T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN YOLLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE KAZI-DOLGU HESAPLAMA METOTLARININ ANALİZİ

Hakan TOPATAN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

Aralık, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Hakan TOPATAN tarafından, **Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK** danışmanlığında hazırlanan **"ORMAN YOLLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE KAZI-DOLGU HESAPLAMA METOTLARININ ANALİZİ"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **28/12/2022** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversitesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Necmettin ŞENTÜRK İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversitesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Burak ARICAK Bursa Teknik Üniversitesi Orman İnşaatı Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Hakan TOPATAN

(İmza)

Aileme ithaf ediyorum…

BÜTÇE DESTEKLERİ

ORMAN YOLLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE KAZI-DOLGU HESAPLAMA METOTLARININ ANALİZİ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 32229

TEŞEKKÜR

"Orman Yollarının Projelendirilmesinde Kazı-Dolgu Hesaplama Metotlarının Analizi" adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma imkanı sunan ve çalışmamın her aşamasında ilgisini esirgemeyerek her türlü yapıcı eleştirileriyle tezime yön veren kıymetli hocam Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Anabilim dalımız öğretim üyeleri ve elemanlarından Prof. Dr. Hüseyin E. ÇELİK, Prof. Dr. Murat DEMİR, Doç. Dr. Necmettin ŞENTÜRK, Doç. Dr. Mustafa AKGÜL ve Arş. Gör. Dr. Anıl Orhan AKAY'a çok teşekkür ederim.

Tezin istatistik analizlerinde yol gösteren Doç. Dr. Emrah ÖZDEMİR ve Arş. Gör. Batın Mehmet YER'e, bilgisayar programları konusunda yardımcı olan Bora ERGÜN'e, arazi çalışmalarında destek olan Durmuş Ali ÇANKAYA, Fatih KÖKEN, Melih MÜLAYİM ve Sefa KARABAŞ'a ayrıca teşekkür ederim.

Çalışma alanına ait bazı verileri paylaşan Akasya Mühendislik kurucuları Yunus Emre BUDAK ve Seda ÜZÜMLÜOĞLU'na teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince fikirleriyle destek olan Arş. Gör. Dr. Alper Gün ÖZTURNA ve Arş. Gör. Ferdi AKARSU'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca süreçle ilgili konularda her türlü bilgilendirmeyi yapan bölümler sekreteri Hülya YEŞİLBAŞ'a teşekkür ederim.

Son olarak üzerimde çok büyük emekleri olan, beni bu günlere getiren değerli aileme, tez çalışmam boyunca her zaman desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen Merve TÜRKDEN'e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2022 Hakan TOPATAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iii**
BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **ix**
TABLO LİSTESİ ..... **xiii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xvi**
ÖZET ..... **xvii**
ABSTRACT ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **17**
2.1. ORMAN YOLLARI 19
2.2. ORMAN YOLLARININ ÖNEMİ 20
2.3. ORMAN YOLLARININ YAPIMI VE ÇEVRE İLİŞKİLERİ 21
2.4. ORMAN YOLLARININ TİPİ VE STANDARTLARI 23
2.4.1. Ana Orman Yolları 24
2.4.2. Tali Orman Yolları 25
2.4.3. Traktör Yolları 27
2.5. ORMAN YOLLARININ PLANLANMASI 28
2.5.1. Orman Yol Aralığı, Yol Yoğunluğu ve Sürütme Mesafesi 30
2.5.1. Orman Yollarının Yapımı 32
2.5.2. Orman Yollarında Toprak Tesviyesi Yöntemleri 34
2.6. KAZI-DOLGU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ 43
2.6.1. Orman Yollarında Kazı-Dolgu Hesaplamanın Önemi 43
2.6.2. Kazı-Dolgu Hesaplama Metotları 44
2.6.3. Alan Hesabı 49
2.6.4. Hacim Hesabı 52

2.6.5. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin Dengelenmesi 75
2.6.6. Yol Planlaması ve Tasarımına Hizmet Eden Bilgisayar Yazılımları 77
3. YÖNTEM 79
3.1. MALZEME 79
3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı 79
3.2. YÖNTEM 88
4. BULGULAR 100
4.1. ALANSAL BULGULAR 100
4.2. KAZI-DOLGU HACİMLERİNE AİT BULGULAR 105
4.2.1. Geleneksel Yöntem ile Hesaplanan Hacimler 105
4.2.2. 3D Yöntem ile Hesaplanan Hacimler 122
4.2.3. Enkesitlerin Çizdirilmesi 157
4.3. HACİMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI 160
5. TARTIŞMA 165
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 176
KAYNAKLAR 180
EKLER 187
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 268
ETİK KURUL İZİN YAZISI 269
KURUM İZNİ YAZILARI 270
ÖZGEÇMİŞ 271

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Toprak işlerinde kazı ve dolgu. 1

Şekil 2.1: Yolların sınıflandırılması. 18

Şekil 2.2: Ana orman yolu kesiti. 25

Şekil 2.3: A tipi tali orman yolu enkesiti. 26

Şekil 2.4: B tipi tali orman yolu. 26

Şekil 2.5: Yol aralığı. 33

Şekil 2.6: Zemin içindeki bileşenlerin oranları. 35

Şekil 2.7: Baştan kazma yöntemi. 36

Şekil 2.8: Tabakalı kazı yöntemi uygulamasının boykesitte (a), en kesitte (b) görünümü ve yandan kazma (c) yöntemi. 37

Şekil 2.9: Karma kazı yöntemleri, baştan kazma ve yandan kazma karma yöntemi (a), yüksekliği fazla olan kazılarda uygulanan teras yöntemi (b/c). 38

Şekil 2.10: Tabaka halinde dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması uygulamasının boykesitte (a) ve enkesitte (b) görünümü. 39

Şekil 2.11: Baştan dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması yöntemi. 40

Şekil 2.12: Yandan dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması. 40

Şekil 2.13: Karma dolgu yöntemleri. Baştan dökme ve tabakalı karma yöntem (üstte). Baştan dökme ve yandan dökme karma yöntem (altta). 41

Şekil 2.14: Karma metotlar. 41

Şekil 2.15: Tabaka, baştan dökme ve yandan dökme metotlarının karma olarak kullanılması. 42

Şekil 2.16: Tabaka ve yandan dökme metotlarının karma olarak kullanılması. 42

Şekil 2.17: Tipik bir orman yolu enkesiti ve elemanları. 46

Şekil 2.18: Şev üçgeni, h ve b değerleri. 48

Şekil 2.19: En kesit geometrisi. 50

Şekil 2.20: Kutupsal (a) ve dijital (b) planimetre. 51

Şekil 2.21: Grid yöntemi. 52

Şekil 2.22: Orman yollarının aliyman kısımlarında enkesitler. 53

Şekil 2.23: Ortalama alan yöntemi ile kazı ve dolgu hacimlerinin hesabı için ardışık yol enkesitleri. 55

Şekil 2.24: Kazı enkesiti (a) dolgu enkesiti (b) karışık enkesit (c). 58

Şekil 2.25: Orman yolunun kurplu kısımlarında enkesitler. 62

Şekil 2.26: Eşyükselti eğrisi yöntemi ile kazı-dolgu hacimlerinin hesabı. 64

Şekil 2.27: Grid çizgileri ve eşyükselti eğrili harita. 65

Şekil 2.28: Grid yöntemine göre kazı ve dolgu hacimlerinin hesabı: (A). Topografik harita üzerine çizilmiş grid ağı planı. (B). Grid yöntemi için grid hücresi örneği. 66

Şekil 2.29: İki TIN arasındaki kazı-dolgu ilişkileri. 69

Şekil 2.30: TIN ağına dayalı hacim hesaplarında kazı durumu (a), dolgu durumu (b) ve kazı-dolgu durumu (c). 70

Şekil 2.31: Autodesk Civil 3D ile hazırlanmış bir arazi modeli 75

Şekil 2.32: Yandan ödünç (a), yana depo (b). 76

Şekil 3.1: Araştırma alanının coğrafi konumu. 80

Şekil 3.2: Araştırma alanının yükseklik sınıfları haritası. 82

Şekil 3.3: Araştırma alanının eğim sınıfları haritası. 83

Şekil 3.4: Araştırma alanının bakı sınıfları haritası. 84

Şekil 3.5: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı mevcut ve planlanan orman yolları. 87

Şekil 3.6: Akış şeması. 88

Şekil 3.7: Yol güzergâhı üzerinde ölçüm yapılacak enkesit istasyonlarının belirlenmesi ve araziye aplikasyonu. 90

Şekil 3.8: Orman yolu enkesit ölçüleri. 91

Şekil 3.9: RTK-GPS ile uydudan koordinat verilerinin alınması. 94

Şekil 3.10: Belirlenen poligon noktalarının araziye aplikasyonu ve poligon noktalarına Total Station cihazının kurulumu. 95

Şekil 3.11: Arazide enkesit üzerinde ölçüm yapılan noktaların kodlandırılması. 96

Şekil 3.12: (A) Yol platformunun orta noktasında YPO, (B) kazı şevi yönündeki yol platformu noktasının YPK ve (C) dolgu şevi yönündeki yol platformu noktasının koordinat verilerinin alınması YPD. 97

Şekil 3.13: Dolgu şevlerinin ölçümü. 97

Şekil 3.14: RTK-GPS ile ölçülen koordinat verilerinin Total Station cihazına aktarımı ve Total Station cihazı ile yapılan yersel ölçümler. 98

Şekil 4.1: 1-14 nolu istasyonlara ait enkesitler. 100

Şekil 4.2: 15-28 nolu istasyonlara ait enkesitler. 101

Şekil 4.3: Geleneksel yöntemlerin hacim hesaplarında kullanılan tip enkesit. 105

Şekil 4.4 : Yüzey oluşturma. 125

Şekil 4.5: Create surface iletişim penceresi ve yapılan düzenlemeler. 125

Şekil 4.6: AutoCAD Civil 3D yazılımında üretilen arazi modeli. 125

Şekil 4.7: Sıfır hattının programa aktarılması. 127

Şekil 4.8: Create Alignment from Objects iletişim penceresi ve düzenlemeleri. 127

Şekil 4.9: Yatay güzergahın genel ve yakınlaştırılmış ekran görüntüleri. 128

Şekil 4.10: Kurpların oluşturulması. 128

Şekil 4.11: Kurpların düzenlenmesi. 129

Şekil 4.12: 001 kodlu yolun aliyman ve kurplarına ait değerler. 130

Şekil 4.13: Arazi profilinin oluşturulması. 131

Şekil 4.14: Arazi profilinin oluşturulmasına ilişkin düzenlemeler. 132

Şekil 4.15: Arazi profili data bands düzenlemeleri. 132

Şekil 4.16: Arazi modeli ve yatay güzergah ile oluşturulan boykesit. 133

Şekil 4.17: Kırmızı hattın oluşturulması. 134

Şekil 4.18: Kırmızı hattın isimlendirilmesi ve çizilmesi. 134

Şekil 4.19: Kırmızı hat eklendikten sonra boykesitin görüntüsü. 135

Şekil 4.20: Enkesit grubunun oluşturulması. 136

Şekil 4.21: Enkesitlerin manuel eklenmesi. 136

Şekil 4.22: Manuel yöntemle eklenen enkesitlerin ve güncellenen boykesitin görüntüsü. ... 137

Şekil 4.23: Enkesitlerin oluşturulması. 138

Şekil 4.24: "By range of stations" fonksiyonu ile eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü. 139

Şekil 4.25: "By range of stations" fonksiyonu ile 10 m sabit aralıkla eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü. 141

Şekil 4.26: "By range of stations" fonksiyonu ile 5 m sabit aralıkla eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü 143

Şekil 4.27: Tip enkesit ölçüleri (a) ve Civil 3D yazılımında oluşturulan tip enkesit (b). 144

Şekil 4.28: Koridor oluşturma ve tip enkesitlerin manuel olarak eklenmesi. 145

Şekil 4.29: Manuel olarak eklenen tip enkesitlerin oluşturduğu koridorun farklı açılardan görüntüleri 146

Şekil 4.30: Belirli sıklıklarda eklenen tip enkesitlerin oluşturduğu koridorun farklı açılardan görüntüleri. 146

Şekil 4.31: Kübaj hesapları için yüzeylerin düzenlenmesi. 147

Şekil 4.32: Kübaj hesabı için yapılan düzenlemeler. 147

Şekil 4.33: Enkesitlerin çizdirilmesi. 157

Şekil 4.34: Kazı enkesit görünümü. 158

Şekil 4.35: Dolgu enkesit görünümü. 159

Şekil 4.36: Karışık enkesit görünümü. 160

Şekil 5.1: Geleneksel hacim hesaplama yöntemlerine ve kontrol yöntemine ait hacim verileri ve değişim oranları. 167

Şekil 5.2: Bilgisayar destekli hesaplanan hacim değerleri ve değişim oranları. 167

Şekil 5.3: Tüm yöntemlere göre kazı, dolgu ve net hacim değerleri ve değişim oranları. 168

Şekil 5.4: Enkesitler arasındaki mesafeler. 173

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Orman yollarının geometrik standartları. 24

Tablo 2.2: Ortalama alan yöntemine göre toprak hacimlerinin hesabı. 57

Tablo 3.1: İstanbul ili Avrupa yakasına ait bazı iklim verileri (1991-2020) 85

Tablo 3.2: Pentax SMT 888-3G RTK-GPS cihazının teknik özellikleri. 92

Tablo 3.3: Pentax-W 2800 N marka Total Station cihazının teknik özellikleri. 93

Tablo 4.1: Enkesitlerin ölçülerine ait veriler. 102

Tablo 4.2: Enkesitlere ait veriler. 103

Tablo 4.3: 001 kod nolu yolun eğim bilgileri. 104

Tablo 4.4: 001 kodlu yolu ait etüt karnesi. 106

Tablo 4.5: 001 kod nolu yolun ölçülen enkesitlerinin arasındaki mesafeler ve kazı-dolgu alanlarına ait bilgiler. 107

Tablo 4.6: Geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinin kodlanması. 108

Tablo 4.7: Ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle hesaplanan (GoayÖ) kazı-dolgu hacimleri. 108

Tablo 4.8: Tip enkesit verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle (GOayT) hesaplanan kazı-dolgu hacimleri. 110

