçekleştirilmiştir. Düşey profil üzerinde yol güzergahının eğimleri dikkate alınarak yeni

kırmızı kot tanımlaması yapılmadan arazi yüzeyi esas alınarak işlem gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde herhangi değişiklik yapılmadığı için üretilen boy kesitlere bakıldığı zaman yalnızca arazi yüzeyine ait yükseklik değerlerinin esas alındığı görülmektedir. Programın Netpro modülü içerisinde “Platform Editörü” komutu ile kırmızı kot tanımı, yol tanımları ve şev tanımları işlemine geçilmiştir. Sağa ve sola 3 m yol genişliği ve yol üzerinde su akışının sağlanması için %2 dever eğimi tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Yol kenarlarında oluşacak şevler için yatay ve düşeyde 1 m, kazı genişliği 1 m yüksekliği 25 cm olacak şekilde değerler tanımlanmıştır. En kesit ve yol platformu değerlerini aynı olacak şekilde program üzerinde girişlerinin ardından yersel ölçüm ve İHA ile 50 m, 75 m ve 100 m aralıklar ile elde edilen her bir arazi yüzeyi için ayrı kırmızı kot ile oluşturulan yol projesinin 0.00 m ile +341.17 m aralığında 10’ar metre aralıkla üretilen kırmızı kotlara ait en kesit çizdirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. CORS GNSS ve Total Station Ölçüm Aletine Ait Bulgular ve Tartışma

CORS GNSS aleti ile uygulama alanında elde edilen poligon noktalarına ait değerler Tablo 8’da gösterilmiştir.

Tablo 8. Yersel Ölçüm Yönteminde Elde Edilen Poligon Değerleri

<u>Nokta No</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z</u>
P.4	538988.550	4521581.740	1983.220
P.5	539026.070	4521532.450	1984.780
P.6	538923.792	4521561.487	1979.811
P.7	538882.780	4521551.672	1978.593
P.8	538847.548	4521551.095	1975.698
P.9	538819.918	4521560.864	1969.345
P.10	538808.696	4521594.608	1967.092
P.11	538812.515	4521617.403	1968.419
P.12	538809.631	4521639.307	1966.115
P.13	538800.145	4521701.202	1949.886
P.14	538773.443	4521638.534	1953.108

Çalışma alanında gerçekleştirilen uygulama işleminde, arazi yapısı ve üzerindeki bitki örtüsünün dağılımı dikkate edilmiştir. Sık ormanlık arazi olması ve içerisinde barındırdığı dikenlik alanlar yersel ölçüm işleminde olumsuz etkiler doğurmuştur.

CORS GNSS ile poligon atılması işleminde sık ağaçlık alanın olmadığı ve uydu bağlantısının kolaylıkla kurabileceği yerlerde nokta tayini gerçekleştirilmiştir. Poligon tayinlerinden sonra Total Station aleti ile gerçekleştirilen yersel ölçüm işleminde orman içi dikenlik alanlarda ve ağaç konumları dikkate alınarak olabildiğince sık nokta alımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Yersel ölçüm yöntemi ile arazi üzerinde toplamda 260 adet nokta toplanmış olup değerler Tablo 9’da belirtilmiştir.

Tablo 9. Yersel Ölçüm Yönteminde Elde Edilen Nokta Değerleri

<u>Nokta No</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z</u>
1	539023.352	4521538.152	1984.892
2	539018.821	4521546.901	1984.675
3	539018.345	4521537.007	1984.709
4	539013.922	4521544.233	1984.629
5	539010.039	4521551.499	1984.489
6	539014.669	4521554.794	1984.542
7	539010.156	4521562.522	1984.374
8	539005.571	4521559.063	1984.297
9	538998.718	4521566.760	1983.870
10	539004.030	4521569.391	1984.083
11	539000.714	4521572.786	1983.998
12	538995.925	4521576.516	1983.865
13	538996.850	4521568.564	1983.867
14	538990.670	4521573.348	1983.522
15	538983.198	4521578.722	1983.087
16	538986.544	4521583.499	1983.040
17	538979.957	4521592.256	1981.935
18	538975.790	4521588.625	1982.071
19	538970.276	4521597.044	1981.256
20	538974.159	4521600.853	1981.110
21	538969.807	4521609.129	1980.480
22	538965.969	4521605.504	1980.563
23	538960.904	4521616.000	1979.904
24	538965.760	4521619.650	1980.011
25	538955.250	4521622.972	1979.413
26	538959.178	4521627.217	1979.555
27	538976.139	4521628.853	1979.088
28	538980.808	4521619.814	1980.256
29	538986.624	4521602.601	1982.052
30	538990.763	4521595.031	1983.368
31	538981.732	4521595.127	1982.442
32	538996.534	4521591.546	1983.935
33	538988.528	4521589.373	1983.164
34	539004.762	4521583.324	1983.903
35	538996.999	4521580.566	1984.010
36	539011.886	4521576.115	1984.199
37	539006.211	4521571.300	1984.204
38	539018.276	4521567.437	1984.483

Tablo 9'un devamı

39	539013.452	4521563.474	1984.719
40	539023.386	4521560.847	1984.673
41	539019.079	4521550.275	1984.936
42	539026.237	4521545.440	1984.836
43	539031.824	4521551.710	1984.782
44	539031.085	4521541.113	1985.086
45	539004.841	4521540.732	1984.585
46	538995.434	4521537.075	1984.187
47	539000.820	4521549.982	1984.519
48	538989.929	4521546.052	1983.717
49	538991.747	4521559.961	1983.680
50	538981.631	4521554.966	1982.982
51	538983.062	4521567.406	1983.020
52	538972.702	4521559.560	1982.182
53	538975.094	4521574.162	1982.478
54	538966.458	4521566.975	1981.820
55	538968.345	4521583.657	1981.749
56	538960.529	4521575.297	1981.436
57	538959.331	4521594.043	1980.916
58	538954.235	4521586.807	1981.073
59	538952.559	4521604.814	1980.272
60	538946.205	4521598.966	1980.551
61	538950.701	4521614.987	1979.960
62	538941.045	4521609.218	1980.073
63	538933.506	4521595.014	1980.237
64	538949.043	4521577.643	1980.977
65	538945.305	4521567.618	1980.780
66	538957.915	4521569.594	1981.177
67	538952.725	4521557.617	1981.059
68	538962.167	4521558.821	1981.483
69	538962.871	4521545.925	1981.275
70	538971.659	4521549.145	1981.816
71	538970.402	4521532.884	1981.403
72	538977.691	4521539.333	1982.295
73	538975.924	4521521.633	1981.370
74	538986.330	4521530.791	1982.719
75	538982.584	4521510.087	1981.436
76	538993.367	4521521.664	1983.106
77	538973.381	4521511.224	1980.619

Tablo 9'un devamı

78	538964.093	4521512.569	1980.251
79	538952.086	4521517.257	1979.849
80	538947.182	4521541.030	1980.589
81	538935.889	4521551.197	1980.266
82	538924.856	4521536.986	1979.184
83	538933.442	4521562.081	1980.379
84	538928.694	4521542.328	1979.590
85	538922.199	4521549.278	1979.445
86	538919.432	4521558.957	1979.493
87	538929.704	4521571.248	1980.310
88	538915.694	4521568.537	1979.520
89	538925.876	4521578.452	1980.288
90	538909.902	4521579.322	1979.437
91	538919.841	4521586.200	1980.100
92	538905.390	4521589.793	1979.044
93	538917.962	4521597.301	1979.435
94	538894.389	4521582.523	1978.785
95	538888.973	4521569.090	1978.633
96	538900.000	4521571.057	1979.074
97	538897.513	4521559.561	1978.890
98	538907.991	4521555.788	1979.200
99	538901.431	4521546.851	1978.871
100	538914.863	4521543.726	1979.127
101	538906.808	4521536.604	1978.630
102	538924.675	4521534.407	1979.352
103	538911.001	4521529.694	1978.727
104	538925.194	4521524.242	1978.602
105	538904.760	4521515.922	1977.774
106	538901.335	4521528.649	1978.329
107	538891.753	4521514.646	1977.322
108	538883.855	4521532.482	1977.926
109	538865.944	4521534.142	1977.332
110	538880.595	4521546.394	1978.162
111	538869.011	4521540.915	1977.779
112	538859.101	4521551.380	1977.013
113	538869.511	4521555.176	1977.870
114	538878.657	4521565.452	1978.305
115	538867.662	4521565.212	1977.726
116	538879.243	4521582.461	1978.203

Tablo 9'un devamı

117	538875.769	4521593.163	1978.028
118	538865.909	4521574.563	1977.653
119	538855.557	4521576.263	1977.034
120	538852.140	4521557.607	1976.188
121	538840.416	4521533.791	1974.028
122	538849.807	4521535.214	1975.844
123	538834.993	4521546.260	1973.427
124	538845.159	4521545.528	1975.196
125	538833.646	4521556.283	1973.323
126	538844.849	4521559.284	1975.340
127	538833.724	4521568.523	1973.460
128	538844.231	4521571.319	1975.475
129	538836.428	4521582.065	1974.507
130	538842.577	4521582.454	1975.442
131	538829.832	4521572.501	1972.705
132	538808.460	4521592.466	1966.851
133	538824.494	4521580.158	1971.522
134	538810.613	4521580.307	1967.231
135	538825.118	4521568.582	1971.320
136	538812.752	4521571.495	1967.493
137	538825.794	4521558.519	1970.893
138	538813.471	4521557.840	1967.202
139	538821.741	4521548.380	1969.747
140	538812.296	4521545.655	1966.901
141	538823.097	4521535.844	1969.838
142	538809.820	4521533.800	1965.622
143	538800.910	4521540.278	1962.507
144	538793.705	4521537.921	1960.240
145	538798.021	4521550.672	1961.886
146	538790.762	4521548.440	1959.267
147	538802.167	4521559.955	1963.441
148	538794.481	4521559.556	1960.339
149	538802.162	4521571.137	1963.576
150	538791.386	4521575.613	1959.898
151	538800.430	4521583.315	1963.807
152	538824.881	4521605.486	1971.898
153	538817.819	4521607.081	1969.948
154	538819.785	4521611.475	1970.541
155	538827.806	4521614.524	1972.560

Tablo 9'un devamı

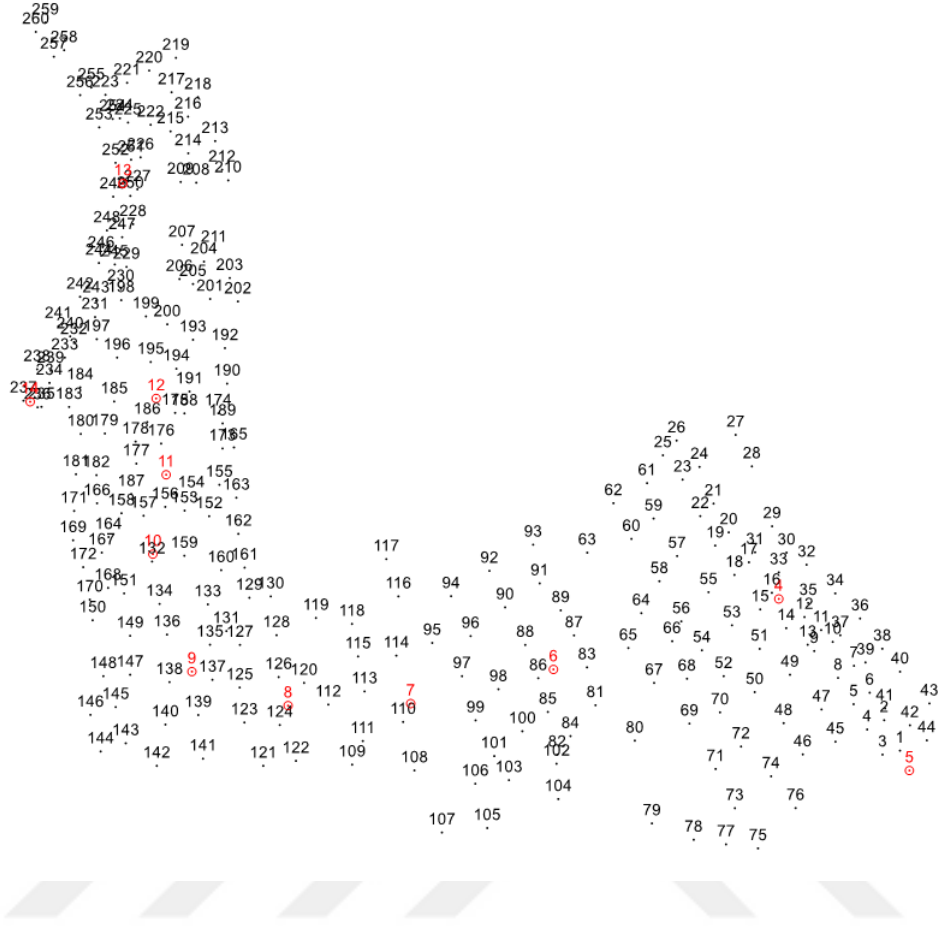
156	538812.260	4521608.177	1969.619
157	538806.033	4521605.622	1966.551
158	538799.682	4521606.353	1964.140
159	538817.739	4521594.125	1969.904
160	538828.321	4521589.989	1972.653
161	538835.066	4521590.730	1974.137
162	538833.274	4521600.428	1973.772
163	538832.693	4521610.800	1973.585
164	538795.961	4521599.502	1962.731
165	538832.002	4521625.239	1972.885
166	538792.666	4521609.196	1962.192
167	538794.012	4521595.042	1961.703
168	538795.836	4521584.897	1961.877
169	538785.768	4521598.584	1959.046
170	538790.573	4521581.532	1959.833
171	538786.069	4521607.001	1959.642
172	538788.686	4521590.848	1959.644
173	538828.704	4521624.933	1972.113
174	538827.494	4521635.041	1971.092
175	538815.087	4521635.146	1968.161
176	538811.068	4521626.344	1967.723
177	538803.951	4521620.597	1965.725
178	538803.737	4521626.924	1965.080
179	538794.907	4521629.237	1962.270
180	538787.976	4521629.109	1959.445
181	538786.592	4521617.533	1959.439
182	538792.488	4521617.272	1961.738
183	538784.620	4521636.863	1957.252
184	538787.813	4521642.490	1957.554
185	538797.589	4521638.434	1962.041
186	538807.089	4521632.547	1965.925
187	538802.474	4521611.857	1965.264
188	538817.769	4521635.024	1968.714
189	538828.726	4521632.126	1971.752
190	538830.027	4521643.582	1970.734
191	538819.206	4521641.317	1968.523
192	538829.394	4521653.766	1968.684
193	538820.222	4521656.176	1966.281
194	538815.464	4521647.853	1966.607

Tablo 9'un devamı

195	538808.080	4521649.799	1963.614
196	538798.428	4521651.048	1959.889
197	538792.563	4521656.341	1956.415
198	538799.609	4521667.536	1956.481
199	538806.716	4521662.883	1960.249
200	538812.845	4521660.602	1962.864
201	538825.148	4521667.894	1964.745
202	538833.135	4521667.161	1967.075
203	538830.775	4521673.899	1965.401
204	538823.375	4521678.609	1962.447
205	538820.222	4521672.174	1962.196
206	538816.341	4521673.599	1961.283
207	538817.076	4521683.432	1959.656
208	538821.173	4521701.283	1958.114
209	538816.698	4521701.505	1956.339
210	538830.345	4521701.961	1961.938
211	538826.251	4521681.973	1962.629
212	538828.574	4521705.006	1961.414
213	538826.588	4521713.232	1960.715
214	538818.869	4521709.716	1957.483
215	538813.779	4521716.037	1955.897
216	538818.802	4521720.248	1958.101
217	538814.066	4521727.252	1956.713
218	538821.664	4521725.851	1959.490
219	538815.325	4521737.138	1958.644
220	538807.651	4521733.487	1955.484
221	538801.303	4521729.983	1952.487
222	538808.063	4521717.917	1953.816
223	538795.080	4521726.527	1949.845
224	538799.194	4521719.757	1950.234
225	538801.561	4521718.552	1951.286
226	538805.163	4521708.554	1951.887
227	538804.254	4521699.386	1951.763
228	538803.001	4521689.364	1953.134
229	538801.128	4521677.109	1954.292
230	538799.516	4521670.786	1955.410
231	538792.105	4521662.712	1955.228
232	538786.023	4521655.496	1954.361
233	538783.407	4521651.045	1954.637

Tablo 9'un devamı

234	538779.001	4521643.768	1954.227
235	538776.692	4521636.897	1954.639
236	538775.558	4521636.783	1953.224
237	538771.527	4521638.680	1952.991
238	538775.446	4521647.700	1952.734
239	538779.333	4521647.273	1952.956
240	538784.928	4521657.135	1952.324
241	538781.564	4521660.092	1952.239
242	538787.787	4521668.499	1951.933
243	538792.396	4521667.443	1952.207
244	538793.202	4521678.235	1951.438
245	538797.754	4521677.797	1951.444
246	538793.846	4521680.351	1951.314
247	538799.881	4521685.631	1951.080
248	538795.519	4521687.571	1950.884
249	538797.303	4521697.267	1950.164
250	538802.233	4521697.477	1950.169
251	538802.445	4521707.882	1949.447
252	538797.972	4521706.975	1949.318
253	538793.285	4521717.167	1948.498
254	538797.155	4521719.582	1948.519
255	538791.008	4521728.640	1947.924
256	538787.794	4521726.435	1947.831
257	538780.240	4521737.471	1947.497
258	538783.195	4521739.344	1947.604
259	538777.804	4521747.288	1947.667
260	538775.064	4521744.602	1947.545



Şekil 8. Yersel yöntem ile elde edilen poligon ve nokta verileri

4.2. DJI Phantom 4 RTK ile Farklı Yüksekliklerde Fotoğrafların İşlenmesine Ait Bulgular ve Tartışma

İHA ile gerçekleştirilecek üç farklı uçuş yüksekliğini her bir uçuş için 50 m, 75 m ve 100 m olacak şekilde tanımlanmıştır. Bu işlemde tanımlanan alan 82181 m² yüzölçümüne sahiptir.

Yapılan bu işlemlerin ile uçuş alanında gerçekleştirilen üç ayrı uçuş başarıyla gerçekleştirilmiştir. 50 m'lik uçuş 29 dakika 39 saniye de tamamlanmış olup 552 adet fotoğraf elde edilmiştir. 75 m'lik uçuş 13 dakika 56 saniyede tamamlanmış olup 302 adet

fotoğraf elde edilmiştir. 100 m'lik uçuş 11 dakika 50 saniye tamamlanmış olup 200 adet fotoğraf elde edilmiştir.

4.3. Nokta Bulutu Üretimine Ait Bulgular ve Tartışma

Ön işleme yönteminde fotoğraflara işlenmiş koordinatlar, iç yöneltme parametreleri ve koordinatların doğruluk değerleri esas alınarak yoğun görüntü eşleme tekniği ile az miktarda nokta bulutu üretilmiştir (Şekil-9).



Şekil 9. Ön işleme sonucunda tespit edilen oluşan az miktardaki nokta bulutu

Ön işleme sonucu oluşan nokta bulutu ile yapılan incelemede fotoğrafların birleştiği zaman araziye ait detayların konumsal olarak doğru sonuç verebileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda bu işlem sayesinde 50 m, 75 m ve 100 m çekilen ve ayrı ayrı kıymetlendirmesi yapılan fotoğraflara ait az miktarda oluşan nokta bulutu ve toplam hatalar Tablo 10 'da belirtildiği şekilde tespit edilmiştir.

Tablo 10. Ön işleme sonucu oluşan sonuç verileri

Uçuş Yüksekliği	Fotoğrafların Toplam Yönelme Hatası	Ön İşleme Sonucu Oluşan Nokta Bulutu Adeti
50 m	0.013440 m	413279
75 m	0.045681 m	235443
100 m	0.016608 m	163203

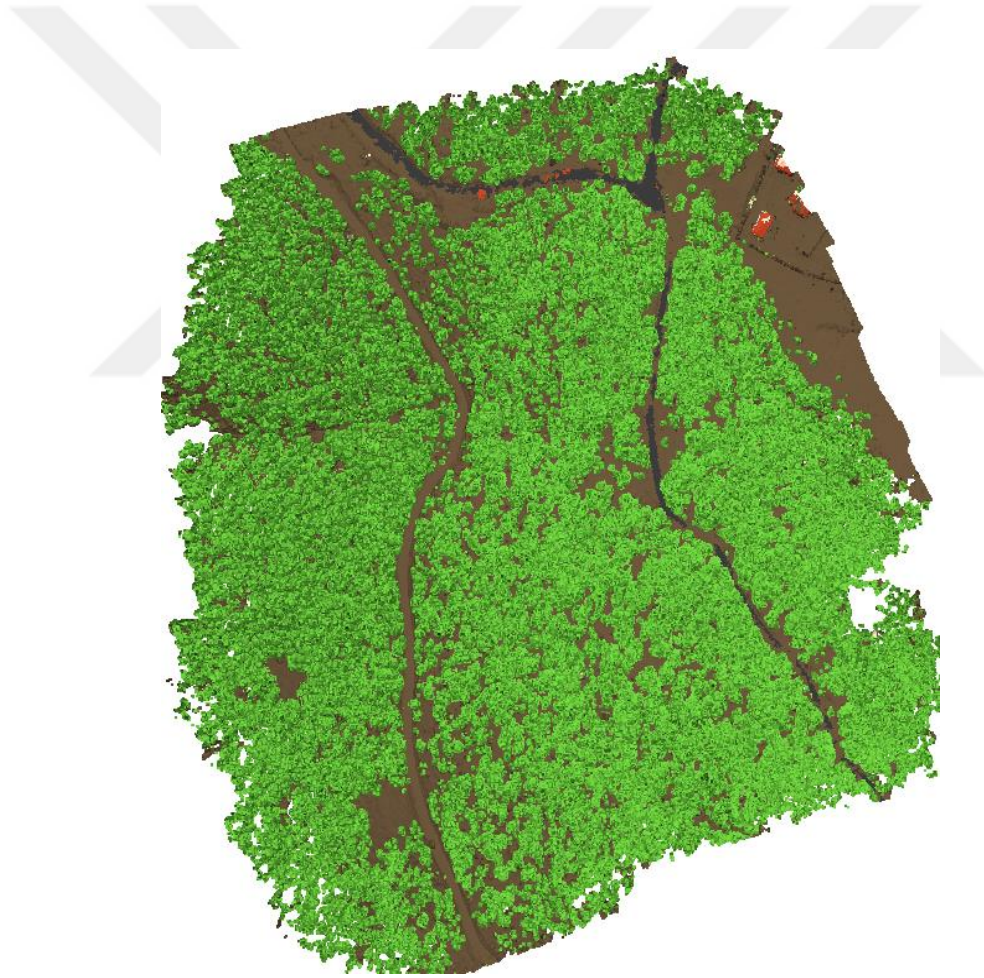
Fotoğraflar ile gerçekleştirilen ön işlemin ardından Workflow sekmesinin altından Build Dense Cloud komutu tıklanarak oluşturulacak yoğun nokta bulutu verisinin kalitesi High ve derinlik filtrelemesi Moderate olacak şekilde seçilerek komut başlatılmıştır. Bu işlemde seçilen özellikler her bir uçuş için aynı olacak şekilde belirlenerek yoğun nokta bulutları üretilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Üretilen yoğun nokta bulutu

Bu işlemde işlem gören fotoğraf adeti ne kadar fazla ise yoğun nokta bulutu üretiminde gerçekleştirilen zaman uzamaktadır. Yoğun görüntü eşleme yöntemi ile elde edilen nokta bulutu verilerinde 50 m yükseklikteki fotoğraflar ile 377.050.405 adet nokta, 75 m yükseklikteki fotoğraflar ile 255.736.130 adet nokta ve 100 m yükseklikteki fotoğraflar ile 184.879.231 adet nokta üretildiği tespit edilmiştir.

Üretilen nokta bulutu verilerinde yapılan incelemelerde sık ağaçlı orman alanı olduğundan dolayı manuel olarak yapılabilecek nokta toplama işlemi yerine nokta bulutu sınıflandırma yöntemi ile zemine ait noktalar ve üzerindeki doğal ve yapay nesnelere ait noktaların renklendirilerek ayıklanması işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Sınıflandırılmış nokta bulutu verisi

Yoğun nokta bulutu verilerinin sınıflandırılması işlemi her bir ölçüm yüksekliği için aynı özelliklerde gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde yalnızca arazi yüzeyini kahverengi olarak temsil eden nokta verileri ayıklanarak kayıt işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminde yer yüzü, bitki örtüsü, yapı, yol yüzeyi, araba ve insan yapımı objeler olmak üzere 7 adet sınıfa ayrılmıştır.

Yoğun görüntü eşleme yöntemine dayalı aynı özellikler içerisinde üretilen nokta bulutu verilerinde arazi yüzeyi ve yol yüzeyini temsil eden toplam nokta sayıları 50 m yükseklikteki fotoğraflar ile 47.672.728 adet, 75 m yükseklikteki fotoğraflar ile 35.386.556 adet ve 100 m yükseklikteki fotoğraflar ile 26.017.022 adet belirlenmiştir.

Farklı yüksekliklerde çekilen fotoğraf adetleri kaynaklı, yoğun görüntü eşleme yöntemi ile elde edilen ve arazi yüzeyini temsil eden nokta sayısındaki farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yol projesi için belirlenen güzergâh için farklı yüksekliklerde gerçekleştirilecek İHA ile otonom uçuş işlemi için ağaç yüksekliklerine dikkat edilmiştir. Ortalama ağaç yükseklikleri 15 m ila 20 m arasında seyir gösterdiği düşünülerek arazinin en üst kotundan uçuş işlemleri gerçekleştirilmiştir. İHA ile elde edilen farklı yüksekliklerdeki görüntüler incelendiğinde İHA'nın uçuş hızının görüntüde herhangi bozulmaya sebebiyet vermediği belirlenmiştir. Aynı uçuş alanda gerçekleştirilen farklı yüksekliklerdeki uçuşlarda yere yakınlığa göre fotoğraf sayısında ve uçuş süresinde artmaların olduğu tespit edilmiştir. Fotoğraf sayıları dikkate alındığında yoğun görüntü eşleme metodu ile elde edilen nokta bulutu verilerinde fotoğraf sayısı ne kadar fazla ise oluşacak nokta bulutunda daha fazla detay elde edildiği belirlenmiştir.

50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile yoğun görüntü eşleme metodu elde edilen nokta bulutunda yüzeye ait detaylarda ve ağaçlık alanda sapmaların gözle görülür şekilde olmadığı ve orman içinde kalan yer yüzeyini temsil eden alanlara ait nokta üretiminin daha sağlıklı gerçekleştiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda nokta bulutu sınıflandırma işleminde noktaların sınıflandırılmasında ağaçlara ait sınıflandırmanın daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sınıflandırma sonrasında yer yüzeyini temsil eden nokta verilerindeki nokta sıklığı göz önünde bulundurulduğunda gürültü noktalarının küme halinde tespitlerinde en fazla sayıda nokta elemine edildiği tespit edilmiştir. Gürültü verilerinin elemine işleminin ardından gerçekleştirilen nokta sıklığının iki metrede bir olacak şekilde azaltılması işleminde nokta verisindeki yoğunluk ve noktaların konumsal oluşumları dikkate alındığında 75 m yükseklik sonucu elde edilen sonuç nokta verisinden sonra daha

fazla nokta verisi içerdiği tespit edilmiştir. Nokta sıklığının azaltılması işleminin ardından oluşan sonuç verilerin üçgen model üretiminde herhangi bozuk üçgen, kırık eğriler ve nokta kotundaki yanlış değerden kaynaklı çukur veya tümsek oluşumunun gerçekleşmediği belirlenmiştir. Yersel ölçüm yöntemi ile oluşturulan yol projesindeki güzergâh referans alınarak aynı düşey tanımlama ile gerçekleştirilen ilk yol projesi işleminde 50 m yüksekliğe ait sonuç nokta verileri ile oluşturulan yol projesinde güzergahın başlangıç noktasında 1,052 m, bitiş noktasında 0,519 m yükseklik farklı meydana geldiği belirlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitler ve başlangıç ile bitiş noktaları arasındaki kot farkları göz önünde bulundurularak yapılan incelemelerde referans yüzeye göre arazi yüzeyinin alt kotta kaldığı ve bu sebepten dolayı yol yapım işlemi esnasında kazı işleminin daha fazla olabileceği tespit edilmiştir. En kesit detaylarında yapılan incelemelerde arazi yüzeyini temsil eden çizgilerde referans yüzeye göre gözle görülür sapmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

4.4. Arazi Yüzeyini Temsil Eden Nokta Bulutu Veri Setlerinden Yol Güzergahına İsbet Eden Alanda Noktaların Kesilmesi ve Gürültü Noktalarının Tespit Edilerek Elemine Edilmesine Ait Bulgular ve Tartışma

Yol projesi uygulama alanında yersel ölçüm ile elde edilen nokta verileri dikkat edilerek Netcad programı üzerinde uygulama alan tahdit sınırlarına noktalar Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Nokta bulutlarından kesilecek uygulama alanına denk gelen nokta değerleri

Nokta No	X	Y	Z
1	538815.195	4521739.929	1926.837
2	538822.754	4521728.306	1924.945
3	538832.462	4521702.649	1922.554
4	538835.236	4521668.323	1940.755
5	538835.236	4521601.059	1951.711
6	538875.456	4521595.164	1958.139
7	538918.103	4521598.978	1973.024
8	538948.268	4521616.661	1980.858
9	538957.629	4521630.530	1980.947
10	538977.393	4521631.917	1981.191

Tablo 11'in devamı

11	538990.568	4521597.245	1982.360
12	538998.196	4521592.391	1982.699
13	539029.748	4521557.718	1983.524
14	539034.255	4521546.276	1983.649
15	539030.095	4521530.327	1983.506
16	539000.623	4521523.739	1982.613
17	538982.247	4521507.443	1981.874
18	538924.691	4521521.659	1971.798
19	538893.139	4521510.564	1963.080
20	538867.134	4521529.980	1945.849
21	538804.377	4521532.407	1925.517
22	538791.549	4521535.875	1932.513
23	538789.122	4521548.010	1938.851
24	538792.589	4521558.412	1940.118
25	538789.468	4521581.295	1944.422
26	538784.267	4521599.325	1937.310
27	538783.921	4521618.395	1896.401
28	538775.599	4521633.304	1913.565
29	538770.052	4521640.239	1925.239
30	538780.453	4521660.348	1935.998
31	538786.348	4521669.363	1935.072
32	538791.895	4521680.805	1932.718
33	538797.790	4521702.996	1949.662
34	538787.735	4521721.372	1918.557
35	538791.230	4521725.949	1948.020

Çizilen alan içerisinde kalan noktaların çıkartılması işlemi farklı yükseklikler ile elde edilmiş her bir arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yol projesi uygulama alanı içerisinde 50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 6.401.829 adet nokta, 75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 3.828.312 adet nokta ve 100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 2.200.241 adet nokta tespit edilerek ayrı ayrı kayıt işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 12).



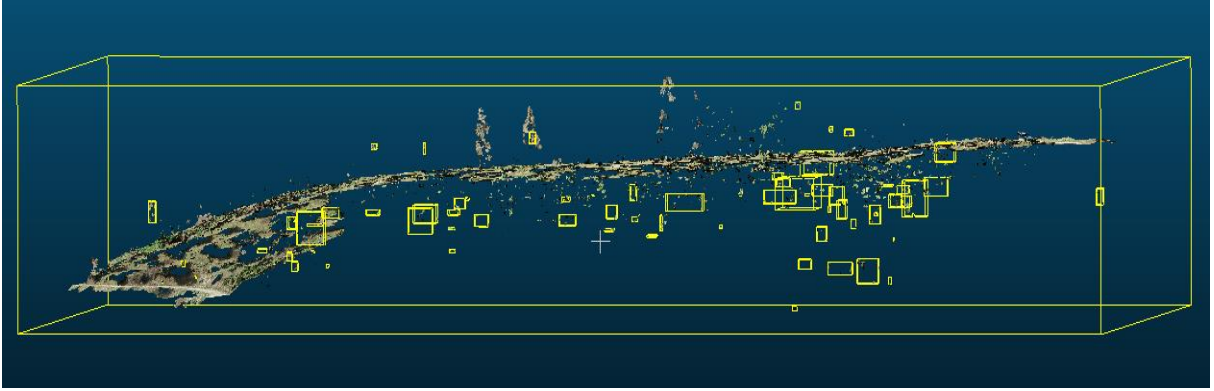
Şekil 12. Kesilmiş nokta bulutu verisi

50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden 6.401.829 adet nokta veri bulutunu programa aktarılmıştır. Ardından nokta bulutu verisini seçerek programın üst sekmesinde bulunan Connect Component komutu ile en uygun gürültü noktalarını ayıklama seviyesi ilk olarak Octree değerini 7 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 2 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 78 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geri 6.362.568 adet nokta içeren veri kalmıştır.

75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden 3.828.312 adet nokta veri bulutunu programa aktarılmıştır. Ardından nokta bulutu verisini

seçerek programın üst sekmesinde bulunan Connect Component komutu ile en uygun gürültü noktalarını ayıklama seviyesi ilk olarak Octree değerini 7 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 3 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 72 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geri 3.797.290 adet nokta içeren veri kalmıştır.

100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden 2.280.241 adet nokta veri bulutunu programa aktarılmıştır. Ardından nokta bulutu verisini seçerek programın üst sekmesinde bulunan Connect Component komutu ile en uygun gürültü noktalarını ayıklama seviyesi ilk olarak Octree değerini 7 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 4 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 42 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geri 2.181.298 adet nokta içeren veri kalmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Octree 7 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri

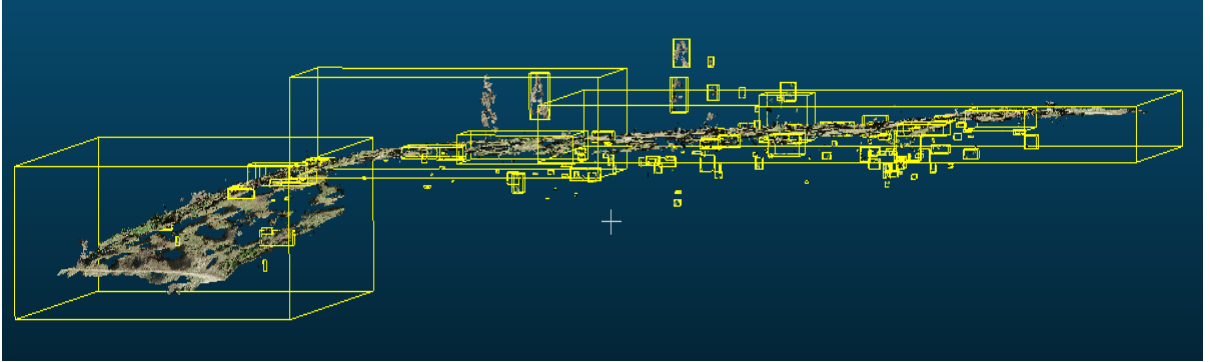
İkinci işlem adımı olarak ayıklanma işleminden en son kalan noktaları Octree değerini 8 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır.

50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 19 adet arazi yapısını temsil

eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 137 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 6.246.577 adet nokta içeren veri kalmıştır.

75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 9 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 122 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 3.740.475 adet nokta içeren veri kalmıştır.

100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 18 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 24 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 2.168.717 adet nokta içeren veri kalmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Octree 8 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri

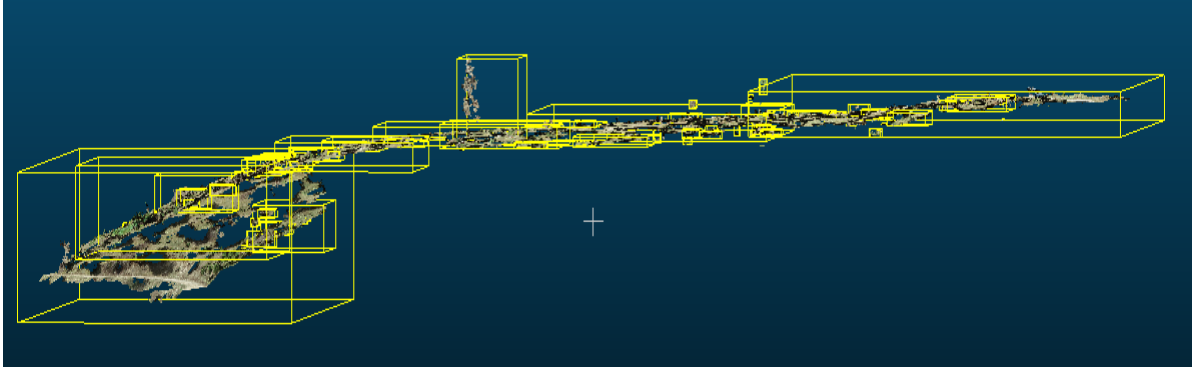
Üçüncü işlem adımı olarak ayıklanma işleminden en son kalan noktaları Octree değerini 9 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır.

50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 53 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 49 adet gürültü nokta bölgesi tespit

edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 6.222.189 adet nokta içeren veri kalmıştır.

75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 40 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 41 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 3.692.718 adet nokta içeren veri kalmıştır.

100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 51 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 29 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 2.157.016 adet nokta içeren veri kalmıştır (Şekil 15).



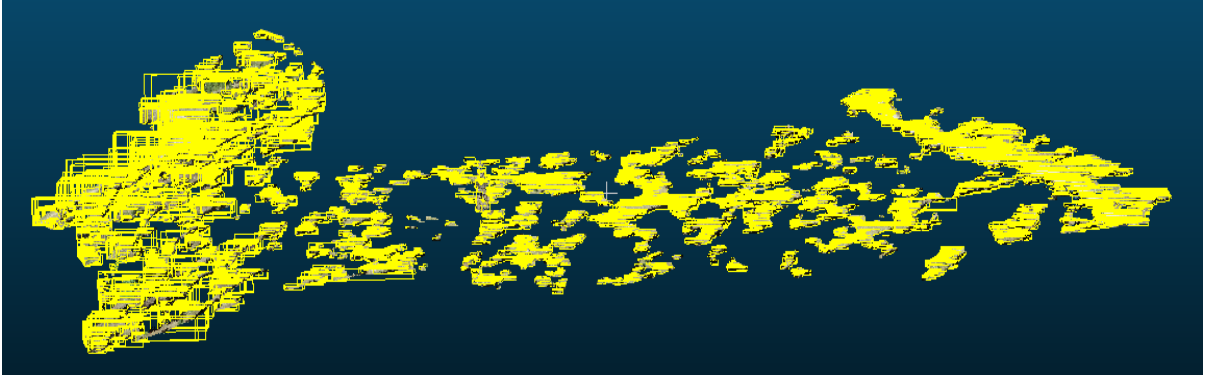
Şekil 15. Octree 9 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri

Son işlem adımı olarak ayıklanma işleminden en son kalan noktaları Octree değerini 10 ve noktaların minimum bileşen yüzdesi 100 olacak şekilde seçilerek işlem başlatılmıştır.

50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 3829 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 22 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 6.159.574 adet nokta içeren veri kalmıştır.

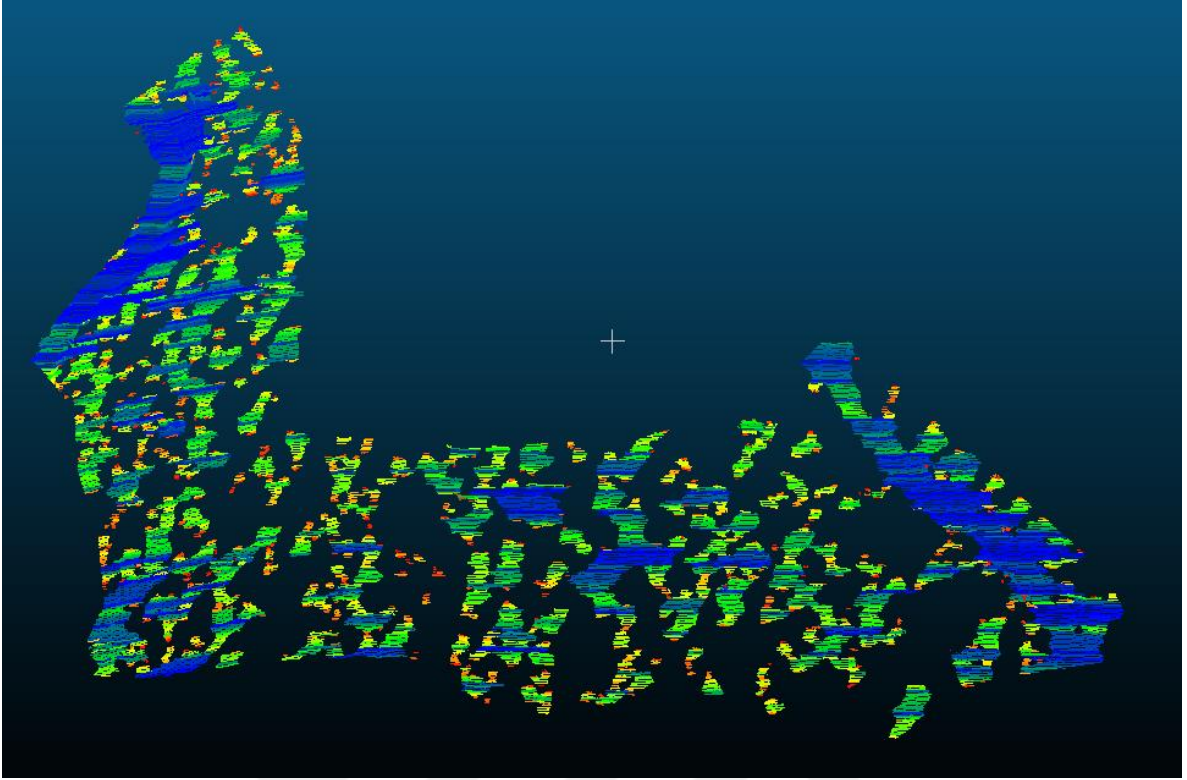
75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 3687 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 53 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 3.572.921 adet nokta içeren veri kalmıştır.

100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile elde edilen, arazi yüzeyini temsil eden noktalar üzerinde başlatılmıştır. Gerçekleştirilen bu adımda 2658 adet arazi yapısını temsil eden nokta bölgesi ile arazi yüzeyini temsil etmeyen 717 adet gürültü nokta bölgesi tespit edilmiş olup ve silinmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemde geriye 1.973.417 adet nokta içeren veri kalmıştır (Şekil 16).



Şekil 16. Octree 10 değeri sonucu oluşan nokta kümeleri

Yapılan bu dört adım yöntemi ile arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verileri ortaya çıkartılmıştır. Bu işlemde Octree değerini sürekli artırılması ile daha küçük kümelenmiş nokta verileri elde etmek mümkündür. Ancak arazi yüzeyini yeterli gördüğümüz düzeyde gürültü verilerini ayıklama işlemi başarı ile gerçekleştiği için daha fazla Octree değeri kullanımı gerçekleştirmeye gerek duyulmamıştır. Son işlem adımı ile elde edilen nokta kümeleri birleştirildiği zaman her ayrı nokta kümesi için renklendirme metodu uygulayarak birleşim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 17).