Tablo 4.9: Ölçülen enkesitler kullanılarak bulunan orta enkesit (A_m) verileri. 111

Tablo 4.10: Tip enkesitler kullanılarak bulunan orta enkesit (A_m) verileri. 111

Tablo 4.11: Ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak prizmatik yöntem (GPriÖ) ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri. 113

Tablo 4.12: Tip enkesitlerin verileri kullanılarak prizmatik yöntem (GPriT) ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri. 114

Tablo 4.13: Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin (GBuyÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler. 115

Tablo 4.14: Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile tip enkesitlerin (GBuyT) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler. 116

Tablo 4.15: Ölçülen enkesitlerin eksantriklik mesafeleri. 117

Tablo 4.16: Pappus teoremi ile ölçülen enkesilerin (GPapÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler. 119

Tablo 4.17: Tip enkesitlerin eksantriklik mesafeleri. 120

Tablo 4.18: Pappus teoremi ile tip enkesitlerin (GPapT) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler. 122

Tablo 4.19: Yatay güzergaha ait veriler. 130

Tablo 4.20: Civil 3D yazılımında "At a station" yöntemi ile manuel olarak eklenen enkesitlere ait veriler (özet). 138

Tablo 4.21: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen enkesitlere ait veriler (özet). 140

Tablo 4.22: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 10 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler (özet). 141

Tablo 4.23: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 5 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler (özet). 142

Tablo 4.24: Civil 3D yazılımında hesaplanan hacimler için oluşturulan yöntem numaralandırılması. 148

Tablo 4.25: At a station fonksiyonu ile arazide ölçümü yapılan istasyon noktaları dikkate alınarak eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3AsM28A) ve Prismoidal (3AsM28P) yöntemle hesaplanan hacimleri. 149

Tablo 4.26: By range of stations fonksiyonu ile kurp baş, kurp orta, kurp son, hektometreler ve eğim değişim noktaları dikkate alınarak otomatik eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3BrO30A) ve Prismoidal (3BrO30P) yöntemle hesaplanan hacimleri. 151

Tablo 4.27: By range of stations fonksiyonu ile 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3Br10m43A) ve Prismoidal (3Br10m43P) yöntemle hesaplanan hacimleri. 152

Tablo 4.28: By range of stations fonksiyonu ile 5 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3Br5m85A) ve Prismoidal (3Br5m85P) yöntemle hesaplanan hacimleri. 154

Tablo 4.29: By range of stations fonksiyonu ile 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average En Area (3Br1m420A), Prismoidal (3Br1m420P) ve Kontrol (3Br1m420K) yöntemleriyle hesaplanan hacimleri. 156

Tablo 4.30: Geleneksel yöntemlere uygulanan normallik testi. 161

Tablo 4.31: Geleneksel yöntemler arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi. 161

Tablo 4.32: Varyansların homojenlik testi. 162

Tablo 4.33: Geleneksel yöntemler ve kontrol yöntemi arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi. 162

Tablo 4.34: Geleneksel yöntemler ile kontrol yöntemi arasında uygulanan Tamhane's T2 testi. 162

Tablo 4.35: Bilgisayar destekli yöntemlerin net hacim değerlerinin karekök dönüşümü. 163

Tablo 4.36: Bilgisayar destekli yöntemlerin net hacim değerlerinin ln dönüşümü. 163

Tablo 4.37: Varyansların homojenlik testi. 163

Tablo 4.38: Bilgisayar destekli yöntemler arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi. 164

Tablo 4.39: Bilgisayar destekli yöntemler ile kontrol yöntemi arasında uygulanan Tamhane's T2 testi. 164

Tablo 5.1: Kazı-dolgu hacim değerlerinin yöntemlere göre karşılaştırılması. 166

Tablo 5.2: Geleneksel yöntemlere ait kazı-dolgu alanlarına bağlı hacim değişimleri. 171

Tablo 5.3: Bilgisayar destekli hesaplanan hacimler ve kontrol yöntemine göre değişim oranları. 174

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AD	: Dolgu Şevi Yönündeki Arazi Koordinatı
AK	: Kazı Şevi Yönündeki Arazi Koordinatı
BIM	: Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modellemesi)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DS	: Dolgu Şevi Son Noktasının Koordinatı
EBT	: Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları
İHA	: İnsansız Hava Aracı
KB	: Kazı Şevi Başlangıç Noktasının Koordinatı
KS	: Kazı Şevi Son Noktasının Koordinatı
LİDAR	: Light Detection and Ranging (Işık Algılama ve Uzaklık Ölçümü)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NBT	: Normal B Tipi Tali Orman Yolları
OAY	: Ortalama Alan Yöntemi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SBT	: Standartları Yükseltilmiş B Tipi Tali Orman Yolları
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
RTK-GPS	: Real Time Kinematic-Global Position System (Gerçek Zamanlı Küresel Konumlandırma Sistemi)
YLT	: Yersel Lazer Tarayıcı
YPK	: Kazı Şevi Yönündeki Yol Platformu Noktasının Koordinatı
YPO	: Yol Platformu Orta Noktasının Koordinatı
YPD	: Dolgu Şevi Yönündeki Yol Platformu Noktasının Koordinatı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN YOLLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE KAZI-DOLGU HESAPLAMA METOTLARININ ANALİZİ

Hakan TOPATAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

Danışman : Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK

Yol planlaması ve inşaatı zaman alıcı, çok değişkenli ve karmaşık bir süreçtir. Bu süreçteki en önemli aşamalardan biri, toprak işlerinin tahmin edilmesidir. Hafriyat tahmininin doğruluğu mühendislik çalışmalarının tüm yönlerinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle dağlık arazilerde inşa edilen düşük hacimli orman yolları projelerinde en büyük maliyet bileşenini temsil eder.

Bu çalışmada, orman yollarında kazı-dolgu hacimlerinin tahmininde kullanılan geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacimler ile bilgisayar destekli olarak hesaplanan hacimlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak İÜC Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda bulunan bir orman yolunun 420 m'lik bölümü seçilmiştir. Hacim hesaplarında geleneksel yöntemlerden, Ortalama Alan yöntemi, Prizmatik yöntem, Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemi ve Pappus teoremi kullanılmıştır. Aynı çalışma alanında Autodesk Civil 3D yazılımında kazı-dolgu hacimleri hesaplanarak, kontrol değerleri belirlenmiş ve geleneksel hacim yöntemleriyle hesaplanan hacimler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre orman yolları çalışmalarında belirlenen enkesit

ölçüleri standartlarına uymanın önemli olduğu, hacim hesaplarında sadece enkesit aralıklarına dikkat etmenin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bilgisayar destekli hacim hesaplamalarında, yolun yatay, düşey geometrisini dikkate alan ve 5 m aralıklı enkesitlerin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Aralık 2022 , 292. sayfa.

Anahtar kelimeler: orman yolları, hafriyat, bilgisayar destekli hacim hesabı, civil 3D

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

ANALYSIS OF CUT AND FILL METHODS IN PROJECTING OF FOREST ROADS

Hakan TOPATAN

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Forest Engineering Programme

Supervisor : Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK

Road planning and construction is a time-consuming, multi-variable and complex process. One of the most important steps in this process is the estimation of earthwork. The accuracy of earthwork estimation has an important role in all aspects of engineering works. It represents the largest cost component, especially in low-volume forest road projects constructed in mountainous terrain.

In this study, it was aimed to compare the volumes calculated by traditional methods used in the estimation of cut-fill volumes on forest roads with the volumes calculated by computer-aided methods. A section of 420-meter road located in IUC Faculty of Forestry Research and Application Forest was selected as study area. Traditional methods such as Average and Area method, Prismoidal method, Simplified Applicable Lengths method and Pappus theorem were used for volume calculations. In the same study area, cut-fill volumes were calculated in Autodesk Civil 3D software, control values were determined and compared with the volumes calculated by traditional volume methods. According to the obtained results, it was determined that it is important to comply with the cross-sectional dimensions standards determined in forest

road works, and it is not sufficient to pay attention only to cross-sectional spacing in volume calculations. In computer-aided volume calculations, it was determined that cross-sections with 5 m intervals, which take the horizontal and vertical geometry of the road into account, are sufficient.

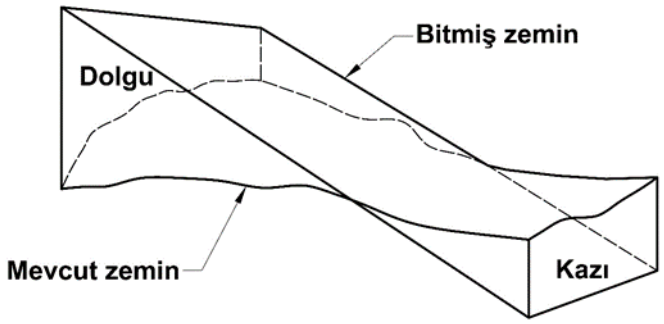
December 2022, 292 pages.

Keywords: forest roads, earthwork, computer aided volume calculation, civil 3D

1. GİRİŞ

Yol planlaması ve inşaatı karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu süreçteki en önemli bileşenlerden biri, hafriyat işinin tahmin edilmesidir (Akgül ve diğ., 2018). Hafriyat tahmininin doğruluğu mühendislik çalışmalarının tüm yönlerinde önemli bir yere sahiptir (Liu ve diğ., 2021). Hafriyat masrafları yol projelerinde en önemli maliyet kalemlerinden birisidir (Artun ve diğ., 2020).

Hafriyat, her türlü zeminin (toprak, küskülük, kaya) kazılması, taşınması ve yerleştirilmesi olarak tanımlanır. İstenilen kot ve eğime ulaşmak için çıkarılması gereken fazla toprak miktarı kazı hacmidir; aynı şekilde istenilen kot ve kotlara ulaşmak için eklenmesi gereken malzeme miktarı da dolgu hacmidir. Şekil 1.1, kazı ve dolgu hacimlerini gösterir (Hickerson, 1967; Hintz ve Vonderohe, 2011).



Şekil 1.1: Toprak işlerinde kazı ve dolgu.

Hafriyat işleri genellikle düşük hacimli orman yollarının yapımında en büyük maliyet bileşenini temsil eder ve dik arazilerde toplam inşaat maliyetinin %80'inden fazlasını oluşturur. Proje bütçesini büyük ölçüde etkilediği için, hafriyat işlemlerinin hacmini tahmin etmek, bütçeyi ve projeyi yönetmek ve ayrıca oluşan çevresel zararları azaltmak için gereklidir (Stückelberger ve diğ., 2006; Umeda ve diğ., 2007; Contreras ve diğ., 2012; Pazhouhan ve diğ., 2017; Matinnia ve diğ., 2018; Eliou ve diğ., 2019; Babapour ve diğ., 2018; Gümüş ve diğ., 2008; Kim ve Schonfeld, 2001; Coulter ve diğ., 2002). Akay (2004) ve Aruga ve diğ. (2005) tarafından

yapılan çalışmalarda da hafriyat maliyetlerinin proje içerisindeki yüksek oranına vurgu yapılmıştır.

Hafriyat hacimlerinin miktarı dolayısıyla hafriyat maliyeti, çoğunlukla yolun düşey doğrultusunun geometrisine bağlıdır (Artun ve diğ., 2020). Ülkemizde dağlık arazi kategorisine sokulabilecek alanların ülke yüzölçümüne oranının yaklaşık olarak %57 olduğu düşünüldüğünde (Görcelioğlu, 2003) toprak işlerinin maliyetli olduğu ve bu işlerin hesaplamalarının ne kadar önemli olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Acar ve Karabacak (2012) tarafından yapılan bir çalışmaya göre 113,638 km orman yolunun yapılmasının toplam maliyeti 1.295.122,84 $, kazı ve dolgu çalışmalarının maliyeti ise 1.240.612,74 $'dır. Bu veriye göre toplam maliyetin %4,2'si diğer işler için ayrılırken, %95,8'i kazı ve dolgu çalışmaları için ayrılmıştır. Bu değerlere göre de 1 km yolun toplam maliyeti ortalama olarak 11.396,92 $/km'dir. Bu maliyeti zemin sınıfı çok etkilemektedir. Aynı çalışmada sert kaya oranı %27,16, küskülük kazı oranı %27,54 olmasına karşın, toplam kazı maliyetleri sırasıyla %42,33 ve %13,49 olmuştur. Zeminde kazı işi zorlaştıkça maliyetlerde artmaktadır. Zemin sınıflarının toprak, küskülük yumuşak kaya, sert kaya ve çok sert kaya olması kazı işlerinin maliyetini önemli ölçüde etkilerken, en önemli kazı kalemi çok sert kaya kazı miktarıdır.

Gümüş ve diğ. (2015) orman yollarının yapımı aşamasında yaklaşık maliyet ve hakediş değerlerini araştırdıkları çalışmalarında, yaklaşık maliyet ile inşaat bitiminden sonraki arazi ölçümlerinden elde ettikleri veriler neticesinde hesapladıkları kazı miktarlarında %31 oranında fark tespit etmişlerdir.

İşgücü ve tesis yoğunluğu nedeniyle, bu tür operasyonların planlanması ve tahmin edilmesi projenin maliyeti yanında, süresi içinde çok önemlidir. Toprak işleri, birçok uygulayıcı tarafından bir bütün olarak projenin başarı veya başarısızlığının göstergeleri olarak kabul edilir. Birçok inşaat projesinde, kazı ve dolgu için büyük miktarlarda toprağın hareketi, genel projenin önemli bir parçası olabilir (Smith ve Wood, 2000).

İnşaat, bakım ve ulaşım maliyetleri orman yolları gibi düşük hacimli yolların ana maliyet bileşenleridir. Yol yapım faaliyetleri (inşaat), en maliyetleri işlemlerden biri olarak kabul edilmekte ve bu faaliyetler arasında en büyük payı hafriyat maliyetleri oluşturmaktadır (Akgül ve diğ., 2018). İnşaat maliyetlerini tahmin etmek ve yol inşaatı operasyonlarının mali

kontrolünü iyileştirmek için hafriyat hacminin doğru tahminleri esastır (Easa, 2003). Geleneksel olarak, hafriyat hacimleri, yol eğim çizgileri boyunca arazi istasyonlarından elde edilen zemin verilerini dikkate alan yöntemler kullanılarak tahmin edilmektedir. Ancak, bu yöntemler, arazi istasyonları arasındaki arazi değişimleri göz ardı edildiğinde doğru tahminler sağlamayabilir (Contreras ve diğ., 2012).