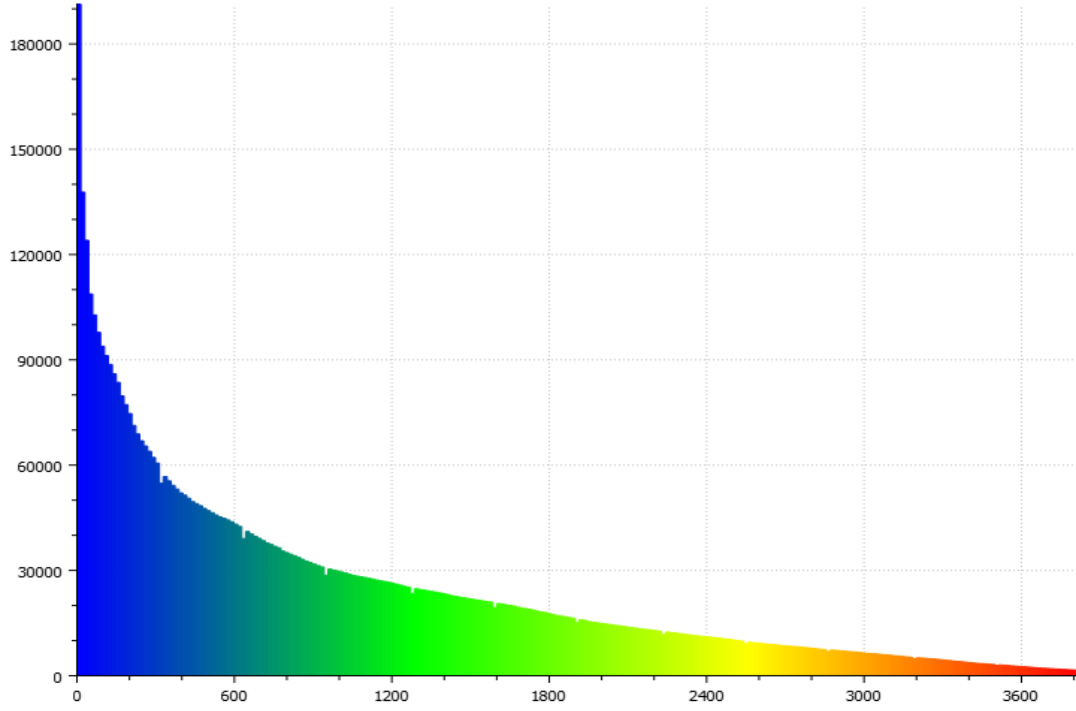
Şekil 17. Renklendirme metodu sonucu oluşan nokta verisi

50 m yükseklikten arta kalan nokta kümelerinin birleşimi ile 0-3828 arası renklendirme aralığı tanımlanmış nokta bulutu verisi oluşmuştur. Renklendirme çizelgesinden 2800-3828 arasında kalan değerlere sahip noktaların arazi yüzeyini temsil etmeyen noktalar olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen bu aralıkta nokta verileri silinerek gürültü noktalarından arınmış arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda arazi yüzeyini temsil eden 5.854.196 adet nokta içeren veri kalmıştır.

75 m yükseklikten arta kalan nokta kümelerinin birleşimi ile 0-3687 arası renklendirme aralığı tanımlanmış nokta bulutu verisi oluşmuştur. Renklendirme çizelgesinden 2600-3687 arasında kalan değerlere sahip noktaların arazi yüzeyini temsil etmeyen noktalar olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen bu aralıkta nokta verileri silinerek gürültü noktalarından arınmış arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda arazi yüzeyini temsil eden 3.318.333 adet nokta içeren veri kalmıştır.

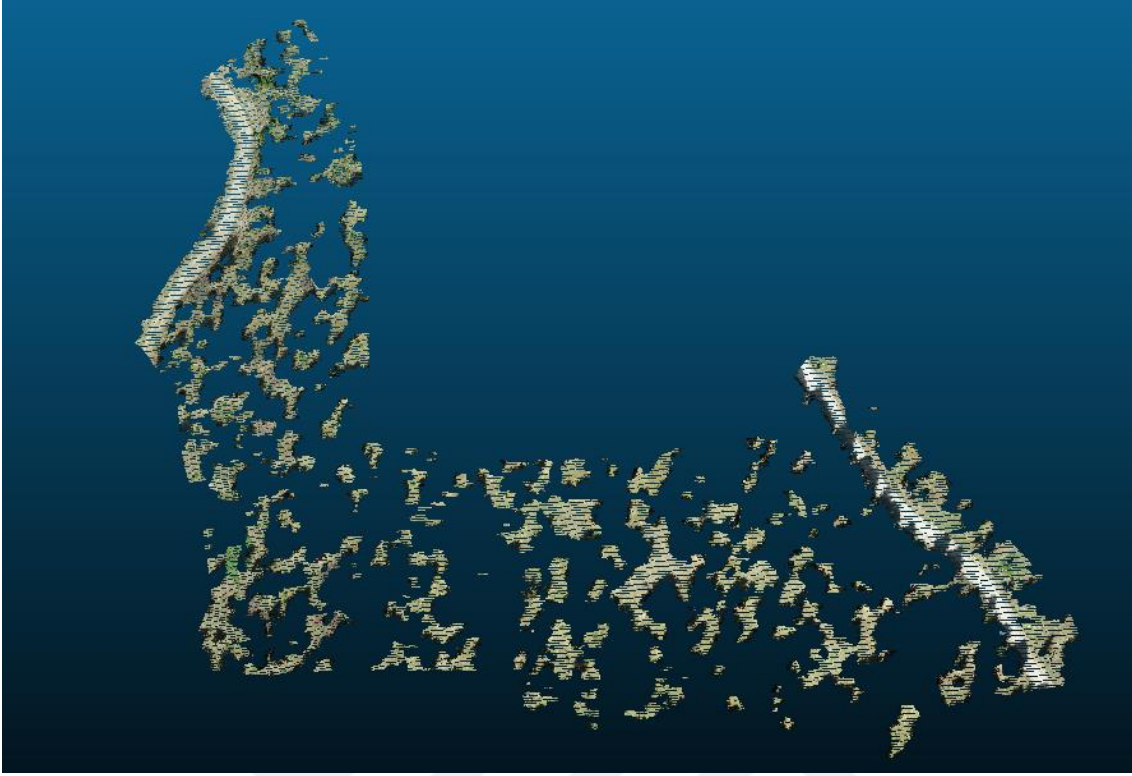
100 m yükseklikten arta kalan nokta kümelerinin birleşimi ile 0-2618 arası renklendirme aralığı tanımlanmış nokta bulutu verisi oluşmuştur. Renklendirme

çizelgesinden 2400-2618 arasında kalan değerlere sahip noktaların arazi yüzeyini temsil etmeyen noktalar olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen bu aralıkta nokta verileri silinerek gürültü noktalarından arınmış arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda arazi yüzeyini temsil eden 1.918.553 adet nokta içeren veri kalmıştır (Şekil 18).



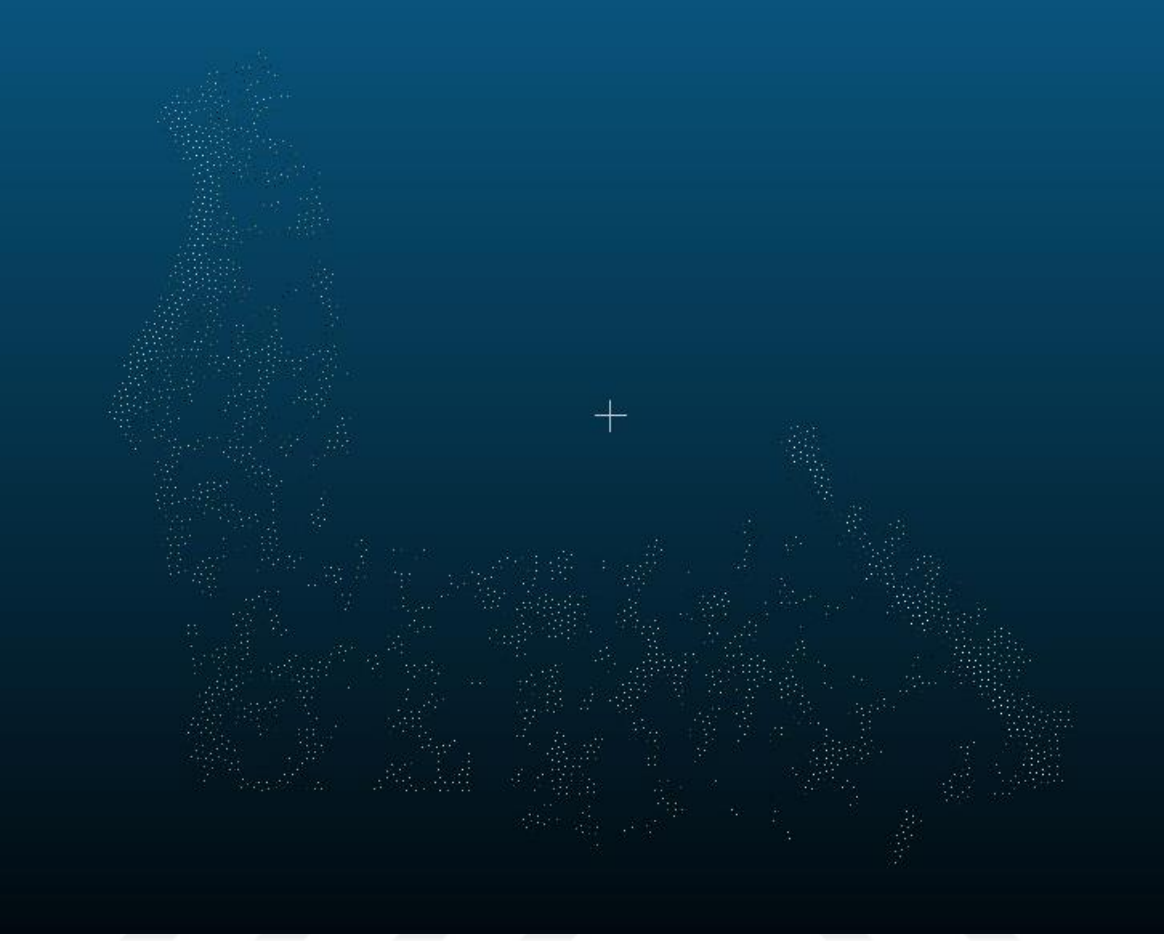
Şekil 18. Noktalara ait renk histogramı

50 m, 75 m ve 100 m seviyeden elde edilen tüm arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verileri için aynı özelliklerde gerçekleştirilen bu uygulamada gürültü noktalarının ayrıştırılması ve silinmesi işlemi başarı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Gürültü noktalarından ayıklanmış nokta verileri

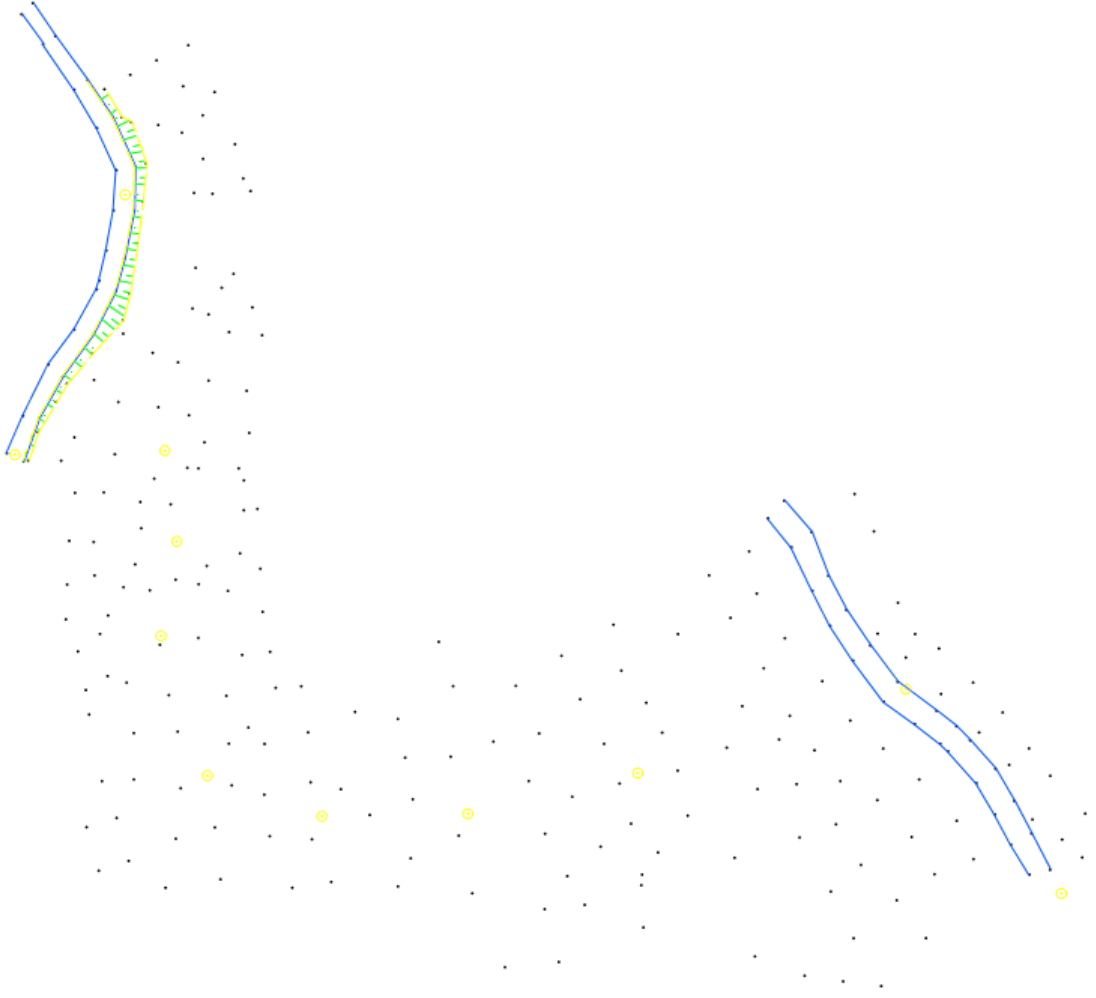
Arazi yüzeyini temsil eden nokta bulutu verisi üçgen model ve eşyüksekti eğrileri oluşumu için çok yoğun bir veri niteliği taşıdığı için nokta yoğunluğunu azaltma işleminde noktalar arası mesafe 2 m olacak şekilde nokta yoğunluğu azaltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sayesinde yol projesi uygulaması için 50 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 2932 adet nokta, 75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 3037 adet nokta ve 100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile arazi yüzeyini temsil eden 2865 adet nokta elde edilerek ayrı ayrı kayıt işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Sıklığı azaltılmış nokta verileri

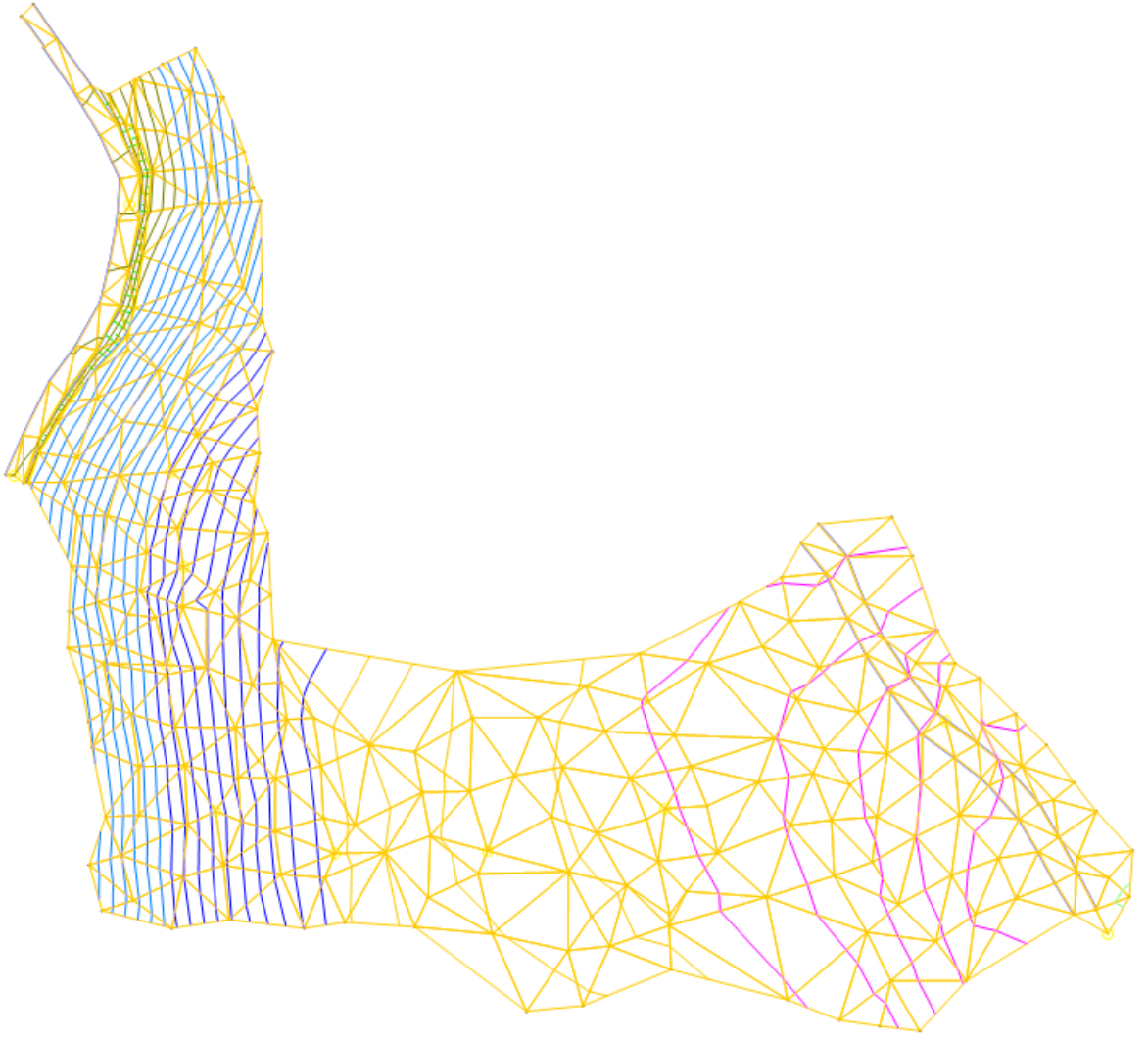
4.5. Nokta Verilerinden Halihazır Harita Oluşturulması ve Yol Projesi Yapımına Ait Bulgular ve Tartışma

Netcad programına aktarılan nokta verileri ile araziye ait detaylar olarak yollara ve şevlere ait detaylar çizim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 21).



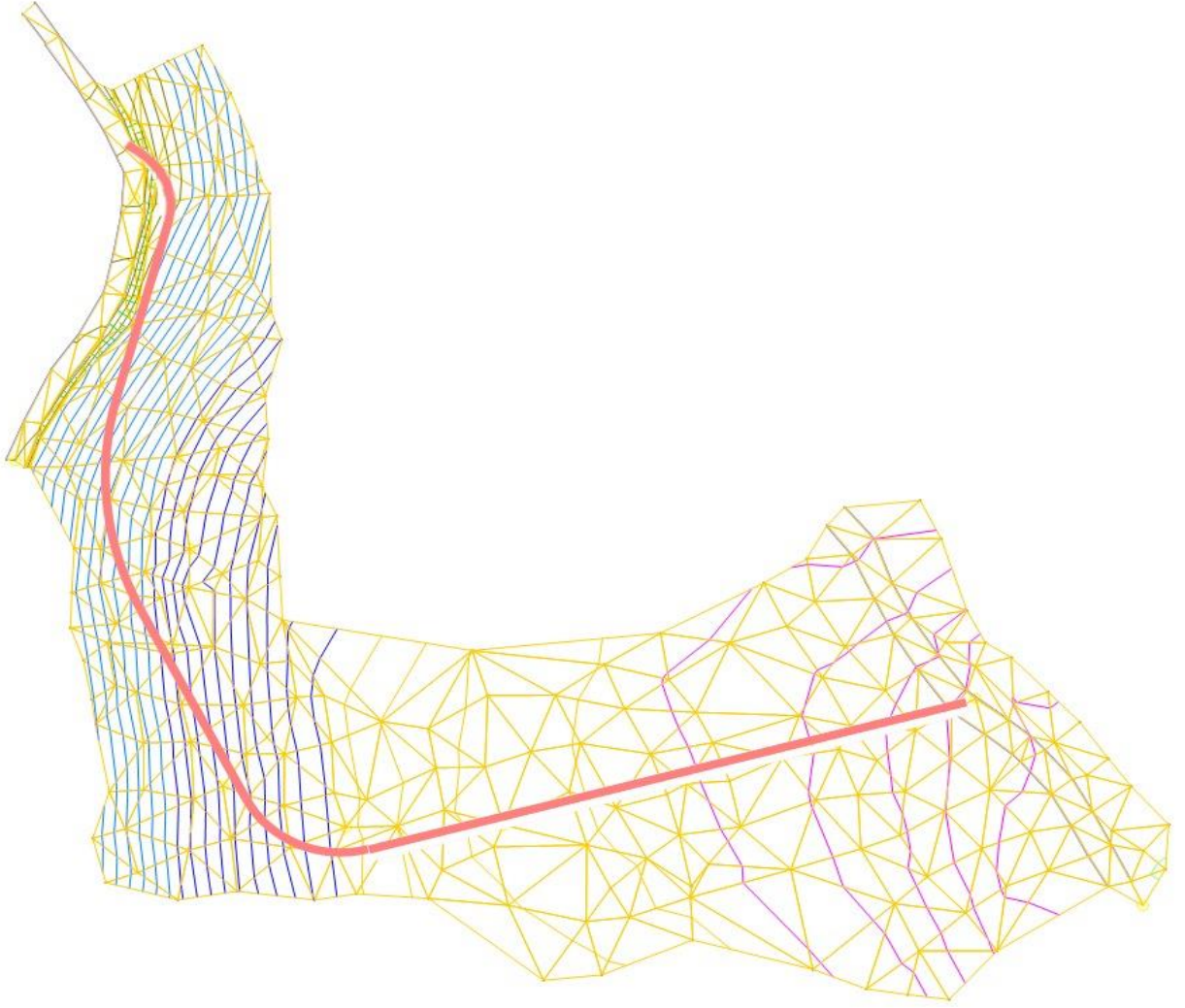
Şekil 21. Araziye ait detay çizimleri

Program ara yüzünde araziye ait detaylar çizilmesinin ardından araziye ait nokta verileri kullanılarak üçgen model üretimi ve eşyüksekti eğrilerinin oluşturulması işleminde yakınlık kriteri 50 m olacak şekilde tanımlanarak üçgen model üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem yersel ölçüm ve hava fotogrametrisi ile elde edilen nokta verileri için ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede her bir ölçüme ait arazi yüzeyi oluşturulmuştur (Şekil 22).