Güvenilir ve doğru hafriyat hacmi hesaplaması, yol mühendisliğinde yol güzergahı seçimi, maliyet ve inşaat seçimini etkileyebilecek en önemli bileşenlerdendir. Hafriyat hacmi, yatay ve düşey güzergah optimizasyonunda en önemli hedeflerden biridir, bu nedenle çoğu araştırma, maliyeti en aza indirmek için öncelikle kazı-dolgu dengelemeye odaklanmıştır. Yol profilinin planlanmasındaki herhangi bir optimizasyon, hafriyat hacmini uygun bir zaman ve doğrulukta hesaplayan güvenilir bir amaç fonksiyonuna ihtiyaç duyar (Cheng ve Jiang, 2013; Babapour ve diğ., 2018).

Proje maliyetinin en önemli kalemlerinden biri olan tesviye işleri ve giderlerinin hesabı, proje hazırlıkları aşamasında yapılmalıdır. Çünkü bu hesaplamalar, planlama kapsamında çeşitli seçeneklerin kullanılması ve alternatiflerin değerlendirilmesi, orman yollarının plan ve proje çalışmalarında para ve zaman bakımından yapılan harcamaları büyük oranda azaltacaktır. Bu nedenle orman yollarının plan ve proje çalışmalarında kazı ve dolgu hesaplamaları yol inşaatından önce yapılabilir hale getirilmelidir. (Tunay ve diğ., 2001).

Ülkemizde yapılan uygulamalarda, orman yollarının yapım maliyetini etkileyen en önemli iş kalemlerinden olan kazı işleri ve zemin sınıfları, proje hazırlanmadan, gözlemlere dayalı olarak yaklaşık maliyetleri tespit edilerek, 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu kapsamında ihaleye çıkılmaktadır. Yükleniciler teklif cetvellerindeki iş miktarlarına göre teklif sunmaktadır. İşin sonunda oluşan farklar nedeniyle haksız kazanç ya da az kazanç elde edilmesi gibi sonuçlarla karşılaşılmakta, bununla birlikte birçok olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca işin gerektirdiği teknik yapıların bazen eksik olarak inşa edilmesi söz konusu olmaktadır. Açık ihale ya da doğrudan temin yoluyla yaptırılan yollarda da profil noktalarında yol genişliği ve yamaç eğimi dikkate alınıp, proje hazırlanmamaktadır (Acar ve Karabacak, 2012).

Orman yolları yüksek maliyetli alt yapı tesisleridir. Orman yolu projelerinde maliyeti etkileyen en önemli kalem ise kazı çalışmalarıdır. Hafriyat maliyetini ve hafriyat ile ilgili masrafları hesaplamak için öncelikle yol ekseni boyunca alınan enkesitler kullanılarak kazı ve dolgu hacmi hesaplanır. Dolgu yapımında kazı hacimleri kullanılır. Orman yollarının alternatiflerinin

değerlendirilmesinde en düşük kazı ve dolgu hacmini oluşturan güzergâh planı, aynı zamanda en düşük maliyeti oluşturduğundan optimum güzergâh olarak planlanmalıdır (Thuresson, 1995; Tunay ve diğ., 2001; Gümüş, ve diğ., 2003; Acar ve Karabacak, 2012).

Hafriyat hesaplamasının doğru yapılması, inşaat planını makul ve kullanışlı hale getirebilir, inşaat süresini azaltabilir ve proje programını iyileştirebilir. Halihazırda hafriyat işlerinin çeşitli hesap yöntemleri ve araçları bulunmakta olup, aslında hafriyat işlerini planlama ve tasarım aşamasında etkin bir şekilde hesaplamak mümkündür. Tahminlerin hassasiyeti için projeye uygun hesaplama yöntemlerini ve ölçüm yöntemlerini seçmek gerekmektedir. (Liu ve diğ., 2021).

Diğer taraftan orman alanlarında akarsulara ulaşan sedimentin en önemli kaynağı bakımsız ve düşük standartta inşa edilmiş orman yollarıdır (Akay ve diğ., 2007). Standartlara uygun olmayan kazı-dolgu şevleri, hatalı drenaj tesisleri, üst yapı problemleri vb. bu akarsulara ulaşan sedimentin ana sebeplerindendir. Maliyet unsurunun yanında, çevresel zararlardan birisi olan erozyonu en az seviyeye indirmek, yani akarsulara ulaşan sediment kaynaklarını azaltmak için toprak işlerinin doğru planlanması ve tekniğine uygun yapılması gereklidir.

Proje maliyetlerinin yanında yol güzergahının, doğaya yakın çevreye en az zararı verecek bir anlayışla planlanması mecburidir. Bunların yanı sıra yapılacak yolun, ormancılık faaliyetlerine hizmet edecek, ormanda yapılan her türlü aktiviteye altlık oluşturacak bir tesis olması gerekmektedir. Bütün bunları bir arada değerlendiren, planlamaya en tepeden bakan, uygulaması basit, zaman ve emek açısından tasarruf ettirecek bir planlama tekniği ile alternatif yol güzergahlarından optimum faydayı sağlayacak yol güzergahı belirlenmelidir. Bu yaklaşım baz alınarak, orman yollarının planlanmasında bu zamana kadar birçok yöntem üzerine araştırmalar yapılmıştır. Orman yollarının yapımı çok farklı arazi koşullarında gerçekleştirildiğinden, çoğu zaman geliştirilen yöntem veya teknik her alana uymamış, gelişen teknoloji ile birlikte de sürekli olarak bu yöntemlerin geliştirmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla her geçen gün maliyetlerin düşürülmesi, çevreye verilecek zararın en az seviyeye indirilmesi, orman işletmelerinin faaliyetlerine hizmet edecek optimum yolun tesisi, yol yapımı ve planlanması için verilecek emeğin azaltılması hedeflenmiştir.

Orman yolu projelerinin en önemli kalemlerinden olan toprak işleri ve hacim hesaplamaları ile ilgili literatürde birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda, toprak işlerini ve dolayısıyla hafriyat maliyetlerini en aza indirmek hedeflenmiş, optimum yatay ve düşey güzergah arayışları

üzerine modeller geliştirilmiş, hacim tahmin yöntemlerine yeni öneriler getirilmiş, geleneksel hacim tahmin yöntemleri irdelenmiş, gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar destekli üç boyutlu hacim tahminleri değerlendirilmiş, üç boyutlu hacim tahminleri için gereken verilerin elde ediliş yolları ve arazide veri toplama yöntemleri incelenmiş, bu verilerden elde edilen ve hacim tahminlerinde kullanılan arazi modellerinin üretileceği yöntemler kıyaslanmış, geleneksel yöntemlerle bilgisayar destekli yöntemler karşılaştırılmış ve sürekli olarak hacim tahmin yöntem ve modellerini iyileştirmek üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Bayoğlu (1980) yaptığı çalışmada, sıfır hattına göre farklı yamaç eğimlerini baz alarak yaptığı çalışmada, standart enkesitlerden yararlanarak kazı ve dolgu alanlarını hesaplamış, bu hesaplamalardan tablolar oluşturmuştur. Bu tabloların düzenlenmesi için, zemin tipine göre farklı yamaç eğimlerinde inşa edilecek yolların platform genişlikleri ile kazı ve dolgu şevlerinin belirlenmesi gerektiğini bildirmiştir. Sıfır hattı baz alınarak inşa edilen orman yollarında platform genişliğinin hesabı, kalıcı kabarma değeri de göz önünde bulundurularak, kazı ile elde edilen toprak hacmiyle dolgu hacminin birbirine eşit olacağı varsayımı ile enine hacim dengelemesi prensibine dayanmaktadır. Çalışma sonucunda, bu yöntemin oldukça düzgün ve tekdüze seyreden yamaçlar için uygun olduğunu, düzensiz yamaçlarda yani büyük dolguların yapılması gereken yamaçlarda uygulanmasının yerinde olmayacağını belirtmiştir.

Kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında bazı araştırmacılar hacim hesabının girdilerinde, hacim hesabını etkilemeyecek basitleştirme yöntemlerini önermişlerdir.

Siyam (1987) çalışmasında, enkesit alanlarının hesaplanması için yaklaşık yöntemlerin kullanılmasından kaynaklanan hataların hafriyat hacimlerinin belirlenmesinde önemsiz olduğunu, hacim belirlenirken gerçek kesit yerine basitleştirilmiş bir kesit kullanılabileceğini belirtmiştir. Hacim hesaplamasının doğruluğunu etkiyen en büyük faktörün kesitler arasındaki mesafe olduğunu bildirmiştir.

Easa (1989) yaptığı araştırmada araştırmada yol enkesitlerinin düzensiz arazi profillerini düz bir çizgi ile basitleştirme yöntemini sunmuştur.

Toprak işleri bir projenin maliyetini olumlu veya olumsuz yönde oldukça fazla etkileyebilir. Özellikle dağlık arazilerdeki orman yolları için hafriyat hacmi ödenekleri (hak edişleri) önemli bir maliyettir (Aruga ve diğ., 2005). Bu amaçla bazı araştırmacılar hafriyat maliyetlerini azaltmak için çeşitli yollar denemişlerdir.

Yol eğimleri yolun geometrik standartlarını karşılamak için belirlenir. Eğimler belirlendikten sonra, maliyeti en aza indiren hafriyat seçenekleri belirlenir (Easa, 1988). Bu amaçla Easa (1988) yaptığı araştırmada, bu iki aktiviteyi birbirine bağlayan, hafriyat maliyetini en aza indiren ve geometrik özellikleri karşılayan bir model sunmuştur.

Göktepe ve Lav (2004) yol yapımı projelerinde kabarma ve sıkışma faktörlerini göz önünde bulundurarak, kazı-dolgu dengelemesini optimize etmek ve hafriyat miktarlarını en az indirerek uygun maliyetli sonuçlar elde etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, varsayımsal bir zemin hattı tanımlayan "ağırlıklı zemin hattı yöntemi" ni sunmuşlardır.

Hafriyat hacimlerini en aza indirmek, yol yapım projelerinin ana görevlerinden biridir. Hafriyat hacimlerini en aza indirmek için en etkili yollardan biri düşey doğrultuyu optimize etmektir (Artun ve diğ., 2020). Düşey doğrultu optimizasyonunu sağlamak için birçok çalışma yapılmıştır. Akay (2004) yaptığı araştırmada, orman yollarının tasarımında, kazı-dolgu dengelemesi için doğrusal programlama ve düşey doğrultma için "heuristic" yaklaşımı baz alan iki optimizasyon tekniğini birleştiren bir yöntem sunmuştur. Araştırmanın sonunda, modelin sadece yapım maliyetini dikkate aldığını, orman yollarının güzergah seçimi sorununa çözüm getiremediğini belirtmiştir.

Yol yapımının en maliyetli kalemlerinden olan toprak işleri zemin klaslarına göre çok farklı değerlere ulaşabilir. Zeminin kolay kazılan bir zemin olması durumunda maliyetler azalırken, zor kazılan sert kaya gibi zeminlerde ise toprak işlerinin maliyetleri oldukça fazla olabilir.

Orman Genel Müdürlüğü (2008) tarafından hazırlanan 292 sayılı "Orman Yollarının Planlanması, Yapımı ve Bakımı" isimli tebliğde, kazı hacmi hesabı enkesitlerde, üçgen ve yamuklara (trapezlere) ayrılan alanların yüksekliklerinin toplanması ile, ardı ardına gelen iki enkesitin alanlarının ortalamasının alınarak, kesitler arasındaki mesafenin çarpılmasıyla bulunur. Yani kazı hacmi hesaplarında prizma hacmi hesabı yapılır. Tebliğe göre hacim hesaplarında ortalama alan yönteminden faydalanılır. Hacim hesaplarında gerçek kazı ile uyumun sağlanması için alınan kesitlerin benzerliği, ara mesafelerin homojenliği ve zemin klas farklarına dikkat edilmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir.

Acar ve Karabacak (2012) Göller Bölgesinde yaptıkları çalışmada, 2003-2008 yılları arasında yapılan 43 orman yolunun ihale dosyasını araştırmış, ihale dosyasında tespit edilen maliyetler, kazı ve dolgu miktarları ile hakediş maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Yaptıkları karşılaştırmalar

neticesinde ihale öncesinde yapılan tespitlerin yetersiz kaldığını, ihale sürecinde tespit edilen maliyet ve kazı miktarları ile hakedişlerin uyuşmadığını tespit etmişlerdir. Yaptıkları hesap ve analizlerde, yol uzunluğu, kazı miktarları ve maliyet arasında doğru orantılı ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda orman yolları projelerinin başarılı olabilmesi için, kazı miktarları ve zemin sınıfı tespitlerinin, özellikle de çok sert kaya kazı miktarlarının modern yöntemlerle daha özenli belirlenmesi gerektiğini ve yaklaşık maliyetlerin daha doğru hazırlanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Bazı araştırmalarda geleneksel hacim tahmin yöntemlerinin sonuçlarının iyileştirilmesi amacıyla geliştirilmesi önerilmiştir. Geleneksel yöntemlerin bazı formüller veya modellerle birleştirilmesinin faydalı olacağını bildirmişler bu amaçla çeşitli çalışmalar sunmuşlardır.

Easa (1988) yaptığı çalışmada, grid yöntemle doğrusal olmayan zeminlerin hacim hesaplamalarında kullanılmak üzere bazı formüller sunmuştur. Çalışma sonucunda zemini doğrusal kabul eden yöntem ile geliştirilen yöntemin hesapladığı hacimleri karşılaştırmış, zeminin doğrusal olduğunu kabul eden yöntemle hesaplanan hacmin daha az olduğunu tespit etmiş ve aralarında %7 fark bulmuştur.