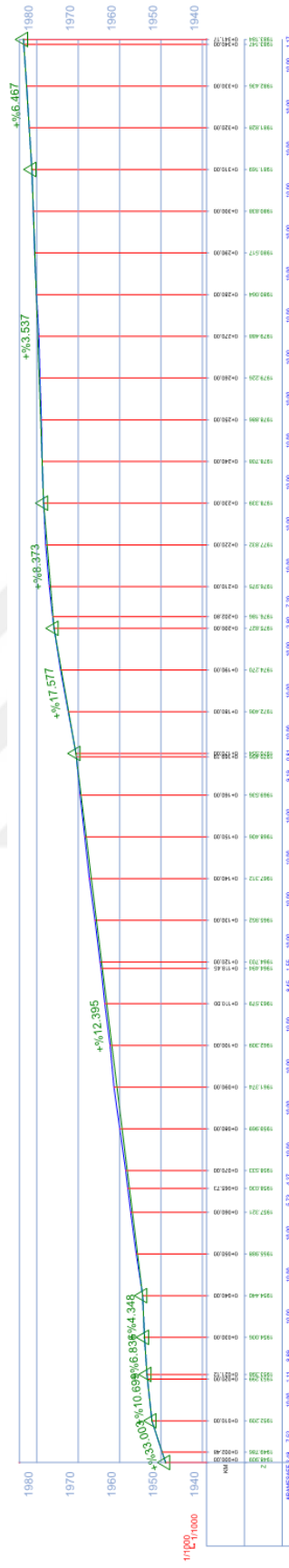
Şekil 22. Arazi detayları ve üçgen model ile oluşturulan arazi yüzeyi

Uygulama alanında yapılan yersel ölçümünde arazinin eğimi dikkate alınarak uygun yol güzergâhı belirlenmiştir. Belirlenen bu güzergâh yersel ölçüm ve hava fotogrametri yöntemleri ile elde edilmiş nokta verilerinin her birinde aynı olacak şekilde kullanılmıştır. Yol projelerinin kıyaslanmasına kolaylık sağladığı için ortak güzergâh kullanımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 23).



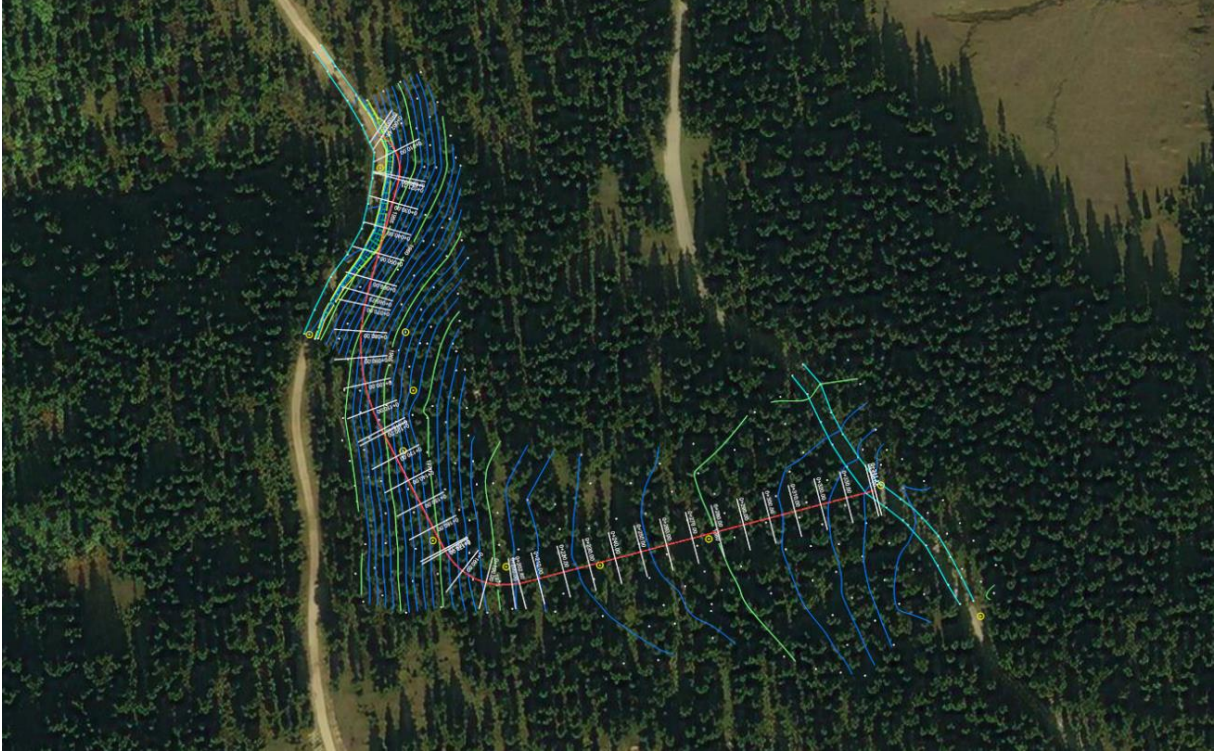
Şekil 23. Arazi yüzeyinde çizilen sabit yol güzergahı

Yol güzergahı üzerinde sabit en kesit aralığı 10 m, eksenden genişliği 10 m olacak şekilde araziye ait yol proje güzergahına göre ile en kesit üretim işlemi gerçekleştirilmiş olup yapılan bu işlemde “Siyah Kot” olarak tanımlanan arazi yüzeyini tanımlayan en kesit üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 24).



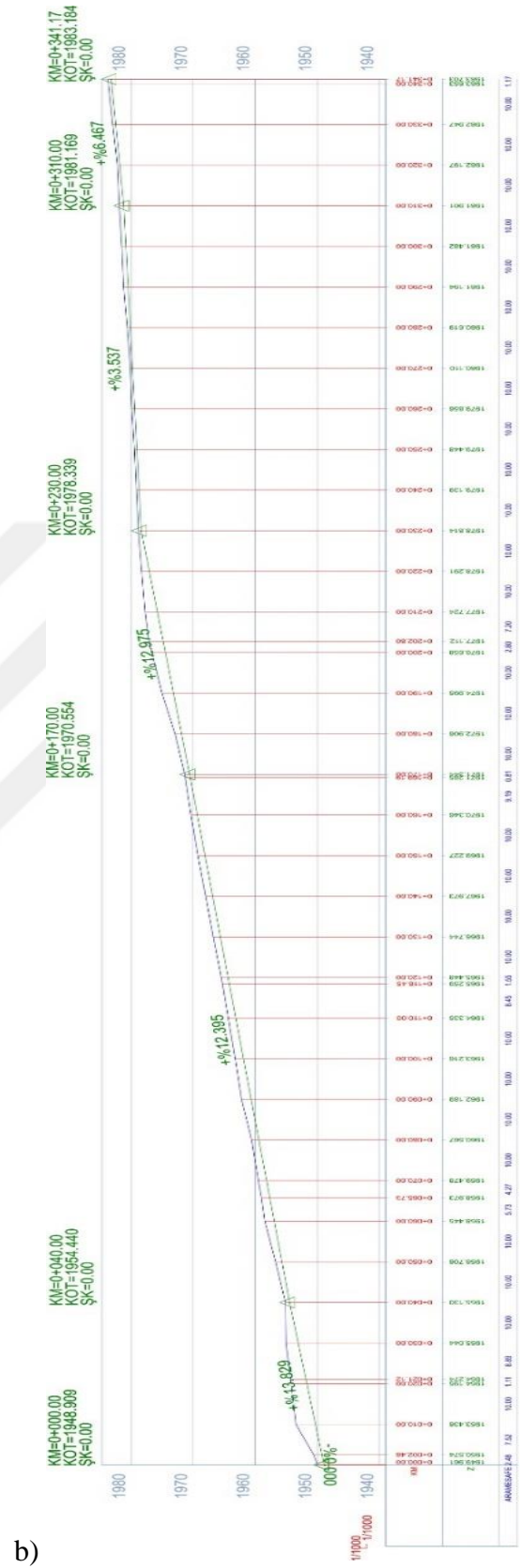
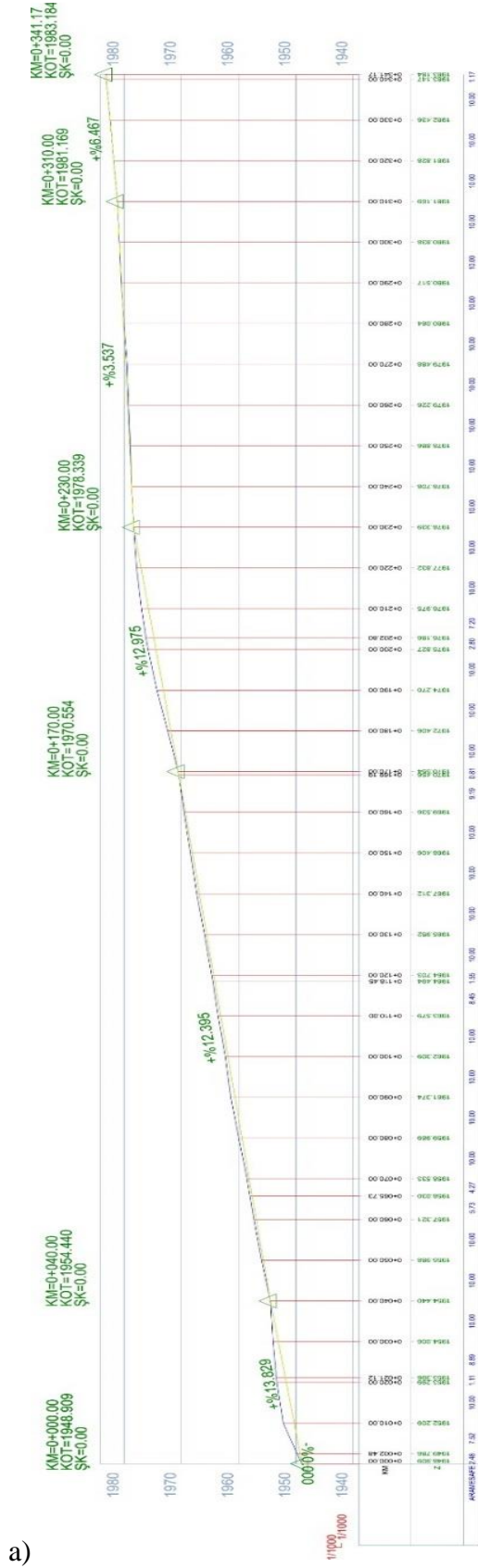
Şekil 25. Boy kesit üretimi

Boy kesit profilinde eğim yüzdelerinde tespit edilen aşırılıklar dikkate alınarak boy kesit profili üzerinden uygun eğimde düşey yol tanımlanması işlemi ile düşey yol tanımlanmasının ardından düşey tanım editöründen yol güzergahının başlangıç ve bitiş noktalarına göre düşük eğimde olacak şekilde düşey çizim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Yol güzergahına yapılan düşey çizim işlemi

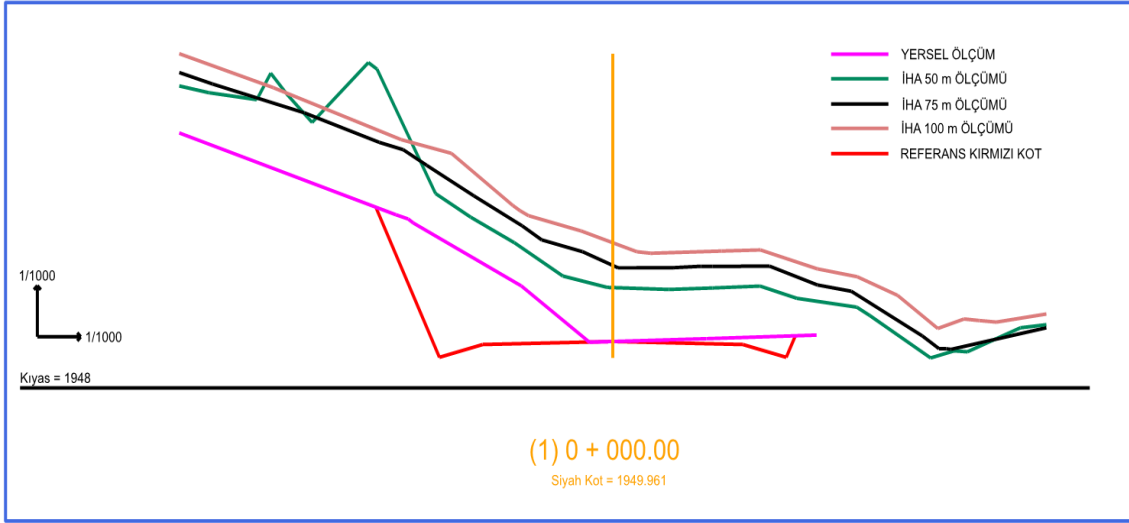
Düşey profile düşük eğimde belirlenen kırmızı kot için yersel ölçüm ile üretilen arazi yüzeyi referans alınarak oluşturulmuştur. Güzergâh ve düşey profil tanımındaki ve bu işlem sonucu yapılan incelemelerde yol eğimlerinin uygun seviyede oluşturulduğu tespit edilmiştir. Düşey profile düzenlenen kırmızı kotu yersel ve hava fotogrametri yöntemi ile elde edilen arazi yüzeylerine ait düşey profillerde ortak kullanım işlemi gerçekleştirilerek boy kesitler çizilmiştir (Şekil 27).



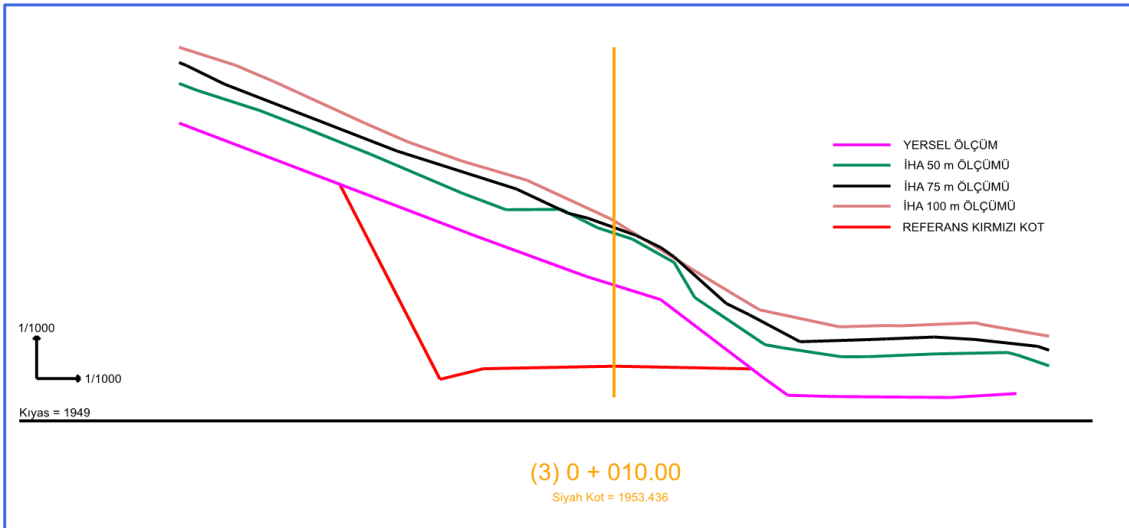
Şekil 27. Sabit düşey tanımlama sonucu üretilen a) Yersel Ölçüm b) 50 m c) 75 m d) 100 m değerlerine ait boy kesitler

Yol platformu için tanımlanan değerler ile boy kesit, en kesit ve yol platformu değerlerini aynı olacak şekilde program üzerinde girişlerinin ardından yersel ölçüm ve İHA ile 50 m, 75 m ve 100 m aralıklar ile elde edilen arazi yüzeylerinde ortak kırmızı kot ile oluşturulan yol projesinin 0.00 m ile +341.17 m aralığında 10'ar metre aralıkla üretilen en kesit çizimlerinden örnek oluşturması açısından 0.00 m ile +50.00 m aralıklarında ki en kesitler Şekil 28'da gösterilmiştir.

a)



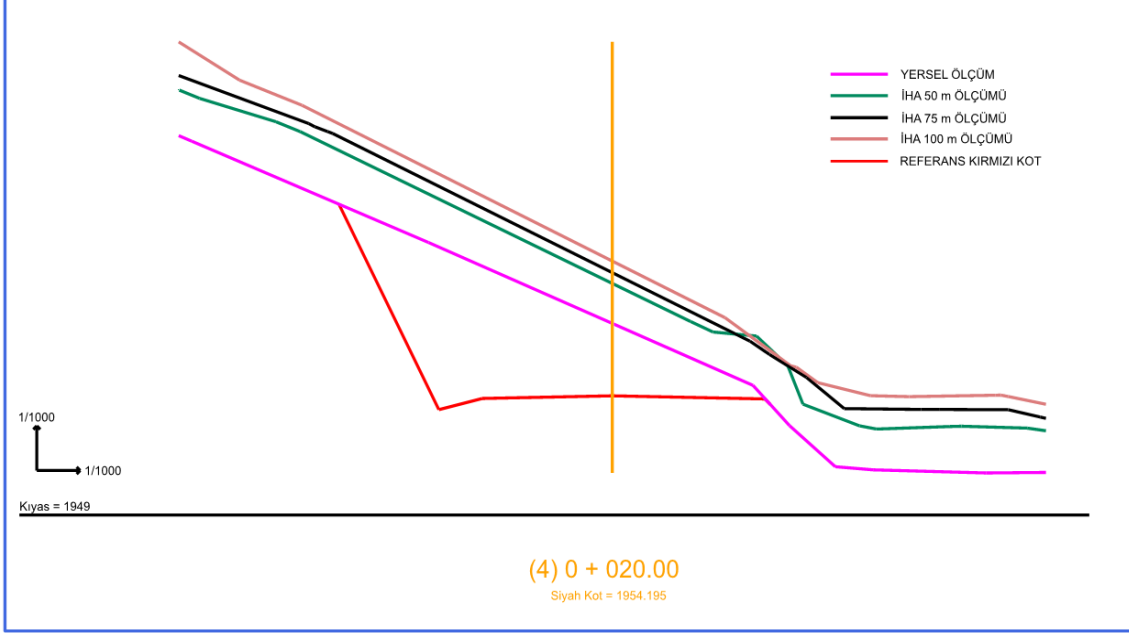
b)



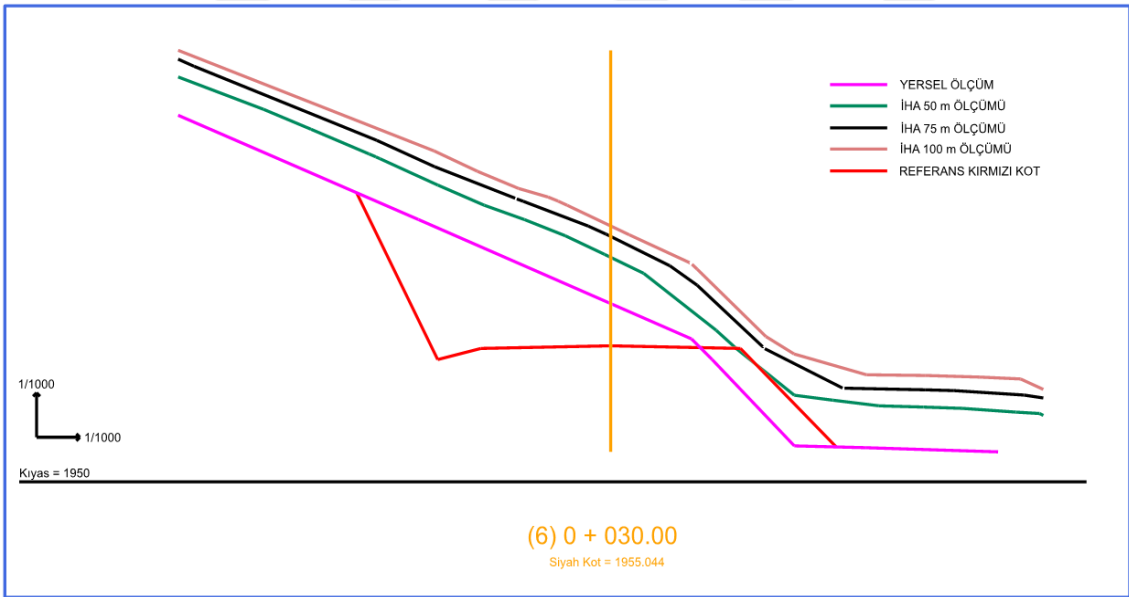
Şekil 28. Sabit düşey tanımlama sonucu üretilen a) 0.000 m b) 10.000 m c) 20.000 m d) 30.000 m e) 40.000 m f) 50.000 m aralıklarına ait en kesitler