Epps ve Corey (1990) yaptıkları çalışmada kazı ve dolgu hacimlerini daha doğru hesaplamak için ortalama alan yönteminin (OAY) temel kavramlarını kullanan ve sonuçlarının doğruluğunu iyileştiren, ortalama alan yönteminin bir modifikasyonu olan uygulaması basit bir hesaplama tekniği önermişlerdir. Çalışmanın sonucunda önerdikleri yöntemin, kazı ve dolgu hacimlerini makul derecede doğru tahmin ettiğini, OAY'nin eşit kazı-dolgu alanlarına sahip bölümler için kesin sonuçlar verdiğini bu sebeple eşit olmayan kazı-dolgu alanlarının olduğu bölümlerde önerilen yöntemin OAY'nin doğrudan uygulanmasından daha doğru olduğunu, prizmatik yöntem için gereken ek orta kesite gerek kalmadığını ve uygulanmasının standart hafriyat tablolarından daha kolay olduğu bildirilmiştir.

Hacim hesaplama amacıyla zamanla birçok geleneksel yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bazı avantajları olurken, dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sebeple çeşitli araştırmacılar tarafından geleneksel yöntemlerin karşılaştırmaları yapılmıştır.

Oloufa (1991) yaptığı çalışmada geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinden olan grid yöntem, ortalama alan ve prizma yöntemlerini karşılaştırarak, bu yöntemlerin zayıf ve güçlü yönlerini kıyaslamıştır.

Easa (1992a), yaptığı araştırmada, kurplu yolların hafriyat hacimlerini ortalama alan yöntemi (OAY) ile tahmin etmenin yaklaşık olacağını ve yalnızca düz arazilerde uygun olduğunu, düz olmayan dağlık veya tepelik araziler için yöntemin eksik kaldığını belirtmiştir. Bu nedenle tam hacmi elde edebilmek için, enkesitler arasında ters eğimin sabit olduğunu varsayan üçlü entegrasyona dayalı bir matematiksel model geliştirmiştir.

Easa (1992c) yaptığı bir diğer çalışmada, Epps ve Corey (1990) tarafından çeşitli enkesit türlerinin kombinasyonlarında kazı-dolgu hesaplamaları için yaptıkları çalışmayı irdelemiştir. Çalışmadaki yöntemin inşaat öncesinde ve tasarım sırasında ihale amaçlı hafriyat hesaplamalarına uygun olduğunu, ancak nihai ödemeler için daha doğru bir yöntemin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Yazar araştırmasında, son ödeme tutarları için hacim hesaplama yöntemini açıklamış, Epps ve Corey (1990) tarafından sunulan yöntemle karşılaştırma yapmış ve III. tip (geçiş) enkesitleri için alternatif hesaplamalar sunmuştur.

Geleneksel hacim hesaplarının birçoğu arazinin doğrusal, yol kesitindeki eğimin sabit olduğunu varsayar. Çoğunlukla tepelik ve dağlık arazilerden oluşan yollarda eğim sabit değildir (Contreras ve diğ., 2012). Dağlık ve engebeli arazilerde ise ani eğim değişimleri olduğu için bu yöntemlerin sonuçları gerçek hacim değerlerinden sapmalar gösterebilir. Eğim değişimlerinin ani olduğu bu gibi karmaşık arazi profilleri için, eksik kalan bu kısmı yeni simülasyon veya modeller geliştirerek çözüm önerisi sunan çalışmalar yapılmıştır.

Kim ve Schonfeld (2001) enkesit alanlarını daha hassas bir şekilde tahmin etmek ve maliyet tahminlerini iyileştirmek için ağırlıklı enterpolasyon ve düzlemsel enterpolasyon olmak üzere iki yöntem geliştirmiştir.

Easa (2003) yaptığı çalışmada karmaşık zemin profilleri ve kesitleri olan kurplu yolların hafriyat hacimlerini doğru bir şekilde tahmin etmek için Monte Carlo simülasyonunu kullanan bir yöntem geliştirmiştir. Monte Carlo simülasyonu, ilgili rastgele değişkenlerin olasılık dağılımlarına dayalı olarak rastgele sayılar üretir. Bu simülasyon tekniği, karmaşık mühendislik sistemlerini analiz etmek için çok güçlüdür ve birkaç genel uygulama için kullanılmıştır.

İlerleyen teknolojiyle birlikte bilgisayar teknolojileri de gelişmiş, kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında bilgisayar destekli araştırmalar geliştirilmiştir.

Bolu mıntıkasında Demir (2002) tarafından yapılan araştırmada, orman işletme şeflikleri boyutunda tasarlanan orman yolu planlarının kazı-dolgu miktarlarını hesaplamıştır. Bu amaçla, kazı-dolgu miktarlarını ortalama alan yöntemiyle hesaplamış daha sonra aynı yol için kazı-dolgu miktarlarını bilgisayar InROADS SelectCAD Version 7.6 yazılımı ile hesaplamıştır.

Orman yollarının hacimlerini hem yatay doğrultu hem de düşey doğrultu etkiler. Sadece yatay doğrultu üzerinde yapılan çalışmalar gerektiği kadar hacim tahminlerinin iyileştirilmesini geliştirmez. Aynı şekilde sadece düşey doğrultu üzerine odaklanmak da sağlıklı bir sonuç vermeyecektir. Bu nedenle hem yatay hem de düşey doğrultunun aynı anda iyileştirilmesi gerekmektedir. İki yönlü optimizasyon hacim tahminlerini gerçeğe yakınlaştıracaktır. Bu amaçla yatay ve düşey güzergahları optimize etme odaklı çalışmalar yapılmıştır.

Aruga ve diğ., (2005) yaptıkları araştırmada, yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) ile "Tabu Search" tekniğini kullanarak orman yollarının yatay ve düşey güzergahlarını aynı anda optimize eden bir orman yolu tasarım modeli geliştirdiler.

Aruga (2005) yaptığı diğer bir çalışmada tabu aramasını kullanarak orman yollarının yatay ve düşey doğrultmalarını eşzamanlı optimize etmeye yönelik bir program açıklamıştır. Tabu arama, optimal çözümleri bulmayı garanti etmeyen ancak optimale yakın çözümleri makul bir süre içinde bulan sezgisel tekniklerden biridir.

Ülkemizin topoğrafik olarak çoğunluğu dağlık bölgelerden oluşmaktadır (Görcelioğlu, 2003). Orman yolları da bu dağlık bölgelerde planlanmaktadır. Bu nedenle, orman yollarının plan ve proje çalışmalarında sayısal arazi modellerinin kullanımı zaman ve maliyet bakımından yapılan harcamaları büyük ölçüde azaltır. Yapılan araştırmalara göre klasik yöntem, sayısal veriler ile bilgisayar ortamında çalışmaktan daha maliyetlidir (Melemez ve diğ., 2015). Ancak, ortalama alan yöntemi karayolu tasarımında köklü bir yere sahiptir. ABD' de yapılan bir araştırmaya göre, tasarım tahminleri için yol tasarımcılarının %87'si ve son miktarlar için de %91'i ortalama alan yöntemini kullanmakta ve işverenlerin %97'si politikalarında, standartlarında ve prosedür belgelerinde ortalama alanlar yöntemini onaylamaktadır (Cheng ve Jiang, 2013).

Sayısal arazi modelinin ortaya çıkması ve yaygın olarak uygulanması ile yol tasarımı üç boyutlu çağa adım atmış ve buna bağlı olarak hafriyat hacmi hesaplaması için üç boyutlu yöntem de geliştirilmiştir. Bilgisayar destekli olarak hacim hesaplarının yapılabilmesi için arazinin modellenmesi gerekmiş, arazi modelleme üzerine çalışmalar literatürde yerini almıştır. Üretilen

bu arazi modelleri birçok bilgisayar yazılımında hacim tahminleri yapmak üzere kullanılmıştır. Sayısal arazi modellerinin kalitesi hacim tahminlerini doğrudan etkilediği için, özellikle sayısal arazi modelinin üretilmesi öncesinde arazi ölçüm teknikleri önem kazanmış, arazi ölçümlerinde faydalanılan yöntemler üzerine birçok araştırma şekillenmiştir. Yersel ölçüm teknikleri ile havadan farklı yollarla yapılan ölçüm teknikleri karşılaştırılmış, bu tekniklerin çeşitleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla SAM üretmede faydalanılan RTK-GPS, LİDAR, İHA, YLT gibi araçlar kullanılmıştır. Üretilen modeller birçok bilgisayar yazılımında kullanılmış, kullanılan bilgisayar yazılımları farklı yollarla üretilen SAM ile uygulanmıştır. CBS ve CAD tabanlı yazılımlar hacim hesaplamalarında kullanılan yazlımlar arasında yer almaktadır.

Coulter ve diğ., (2002) yaptıkları çalışmada yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modeli kullanarak, yatay ve düşey kurplar dışındaki aliymanlarda hafriyat hesaplamak için bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi referanslı bilgileri entegre etme, depolama, düzenleme, analiz etme, paylaşma ve görüntüleme yeteneğine sahip, mekânsal veri yönetimi ve mekânsal planlama için yaygın olarak kullanılan ve birçok tematik haritanın üretilmesine sağlayan bir bilgisayar yazılımıdır. (Sulistyo, 2007). Orman yollarının planlanmasında da coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) faydalanılmıştır. CBS konuma ilişkilerin bilgilerin değerlendirilmesi ve analizleri ile farklı planlama seçenekleri sunar (Gümüş ve diğ., 2003). Yazılımdaki katmanlama konsepti, haritalama ve her türlü mekânsal verinin analizini kolaylaştırır. Daha genel anlamda CBS, kullanıcıların etkileşimli sorgular (kullanıcı tarafından oluşturulan aramalar) oluşturmasına, konumsal bilgilerin analiz edilmesine, verileri, haritaları düzenlemesine ve tüm bu işlemlerin sonuçlarını sunmasına olanak tanıyan bir araçtır. (Sulistyo, 2007).

Tunay ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada orman yollarının planlanmasında kazı-dolgu hacimlerini sayısal arazi modellerinin analiziyle gerçekleştirmeyi amaçlamış ve 4 adet orman yolu projesinde coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla kazı hacmi, dolgu hacmi, kazı-dolgu hacim farkları, dengeleme ve yüzey alanlarını elde etmişlerdir.

(Gümüş, et al., 2003) Antalya bölgesinde yaptıkları araştırmalarında güzergah boyunca kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanmasında CBS'nin kullanım olanaklarını irdelemiştir.

(Sulistyo, 2007) Sepinggan havalimanının 1 km kuzeyinde yaptığı çalışmada, CBS ile kazı-dolgu hacmini hesaplamak ve bu hesaplamanın simülasyonunu yapmayı amaçlamıştır. Bu

amaçla hesaplamalarda isopach (izopak) yöntemini kullanmıştır. İzopak haritaları, aynı kalınlıktaki noktalardan geçirilen eşkalınlık eğrileriyle (izopaklar) oluşturulan haritalardır (İcîfer, 1984).

Arıcak ve Acar (2008) yaptıkları çalışmada yol güzergahına ait bilgileri uzaktan algılama verileriyle elde edip CBS tabanında kullanarak geliştirdikleri modelle orman yolu inşaatında dolgu ve inşaat etki alanını belirleyip, çevreye daha az zarar verecek orman yolu yapımı imkanı sunmuşlardır.

LiDAR teknolojisinden (Light Detection and Ranging; lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan teknoloji) türetilen yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modelleri, her bir raster ızgara hücresinin yükseklik verilerini kullanarak hacim tahmininde doğruluğu artırmak için son zamanlarda orman yolu planlamasına ve tasarımına dahil edilmiştir. Bu teknoloji, ormanlık arazileri haritalamak için kullanılan, yoğun bir kapalılık altında bile doğru tahminler veren orman yollarının tanımlanmasını iyileştirmek için iyi bir fırsat sağlayan bir uzaktan algılama teknolojisidir (Reutebuch ve diğ., 2003; Aruga, 2005; Contreras ve diğ., 2012; Zhang ve diğ., 2016).

Aruga ve diğ., (2005) LİDAR teknolojisi ile ürettikleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli ile bir orman yolu tasarım programı geliştirdiler. Geliştirdikleri modelle Pappus teoremi ve Aruga ve diğ., (2005) tarafından geliştirilen düşey doğrultu optimizasyon modelini birleştirerek, enine kesitler oluşturdular, enkesit alanlarını hesapladılar ve hafriyat hacimlerini doğru bir şekilde tahmin ettiler. Enkesitler arasındaki mesafe azaldıkça daha sağlıklı sonuçlar alınabildiğinden, 1 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanarak tahmin ettikleri hacimleri kesin hacimler kabul ederek farklı kesit aralıkları ile tahmin edilen hacimlerle karşılaştırma yaptılar. Çalışmanın sonuçlarında modelin, kurplu yollarda pappus yöntemi ile kesitler arasında 3 metre mesafe olduğunda hacim hesaplarını doğru bir şekilde yapabildiğini, pappus yönteminin kurp yarıçaplarının 20 metreden az, kavşak açıları 90°’ den büyük olduğunda (Japan Forest Road Association, 2003) kullanılması önerilmesine rağmen bu değerlerden daha büyük yarıçaplarda ve daha küçük kavşak açılarında kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Contreras ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada, LİDAR teknolojisi ile ürettikleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanarak, planlanan bir orman yolunun kazı ve dolgu hacimlerini doğru bir şekilde tahmin etmek için bilgisayarlı bir model geliştirdiler.

Geliştirdikleri bu modeli, farklı arazi eğimlerine ve engebelere sahip üç varsayımsal orman yolu tasarımına uyguladılar. 1 metrelik aralığın gerçek hafriyat hacmini sağladığını varsayarak, çeşitli kesit aralıklarının hafriyat hacmi tahmininin doğruluğu üzerindeki etkilerini incelediler. Ayrıca model sonuçlarını geleneksel ortalama alan yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırdılar.

Orman yollarının kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında kullanılacak sayısal yükseklik modellerinin oluşturulmasında üç boyutlu yersel lazer tarama (YLT) teknolojisi de kullanılmıştır.

Üç boyutlu lazer tarama teknolojisi, yüzlerce metrelik mesafelerde her saniye binlerce noktanın konumunu kaydederek, enine kesitlerde ayrı veri noktaları toplamak için toplam istasyonları kullanan geleneksel ölçme yöntemlerinden önemli ölçüde daha fazla veri noktası yoğunluğu sağlar. YLT teknolojisi, hafriyat miktarlarını belirlemek için inşaat öncesi ve sonrası detaylı bir model oluşturmak için kullanılabilir (Slattery ve diğ., 2012).