Şekil 28'in devamı

c)

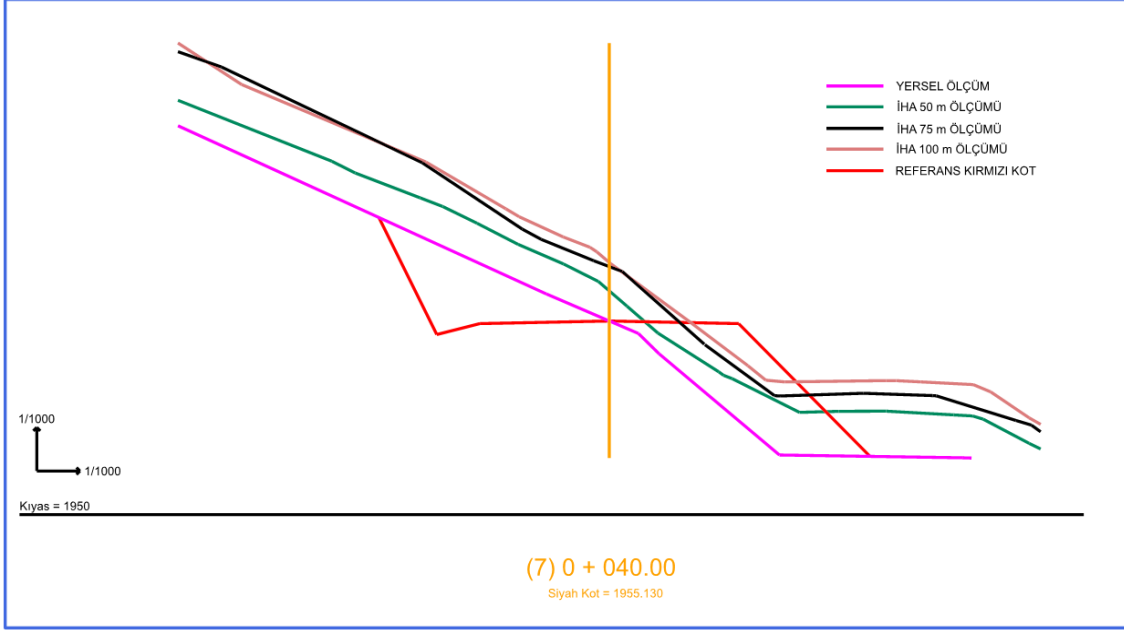


d)

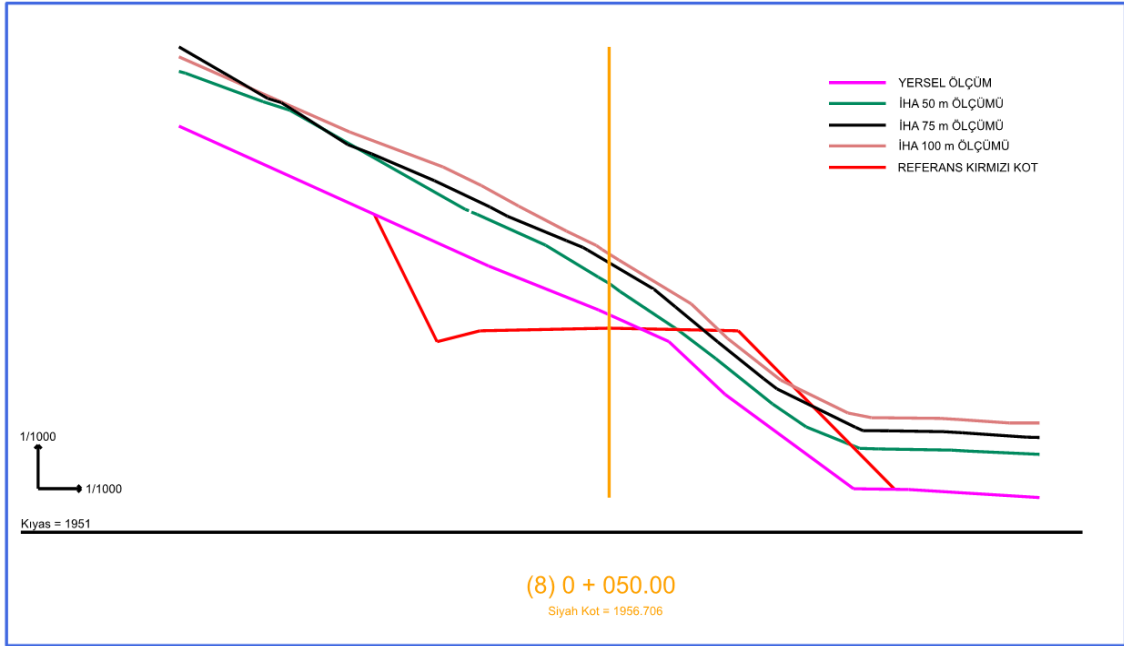


Şekil 28'in devamı

e)



f)



En kesitler üzerinde yapılan incelemeler yol güzergâhının aynı aralıklardaki araziye ait yükseklikleri değerlerinde kot farkı olduğu tespit edilmiştir.

Her bir ölçüm tekniğine ait veriler ile aynı özelliklerde ayrı ayrı gerçekleştirilen bu işlemde yol projesinde referans olarak alınan yersel ölçüme ait dolgu ve kazı hacim değerlerine göre İHA ile ölçümlen tüm sonuç verilerinin farkları hesaplanarak aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 12. Yersel - İHA 50 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (50 m)	Fark (Yersel-İHA 50 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	19.340	45.865	-26.525	-137.15%
0+002.48-0+010.00	104.899	181.048	-76.149	-72.59%
0+010.00-0+020.00	181.035	288.645	-107.61	-59.44%
0+020.00-0+021.12	19.308	31.222	-11.914	-61.70%
0+021.12-0+030.00	126.176	209.446	-83.27	-66.00%
0+030.00-0+040.00	82.430	149.460	-67.03	-81.32%
0+040.00-0+050.00	58.350	118.485	-60.135	-103.06%
0+050.00-0+060.00	69.420	149.650	-80.23	-115.57%
0+060.00-0+065.73	42.296	90.276	-47.98	-113.44%
0+065.73-0+070.00	30.961	62.217	-31.256	-100.95%
0+070.00-0+080.00	75.790	135.515	-59.725	-78.80%
0+080.00-0+090.00	83.360	141.780	-58.42	-70.08%
0+090.00-0+100.00	74.870	145.530	-70.66	-94.38%
0+100.00-0+110.00	61.830	128.650	-66.82	-108.07%
0+110.00-0+118.45	49.096	98.872	-49.776	-101.39%
0+118.45-0+120.00	8.769	17.695	-8.926	-101.79%
0+120.00-0+130.00	57.745	118.500	-60.755	-105.21%
0+130.00-0+140.00	59.675	117.915	-58.24	-97.60%
0+140.00-0+150.00	56.125	114.225	-58.1	-103.52%
0+150.00-0+160.00	48.425	110.080	-61.655	-127.32%
0+160.00-0+169.19	33.922	85.642	-51.72	-152.47%
0+169.19-0+170.00	2.285	6.465	-4.18	-182.93%
0+170.00-0+180.00	42.860	93.950	-51.09	-119.20%
0+180.00-0+190.00	81.175	143.050	-61.875	-76.22%
0+190.00-0+200.00	118.045	195.865	-77.82	-65.92%
0+200.00-0+202.80	36.541	60.034	-23.493	-64.29%
0+202.80-0+210.00	88.500	145.241	-56.741	-64.11%
0+210.00-0+220.00	94.580	153.695	-59.115	-62.50%
0+220.00-0+230.00	38.315	83.680	-45.365	-118.40%
0+230.00-0+240.00	4.775	46.700	-41.925	-878.01%

Tablo 12'nin devamı

0+240.00-0+250.00	3.135	43.490	-40.355	-1287.24%
0+250.00-0+260.00	0.000	42.020	-42.02	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	38.870	-38.87	100.00%
0+270.00-0+280.00	1.675	46.325	-44.65	-2665.67%
0+280.00-0+290.00	6.965	62.060	-55.095	-791.03%
0+290.00-0+300.00	9.395	64.605	-55.21	-587.65%
0+300.00-0+310.00	7.370	62.265	-54.895	-744.84%
0+310.00-0+320.00	5.650	51.510	-45.86	-811.68%
0+320.00-0+330.00	5.460	43.035	-37.575	-688.19%
0+330.00-0+340.00	6.990	50.040	-43.05	-615.88%
0+340.00-0+341.17	0.812	6.106	-5.294	-651.97%

Tablo 13. Yersel - İHA 50 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (50 m)	Fark (Yersel-İHA 50 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	0.221	0.000	0.221	100.00%
0+002.48-0+010.00	0.665	0.000	0.665	100.00%
0+010.00-0+020.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+020.00-0+021.12	0.000	0.000	0	0.00%
0+021.12-0+030.00	9.067	0.080	8.987	99.12%
0+030.00-0+040.00	46.505	15.845	30.66	65.93%
0+040.00-0+050.00	64.700	27.840	36.86	56.97%
0+050.00-0+060.00	34.080	12.085	21.995	64.54%
0-060.00-0+065.73	7.466	0.000	7.466	100.00%
0+065.73-0+070.00	6.414	0.000	6.414	100.00%
0+070.00-0+080.00	11.130	0.000	11.13	100.00%
0+080.00-0+090.00	5.225	0.000	5.225	100.00%
0+090.00-0+100.00	5.690	0.000	5.69	100.00%
0+100.00-0+110.00	5.675	0.000	5.675	100.00%
0+110.00-0+118.45	5.235	0.000	5.235	100.00%
0+118.45-0+120.00	1.328	0.001	1.327	99.92%
0+120.00-0+130.00	7.875	0.005	7.87	99.94%
0+130.00-0+140.00	5.780	0.000	5.78	100.00%
0+140.00-0+150.00	5.155	0.000	5.155	100.00%
0+150.00-0+160.00	7.940	0.000	7.94	100.00%
0+160.00-0+169.19	10.213	0.000	10.213	100.00%

Tablo 13'ün devamı

0+169.19-0+170.00	1.008	0.000	1.008	100.00%
0+170.00-0+180.00	6.190	0.000	6.19	100.00%
0+180.00-0+190.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+190.00-0+200.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+200.00-0+202.80	0.000	0.000	0	0.00%
0+202.80-0+210.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+220.00-0+230.00	0.065	0.000	0.065	100.00%
0+230.00-0+240.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+240.00-0+250.00	0.790	0.000	0.79	100.00%
0+250.00-0+260.00	0.877	0.000	0.877	100.00%
0+260.00-0+270.00	1.459	0.000	1.459	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.095	0.000	0.095	100.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+310.00-0+320.00	0.057	0.000	0.057	100.00%
0+320.00-0+330.00	0.238	0.000	0.238	100.00%
0+330.00-0+340.00	0.076	0.000	0.076	100.00%
0+340.00-0+341.17	0.139	0.000	0.139	100.00%

Tablo 14. Yersel - İHA 75 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (75 m)	Fark (Yersel-İHA 75 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	19.340	53.987	-34.647	-179.15%
0+002.48-0+010.00	104.899	211.113	-106.214	-101.25%
0+010.00-0+020.00	181.035	319.575	-138.54	-76.53%
0+020.00-0+021.12	19.308	34.057	-14.749	-76.39%
0+021.12-0+030.00	126.176	241.294	-115.118	-91.24%
0+030.00-0+040.00	82.430	195.580	-113.15	-137.27%
0+040.00-0+050.00	58.350	154.585	-96.235	-164.93%
0+050.00-0+060.00	69.420	187.260	-117.84	-169.75%
0-060.00-0+065.73	42.296	117.690	-75.394	-178.25%
0+065.73-0+070.00	30.961	82.614	-51.653	-166.83%
0+070.00-0+080.00	75.790	188.015	-112.225	-148.07%
0+080.00-0+090.00	83.360	204.605	-121.245	-145.45%

Tablo 14'ün devamı

0+090.00-0+100.00	74.870	198.350	-123.48	-164.93%
0+100.00-0+110.00	61.830	164.190	-102.36	-165.55%
0+110.00-0+118.45	49.096	135.601	-86.505	-176.20%
0+118.45-0+120.00	8.769	25.657	-16.888	-192.59%
0+120.00-0+130.00	57.745	162.880	-105.135	-182.07%
0+130.00-0+140.00	59.675	163.445	-103.77	-173.89%
0+140.00-0+150.00	56.125	161.175	-105.05	-187.17%
0+150.00-0+160.00	48.425	146.485	-98.06	-202.50%
0+160.00-0+169.19	33.922	129.001	-95.079	-280.29%
0+169.19-0+170.00	2.285	11.479	-9.194	-402.36%
0+170.00-0+180.00	42.860	152.225	-109.365	-255.17%
0+180.00-0+190.00	81.175	189.980	-108.805	-134.04%
0+190.00-0+200.00	118.045	240.515	-122.47	-103.75%
0+200.00-0+202.80	36.541	72.628	-36.087	-98.76%
0+202.80-0+210.00	88.500	175.028	-86.528	-97.77%
0+210.00-0+220.00	94.580	203.380	-108.8	-115.03%
0+220.00-0+230.00	38.315	128.090	-89.775	-234.31%
0+230.00-0+240.00	4.775	80.160	-75.385	-1578.74%
0+240.00-0+250.00	3.135	72.065	-68.93	-2198.72%
0+250.00-0+260.00	0.000	66.425	-66.425	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	69.405	-69.405	100.00%
0+270.00-0+280.00	1.675	81.665	-79.99	-4775.52%
0+280.00-0+290.00	6.965	97.315	-90.35	-1297.20%
0+290.00-0+300.00	9.395	97.225	-87.83	-934.86%
0+300.00-0+310.00	7.370	93.250	-85.88	-1165.26%
0+310.00-0+320.00	5.650	93.550	-87.9	-1555.75%
0+320.00-0+330.00	5.460	94.055	-88.595	-1622.62%
0+330.00-0+340.00	6.990	90.080	-83.09	-1188.70%
0+340.00-0+341.17	0.812	9.686	-8.874	-1092.86%

Tablo 15. Yersel - İHA 75 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (75 m)	Fark (Yersel-İHA 75 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	0.221	0.000	0.221	100.00%
0+002.48-0+010.00	0.665	0.000	0.665	100.00%
0+010.00-0+020.00	0.000	0.000	0	0.00%

Tablo 15'in devamı

0+020.00-0+021.12	0.000	0.000	0	0.00%
0+021.12-0+030.00	9.067	0.000	9.067	100.00%
0+030.00-0+040.00	46.505	9.335	37.17	79.93%
0+040.00-0+050.00	64.700	13.945	50.755	78.45%
0+050.00-0+060.00	34.080	4.610	29.47	86.47%
0-060.00-0+065.73	7.466	0.000	7.466	100.00%
0+065.73-0+070.00	6.414	0.000	6.414	100.00%
0+070.00-0+080.00	11.130	0.000	11.13	100.00%
0+080.00-0+090.00	5.225	0.000	5.225	100.00%
0+090.00-0+100.00	5.690	0.000	5.69	100.00%
0+100.00-0+110.00	5.675	0.000	5.675	100.00%
0+110.00-0+118.45	5.235	0.000	5.235	100.00%
0+118.45-0+120.00	1.328	0.000	1.328	100.00%
0+120.00-0+130.00	7.875	0.000	7.875	100.00%
0+130.00-0+140.00	5.780	0.000	5.78	100.00%
0+140.00-0+150.00	5.155	0.000	5.155	100.00%
0+150.00-0+160.00	7.940	0.000	7.94	100.00%
0+160.00-0+169.19	10.213	0.000	10.213	100.00%
0+169.19-0+170.00	1.008	0.000	1.008	100.00%
0+170.00-0+180.00	6.190	0.000	6.19	100.00%
0+180.00-0+190.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+190.00-0+200.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+200.00-0+202.80	0.000	0.000	0	0.00%
0+202.80-0+210.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+220.00-0+230.00	0.065	0.000	0.065	100.00%
0+230.00-0+240.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+240.00-0+250.00	0.790	0.000	0.79	0.00%
0+250.00-0+260.00	0.877	0.000	0.877	100.00%
0+260.00-0+270.00	1.459	0.000	1.459	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.095	0.000	0.095	0.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+310.00-0+320.00	0.057	0.000	0.057	100.00%
0+320.00-0+330.00	0.238	0.000	0.238	100.00%
0+330.00-0+340.00	0.076	0.000	0.076	100.00%
0+340.00-0+341.17	0.139	0.000	0.139	100.00%

Tablo 16. Yersel - İHA 100 m sonuç kazı değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (100 m)	Fark (Yersel-İHA 100 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	19.340	63.003	-43.663	-225.77%
0+002.48-0+010.00	104.899	236.738	-131.839	-125.68%
0+010.00-0+020.00	181.035	350.310	-169.275	-93.50%
0+020.00-0+021.12	19.308	37.007	-17.699	-91.67%
0+021.12-0+030.00	126.176	265.635	-139.459	-110.53%
0+030.00-0+040.00	82.430	216.150	-133.72	-162.22%
0+040.00-0+050.00	58.350	172.850	-114.5	-196.23%
0+050.00-0+060.00	69.420	214.175	-144.755	-208.52%
0-060.00-0+065.73	42.296	133.952	-91.656	-216.70%
0+065.73-0+070.00	30.961	95.637	-64.676	-208.90%
0+070.00-0+080.00	75.790	212.545	-136.755	-180.44%
0+080.00-0+090.00	83.360	217.580	-134.22	-161.01%
0+090.00-0+100.00	74.870	222.330	-147.46	-196.95%
0+100.00-0+110.00	61.830	204.170	-142.34	-230.21%
0+110.00-0+118.45	49.096	162.682	-113.586	-231.35%
0+118.45-0+120.00	8.769	29.382	-20.613	-235.07%
0+120.00-0+130.00	57.745	197.415	-139.67	-241.87%
0+130.00-0+140.00	59.675	204.495	-144.82	-242.68%
0+140.00-0+150.00	56.125	180.160	-124.035	-221.00%
0+150.00-0+160.00	48.425	167.750	-119.325	-246.41%
0+160.00-0+169.19	33.922	152.558	-118.636	-349.73%
0+169.19-0+170.00	2.285	11.925	-9.64	-421.88%
0+170.00-0+180.00	42.860	165.100	-122.24	-285.21%
0+180.00-0+190.00	81.175	221.195	-140.02	-172.49%
0+190.00-0+200.00	118.045	274.590	-156.545	-132.61%
0+200.00-0+202.80	36.541	81.805	-45.264	-123.87%
0+202.80-0+210.00	88.500	199.860	-111.36	-125.83%
0+210.00-0+220.00	94.580	232.005	-137.425	-145.30%
0+220.00-0+230.00	38.315	157.075	-118.76	-309.96%
0+230.00-0+240.00	4.775	112.015	-107.24	-2245.86%
0+240.00-0+250.00	3.135	98.680	-95.545	-3047.69%
0+250.00-0+260.00	0.000	96.560	-96.56	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	101.760	-101.76	100.00%
0+270.00-0+280.00	1.675	102.265	-100.59	-6005.37%
0+280.00-0+290.00	6.965	120.200	-113.235	-1625.77%
0+290.00-0+300.00	9.395	130.915	-121.52	-1293.45%
0+300.00-0+310.00	7.370	124.445	-117.075	-1588.53%

Tablo 16'nın devamı

0+310.00-0+320.00	5.650	112.835	-107.185	-1897.08%
0+320.00-0+330.00	5.460	110.635	-105.175	-1926.28%
0+330.00-0+340.00	6.990	116.225	-109.235	-1562.73%
0+340.00-0+341.17	0.812	13.199	-12.387	-1525.49%

Tablo 17. Yersel – İHA 100 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (100 m)	Fark (Yersel-İHA 100 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	0.221	0.000	0.221	100.00%
0+002.48-0+010.00	0.665	0.000	0.665	100.00%
0+010.00-0+020.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+020.00-0+021.12	0.000	0.000	0	0.00%
0+021.12-0+030.00	9.067	0.000	9.067	100.00%
0+030.00-0+040.00	46.505	5.760	40.745	87.61%
0+040.00-0+050.00	64.700	7.560	57.14	88.32%
0+050.00-0+060.00	34.080	1.800	32.28	94.72%
0-060.00-0+065.73	7.466	0.000	7.466	100.00%
0+065.73-0+070.00	6.414	0.000	6.414	100.00%
0+070.00-0+080.00	11.130	0.000	11.13	100.00%
0+080.00-0+090.00	5.225	0.000	5.225	100.00%
0+090.00-0+100.00	5.690	0.000	5.69	100.00%
0+100.00-0+110.00	5.675	0.000	5.675	100.00%
0+110.00-0+118.45	5.235	0.000	5.235	100.00%
0+118.45-0+120.00	1.328	0.000	1.328	100.00%
0+120.00-0+130.00	7.875	0.000	7.875	100.00%
0+130.00-0+140.00	5.780	0.000	5.78	100.00%
0+140.00-0+150.00	5.155	0.000	5.155	100.00%
0+150.00-0+160.00	7.940	0.000	7.94	100.00%
0+160.00-0+169.19	10.213	0.000	10.213	100.00%
0+169.19-0+170.00	1.008	0.000	1.008	100.00%
0+170.00-0+180.00	6.190	0.000	6.19	100.00%
0+180.00-0+190.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+190.00-0+200.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+200.00-0+202.80	0.000	0.000	0	0.00%
0+202.80-0+210.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+220.00-0+230.00	0.065	0.000	0.065	100.00%

Tablo 17'nin devamı

0+230.00-0+240.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+240.00-0+250.00	0.790	0.000	0.79	100.00%
0+250.00-0+260.00	0.877	0.000	0.877	100.00%
0+260.00-0+270.00	1.459	0.000	1.459	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.095	0.000	0.095	100.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+310.00-0+320.00	0.057	0.000	0.057	100.00%
0+320.00-0+330.00	0.238	0.000	0.238	100.00%
0+330.00-0+340.00	0.076	0.000	0.076	100.00%
0+340.00-0+341.17	0.139	0.000	0.139	100.00%

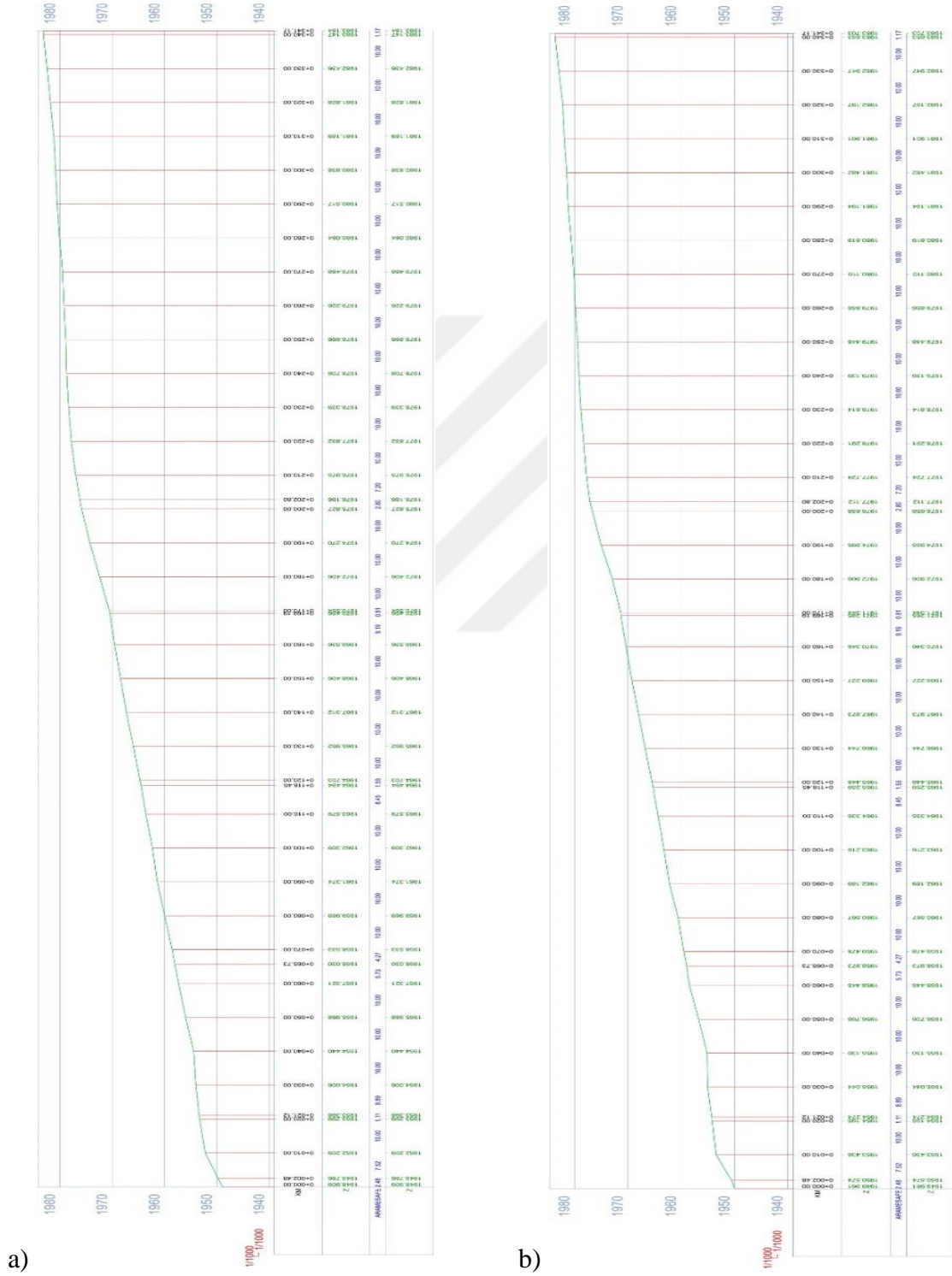
Tablo 18. Yersel - İHA toplam sonuç değerlerinin kıyaslanması

<u>Ölçüm Yöntemi</u>	<u>Dolgu (m³)</u>	<u>Kazı (m³)</u>	<u>Toplam (m³)</u>
Yersel	283.800	1898.350	+ 1614.550
İHA (50 m)	55.856	3979.740	+ 3923.884
İHA (75 m)	27.890	5395.365	+ 5367.475
İHA (100 m)	15.120	6319.854	+ 6304.734

Yersel ölçüm yöntemi ile 283,80 m³ dolgu ve 1898,35 m³ kazı alanı var iken 50 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 55,856 m³ dolgu ve 3979,740 m³ kazı alanı tespit edilmiştir. 75 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 27,890 m³ dolgu ve 5395,365 m³ kazı alanı tespit edilmiştir. 100 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 15.120 m³ dolgu ve 6319.854 m³ kazı alanı tespit edilmiştir. Yapılan bu işlemler sonucunda referans yüzeye kıyasla gerçek sonuç değerlerini içerebilecek bir uygulama olmadığı anlaşılmıştır.

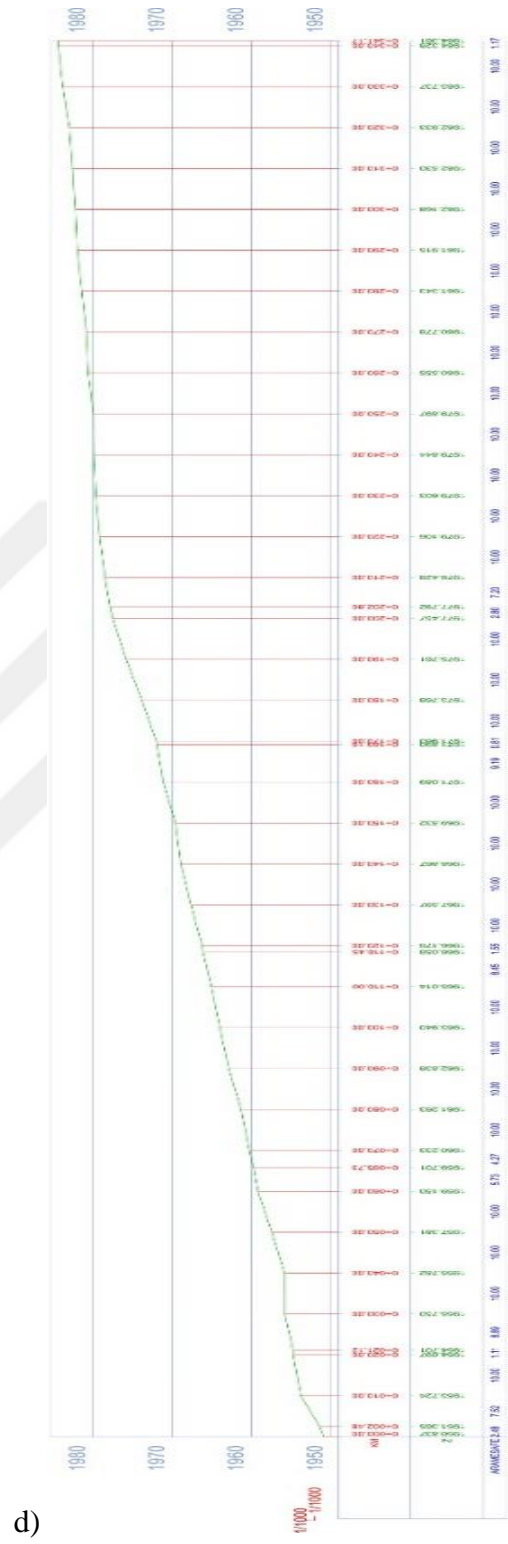
İkinci uygulama yöntem herhangi uygun eğim aralığına sahip referans oluşturacak kırmızı kot belirlenmeden yersel ölçüm ve hava fotogrametrisi yöntemleri ile elde edilen arazi yüzeyleri esas alınarak yapılan yol projesinde, ilk yöntemde kullanılan yol güzergâhı ile aynı en kesit değerleri ile düşey profil üzerinde yol güzergâhının eğimleri dikkate alınarak

yeni kırmızı kot tanımlaması yapılmadan arazi yüzeyi esas alınarak yol projelendirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 29).



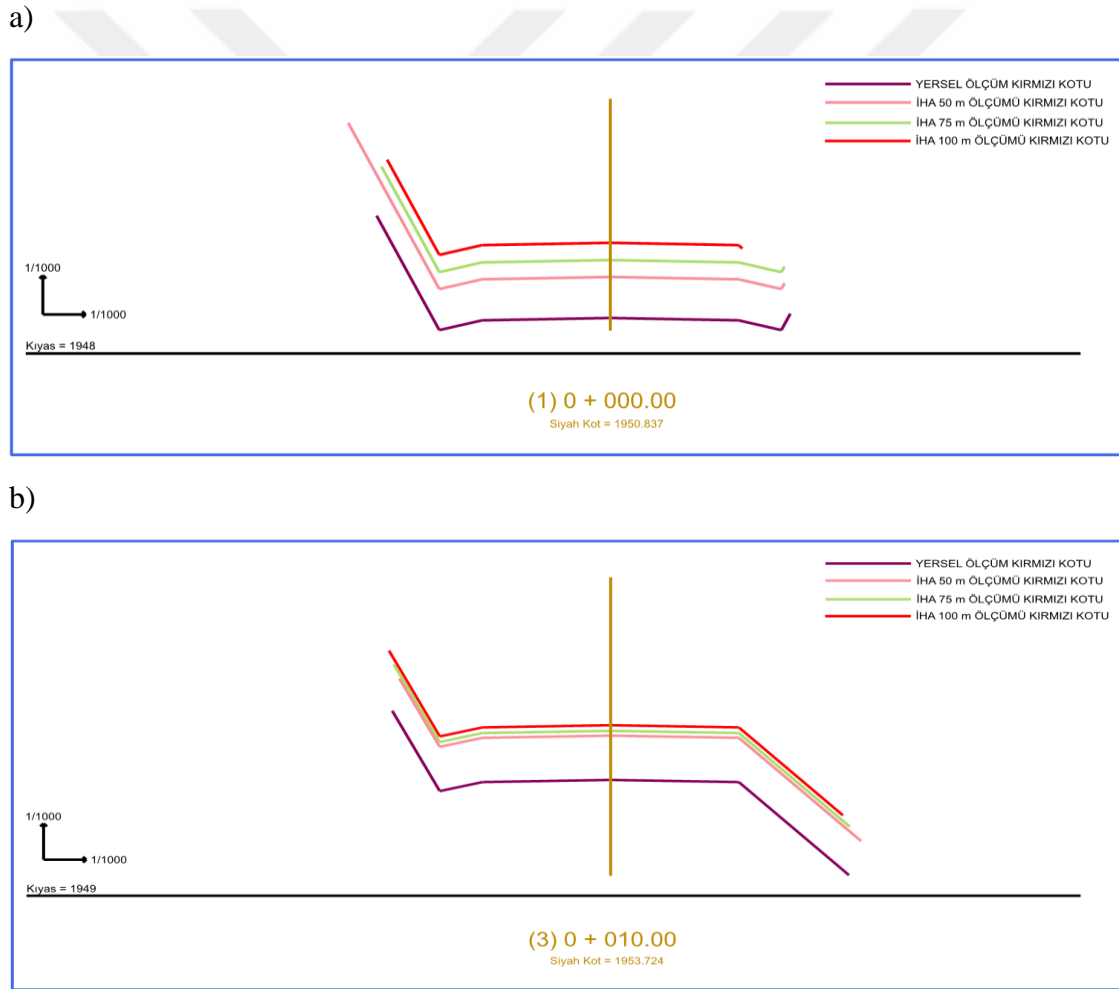
Şekil 29. Arazi yapısı esas alınarak üretilen a) Yersel Ölçüm b) 50 m c) 75 m d) 100 m değerlerine ait boy kesitler

Şekil 29'un devamı



Yol platformu için tanımlanan değerler ile boy kesit, en kesit ve yol platformu değerlerini aynı olacak şekilde program üzerinde girişlerinin ardından yersel ölçüm ve İHA ile 50 m, 75 m ve 100 m aralıklar ile elde edilen arazi yüzeylerinde ortak kırmızı kot ile oluşturulan yol projesinin 0.00 m ile +341.17 m aralığında 10'ar metre aralıkla üretilen en kesit çizimlerinden örnek oluşturması açısından 0.00 m ile +50.00 m aralıklarında ki en kesitler Şekil 30'da gösterilmiştir.

Üretilen en kesitlere yapılan incelemelerde yola ait şevlerde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

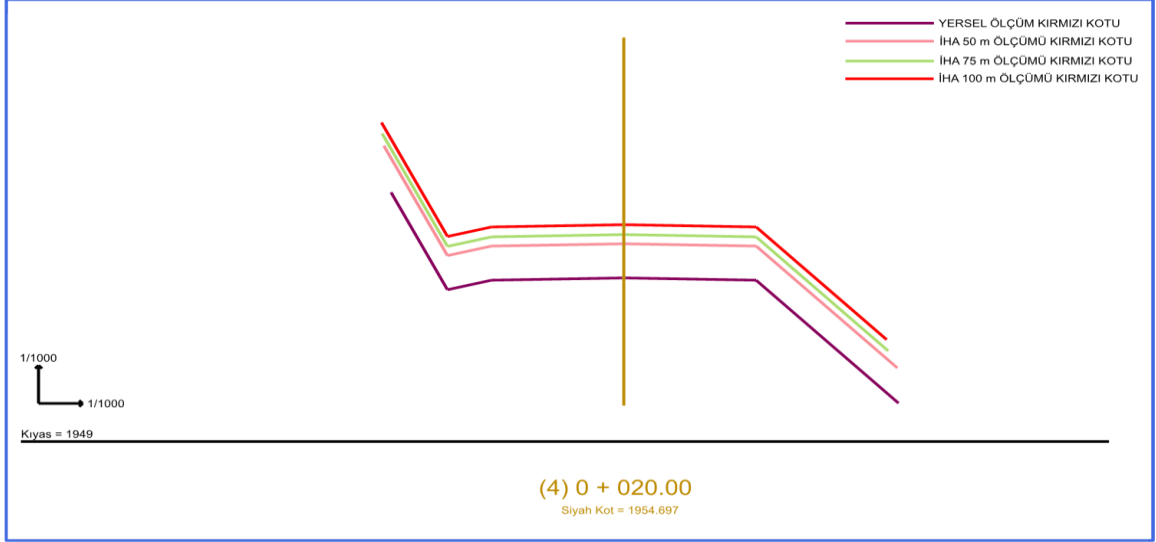


Şekil 30. Arazi yapısı esas alınarak üretilen a) 0.000 m b) 10.000 m c) 20.000 m

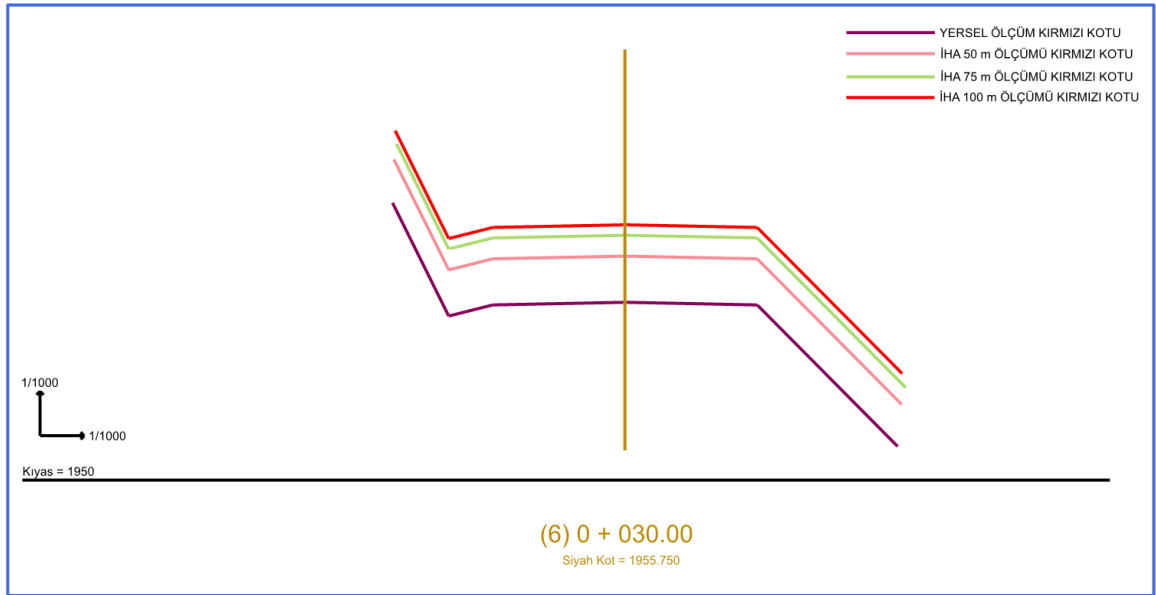
d) 30.000 m e) 40.000 m f) 50.000 m aralıklarındaki kırmızı kotlara ait en kesitler

Şekil 30'un devamı

c)

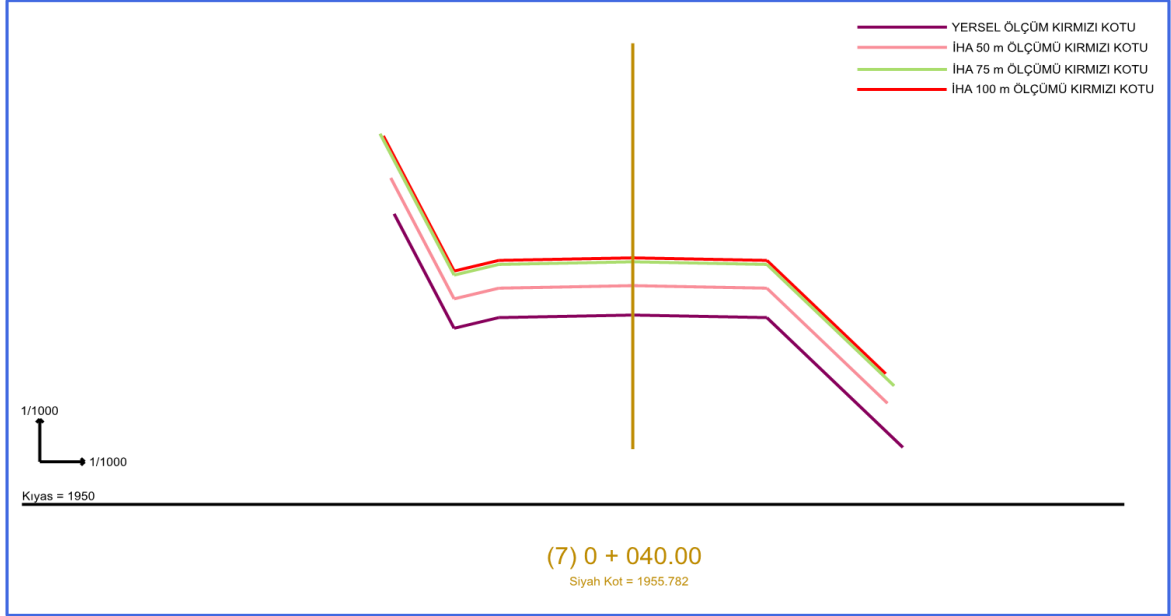


d)

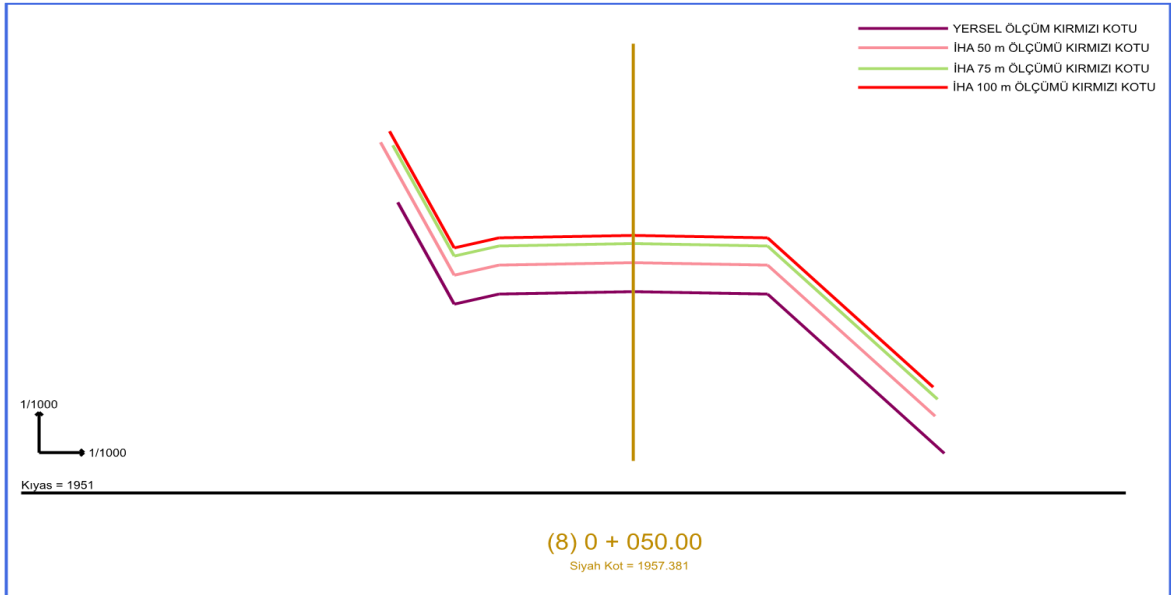


Şekil 30'un devamı

e)



f)