Slattery ve diğ. (2012) yaptıkları araştırmada, yol projelerinde YLT kullanmak için bir iş akışı geliştirdiler ve grafiksel bir kullanıcı ara yüzü ile özelleştirilmiş bir bilgisayar programı oluşturdular. Çalışma kapsamında oluşturulan yüzeyi bir üçgen düzensiz ağ (TIN) dosyasına dönüştürüp orijinal arazinin TIN'ni bitmiş proje ile karşılaştırıp kazı-dolgu miktarlarını hesapladılar.

Kazı-dolgu hesaplamalarını yapmak amacıyla veri toplanması için İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri de kullanılmıştır. Bu sistemler uzaktan kumanda edilen, sensörlerle donatılmış uçak veya helikopterlerdir (Siebert ve Teizer, 2014).

Siebert ve Teizer, (2014) yaptıkları çalışmada, İHA ile toplam üç fotogrametrik ölçüm yaptılar ve geleneksel yersel ölçüm tekniği ile karşılaştırdılar. Yersel ölçümlerde yüksek doğruluğu sağlamak amacıyla RTK-GPS ile donatılmış ekipman kullandılar.

Melemez ve diğ. (2015) orman yollarının bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, yeni yapılan iki yol projesini karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında arazi üzerinde total station cihazı ile ölçümler yapmış, alınan veriler ile sayısal arazi modeli üreterek, iki yol güzergahı belirlemişlerdir. NetCad programının NetPro modülü ile kazı-dolgu hesaplarını yapmış, kübaj tablolarını oluşturmuş ve brükner hesaplarını yapmışlardır.

Cheng ve Jiang, (2013) 3 boyutlu (3D) yöntemle hafriyat hacmini hesaplama amacıyla yaptıkları çalışmada araç olarak Civil 3D yazılımını seçmişlerdir. Makalede, sayısal arazi modeli tabanlı Civil 3D yazılımı ile 3D yöntemle hafriyat hacmini hesaplamanın uygulanabilirliği doğrulamış ve pratik mühendislik çalışmaları için iki boyutlu (2D) ve 3D yöntemler arasındaki farkları karşılaştırmışlardır.

Akgül ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada, orman yolları gibi düşük hacimli yol planlamasında kullanılabilecek sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimi açısından en güvenilir ve en etkili yöntemi araştırmak ve hafriyat hacmi hesaplamalarında kullanılan en son teknolojinin artılarını ve eksilerini ortaya koymak amacıyla, İHA ve GNSS sistemleri ile topladıkları verileri üç farklı yolun kazı ve dolgu hacimlerini hesaplamak için karşılaştırmışlardır.

Orman yollarının kazı-dolgu hacimlerinin tahmininde geleneksel yöntemler ile bilgisayar destekli yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Şentürk ve diğ. (2018) bu amaçla yaptıkları araştırmada, topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntemle planlanan bir yolu irdelemişlerdir. Aynı sahada kazı-dolgu hesaplarını bilgisayar destekli yöntemle incelemişlerdir. Araştırma sürecinde bilgisayar destekli olarak yaptıkları uygulamada AutoCAD Civil 3D yazılımını kullanmışlardır. Hem geleneksel yöntemle hem de bilgisayar destekli yöntem kullanarak kazı-dolgu hesaplarını yapmışlardır.

Yol projelerinin toprak işlerinin doğruluk ve hesaplama kolaylığı açısından yaygın olarak kullanılan hesaplama yöntemleri, ortalama alanlar ve uygulanabilir uzunluklar yöntemidir (Eliou ve diğ., 2019).

Eliou ve diğ. (2019) çalışmalarında uygulanabilir uzunluklar yöntemine odaklanarak, klasik uygulanabilir uzunluklar yöntemini basitleştirerek Karakikes (2012), Gizas (2016) ve Gkoutzini (2017) tarafından yapılan yüksek lisans tezlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmadaki analiz, Profesör Nikolaos Eliou'nun danışmanlığında Tesalya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden üç yüksek lisans öğrencisi tarafından gerçekleştirilen üç yüksek lisans tezinin bir sentezidir.

Orman yollarında 3D yöntemle kazı-dolgu hesaplamaları yapılırken kullanılan sayısal arazi modeli (SAM) sonuçlara etki edeceğinden oldukça önemlidir. (Gülci ve diğ., 2021) yaptıkları çalışmada; belli iki nokta arasında bulunan sabit bir test güzergâhı için, 1/25000 ölçekli topografik harita, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ve RTK-GPS (Real Time

Kinematic-Global Position System) olmak üzere üç teknikle ürettikleri sayısal arazi modelinin kazı-dolgu ve yol güzergahı tespitinde performanslarını incelemiş, bu amaçla yolun başlangıç ve bitiş noktaları ile güzergâhını dikkate alarak sayısal ortamda kazı-dolgu farklılıklarını karşılaştırmışlardır.

Artun ve diğ. (2020) yaptıkları araştırmada, yatay doğrultuyu sabit tutup, yolun düşey doğrultusunda optimizasyonu sağlayarak, hafriyat maliyetlerini düşürmeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında AutoCAD Civil 3D yazılımında ortalama alan yöntemi ve prizmatik yöntem ile hafriyat hacimlerini hesaplamışlardır.

Yongxiao ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada TIN ile hafriyat hesaplama ilkesini anlatmış, TIN yönteminin daha basit, doğru ve hesaplı olduğunu ifade etmişlerdir.

Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2022 yılında yayınlanan, 2021 yılı faaliyet raporuna göre, orman içinden geçen diğer yollarda (köy yolu, karayolu, maden yolu, yayla yolu vb yollar) hesaba dahil edildiğinde 87.936 km daha yola ihtiyaç olduğu (OGM, 2022), 1 km yol için gereken toplam maliyetin ortalama olarak 11.396,92 $/km olduğu düşünüldüğünde ise (Acar ve Karabacak, 2012), ihtiyaç duyulan yolların toplam maliyetinin 1.002.199.557,12 $ olduğu sonucuna varılır. Özellikle dağlık bölgelerde yol temelinin genellikle kazı alanına inşa edildiği (Acar ve Karabacak, 2012), ülkemizinde %57'sinin dağlık olduğu düşünüldüğünde (Görcelioğlu, 2003), bu maliyetin % 80 oranında kazı-dolgu işlerine ayrıldığı hesaplanırsa 801.759.645,70 $ dolar kazı-dolgu iş kalemi olduğu kabaca hesaplanabilir.

Bu çalışmada çok karmaşık ve zaman alıcı süreç olan yol projelerinin, inşaat maliyetlerini en aza indirmek, çevreye duyarlı bir inşaat gerçekleştirebilmek, önceden yapılan doğru planlarla alternatifler arasından optimum yol güzergahını seçebilmek için toprak işlerinin hesapları konusu araştırılmıştır. Bu amaçla bu tez çalışmasında, orman yolları ile ilgili genel kavramlara değinilmiş, standartlara uygun kazı-dolgu şev eğimleri hakkında genel bilgilere yer verilmiş, kazı-dolgu hesaplama metotları incelenmiş, geleneksel ve üç boyutlu hacim hesaplama teknikleri karşılaştırılarak, bu tekniklerin analizleri yapılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmayla ilgili olarak üç adet araştırma hipotezi oluşturulmuştur. Bunlar;

1) H_0 : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel hacim hesaplama yöntemleri ile bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemleri arasında bir fark yoktur.

   H_A : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel hacim hesaplama yöntemleri ile bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemleri arasında bir fark vardır.

2) H_0 : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerleri arasında fark yoktur.

   H_A : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerleri arasında fark vardır.

3) H0 : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerleri arasında fark yoktur.

   HA : Orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerleri arasında fark vardır.

Çalışmadan elde edilen sonuç ve verilerin, orman yollarının kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında kullanılacak yöntemlerin seçiminde, etkin bir biçimde uygulanmasında ve değerlendirilmesinde bir altlık olacağı düşünülmektedir. Bu tez çalışması beş ana bölümden oluşmaktadır;

"Giriş" bölümünde orman yollarının yapım maliyetleri, bu maliyetler içinde toprak işlerinin yeri, kazı-dolgu hesaplamalarının önemi, konu ile ilgili daha önce yapılan araştırmalar ile birlikte tez çalışmasının önemi ve amacı, oluşturulan hipotezler verilmiştir.

“Kavramsal Çerçeve” bölümünde orman yollarının; tanımı, önemi, inşaatı ve çevreyle olan ilişkileri, tipi ve standartları, planlanmasına ilişkin genel bilgiler ve kazı-dolgu hesaplama yöntemlerine değinilmiştir.

“Yöntem” bölümünde çalışma alanına ait bilgiler, arazi çalışmalarında yararlanılan cihaz, ekipman ve veri alımına ilişkin genel bilgiler, kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlere ait bilgiler, bu yöntemlerin uygulanmasında kullanılan yazılımlar hakkında bilgiler verilmiştir.

“Bulgular” bölümünde çalışma alanına ait alansal bulgular, kazı-dolgu hacimlerine ait geleneksel yöntemler ile üç boyutlu yöntem ile elde edilen bulgular ve üretilen enkesitlere yer verilmiştir.

“Tartışma” bölümünde tez çalışması sonucunda elde edilen veri, sonuçlar ile daha önce literatürde yapılan çalışmalar ve kazı-dolgu hacimlerinin tahmininde kullanılan geleneksel yöntemler ile bilgisayar destekli yöntemler karşılaştırılmış, son olarak bu yöntemlerin kendi içerinde genel bir değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmıştır.

“*Sonuç ve Öneriler*” bölümünde ise çalışmadan çıkarılan sonuçlar belirtilmiş, kazı-dolgu hesaplamaları ile ilgili çalışmalar hakkında önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Her mühendislik ürününden beklendiği gibi yol planlama ve yapımında da yolun kendisinden beklenen görevi yerine getirebilmesi için gerekli koşullar söz konusudur. Bu koşullar; şartlara, kurallara uygunluk, emniyetlilik ve ekonomikliktir. Bu koşulların sağlanması için öncelikle tesis edilecek mühendislik ürününün amacı ve görevi çok iyi belirlenmeli, ikinci aşama olarak da güvenlik koşulunun yerine getirilmesi yani bu tesislerin amaca uygun hizmet edebilmesi için gerekli standartların belirlenmesi gereklidir. Bütün bunların birleşiminde hizmet verecek tesisin ekonomik bir yatırım olması zorunludur (Hasdemir ve Demir, 2000).

Bir mühendislik ürünü olan yol çeşitli araştırmacılar tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- Her türlü yüklenmeyi zemine aktaran, alt ve üst yapıdan oluşan bir mühendislik yapısı (Erdaş, 1986).
- Her türlü taşıt ve yaya ulaşımı için kamunun yararlanmasına açık olan arazi şeridi, köprüler ve alanlar (Umar ve Yayla, 1986; Bayoğlu, 1997; Kök, 2020).
- Yaya ve / veya araçların geçmesine hizmet eden tesviye edilmiş bir arazi yüzeyi (Seçkin, 1986).
- Yol, araçların tırmanabileceği veya yayaların gidebileceği bir dizi eğimli yüzeyler bütünü (Seçkin, 1997).
- Kara ulaştırma araçlarının gidiş-gelişini temin amacıyla ortaya getirilen yapının bütünü (OGM, 2008).
- Ulaşılmak istenen yerler arasında ulaşımı ve nakliyatı amaca uygun, emniyetli ve ekonomik şekilde sağlayan bir mühendislik yapısıdır (Hasdemir ve Demir, 2005; Öztürk ve Hasdemir, 2021).

Bu tanımlardan anlaşılacağı üzere yol, yaya ve her türlü kara aracının ulaşımına hizmet eden, kamunun yararlanmasına açık, arazi yüzeyinin tesviye edilmesiyle tesis edilen, her türlü yüklenmeyi zemine aktaran, alt ve üst yapıdan oluşan, bir dizi eğimli yüzeyler bütünü olan,

ulaşımı ile nakliyatı, ekonomik, emniyetli ve amaca uygun şekilde sağlayan bir mühendislik yapısı olarak özetlenebilir.

Yolların her tipinin kendine özgü geometrik standartları vardır. Bu standartlar; şerit-platform genişliği, yatay kurp yarıçapı, düşey kurp uzunluğu, enine-boyuna eğim, dever ve kamulaştırma genişliği şeklinde sıralanabilir. Çeşitli değerlendirme ölçülerine göre yollar Şekil 2.1' deki gibi altı sınıfa ayrılabilir (Kök, 2020). Bu sınıflandırmaya göre orman yolları, yolun geçtiği bölgeye göre kırsal yollar sınıfında yer almaktadır.



Şekil 2.1: Yolların sınıflandırılması.

Başka bir sınıflandırmaya göre ise yollar devlet yolları, il yolları, köy yolları ve orman yolları olarak dört gruba ayrılmaktadır (Erdaş, 1986; Hasdemir ve Demir, 2000).

Devlet yolları, önemli bölge ve il merkezleri ile demiryolu, havayolu, denizyolu ulaşımına ilişkin istasyon, iskele, liman ve alanları birbirine bağlayan birinci derecede anayollardır (Hasdemir ve Demir, 2005).

Devlet yolları içerisinde yer alan ekspres ve otoyollar, iki gidiş ve iki geliş olmak üzere en az dört şeritli, geliş-gidiş platformları bir refüj ile ayrılan, yüksek trafik hacmine sahip hızlı, güvenli ve konforlu seyir imkanı veren, en son tekniğe göre inşa edilmiş karayolu koridorlarıdır. Bu yollarda kesintisiz akım koşulları geçerlidir ve trafik akımının hareketini değiştirecek herhangi bir dış etki bulunmaz. Bu yollardan tam erişme kontrollü olanlara otoyol, kısmi erişme kontrolü ve önemli kesişme noktalarının kavşak olarak teşkil edildiği bölünmüş anayollara

ekspres yol denir. Erişme kontrolü yola giriş ve çıkışların kontrol altına alınmasıdır (Aykut ve Demir, 2005; Yiğit ve Çalışkanelli, 2017; Kök, 2020).