Her bir ölçüm tekniğine ait veriler ile aynı özelliklerde ayrı ayrı gerçekleştirilen bu işlemde yol projesinde referans olarak alınan yersel ölçüme ait dolgu ve kazı hacim değerlerine göre İHA ile ölçümlen tüm sonuç verilerinin farkları hesaplanarak aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 19. Yersel - İHA 50 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (50 m)	Fark (Yersel-İHA 50 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	15.432	16.997	-1.565	-10.14%
0+002.48-0+010.00	38.564	38.101	0.463	1.20%
0+010.00-0+020.00	45.730	44.660	1.07	2.34%
0+020.00-0+021.12	5.611	6.459	-0.848	-15.11%
0+021.12-0+030.00	44.536	47.744	-3.208	-7.20%
0+030.00-0+040.00	50.555	54.360	-3.805	-7.53%
0+040.00-0+050.00	49.530	62.875	-13.345	-26.94%
0+050.00-0+060.00	48.740	55.050	-6.31	-12.95%
0-060.00-0+065.73	28.737	27.328	1.409	4.90%
0+065.73-0+070.00	21.277	19.649	1.628	7.65%
0+070.00-0+080.00	47.500	42.865	4.635	9.76%
0+080.00-0+090.00	43.260	39.410	3.85	8.90%
0+090.00-0+100.00	39.635	35.450	4.185	10.56%
0+100.00-0+110.00	35.775	35.310	0.465	1.30%
0+110.00-0+118.45	29.866	30.652	-0.786	-2.63%
0+118.45-0+120.00	5.820	5.922	-0.102	-1.75%
0+120.00-0+130.00	37.845	38.730	-0.885	-2.34%
0+130.00-0+140.00	35.640	35.185	0.455	1.28%
0+140.00-0+150.00	32.990	31.315	1.675	5.08%
0+150.00-0+160.00	33.270	28.690	4.58	13.77%
0+160.00-0+169.19	28.420	22.831	5.589	19.67%
0+169.19-0+170.00	2.281	1.906	0.375	16.44%
0+170.00-0+180.00	24.935	20.795	4.14	16.60%
0+180.00-0+190.00	15.115	14.695	0.42	2.78%
0+190.00-0+200.00	6.830	8.870	-2.04	-29.87%
0+200.00-0+202.80	1.545	0.914	0.631	40.84%
0+202.80-0+210.00	4.349	2.081	2.268	52.15%
0+210.00-0+220.00	5.365	5.890	-0.525	-9.79%
0+220.00-0+230.00	4.015	7.535	-3.52	-87.67%
0+230.00-0+240.00	4.150	7.405	-3.255	-78.43%
0+240.00-0+250.00	5.505	7.285	-1.78	-32.33%
0+250.00-0+260.00	5.950	5.600	0.35	5.88%
0+260.00-0+270.00	5.945	4.500	1.445	24.31%
0+270.00-0+280.00	5.995	8.940	-2.945	-49.12%
0+280.00-0+290.00	5.965	8.310	-2.345	-39.31%
0+290.00-0+300.00	6.110	4.040	2.07	33.88%
0+300.00-0+310.00	6.425	2.685	3.74	58.21%

Tablo 19'un devamı

0+310.00-0+320.00	5.350	4.765	0.585	10.93%
0+320.00-0+330.00	5.665	6.105	-0.44	-7.77%
0+330.00-0+340.00	6.575	6.920	-0.345	-5.25%
0+340.00-0+341.17	0.703	0.944	-0.241	-34.28%

Tablo 20. Yersel - İHA 50 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (50 m)	Fark (Yersel-İHA 50 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	2.143	1.466	0.677	31.59%
0+002.48-0+010.00	25.689	29.583	-3.894	-15.16%
0+010.00-0+020.00	49.300	55.290	-5.99	-12.15%
0+020.00-0+021.12	5.477	5.212	0.265	4.84%
0+021.12-0+030.00	50.800	53.337	-2.537	-4.99%
0+030.00-0+040.00	68.130	67.900	0.23	0.34%
0+040.00-0+050.00	74.610	72.770	1.84	2.47%
0+050.00-0+060.00	51.650	52.685	-1.035	-2.00%
0+060.00-0+065.73	16.657	15.113	1.544	9.27%
0+065.73-0+070.00	13.371	11.231	2.14	16.00%
0+070.00-0+080.00	29.525	23.955	5.57	18.87%
0+080.00-0+090.00	27.930	23.235	4.695	16.81%
0+090.00-0+100.00	25.735	22.365	3.37	13.10%
0+100.00-0+110.00	20.490	23.300	-2.81	-13.71%
0+110.00-0+118.45	16.247	20.413	-4.166	-25.64%
0+118.45-0+120.00	3.229	3.572	-0.343	-10.62%
0+120.00-0+130.00	20.380	21.725	-1.345	-6.60%
0+130.00-0+140.00	19.505	19.605	-0.1	-0.51%
0+140.00-0+150.00	18.230	18.695	-0.465	-2.55%
0+150.00-0+160.00	17.610	15.450	2.16	12.27%
0+160.00-0+169.19	13.969	11.409	2.56	18.33%
0+169.19-0+170.00	1.011	0.947	0.064	6.33%
0+170.00-0+180.00	10.935	7.325	3.61	33.01%
0+180.00-0+190.00	5.980	3.315	2.665	44.57%
0+190.00-0+200.00	1.290	1.705	-0.415	-32.17%
0+200.00-0+202.80	0.123	0.386	-0.263	-213.82%
0+202.80-0+210.00	0.277	0.994	-0.717	-258.84%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%

Tablo 20'nin devamı

0+220.00-0+230.00	0.325	0.210	0.115	35.38%
0+230.00-0+240.00	0.325	0.210	0.115	35.38%
0+240.00-0+250.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+250.00-0+260.00	0.000	0.375	-0.375	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	0.375	-0.375	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	0.020	-0.02	100.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	0.235	-0.235	100.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	1.160	-1.16	100.00%
0+310.00-0+320.00	0.445	0.945	-0.5	-112.36%
0+320.00-0+330.00	1.215	0.300	0.915	75.31%
0+330.00-0+340.00	1.625	1.080	0.545	33.54%
0+340.00-0+341.17	0.181	0.184	-0.003	-1.66%

Tablo 21. Yersel - İHA 75 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (75 m)	Fark (Yersel-İHA 75 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	15.432	13.962	1.47	9.53%
0+002.48-0+010.00	38.564	39.048	-0.484	-1.26%
0+010.00-0+020.00	45.730	50.435	-4.705	-10.29%
0+020.00-0+021.12	5.611	6.643	-1.032	-18.39%
0+021.12-0+030.00	44.536	47.126	-2.59	-5.82%
0+030.00-0+040.00	50.555	53.370	-2.815	-5.57%
0+040.00-0+050.00	49.530	58.425	-8.895	-17.96%
0+050.00-0+060.00	48.740	53.330	-4.59	-9.42%
0+060.00-0+065.73	28.737	28.356	0.381	1.33%
0+065.73-0+070.00	21.277	18.502	2.775	13.04%
0+070.00-0+080.00	47.500	43.690	3.81	8.02%
0+080.00-0+090.00	43.260	50.410	-7.15	-16.53%
0+090.00-0+100.00	39.635	42.250	-2.615	-6.60%
0+100.00-0+110.00	35.775	35.595	0.18	0.50%
0+110.00-0+118.45	29.866	31.995	-2.129	-7.13%
0+118.45-0+120.00	5.820	5.665	0.155	2.66%
0+120.00-0+130.00	37.845	37.135	0.71	1.88%
0+130.00-0+140.00	35.640	36.035	-0.395	-1.11%
0+140.00-0+150.00	32.990	31.840	1.15	3.49%
0+150.00-0+160.00	33.270	27.005	6.265	18.83%

Tablo 21'in devamı

0+160.00-0+169.19	28.420	24.826	3.594	12.65%
0+169.19-0+170.00	2.281	2.357	-0.076	-3.33%
0+170.00-0+180.00	24.935	23.880	1.055	4.23%
0+180.00-0+190.00	15.115	13.410	1.705	11.28%
0+190.00-0+200.00	6.830	4.150	2.68	39.24%
0+200.00-0+202.80	1.545	0.411	1.134	73.40%
0+202.80-0+210.00	4.349	3.655	0.694	15.96%
0+210.00-0+220.00	5.365	7.335	-1.97	-36.72%
0+220.00-0+230.00	4.015	7.890	-3.875	-96.51%
0+230.00-0+240.00	4.150	7.565	-3.415	-82.29%
0+240.00-0+250.00	5.505	6.255	-0.75	-13.62%
0+250.00-0+260.00	5.950	4.945	1.005	16.89%
0+260.00-0+270.00	5.945	7.500	-1.555	-26.16%
0+270.00-0+280.00	5.995	14.055	-8.06	-134.45%
0+280.00-0+290.00	5.965	9.235	-3.27	-54.82%
0+290.00-0+300.00	6.110	2.280	3.83	62.68%
0+300.00-0+310.00	6.425	3.650	2.775	43.19%
0+310.00-0+320.00	5.350	3.540	1.81	33.83%
0+320.00-0+330.00	5.665	4.010	1.655	29.21%
0+330.00-0+340.00	6.575	6.150	0.425	6.46%
0+340.00-0+341.17	0.703	0.890	-0.187	-26.60%

Tablo 22. Yersel - İHA 75 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (75 m)	Fark (Yersel-İHA 75 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	2.143	1.346	0.797	37.19%
0+002.48-0+010.00	25.689	25.046	0.643	2.50%
0+010.00-0+020.00	49.300	50.870	-1.57	-3.18%
0+020.00-0+021.12	5.477	5.234	0.243	4.44%
0+021.12-0+030.00	50.800	51.018	-0.218	-0.43%
0+030.00-0+040.00	68.130	69.685	-1.555	-2.28%
0+040.00-0+050.00	74.610	76.610	-2	-2.68%
0+050.00-0+060.00	51.650	50.855	0.795	1.54%
0+060.00-0+065.73	16.657	13.295	3.362	20.18%
0+065.73-0+070.00	13.371	12.914	0.457	3.42%
0+070.00-0+080.00	29.525	30.595	-1.07	-3.62%

Tablo 22'nin devamı

0+080.00-0+090.00	27.930	26.805	1.125	4.03%
0+090.00-0+100.00	25.735	26.295	-0.56	-2.18%
0+100.00-0+110.00	20.490	25.550	-5.06	-24.69%
0+110.00-0+118.45	16.247	19.665	-3.418	-21.04%
0+118.45-0+120.00	3.229	3.133	0.096	2.97%
0+120.00-0+130.00	20.380	21.410	-1.03	-5.05%
0+130.00-0+140.00	19.505	24.360	-4.855	-24.89%
0+140.00-0+150.00	18.230	22.250	-4.02	-22.05%
0+150.00-0+160.00	17.610	17.580	0.03	0.17%
0+160.00-0+169.19	13.969	15.407	-1.438	-10.29%
0+169.19-0+170.00	1.011	1.288	-0.277	-27.40%
0+170.00-0+180.00	10.935	9.730	1.205	11.02%
0+180.00-0+190.00	5.980	2.970	3.01	50.33%
0+190.00-0+200.00	1.290	2.035	-0.745	-57.75%
0+200.00-0+202.80	0.123	0.333	-0.21	-170.73%
0+202.80-0+210.00	0.277	0.004	0.273	98.56%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+220.00-0+230.00	0.325	1.805	-1.48	-455.38%
0+230.00-0+240.00	0.325	1.805	-1.48	-455.38%
0+240.00-0+250.00	0.000	2.180	-2.18	0.00%
0+250.00-0+260.00	0.000	3.895	-3.895	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	1.715	-1.715	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	0.960	-0.96	100.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	1.100	-1.1	100.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	0.970	-0.97	100.00%
0+310.00-0+320.00	0.445	1.420	-0.975	-219.10%
0+320.00-0+330.00	1.215	1.315	-0.1	-8.23%
0+330.00-0+340.00	1.625	1.750	-0.125	-7.69%
0+340.00-0+341.17	0.181	0.237	-0.056	-30.94%

Tablo 23. Yersel - İHA 100 m kazı sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Kazı (m ³)			
	Yersel	İHA (100 m)	Fark (Yersel-İHA 100 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	15.432	13.568	1.864	12.08%
0+002.48-0+010.00	38.564	42.356	-3.792	-9.83%

Tablo 23'ün devamı

0+010.00-0+020.00	45.730	53.905	-8.175	-17.88%
0+020.00-0+021.12	5.611	6.556	-0.945	-16.84%
0+021.12-0+030.00	44.536	47.317	-2.781	-6.24%
0+030.00-0+040.00	50.555	56.495	-5.94	-11.75%
0+040.00-0+050.00	49.530	63.560	-14.03	-28.33%
0+050.00-0+060.00	48.740	54.075	-5.335	-10.95%
0-060.00-0+065.73	28.737	27.154	1.583	5.51%
0+065.73-0+070.00	21.277	19.581	1.696	7.97%
0+070.00-0+080.00	47.500	44.325	3.175	6.68%
0+080.00-0+090.00	43.260	42.955	0.305	0.71%
0+090.00-0+100.00	39.635	38.540	1.095	2.76%
0+100.00-0+110.00	35.775	36.760	-0.985	-2.75%
0+110.00-0+118.45	29.866	30.263	-0.397	-1.33%
0+118.45-0+120.00	5.820	5.664	0.156	2.68%
0+120.00-0+130.00	37.845	36.880	0.965	2.55%
0+130.00-0+140.00	35.640	35.490	0.15	0.42%
0+140.00-0+150.00	32.990	32.560	0.43	1.30%
0+150.00-0+160.00	33.270	28.235	5.035	15.13%
0+160.00-0+169.19	28.420	29.965	-1.545	-5.44%
0+169.19-0+170.00	2.281	3.178	-0.897	-39.32%
0+170.00-0+180.00	24.935	29.420	-4.485	-17.99%
0+180.00-0+190.00	15.115	13.185	1.93	12.77%
0+190.00-0+200.00	6.830	5.460	1.37	20.06%
0+200.00-0+202.80	1.545	0.396	1.149	74.37%
0+202.80-0+210.00	4.349	2.207	2.142	49.25%
0+210.00-0+220.00	5.365	6.020	-0.655	-12.21%
0+220.00-0+230.00	4.015	4.655	-0.64	-15.94%
0+230.00-0+240.00	4.150	4.775	-0.625	-15.06%
0+240.00-0+250.00	5.505	9.795	-4.29	-77.93%
0+250.00-0+260.00	5.950	7.790	-1.84	-30.92%
0+260.00-0+270.00	5.945	5.260	0.685	11.52%
0+270.00-0+280.00	5.995	6.315	-0.32	-5.34%
0+280.00-0+290.00	5.965	4.075	1.89	31.68%
0+290.00-0+300.00	6.110	4.270	1.84	30.11%
0+300.00-0+310.00	6.425	3.185	3.24	50.43%
0+310.00-0+320.00	5.350	4.145	1.205	22.52%
0+320.00-0+330.00	5.665	5.860	-0.195	-3.44%
0+330.00-0+340.00	6.575	6.810	-0.235	-3.57%
0+340.00-0+341.17	0.703	1.009	-0.306	-43.53%

Tablo 24. Yersel - İHA 100 m dolgu sonuç değerlerinin kıyaslanması

Proje Km	Dolgu (m ³)			
	Yersel	İHA (100 m)	Fark (Yersel-İHA 100 m)	%(Fark)
0+000.00-0+002.48	2.143	2.075	0.068	3.17%
0+002.48-0+010.00	25.689	24.324	1.365	5.31%
0+010.00-0+020.00	49.300	50.100	-0.8	-1.62%
0+020.00-0+021.12	5.477	5.223	0.254	4.64%
0+021.12-0+030.00	50.800	47.641	3.159	6.22%
0+030.00-0+040.00	68.130	63.840	4.29	6.30%
0+040.00-0+050.00	74.610	71.065	3.545	4.75%
0+050.00-0+060.00	51.650	51.320	0.33	0.64%
0-060.00-0+065.73	16.657	15.176	1.481	8.89%
0+065.73-0+070.00	13.371	11.201	2.17	16.23%
0+070.00-0+080.00	29.525	25.700	3.825	12.96%
0+080.00-0+090.00	27.930	23.645	4.285	15.34%
0+090.00-0+100.00	25.735	21.700	4.035	15.68%
0+100.00-0+110.00	20.490	22.235	-1.745	-8.52%
0+110.00-0+118.45	16.247	20.380	-4.133	-25.44%
0+118.45-0+120.00	3.229	3.445	-0.216	-6.69%
0+120.00-0+130.00	20.380	19.515	0.865	4.24%
0+130.00-0+140.00	19.505	21.840	-2.335	-11.97%
0+140.00-0+150.00	18.230	16.230	2	10.97%
0+150.00-0+160.00	17.610	10.675	6.935	39.38%
0+160.00-0+169.19	13.969	15.334	-1.365	-9.77%
0+169.19-0+170.00	1.011	1.841	-0.83	-82.10%
0+170.00-0+180.00	10.935	16.620	-5.685	-51.99%
0+180.00-0+190.00	5.980	4.945	1.035	17.31%
0+190.00-0+200.00	1.290	1.865	-0.575	-44.57%
0+200.00-0+202.80	0.123	0.378	-0.255	-207.32%
0+202.80-0+210.00	0.277	0.634	-0.357	-128.88%
0+210.00-0+220.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+220.00-0+230.00	0.325	0.140	0.185	56.92%
0+230.00-0+240.00	0.325	0.140	0.185	56.92%
0+240.00-0+250.00	0.000	0.000	0	0.00%
0+250.00-0+260.00	0.000	0.475	-0.475	100.00%
0+260.00-0+270.00	0.000	0.490	-0.49	100.00%
0+270.00-0+280.00	0.000	1.930	-1.93	100.00%
0+280.00-0+290.00	0.000	2.045	-2.045	100.00%
0+290.00-0+300.00	0.000	0.285	-0.285	100.00%
0+300.00-0+310.00	0.000	0.465	-0.465	100.00%

Tablo 24'ün devamı

0+310.00-0+320.00	0.445	1.410	-0.965	-216.85%
0+320.00-0+330.00	1.215	1.620	-0.405	-33.33%
0+330.00-0+340.00	1.625	1.580	0.045	2.77%
0+340.00-0+341.17	0.181	0.232	-0.051	-28.18%

Tablo 25. Sabit düşey tanımlama sonucu oluşan dolgu ve kazı değerleri

<u>Ölçüm Yöntemi</u>	<u>Dolgu (m³)</u>	<u>Kazı (m³)</u>	<u>Toplam (m³)</u>
Yersel	594,41	847,506	+ 259,097
İHA (50 m)	588,078	849,746	+ 261,668
İHA (75 m)	625,435	868,808	+ 243,373
İHA (100 m)	579,129	874,014	+ 294,885

Arazi yüzeyi esas alınarak gerçekleştirilen yol projesi işleminde başlangıç ve bitiş noktalarındaki kot farklarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitlerde arazi yüzeyini temsil eden bir çalışma olduğu için kırmızı kotlara dikkat alınmış olup referans yüzey ile benzer kırmızı kot çizimlerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Yersel ölçüm yöntemi ile 594,41 m³ dolgu ve 847,506 m³ kazı alanı var iken 50 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 588,078 m³ dolgu ve 849,746 m³ kazı alanı tespit edilmiştir.

75 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile yoğun görüntü eşleme metodu ile elde edilen nokta bulutunda fotoğraf sayısına bağlı yüzey ile alakasız oluşan gürültü noktalarının daha gözle görülür bir hal aldığı, yer yüzeyini temsil etmesi gereken noktaların fotoğraf sayısı göz önünde bulundurulduğunda oluşan nokta bulutunda gürültü noktalarının arttığı belirlenmiştir. Elde edilen nokta bulutunun sınıflandırılması işleminde gürültü noktalarındaki yanlış renk atamalarının sınıflandırmada olumsuz etki meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Ağaçlık ve yeşil alanların sınıflandırılmasında başarılı bir işlem gerçekleştirilmesine rağmen aynı sınıflandırma içerisinde kalması gereken noktaların en fazla bu alanlarda gürültü noktası olarak meydana geldiği tespit edilmiştir. Sınıflandırma sonrasında yer yüzeyini temsil eden nokta verilerindeki nokta sıklığı göz önünde bulundurulduğunda gürültü noktalarının küme halinde tespitlerinde 50 m verileri ile yapılan

çalışma sonrasında en fazla sayıda nokta elemine edildiği tespit edilmiştir. Gürültü verilerinin elemine işleminin ardından gerçekleştirilen nokta sıklığının iki metrede bir olacak şekilde azaltılması işleminde nokta verisindeki yoğunluk ve noktaların konumsal oluşumları dikkate alındığında en fazla nokta verisi içerdiği tespit edilmiştir. Nokta sıklığının azaltılması işleminin ardından oluşan sonuç verilerin üçgen model üretiminde herhangi bozuk üçgen ve kırık eğriler saptanmamış olup noktaları temsil eden piksel değerlerine atanan nokta kotundaki yanlış değerlerden kaynaklı çukur veya tümsek oluşumunun gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yersel ölçüm yöntemi ile oluşturulan yol projesindeki güzergâh referans alınarak aynı düşey tanımlama ile gerçekleştirilen ilk yol projesi işleminde 75 m yüksekliğe ait sonuç nokta verileri ile oluşturulan yol projesinde güzergâhın başlangıç noktasında 1,485 m, bitiş noktasında 0,872 m yükseklik farklı meydana geldiği belirlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitler ve başlangıç ile bitiş noktaları arasındaki kot farkları göz önünde bulundurularak yapılan incelemelerde referans yüzeye göre arazi yüzeyinin alt kotta kaldığı ve bu sebepten dolayı yol yapım işlemi esnasında kazı işleminin daha fazla olabileceği tespit edilmiştir. En kesit detaylarında yapılan incelemelerde arazi yüzeyini temsil eden çizgilerde referans yüzeye göre gözle görülür sapmaların meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Arazi yüzeyi esas alınarak gerçekleştirilen yol projesi işleminde başlangıç ve bitiş noktalarındaki kot farklarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitlerde arazi yüzeyini temsil eden bir çalışma olduğu için kırmızı kotlara dikkat alınmış olup referans yüzey ile benzer kırmızı kot çizimlerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Yersel ölçüm yöntemi ile 594,41 m³ dolgu ve 847,506 m³ kazı alanı var iken 75 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 625,435 m³ dolgu ve 868,808 m³ kazı alanı tespit edilmiştir.