İl yolları, esas olarak devlet yolları sınıfına girmeyen ve il sınırı içinde kalan ikinci derecede önemli olan yollardır. Bu yollar, il ile ilçe merkezlerini birbirine, il merkezlerine ve komşu ildeki ilçelere, ayrıca önemli turistik ve sanayi merkezlerine, liman, istasyon gibi yerlere bağlayan toplayıcı niteliğindeki yollardan oluşmaktadır (Hasdemir ve Demir, 2005; Kök, 2020).

Devlet ve il yolları ağlarına girmeyen ve orman yolları dışında kalan bütün yollar köy yolları olarak nitelendirilmektedir (Hasdemir ve Demir, 2005). Bu yollar yerel niteliktedir ve üzerindeki trafiği çok azdır. Küçük yerleşim merkezlerini toplayıcı ya da ana yollara bağlayıcı vasıftadırlar (Kök, 2020).

2.1. ORMAN YOLLARI

Orman yolları, orman nakliyatını gerçekleştirmek için inşa edilen her tip yol olup genellikle kamyon ile nakliyata uygun olan yollardır (Bayoğlu, 1997). Orman alanlarında, orman işçilerinin, makinelerin ve diğerlerinin yönetim, ağaçlandırma, hasat, nakliye, koruma, rekreasyon, avcılık faaliyetleri ve yaban hayatına yıl boyunca güvenli ve verimli bir şekilde erişimini sağlayan orman yolları, gerekli ve işlevsel yapılar olarak belirtilmektedir (Giannoulas ve diğ., 2020). Orman yolları ormanların işletmeye açılmasına hizmet eder. Bu yollar ormandan elde edilen ürünlerin, özellikle ana ürün olan odunun, üretildiği yerden değerlendirildiği yere kadar, ormanın her köşesinde, en uygun teknik ve ekonomik yöntemle taşımayı sağlayan, rasyonel ve entansif ormancılığın en önemli araçlarından biridir (Tavşanoğlu, 1973; Erdaş, 1988; Demir, 2002). Orman yolları, üretilen odun hammaddesinin taşınması yanında, orman yangınları ve böcek zararları ile mücadele, silvikültür çalışmaları, orman alanlarının korunması, avcılık, yaylacılık, spor, turistik ve rekreasyon alanlarına ulaşım, gibi görevleri yerine getiren, planlamaları teknik, çevresel, sosyal ve ekonomik koşulları dikkate almayı gerektiren orman işletmeciliğinin vazgeçilmez konumunda olan mühendislik yapılarıdır (Aykut ve Demir, 2005; Hasdemir ve Demir, 2009; Melemez ve diğ., 2015; Şentürk ve diğ., 2018).

Ormanlar, insanların birçok ihtiyacını karşılayan yenilenebilir kaynaklardır. Yenilenebilir kaynak olmasına karşın ormanlardan uzun soluklu yararlanabilmemiz için onları en iyi biçimde işletmemiz gerekmektedir. Ormanlarımızın işletmeye açılabilmesi için uygun bir yol ağına

ihtiyaç bulunmaktadır. Orman yol ağlarının tüm alanı uygun bir şekilde kaplaması ve alanın her tarafına eşit bir ulaşım sağlayabilmesi, yani ormanları iyi bir şekilde işletmeye açabilmesi için yolların planlama ve projelendirme çalışmaları tekniğine uygun olarak yapılmalıdır. Bu planlama çalışmaları düzgün bir şekilde yapılmadığı takdirde orman yollarının yapım çalışmaları sırasında çevreye çok zarar verilebilmektedir. Bunun yanında, ormanlık alanlar tam olarak işletmeye açılamamakta ve bu durumda ekonomikliğini yitirmektedir (Öztürk, 2010).

Çevreye verilen zararın en aza indirilebilmesi ve ekonomik yol yapabilmek ve masrafları en aza indirebilmek için uygun kazı-dolgu dengelemesinin yapılması çok önemlidir.

2.2. ORMAN YOLLARININ ÖNEMİ

Orman yolları, ormanda elde edilen her türlü ürünün kolaylıkla, süratle ve vaktinde nakledilmesini sağladıkları gibi, ormanın işletilmesi ve yönetilmesi ile ilgili tüm işlerin yapılmasında, ormanın yangın, böcek vb. zararlardan korunmasında ve kontrol altına alınmasında en önemli tesislerdir. Modern bir orman işletmesinin varlığı, tamamıyla iyi projelendirilmiş ve yapılmış yeterli yolların varlığına bağlıdır (Tavşanoğlu, 1973).

Orman yolları ormanların işletmeye açılmasında altyapıyı oluşturur, genel anlamda orman işletmeciliği gayelerine hizmet eder ve öncelikli amacı üretim faaliyetlerinin rasyonelleştirilmesidir. Tüm ormanların bilimsel ve teknik amaca uygun, emniyetli ve ekonomik olarak işletmeye açılabilmesi için belirli geometrik standartlara ve inşa özelliklerine sahip, ormanların içine sistematik olarak ulaşan bir yol şebekesine gereksinim duyulmaktadır (Görcelioğlu, 2004; Hasdemir ve Demir, 2009).

Ormanların işletmeye açılmasında ön koşul olan orman yolları (Erdaş, 1997; Gülci ve diğ., 2021), çok amaçlı ormancılık faaliyetleri için ana altyapı tesisi olarak hizmet verir (Buğday, 2018) ve ormancılık hizmetlerinin yerine getirilebilmesi için yıl boyunca kullanılır (Erdaş, 1997). Gerek işçilerin gerekse ormandan elde edilen ürünlerin duraksamadan emniyetli ve güvenli bir şekilde taşınması orman yollarının asli görevidir. Bu nedenle orman yollarının güvenli bir transport hedefi ile planlanması esastır (Akgül ve diğ., 2016; Gülci ve diğ., 2021).

Orman yolları hiçbir zaman sadece iki noktayı birbirine bağlayan bir tesis olmayıp, ormanın her yerinden faydalanmayı olanaklı kılan, tüm bölme ve bölmecikleri kavrayan, ekonomik ve teknik yönden diğer yollardan farklı özelliklere sahiptir. Bu yollar daima; amaca uygunluk,

güvenlilik ve ekonomiklik unsurları bakımından bir denge oluşturmak zorundadır. Bu nedenle de: yapım amaçları, planlama, geometrik standartları, inşa tekniği, yapıldığı yerin arazi koşulları nedeniyle diğer karayollarından ayrılmaktadır (Aykut ve Demir, 2005).

Ormandan elde edilen ürünlerin, orman yolları ile taşınması, diğer transport tesisleri ile taşınmasına oranla daha ekonomiktir. Fidan, gübre, makine vb gibi çeşitli malzemelerinin taşınma masraflarının azaltılması için orman yolları gereklidir. Orman yolları ormancılık faaliyetleri yanında, orman köylerinde yaşayan insanların en yakın şehir ve kasabalara ulaşımını sağlayarak toplumun sosyal ihtiyaçlarını da karşılar. Sosyal ihtiyaçlara ek olarak, askeri amaçlara hizmet ve doğal afetlerde alternatif yol güzergahları olarak da kullanılabilir (Görcelioğlu, 2004).

2.3. ORMAN YOLLARININ YAPIMI VE ÇEVRE İLİŞKİLERİ

Orman yollarının yapımında mutlaka dikkat edilmesi gereken husus doğala en yakın güzergah planlamasıdır. Çünkü orman yolu inşaatı projelerinin, etki ettiği alanlar içerisinde bulunan yaşam alanlarına doğrudan ve dolaylı birçok etkisi söz konusu olmaktadır (Lugo ve Gucinski, 2000; Tunay, 2006; Gümüş ve diğ., 2008; Eker ve Çoban, 2010; Boston, 2016; Gülci ve diğ., 2017; Gülci ve diğ., 2021). Bu nedenle, orman yollarının planlanması aşamasında, ekolojik, ekonomik, ergonomik ve estetik kayıpların öngörülebilmesi için en uygun ölçüm yönteminin ve araçlarının kullanıldığı az hataya sahip verilerin kullanılması gerekir (Gülci ve diğ., 2021).

Orman yollarının inşaatı sürecinde, inşaatın öncesinden sonrasına geçen tüm aşamalarda orman alanlarında yapılan müdahalelerin ormanlara doğrudan ve dolaylı, çoğu zaman orman alanlarında kalıcı tahribatlara neden olan etkileri olabilmektedir. Bu bağlamda, birçok karar değişkeninin nitel ve nicel yönden değerlendirildiği yol projelendirme modellerinin oluşturulması ve olası etkilerin öngörüldüğü sürdürülebilir fonksiyonel orman yolu çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Demir, 2007; Abdi ve diğ., 2009; Hayati ve diğ., 2013; Tampekis ve diğ., 2015; Acar ve diğ., 2017; Gülci ve diğ., 2021).

Orman yollarında hatalı uygulamalar sonucunda; orman arazisinin kaybı, doğanın tahribi, erozyonun hızlanması, usulsüz müdahalelere altlık oluşturma vb. olumsuz etkiler ortaya çıkabilir (Aykut ve Demir, 2005). Ülkemiz orman alanlarında ortalama yamaç eğiminin %50-60 olması nedeniyle, özellikle dağlık bölgelerde yol yapım çalışmalarında dozer kullanılması

ile yol güzergahı boyunca yapılan tesviye, aşağıda kalan orman alanlarına büyük zarar vererek, arazi kaybına ve orman örtüsünün tahribine neden olmaktadır (Tunay ve Melemez, 2004).

Yorulmaz (2011)'e göre orman yollarının yapımından kaynaklı, toprağın doğal yapısının bozulması, şevlerde eğimin artması, kazı şevleri nedeniyle yüzey altı su akışlarının kesintiye uğraması ve şevlerde değişen basınç gerilmeleri nedeniyle erozyon oluşmaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere, orman yollarının inşaatı aşamasındaki toprak işlerinin erozyona olan etkisi yüksektir. Bu nedenle toprak işlerinin hassas olması, kazı-dolgu şevlerinin standartlara (oran/yükseklik vb) uygun yapılması çok önemlidir.

Tunay ve Melemez (2004) yaptıkları çalışmada orman yollarının yapımı sırasında ormana doğrudan verilen zararları belirlemeye çalışmış, bu amaçla orman yolları yapımının neden olduğu orman alanlarındaki kayıplar, ağaçlara ve ormanın görsel değerine verilen zararları ortaya koymaya çalışmışlardır. Araştırma sonucunda 1 km'lik yol için dozerle yaklaşık 1,2 hektar, ekskavatörle ise yaklaşık 0,9 hektarlık orman alanı kaybının olduğu, ekskavatör ile yapılan yolların orman alanına dozere kıyasla %22,16 oranında daha az zarar verildiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, dozer ile çalışma yapılan alanda ekskavatörden 1,5 kat daha fazla görsel bozukluk oluştuğunu, ağaçlara verilen zararın dozerlerde %38, ekskavatörde %19 oranla yarısı kadar olduğunu tespit etmişlerdir. Bu araştırmanın sonuçlarından orman yollarının yapımında dozer yerine ekskavatör kullanılmasının orman alanlarına daha az zarar verdiği sonucu çıkarılmaktadır.

Orman yollarının yapımında dolgu şevleri yeni oluşturduğu için yumuşaktır. Yumuşak dolgu şevleri en çok erozyona uğrayan kısımlardır. Erozyonla toprak kaybının azaltılması için dolgu şevlerinin kısa tutulması gerekmektedir. Yol yapımında ekskavatör kullanıldığında, kepçe darbeleri ile dolguların sıkıştırılması mümkündür. Ekskavatörle yapılan çalışmalarda kazılan materyal istenilen bir yere tamamen kontrol altında bırakılabilir, dozerde ise kazı materyali dolguya itilerek yerleştirilir. Bu da dolgu genişliklerinin uzamasına ve erozyonun artmasına neden olur. Benzer şekilde kazı şevi genişlik ve yükseklikleri de ekskavatörle daha düşük tutulabilir (Tunay ve Melemez, 2004).

Avusturya'da yapılan benzer bir çalışmada, ormanın açılması, suyun drenajı, ağaçlara ve ormanın görsel değerine verilen zararlar yol inşaatının dozer yerine ekskavatörle yapılması durumunda azaldığını bildirmektedir (Winkler, 1999).

Ormanlık alanlarda akarsulara ulaşan sedimentin en önemli kaynağı düşük standartta inşa edilen ve yetersiz bakım uygulanan orman yollarıdır (Akay ve diğ., 2007). Bu nedenle, orman yollarının inşaatında ve daha sonraki dönemlerde bu yolların bakımları da göz önünde tutularak, bu çalışmaların, erozyon ve çığ oluşumuna neden olacak, çürük yamaçların dengesini bozacak, yüzeysel suların tarım alanlarına ulaşacak düzeyde olmasına ve gelecekteki orman ürünleri üretimini engelleyecek ya da bu üretimi tehlikeye sokacak standartlarda yapılmaması gerekir (Görcelioğlu, 2004).

Özellikle dik eğimli yamaçlarda, orman yolları inşaatı doğal çevreye müdahale etmektir. Yol yapımında derin kazılar ve yüksek/geniş dolgular peyzajı bozar. Kazı ve dolgu şevlerinin uzun zaman bitki örtüsünden yoksun kalması erozyona neden olur. Bu durum ayrıca doğal çevre ile uyuşmayan, doğaya aykırı bir görüntü yaratır (Görcelioğlu, 2004).

Dağlık arazilerde yapılan yollar çevre felaketine neden olabilir. Böyle yolların onarım ve bakım masrafları da oldukça yüksektir. Yol yapımında yapılan hatalar arasında, sağlam olmayan derin kazıların yapılması, yüzeysel akışın tekniğine uygun yoldan uzaklaştırılmaması, hendeklerde toplanan suların dere tarafına akıtılmaması, kazı ve dolgu materyali artıkları ile sel derelerinin sedimentle yüklenmesi, şevlerin gerektiği kadar stabilize edilmemesi sonucunda yamaç aşağısındaki bitki örtüsünün zarar görmesi sayılabilir (Görcelioğlu, 2004).

Buradan da anlaşılabileceği gibi orman yollarının, ormanı tahrip eden bir çevre tahribatı haline gelmemesi için, orman yollarının yapımı aşamasında; yol yapım tekniklerinin, standartlarının, yolun yapım amacının, yol yapımında kullanılan araçların, işletme gereksinimlerinin, arazi şartlarının, yaban hayatının, mevsimsel koşulların hepsinin birlikte göz önünde bulundurulup, konusunda uzman kişiler tarafından değerlendirip planlanması önemlidir. Yani çevreye zararlı olan yol değil, yanlış planlanan ve yanlış yapılan yol vardır.

2.4. ORMAN YOLLARININ TİPİ VE STANDARTLARI

Diğer mühendislik yapılarında olduğu gibi yol yapımında da yapısal amaçlı genel ilke; yapının fonksiyonuna bağlı olarak, taşıtlardan doğacak statik ve dinamik etkilere, diğer dış etkilere ve yapıyı meydana getiren malzemenin fiziksel ve kimyasal niteliklerinden kaynaklanan iç etkilere karşılık, gerek kendi bünyesinde ve gerekse oturduğu doğal zeminde kalıcı deformasyonlar meydana getirmeden, yeterli güvenlik ve teknik özellikte ekonomik bir yol yapısının sağlanmasıdır (Erdaş, 1980; Hasdemir ve Demir, 2000).

Bugün gerek orman ürünü alıcısının ürüne daha çabuk ulaşma isteği, gerekse üretilen ürünün orman içi depolarda yükleme-boşaltma sırasında göreceği zararın en aza indirilmesi zorunluluğu karşısında orman yolları standartlarının iyileştirilmesi ihtiyaç haline gelmiştir (Akgül, 2007).

Orman yolları, bir yılda üzerinden taşınacak ürün miktarları, yapılış nedenleri, trafik yoğunluğu, seyir halindeki araçların büyüklüğü ve tonajları dikkate alınarak üç ana gruba ayrılmıştır. Bunlar; Ana orman yolları, Tali orman yolu (A tipi – B tipi) ve Traktör yollarıdır. (OGM, 2008).

2.4.1. Ana Orman Yolları

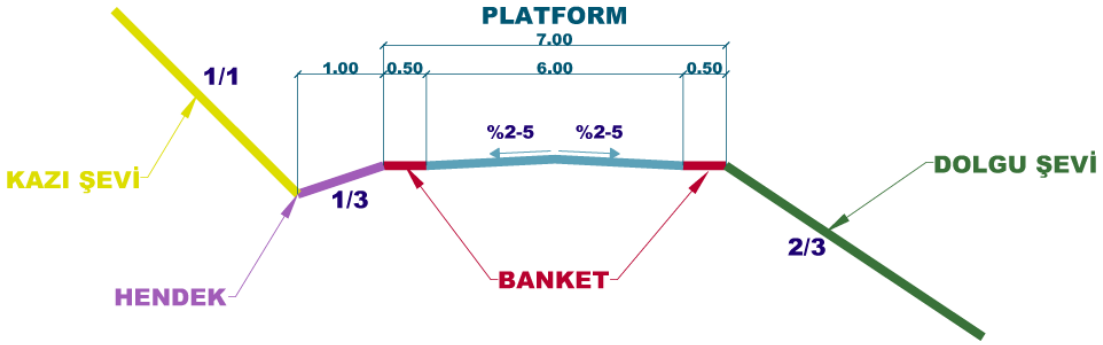
Ana orman yolları, orman yol şebekesinin iskeletini oluşturur (Seçkin, 1982). Taşınan ürün hacminin yüksek olduğu, devamlı kullanılan ve orman yol şebekesinin esasını oluşturan yollardır. Bu nedenle, drenaj tesislerini, yeterli ölçüde mühendislik yapılarını ve uygun kalınlıkta bir üst yapının tesis edildiği, standardı diğer orman yollarına oranla daha yüksek olan yollardır (Aykut ve Demir, 2005).

Trafiğe uygun, platform genişliği 7 m ve hendek genişliği 1 m olup, yolun toplam genişliği 8 m olan ve ana dereleri takip eden yollardır (Şekil 2.2). Bu genişlikte bir orman yolu yapabilmek için, o yol üzerinden bir yılda geçecek ürün miktarı 50.000 m³'ten fazla olmalıdır. Bu yolların tamamı 6 m genişlikte bir üst yapı malzemesi ile kaplanmalıdır. Orman yolunun minimum kurp yarıçapı 50 m, maksimum eğimi %8 olmalıdır. Bu yollarda standart trafik işaretlerinin konması zorunludur. Yolların geometrik standartları Tablo 2.1'de gösterilmiştir (OGM, 2008; Erdaş, 1997).

Tablo 2.1: Orman yollarının geometrik standartları.

Yolun Tipi	Birim	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu				Traktör Yolu
			A Tipi	B Tipi			
				SBT	NBT	EBT	
Platform Genişliği	m	7	6	5	4	3	3.5
Şerit Sayısı	adet	2	1	1	1	1	1
Şerit Genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Maksimum Eğim	%	8	10	9	12	12	20
Min.Kurp Yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Banket Genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Hendek Genişliği	m	1	1	1	1	0,50	--
Üst Yapı Genişliği	m	6	5	4	3	3	--
Köprü Genişliği	m	7+(2x0,6)	6+(2x0,6)	5+(2x0,6)		4+(2x0,6)	--

SBT: Standartları yükseltilmiş B Tipi tali orman yolları
NBT: Normal B Tipi tali orman yolları
EBT: Ekstrem B Tipi tali orman yolları



Şekil 2.2: Ana orman yolu kesiti.

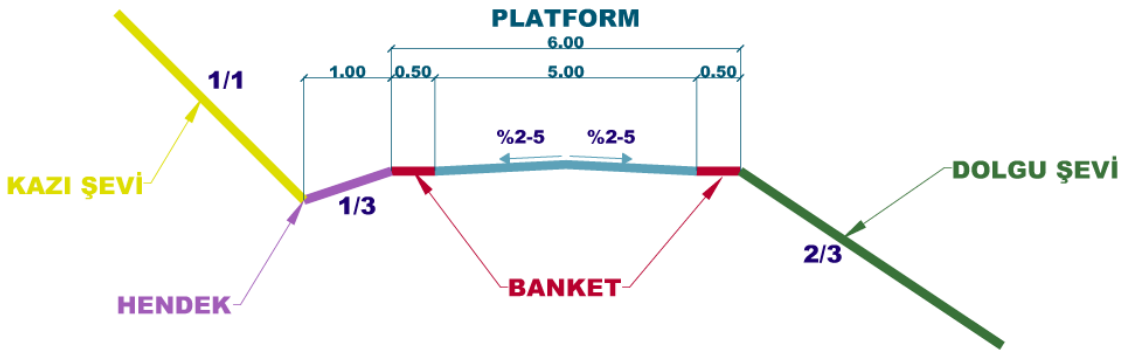
2.4.2. Tali Orman Yolları

Orman içi istif yerleri ile ana orman yolları arasındaki bağlantıyı oluşturan, genellikle üst yapısız ve yıl boyunca kullanımı söz konusu olmayan yollardır. Tali orman yolları üzerindeki transport (nakliyat), kuru zemin, açık ve güneşli hava koşulları ile sınırlıdır. Bu nedenle tali orman yolları üzerindeki nakliyatın zamanlamasının iyi yapılması yani çok iyi bir şekilde planlanması gerekmektedir (Seçkin, 1982).

Tali orman yolları A ve B tipi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Aykut ve Demir, 2005).

2.4.2.1. A Tipi Tali Orman Yolları

Trafiğe uygun, platform genişliği 6 m ve hendek genişliği 1 m olup, yolun toplam genişliği 7 m olan ve dereleri takip eden yollardır (Şekil 2.3). Bu genişlikte bir orman yolu yapabilmek için, o yol üzerinden bir yılda geçecek ürün miktarı 25.000-50.000 m³ arasında olmalıdır. Bu yolların tamamı 5 m genişlikte bir üst yapı malzemesi ile kaplanmalıdır. Orman yolunun minimum kurp yarıçapı 35 m, maksimum eğimi %10 olmalıdır (OGM, 2008; Erdaş, 1997).

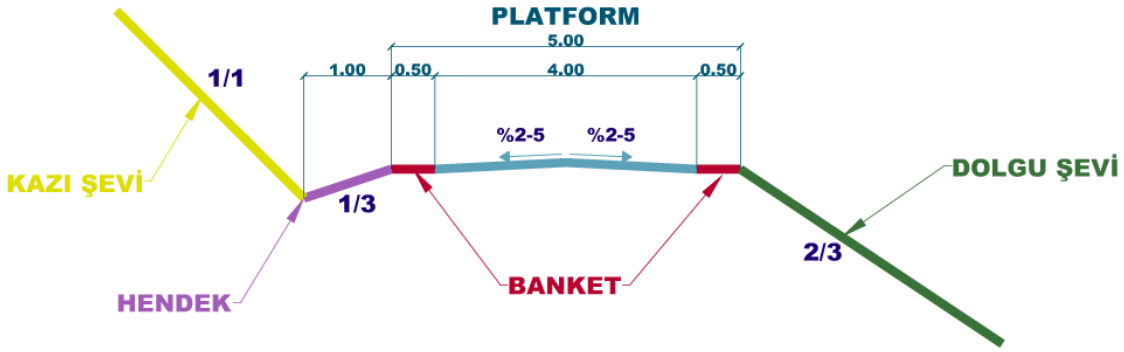


Şekil 2.3: A tipi tali orman yolu enkesiti.

2.4.2.2. B Tipi Tali Orman Yolları

Trafiğe uygun, platform genişliği 4-5 m ve hendek genişliği 1 m olup, yolun toplam genişliği 5-6 m olan, dere ve yamaç yollarıdır (Şekil 2.4). Bu genişlikte bir orman yolu yapabilmek için, o yol üzerinden bir yılda geçecek ürün miktarı 25.000 m³'ten az olmalıdır. Bu yolların tamamı 3-4 m genişlikte bir üst yapı malzemesi ile kaplanmalıdır. Orman yolunun minimum kurp yarıçapı 12 m, maksimum eğimi %9 olmalıdır. Kısa mesafelerde olmak üzere maksimum eğim %12'ye çıkarılabilir. Bu yollarda ters eğim 1000 m mesafeye kadar %9, 1000 m mesafeden daha uzun olduğunda %7 olarak uygulanmaktadır (OGM, 2008; Erdaş, 1997).

Ülkemizde mevcut yol şebeke planlarındaki yolların büyük çoğunluğu B tipi tali orman yollarıdır (Aykut ve Demir, 2005).



Şekil 2.4: B tipi tali orman yolu.

Standartları Yükseltilmiş B Tipi Tali Orman Yolları

Bu yollar ormanlık alan içerisinde ulaşımı sağlayan, treylerlerin ağır iş makinelerini manevrasız taşıyabileceği, platform genişliği 5 m, hendek genişliği 1 m, maksimum eğimi %9, minimum

kurp yarıçapı 20 m, minimum görüş mesafesi 20-30 m, sanat yapısı ve üst yapı çalışmalarının yapılması öncelikli olan yollardır (OGM, 2008).

Normal B Tipi Tali Orman Yolları

Platform genişliği 4 m, hendek genişliği 1 m, maksimum eğimi %9, minimum kurp yarıçapı 12 m olan yollardır. Bu yollar normal topografik yapı ve arazi şartlarında uygulanır (OGM, 2008).

Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları

Bu yollar, 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 m, hendek genişliği 0,5 m, maksimum eğimi %12, olan karşılaşma yerleri ve yolun sonunda dönüş yeri yapılacak, uygun görülen yerlerine trafik işaretleri konacak orman yollarıdır (OGM, 2008).

2.4.3. Traktör Yolları

Yapım masrafları düşük olan, arazi eğiminin yüksek olması nedeniyle sürütme araçlarının her tarafa gidiş gelişine olanak vermeyen ormanlarda üretimi sağlayan, yağışlı mevsim periyotlarında şiddetli erozyon kaynağı olma özelliğine çok elverişli basit yollardır (Aykut ve Demir, 2005).

Üretim alanları içerisinde çeşitli şekillerde sürütülerek dere içlerinde ve orman alanı içerisinde belirli rampalarda toplanan ürünlerin, mevcut orman yollarına sürütülerek veya hava hatlarıyla taşınamaması durumunda, rampada toplanan ürünü almak amacıyla yapılan geçici yollara traktör yolları denir. Bu yollarda uygulanan eğimler, iniş aşağı nakliyatta maksimum %20, yokuş yukarı nakliyatta maksimum %12 olmalıdır. Traktör yolunun genişliği 3,5 m olarak planlanır. Bu yollarda kurp yarıçapı 8 m'dir ve sanat yapıları zorunlu olmadıkça yapılmamalı ve hiçbir şekilde üst yapı olmamalıdır (OGM, 2008; Erdaş, 1997).

Orman yollarının bir diğer sınıflandırma şekli ise transport yöntem ve tekniğine koşut olarak yapılan sınıflandırmadır. Bilindiği gibi, ormanların işletmeye açılmasını sağlayan tesisler primer transport ve sekonder transport tesisleri olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Aykut ve Demir, 2005).

Ormanların işletmeye açılmasını sağlayan çalışmalar primer transport ve sekonder transport olarak birbirini tamamlayan iki safhada gerçekleştirilmektedir. Bu safhalardan ilkinde, ormanların her tarafına eşit şekilde ulaşmayı sağlayan ve büyük çoğunluğu ile motorlu araç

(kamyon) yollarından oluşan yol şebekelerinin planlanması ve ardından da ihtiyaç durumuna ve mali kaynaklara göre bir plan çerçevesinde bu yolların inşaatının yapılması söz konusu olmaktadır (Bayoğlu, 1997; Görcelioğlu, 2004).

İşletmeye açmanın ikinci safhasını ise orman içinde kesilip hazırlanmış bulunan ürünün çeşitli araçlarla kamyon yolu kenarına kadar sürütülerek veya kablo hatlarla çekilerek getirilmesi oluşturmaktadır. Bölmeden çıkarma ya da tali nakliyat olarak adlandırılan bu safha ana orman ürünleri transportunun en güç ve en masraflı bölümünü teşkil etmektedir (Bayoğlu, 1997; Görcelioğlu, 2004).