100 m yükseklikten çekilen fotoğraflar ile yoğun görüntü eşleme metodu ile elde edilen nokta bulutunda fotoğraf sayısındaki az olması ve uçuş yüksekliği göz önünde bulundurulduğunda, yer yüzeyini temsil edecek fotoğraflardaki pikseller değerlerinin gerçeği yansıtmadığı tespit edilmiştir. Bu sebepten ötürü nokta bulutunda gürültü noktalarının her yerde gözle görülür bir biçimde oluştuğu tespit edilmiştir. Nokta bulutunun sınıflandırılması aşamasında ağaçlık ve yeşillik alanlarının sınıflandırılmasında problem yaşanmadığı ancak oluşan gürültü noktalarının gerçeği yansıtmayacak yüzeylerde sınıflandırılması gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sınıflandırma sonrasında yer yüzeyini temsil

eden nokta verilerindeki nokta sıklığı göz önünde bulundurulduğunda gürültü noktalarının küme halinde tespitlerinde 100 m verileri ile yapılan çalışma sonrasında en fazla sayıda nokta elemine edildiği tespit edilmiştir. Gürültü verilerinin elemine işleminin ardından gerçekleştirilen nokta sıklığının iki metrede bir olacak şekilde azaltılması işleminde nokta verisindeki yoğunluk ve noktaların konumsal oluşumları dikkate alındığında en fazla nokta verisi içerdiği tespit edilmiştir. Nokta sıklığının azaltılması işleminin ardından oluşan sonuç verilerin üçgen model üretiminde herhangi bozuk üçgen saptanmamış olup kırık eğriler ve noktaları temsil eden piksel değerlerine atanan nokta kotundaki yanlış değerlerden kaynaklı çukur veya tümsek oluşumunun gözle görülür bir biçimde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yersel ölçüm yöntemi ile oluşturulan yol projesindeki güzergâh referans alınarak aynı düşey tanımlama ile gerçekleştirilen ilk yol projesi işleminde, 100 m yüksekliğe ait sonuç nokta verileri ile oluşturulan yol projesinde güzergâhın başlangıç noktasında 1,478 m, bitiş noktasında 1,177 m yükseklik farklı meydana geldiği belirlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitler ve başlangıç ile bitiş noktaları arasındaki kot farkları göz önünde bulundurularak yapılan incelemelerde referans yüzeye göre arazi yüzeyinin alt kotta kaldığı ve bu sebepten dolayı yol yapım işlemi esnasında kazı işleminin daha fazla olabileceği tespit edilmiştir. En kesit detaylarında yapılan incelemelerde arazi yüzeyini temsil eden çizgilerde referans yüzeye göre gözle görülür sapmaların meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Arazi yüzeyi esas alınarak gerçekleştirilen yol projesi işleminde başlangıç ve bitiş noktalarındaki kot farklarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bu proje sonucu üretilen en kesitlerde arazi yüzeyini temsil eden bir çalışma olduğu için kırmızı kotlara dikkat alınmış olup referans yüzey ile benzer kırmızı kot çizimlerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Yersel ölçüm yöntemi ile 594,41 m³ dolgu ve 847,506 m³ kazı alanı var iken 100 m yüksekliğe ait sonuç verileri ile gerçekleştirilen yöntemde 579,129 m³ dolgu ve 874,014 m³ kazı alanı tespit edilmiştir.

Yersel ölçüm yöntemi ile üretilen sonuç verileri referans alınarak yapılan incelemelerde referans yüzeye göre diğer nokta verilerinden oluşan yüzeylerde kot farklarının oluştuğu ve bu kot farkının İHA'nın yerde olarak kurulup statik ölçümü gerçekleştirebileceği bir Sabit CORS GNSS aletine bağlı olmayışından dolayı gerçekleşmiştir. Bu şekilde yapılmasındaki sık ormanlık alanlarda sabit statik alım olmadan hangi yükseklikte çekilen görüntüler ile üretilen nokta verilerinin gerçek arazi yüzeyini temsil edebileceği düşünülerek statik alım ve çözüm işlemleri bu tez kapsamında

uygulanmamıştır. Başlangıç ve bitiş noktaları ile arazi yüzeyinde gerçekleşen bu kot farkının bu sebepten dolayı normal olduğu ancak asıl dikkat edilmesi gereken meselenin hangi veri setinin arazi yüzeyini daha doğru temsil edebilecek değerleri içerdiğinin tespit edilmesidir. Ancak güzergâh başlangıç ve bitiş noktalarındaki kot farkları statik ölçüm olmadan gerçekleştirilmesine rağmen dikkate alındığında araziye en yakın uçuş olarak tanımlanan 50 m yükseklikteki uçuş sonucu üretilen verilerin statik ölçüm olduğu takdirde araziyi temsilinde referans yüzeye kıyasla daha az kot farkı ve daha doğru veri üretimi gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, ormanlık alanlarda İnsansız Hava Aracı görüntülerinden üretilip elde edilen orman yolu projelerinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda yersel yöntem ve İnsansız Hava Aracı (İHA) ile üretilen veriler hacim miktarları ve yükseklik bilgileri yönünden kıyaslaması yapılmıştır. Tercih edilen çalışma alanı olarak ağaçlık yapıda, yaklaşık olarak 341,17 m uzunluğunda, 10 m genişliğinde bir orman yolu koridoru seçilmiştir. Test orman yolu koridorunda yatay ve düşey güzergâh çalışması yapılmış, enine kesitler ve profiller alınmış ve toprak işi miktarları hesaplanmıştır.

Sabit düşey tanımlama yöntemi ile iki yöntem arasında, yersel ölçüm ile elde edilen referans alınarak İHA 50 m, 75 m ve 100 m ölçümlerinde; İHA 50 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %109,64 ve toplam dolgu miktarında %350,01 fark, İHA 75 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %184,21 ve toplam dolgu miktarında %801,25 fark ile İHA 100 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %232,91 ve toplam dolgu miktarında %1562,42 fark belirlenmiştir.

Arazi yapısı esas alınarak yapılan tanımlama yöntemi ile iki yöntem arasında, yersel ölçüm ile elde edilen referans alınarak İHA 50 m, 75 m ve 100 m ölçümlerinde; İHA 50 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %0,27 ve toplam dolgu miktarında %1,08 fark, İHA 75 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %2,51 ve toplam dolgu miktarında %5,22 fark ile İHA 100 m ölçüm miktarının hesabında toplam kazı miktarında %3,13 ve toplam dolgu miktarında %2,53 fark belirlenmiştir.

Yersel ölçüm yöntemi ile İHA ölçüm yöntemi arasındaki kıyaslamalar dikkate alınarak değerlendirildiğinde, orman yolu ölçmelerinde İHA 50 metreden uçuş yöntemi ile arazinin topografik durumuna bağlı olarak (düz, dalgalı, dağlık arazi) yersel yöntemle göre daha ekonomik olduğu söylenebilir.

Sabit düşey tanımlama işlemi ile gerçekleştirilen yol projesi sonuç verileri kıyaslandığında İHA fotoğraflama işleminde statik ölçüm işlemi gerçekleştirmediği için düşey ve en kesitler ile kot farkları dikkate alındığında 50 m yükseklikteki uçuş sonucu üretilen verilerin referans yüzeye kıyasla daha elverişli olduğu tespit edilmiştir.

Arazi yüzeyi esas alınarak gerçekleştirilen yol projesi sonuç verileri kıyaslandığında İHA fotoğraflama işleminde statik ölçüm işlemi gerçekleştirmediği için düşey ve en kesitler ile kot farkları dikkate alındığında 50 m yükseklikteki uçuş sonucu üretilen verilerin referans yüzeye kıyasla daha elverişli olduğu ve gerçek yüzeyi temsil ettiği tespit edilmiştir.

İHA ile yüksek görüntü eşleme yöntemi ile üretilen piksel bazlı nokta bulutlarının incelenmesinde sık ormanlık alanlardaki arazi yüzeyine ait temsil ettiği noktaların oluşumunda 50 m yükseklikte uçuş gerçekleştirilerek elde edilen fotoğraflardan oluşan nokta verilerinin diğer verilere kıyasla en iyi başarıyı getirmiştir. Uçuş yüksekliği ve fotoğraf adetinin bu başarının tespitinde etkin rol oynamıştır.

Yapılan incelemelere sonuç olarak, sık ormanlık alanlarda yapılacak yol projelerinde arazi yüzeyini doğru ve hassas temsil edip kısa sürede doğru veri üretimi gerçekleştirebileceğimiz bir yöntem olarak arazi yüzeyine en yakın mesafede İHA ile gerçekleştirilecek fotogrametrik alım tercih edilmelidir.

Çalışma alanında farklı ölçüm teknikleri ve elde edilen veriler ile gerçekleştirilen metotlar sonucunda, referans yüzey olarak tanımladığımız yersel ölçüm işlemi sonucu oluşturulan yüzeye en yakın temsil eden yüzeyin uçuş yüksekliği en az olan 50 m uçuş yüksekliği ile yapılan fotogrametrik alımın diğer uçuş yüksekliklerine kıyasla daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda yapılan kıyaslamalar 75 m ve 100 m şeklinde devam etmektedir.

Yol projesi yapılması düşünülen alanlarda arazi yüzeyinin yükseklik yapısı ve araziye ulaşımın güç olabileceği düşünüldüğünde yersel ölçüm yöntemlerinin kullanımda etkisiz kalabileceği anlaşılmıştır. Yersel yönteminin, uygulama alanının ulaşılabilirliği, yalnızca doğruluk ve hassasiyet kriterleri göz önünde bulundurulduğunda seçilmesi uygun olacaktır. Bu yöntemde arazi üzerinde geçirilecek uzun zaman, maliyeti de doğru orantılı olarak etkileyebileceği için bu kriterler göz önünde bulundurulduğunda İHA ile uygulama işleminin gerçekleştirilmesi daha etkin rol oynayacaktır.

İHA fotogrametrisi ile topografik olarak dağlık arazi yapısına sahip orman yolu güzergahlarında yüksek doğruluk ve hassasiyette 3Boyutlu (3B) nokta bulutu verisi üzerinden sayısal arazi modeli üretilmesi ve kazı ve dolgu miktarlarının çok daha hassas bir şekilde hesaplanması, gelecek yıllarda yapılacak çalışmalara önemli bir altlık oluşturmuştur.

İHA ile yapılan fotogrametrik alım yönteminde, uygulama alanına kolay ulaşılabilirlik ile doğruluk ve hassasiyet kriterlerinde sabit statik bağlantı işlemi ile daha iyileştirilebilir olacağından kısa zamanda düşük maliyette uygulama gerçekleştirilebileceği düşünülmüşür. Bu çalışmada ele alınan, orman yolu projelendirmede İnsansız Hava Aracı sistemi ile Sayısal Arazi Modeli üretiminin ve toprak işi miktarı hesabının yüksek doğruluk ve hassasiyette yapılması gelecek yıllarda gerçekleştirilecek çalışmalara önemli bir zemin oluşturacaktır. Gerek zaman ve maliyet tasarrufu açısından, gerekse doğruluk ve görsellik açısından İHA fotogrametrisinin dağlık arazi yapısına sahip orman yolu projelerinde etkin olarak kullanılabilceği görölmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Acar, H. H., 2005. Orman Yolları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ders Teksirleri Serisi: 82, Trabzon.
- Acar, H.H., 2005. Orman Yolları, KTÜ Ders Notları Serisi:82, 183, Trabzon.
- Altunel, A.O., 2006. Ormancılık Uygulamalarının Coğrafi Bilgi Sistemi ile Entegrasyonu. Doktora Tezi. İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Anonim, 1998. Uzaktan Algılama ve Erdas Imagine'a Giriş, İşlem Şirketler Grubu, Ankara,
- Arıcak, B., 2008. Orman Yolu İnşaatında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- Avcı, Ü., 2010. İki yüzey arasında hacim hesabı yapan program ve algoritma geliştirme, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aykut, T., 1984. Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:3246/370, İstanbul.
- Buğday E., 2019. Orman Yönetiminde İnsansız Hava Aracı Uygulamaları, 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019), June, Ankara, Turkey.
- Çalışkan, E. ve Çağlar, S., 2010. Orman Yolu Yapım Çalışmalarının Çevreye Verdiği Zararların Değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, 2, 564-570, Mayıs, Trabzon.
- Çalışkan, E., 2013. Planning of forest road network and analysis in mountainous area. Life Sci Journal, 10, 2, 2456–2465.
- Demir, M., 2002. Bolu Mıntıkasında Orman Yol Şebeke ve Nakliyat Planlarının Bilgisayar Ortamında Düzenlenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, M. ve Öztürk, T., 2004. A Research on Forest Road Planning and Projecting by Inroads Software in Bolu Region of Turkey. American Journal of Applied Sciences. 1,4, 295-301.
- Dictionary.com, <http://dictionary.reference.com/browse/uav?s=t>, Bakılma tarihi 14 Haziran 2020

- Doğruluk, M., 2013. Sayısal arazi modellerinin karayolu projelerindeki hacim hesaplamalarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Erdaş, O., Acar, H.H., Tunay, M. ve Karaman, A., Türkiye’de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Transportu, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet-Kadastro ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Türkiye Ormancılık Raporu, Trabzon, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 48 s 6.
- Erdaş, O., 1986. Orman Yollarında Proje ve Yapım Tekniğine Bağlı Olarak Kazı ve Taşıma Makinelerinin Rasyonel Kullanımı, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği 1. Ulusal Sempozyumu MPM Yayın No. 339, Ankara
- Finn R.L. ve Wright D., 2012. “Unmanned Aircraft Systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications”, *Computer Law & Security Review* 28, 184-194.
- Gupta S.G., Ghonge M.M. ve Jawandhiya Dr. P. M., 2013. “Review of Unmanned Aircraft System (UAS)”, *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)* 2, 4.
- Gümüş, S. ve Erdaş, O., 2000. Orman Yol Geçkilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma İmkanları Üzerine Bir Araştırma. *Turkish J. Agric. For.* 24,611-619.
- Gümüş, S., Acar, H.H., Tunay, M. ve Ateşoğlu, A. 2003. Calculation of Cut and Fill Volumes by GIS in Forest Roads Projecting. “The Conceptual Framework of Wood Logistics Systems in Turkish Forestry”, XII. World Forestry Congress, Canada.
- Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E., Sessions, J., ve Makhdoum, M. 2012. An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, Springer Publications, 185,2, 1767–1776.
- Heuchel, T., Köstli, A., Lemaire, C. ve Wild, D., 2011. Towards a Next Level of Quality DSM/DTM Extraction with MATCH-T, Institute for Photogrammetry, Photogrammetry Week 2011, Wichman Verlag, Stuttgart, 197-202
- Hirshmüller H., 2008. Stereo processing by semi-global matching and mutual information, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 30, No. 2, 328–341
- Hobbs A. (Ph.D.), 2010. “Unmanned Aircraft Systems”, San Jose State University Human Systems Integration Division NASA Ames Research Center, Chapter 16
- Horcher, A. ve Visser, R.J., 2004. Unmanned aerial vehicles: applications for natural resource management and monitoring. Council on Forest Engineering Proceedings 2004. Machines and People, The Interface.

- ICAO, 2011. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir. 328, AN/190.
- Kahveci, M. ve Can, N., 2017. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu, Sayfa: 512-513, Konya.
- Karabacak, M., 2010. Göller Bölgesinde İnşa Edilen Orman Yollarında Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Korchenko A.G. ve Ilyash O.S., 2013. "The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles", (2013) IEEE 2nd International Conference "Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments" Proceedings pp.28-34
- Köprülü, İ., 2020. Tonya Orman İşletme Şefliği Yol Ağının Planlama ve Yapım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kurtuluş, D.F. ve Tekinalp O., 2010. İnsansız Hava Araçlarına Bir Bakış, SSM Günden Dergisi, 2010, 2, 12, 53-58.
- Laliberte, A.S.ve Rango, A., 2009. Textureandscale in object-based analysis of sub-decimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *IEEE Transactions on Geoscienceand Remote Sensing* 47, 3, 761–770
- Leberl F., Irshara A., Pock T., Meixner P., Gruber M., Scholz S. ve Wiechert A. 2010. Point Clouds: Lidar versus 3D Vision, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 76, 10, 1123–113.
- Martin, A. M Owende, P.O.M. O'Mahony, M. J. ve Ward, S. M. 1999. Estimation of the serviceabilty of Forest Acces Roads, *Journal of Forest Engineering*, 10, 2, 55-61.
- Monash University, Remote Piloted Aerial Vehicles http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings. 22 June 2003.
- Nur, F. ve Tolunay, A., Türkiye'de Orman Yollar Planlama ve Yapım Çalışmalarının Ekonomik ve Yönetsel Durumu Üzerine Görüşler, 117, Isparta
- OGM, 2008. Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı, Orman Genel Müdürlüğü, Tebliğ No 292, Ankara.
- OGM, 2011. 2010 Yılı Yatırım İzleme ve Değerlendirme Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Pierzchała, M., Talbot, B. ve Astrup, R., 2014. Estimating soil displacement from timber extraction trails in steep terrain: application of an unmanned aircraft for 3D modelling. *Forests* 5, 6, 1212-1223.

- Rathinam, S., Kim, Z.W. ve Sengupta, R. 2008. Vision-based monitoring of locally linear structures using an unmanned aerial vehicle. *First Journal Of Infrastructure Systems*, 14, 1, 52-63.
- Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C.ve Browning, D., 2009. Unmanned aerial vehicle based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing* 3, 1, 033542-033542.
- Rothermel M. ve Haala N., 2011. Potential of dense matching for the generation of high quality digital elevation models, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-4/W19, ISPRS Hannover Workshop, 271-276
- Seçkin, Ö.B., 1984. Bir Orman Yol Projesinde Güzergâh Planının Hazırlanması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Yayınlarından, İstanbul.
- Shiba, M., Ziesak, M., ve Loffler, H., 1990. Use of Modern Information Technology in Planmng Forest Road Access, *Forstarchiv*. 61 1, 16-21.
- Siebert, S. ve Teizer, J. 2014. Mobile 3D mapping for surve-ying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehic-le (UAV) System. *Automation in Construction*, 41, 1-14.
- Şehsuvaroğlu, M.S., Eker, O., Erdoğan M. ve Yıldız, F., 2014. Sayısal Yüzey Modeli Üretiminde Fotogrametri mi, LiDAR mı?, *Harita Genel Müdürlüğü, Harita Dergisi*, 151, Ocak, Ankara.
- Şentürk, N., 1992. Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Tavşanoğlu, F. ve Bayoğlu, S., 1969. Orman Yollarının Makine ile İnşası için Arazide Yapılması Gerekli Ölçmeler, Proje Tanzimi ve Yolların Yapım ve Bakımı, G.Ü. Orman Fakültesi, 1449/148, Kurtuluş Matbaası, İstanbul
- Torun, A., 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs, Ankara.
- Umar, F. ve Yayla, N., 1986. Yol İnşaatı. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayınlarından Sayı: 1333, İstanbul.
- Umar, F., Yayla, N. ve Seçkin, Ö.B. ,2002. Bolu Mıntıkasında Orman Yol Şebeke ve Nakliyat Planlarının Bilgisayar Ortamında Düzenlenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 52, 2, 125-126, İstanbul.
- Vilariño, L.D., Jorge, G.H., Sánchez, M.J., Bueno, M. ve Arias, P. 2016. Determining the limits of unmanned aerial pho-togrammetry for the evaluation of road runoff. *Measurement*, 85, 132-141.

Wiechrt A. , Gruben M. , Karner K. , Ponticelli M. ve Schachinger B. (2012) , The power of multi-ray photogrammetry- Ultramap 3.0 ASPRS 2012. Annual Conference

Yılmaz ve ark. 2018. İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği, Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Geomatik Dergisi, 129, Aksaray.

Yiğit E., Yazar I. ve Karakoç H, 2018. İnsansız Hava Araçlarının Kapsamlı Sınıflandırılması ve Gelecek Perspektifi, Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi, Cilt 3, Sayı 1

Zarco-Tejada P.J., Diaz-Varela R., Angileria C. ve Loudjania V.P., 2014. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. *European Journal of Agronomy* 55, 89-99.

Zhang, C. ve Elaksher, A. 2011. An unmanned aerial vehicle based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses. *Computer-Aided Civil Infrastructure Engineering*, 27,2, 118-129.

URL-1: <https://yapayakademi.com/gps-global-positioning-system-nedir/> 19 Ocak 2021

ÖZGEÇMİŞ

2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı. Lisans eğitimini 2015 yılında tamamladıktan sonra 2016 yılında Trabzon Orman Fidanlık Müdürlüğünde Orman Mühendisi olarak çalışmaya başladı ve aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir.