Kesilip nakliyata hazırlanan tomrukların kütüğü dibinden kamyon yolu kenarına kadar sürütülmeleri ya da kablo hatlarla çekilmelerinde kullanılan tesisler bir başka ifade ile primer transport tesisleri sürütme şeritleri, sürütme yolları ve kablo hatlardan oluşmaktadır (Aykut ve Demir, 2005).

2.5. ORMAN YOLLARININ PLANLANMASI

Türkiye'de genel orman yol ağı planlarına dayalı olarak orman yolu inşaatı çalışmalarına 1964 yılında başlanmıştır. Yol çalışmaları için orman genel müdürlükleri bünyesinde yol imar müdürlükleri kurulmuş, planlı döneme kadar yollar, günlük ihtiyaçlara göre, herhangi bir planlama ve projelendirme çalışmaları olmadan yapılmıştır. Bu çalışmalar on yıllık sürecin sonunda 1974 yılında tamamlanmıştır. Plansız dönemde orman yolları geometrik standartlarına uymayan birçok yol yapılmıştır (Seçkin, 1984; Tunay ve diğ., 2001; Aykut ve Demir, 2005).

Günümüzde yapılan hesaplamalar sonucunda ormancılık hizmetlerinin gerçekleştirilebilmesi için 380.466 km orman yoluna ihtiyaç olduğuna, 214.570 km yolun yapımının tamamlandığı, orman içinden geçen 77.960 km köy yolu, karayolu, maden yolu ve yayla yolu vb yollar ile birlikte ormancılık faaliyetlerinde faydalanabilecek 292.530 km yol ağına ulaşıldığı saptanmıştır (OGM, 2022). Bu veriye göre orman içinden geçen diğer yollar hesaba katılırsa ihtiyaç duyulan yolların %77' si tamamlanmıştır. Orman içinden geçen diğer yollar değerlendirilmeye alınmazsa da ihtiyaç duyulan yolların %56'sı tamamlanmış durumdadır.

Orman yollarının planlanmasında birçok alternatif arasından optimum güzergahın seçimi karmaşık bir mühendislik problemidir ve bir dizi fiziksel, ekonomik ve çevresel faktörlere bağlıdır (Akay ve diğ., 2007).

Ormancılıkla ilgili idari işlerin görülmesi, hammadde odununun taşınması, ormanda silvikültürel çalışmaların sürdürülmesi, bu arada orman işçilerinin iş yerlerine kolaylıkla gidip gelmeleri, orman koruması, özellikle orman yangınlarının ve böcek afetlerinin kontrol altına alınması amaçlarına hizmet etmek için inşa edilen orman yollarının planlanması ve projelendirilmesinde bir takım temel esaslar vardır (Şentürk, 1992).

Taşıma ve ulaşım hizmetlerinin altyapısını oluşturan yollar, ormancılık çalışmalarının yerine getirilmesinde hayati rol oynamakta, nitekim orman içinde üretilen orman ürünlerinin üretildiği yerden endüstri veya tüketim merkezlerine kadar en uygun yöntemlerle en ekonomik şekilde taşınması ve bu taşıma yapılırken ormanın devamlılığının sağlanması yol şebeke planlamasını gerektirmektedir. Bu açıklamadan da kolaylıkla anlaşılacağı gibi ormancılığın vazgeçilmez disiplinlerinden biri olan orman yollarının planlanıp tesisi ile hem ormancılığın temel prensibi olan devamlılığın ve çağdaş bir işletmeciliğin gerçekleştirilmesi hem de orman içi ulaşım ağlarının tesisi mümkün olacaktır (Bayoğlu, 1997).

Ormanların belli esaslara göre düzenlenen genel yol ağını oluşturan kamyon yolları ile işletmeye açılması şeklinde kısaca açıklanabilecek ana işletmeye açmanın amacı bir orman alanına kadar ulaşmayı, orman alanı içindeki gidiş gelişi ve orman içindeki üretilen ürünü orman dışına taşıyıp çıkarmayı mümkün kılmaktadır. Yolların belli bir plana göre değil, günlük ihtiyaçlara göre yapılması durumunda ortaya sistematik olmayan, ormanın her tarafına eşit şekilde nüfus etme imkânı sağlamayan, bu sakıncalar dışında sistematik bir yol ağından daha fazla uzunlukta yol yapılması sonucunu doğuran bir durumla karşılaşılmaktadır. Genel yol ağı planlarının yapılması için temel neden budur (Bayoğlu, 1997).

Ormanların işletmeye açılmasını sağlayan ve büyük çoğunlukla kamyon yollarından oluşan yol ağları ile ilgili çalışmaları planlama, projelendirme, yapım ve bakım olmak üzere dört ana grupta toplamak mümkündür. Ancak, bunlardan ilk ikisini oluşturan planlama ve projelendirme genellikle ayrı tutulmaz ve birlikte yürütülür. Projelendirme safhasında söz konusu yolların yapımı da dâhil olmak üzere teknik ve ekonomik yönden yapılabilirliği üzerinde durulmaktadır. Orman yol ağlarının planlanmasında bir taraftan orman içindeki güzergâh üzerinde çalışırken bir taraftan da söz konusu ormanın devlet yolları ile bağlantısının üzerinde durulmalıdır. Planlayıcı öncelikle orman içerisindeki yol ağını planlamakla birlikte ayrıca bu bağlantı yolu ile ilgili güzergâh etütlerini de yürütmelidir (Bayoğlu, 1997).

Orman yollarının planlamasında yol ekseninin veya sıfır çizgisinin belirlenmesi en önemli çalışmalardan birisidir. Orman yollarının planlanmasında yol ekseninin belirlenmesi ekonomik ve teknik görüş açılarına göre oluşur. Ekonomik görüşe göre, yol yapım, sürütme ve bakım giderlerinin toplamının en az düzeyde olması gereklidir. Teknik görüş açısına göre, yolun yapım ve bakım giderlerinin en az düzeyde olması isteği yanında yol elemanlarının yolun işlevlerini en iyi biçimde yerine getirmesi gerekir. İşte yol ekseninin belirlenmesi sözü edilen ekonomik ve teknik esaslara uyarak optimum bir sonuca varmak suretiyle gerçekleştirilir (Erdaş, 1997).

Orman yollarının planlama çalışmaları günümüzde Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak çalışan Makine İkmal Şube Müdürlükleri tarafından yapılmaktadır. Bu planlama çalışmaları arazi ve büro çalışmaları şeklinde olup büro çalışmalarında yol enkesitlerinin çizimi, kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesi, metraj, keşif şeklinde gerçekleşmektedir. Orman yollarının planlama çalışmalarında ve diğer tüm büro çalışmalarında Orman Genel Müdürlüğü'nün 2008 yılında çıkarmış olduğu 292 Sayılı Tebliğ kullanılmaktadır. Orman yollarının yapım aşamaları dışında bu yolların bakım-onarım ve büyük onarım çalışmalarının yapılması da yine 292 sayılı tebliğe göre yapılmaktadır. Son 15 yıl içerisinde geliştirilen bilgisayar programları yardımıyla orman yollarının planlanmasında ve özellikle kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesinde bilgisayar teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji arazi çalışmaları destekli olarak planlama çalışmalarının daha hızlı bir biçimde yapılmasını sağlamaktadır. Yol planlamasında kullanılan bu programlardan bazıları, AutoCAD Civil 3D, AutoRoads, InRoads, Civil Designer, NetCAD, Optimum Road Design Model, Plateia, RoadEng, olarak sıralanabilir (Akgül ve diğ., 2012)

Yol optimizasyonu, çevresel etkileri ve üretim maliyetlerini azaltmak için çok önemlidir ve orman yolu planlaması için gerekli olan depolama alanlarının optimum konumu ile güçlü bir şekilde bağlantılıdır (Silva ve diğ., 2020).

2.5.1. Orman Yol Aralığı, Yol Yoğunluğu ve Sürütme Mesafesi

2.5.1.1. Yol yoğunluğu (D)

Bir ormanın birim alanındaki yol uzunluğunun ortalaması olup, ormanın birim alanına denk gelen yol uzunluğunu ifade eder. Yol yoğunluğu rmandaki mevcut yol uzunluğunun genel alana oranıdır. Genellikle m/ha cinsinden ifade edilir (Denklem (2.1) (Seçkin, 1982; Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997).

$$D = \frac{Toplam\ yol\ uzunluğu\ (m)}{Toplam\ orman\ alanı\ (ha)} \quad (2.1)$$

292 sayılı "Orman Yolları Planlanması, Yapımı ve Bakımı" isimli tebliğe göre, planlanan yolların toplam alanı ormanlık alanların yüzde birinden fazla olamaz. Yol yoğunluğu hesaplanırken dikkate alınacak yol alanı; yol uzunluğu ile platform ve hendek genişliğinin toplamının çarpılmasıyla hesaplanır. Dik ve engebeli arazilerde yol eğimlerinin azami sınırlarda kalması için yol yoğunluğunu artırması ve açık alanlar ile yükleme/boşaltma yapılamayan otoyol ve çift şeritli yollar, standart dışı mevcut yollar, yol yoğunluğu hesaplanırken dikkate alınmaz. Tebliğe göre itibari yol yoğunluğu denklem (2.2)'de, gerçek yol yoğunluğu denklem (2.3)' de verildiği gibi hesaplanır (OGM, 2008).

$$İtibari\ Yol\ Yoğunluğu = \frac{Ormanlık\ Alan}{100} \quad (2.2)$$

$$Gerçek\ Yol\ Yoğunluğu = \frac{A_{SY}}{A_O} \quad (2.3)$$

Burada;

A_{SY} : Ormancılık hizmetlerinde kullanılan standart yolların orman içinden geçen alanlarının toplamı (m)

A_O : Orman alanı (ha)

2.5.1.2. Yol Aralığı (A)

Bir ormanda bulunan yollar arasındaki ortalama yatay mesafedir. Yol aralığı, birbirini takip eden iki yol arasında yol eksenine dik olarak ölçülen yatay uzaklıktır. Genellikle m cinsinden ifade edilir. Yol aralığı ile yol yoğunluğu arasında aşağıdaki ilişki bulunmaktadır (Denklem (2.4, 2.5) (Seçkin, 1982; Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997). Yol aralığı (Erdaş, 1997)'den düzenlenerek Şekil 2.5'te verilmiştir.

Yol Aralığı (m) $$A = \frac{10000}{D} \quad (2.4)$$

Yol Yoğunluğu (m/ha) $$D = \frac{10000}{A} \quad (2.5)$$

2.5.1.1. Sürütme Mesafesi

Teorik olarak ormanda üretilen tomruğun kütüğü dibinden yol kenarına kadar sürütülerek götürüldüğü mesafedir (Seçkin, 1982; Bayoğlu, 1997).

Ancak bölmeden çıkarma arazi koşulları nedeni ile her zaman doğru bir hat boyunca yapılamaz. Arazi koşulları bozuldukça, bölmeden çıkarma işlemi arazi yüzeyinde uygun alanları dolaşarak yapılacağı için sürütme mesafesi uzar. Sonuç olarak teorik sürütme mesafesi ile gerçek sürütme mesafesi arasında uzunluk farkı vardır. Gerçek sürütme mesafesi eğim ile de yakından ilişkilidir. Kısaca sürütme mesafesi, bölmeden çıkarma yönü ile orman yolları arasındaki açıya, yol aralığına, arazi üzerindeki engellere ve eğime göre değişir (Seçkin, 1982).

2.5.1. Orman Yollarının Yapımı

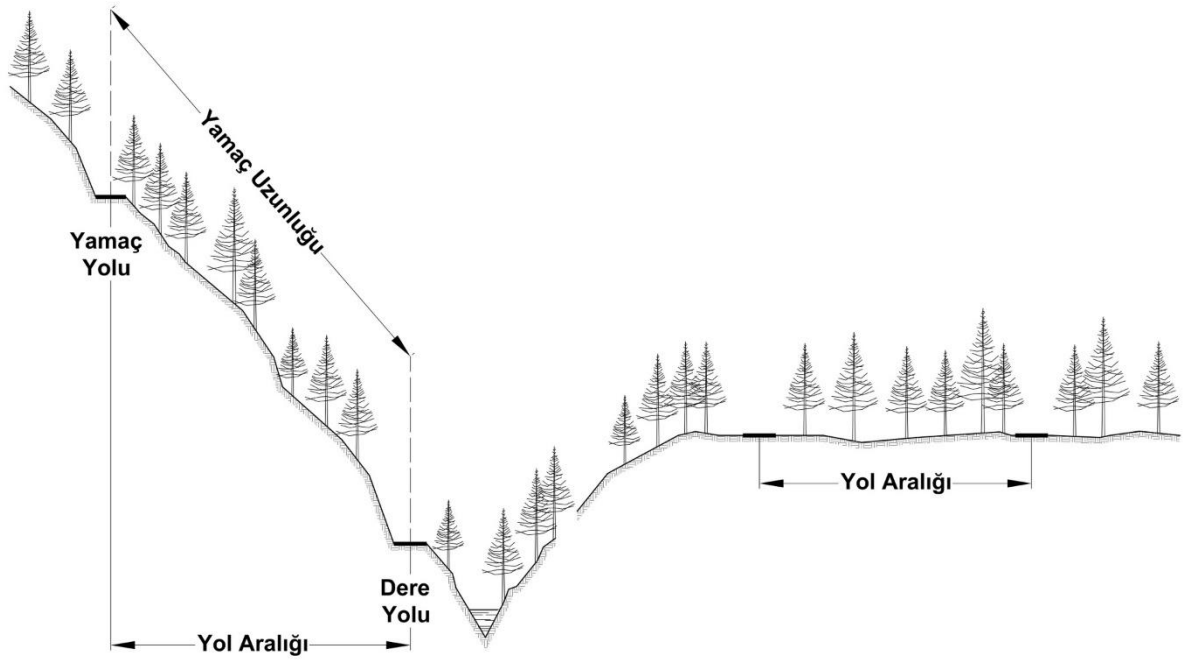
Etkili yol drenajı, yol platformunu hasardan korumak, yol kalitesi ve yol yüzeyini sabit tutmak için çok önemlidir. Yol kalitesi de, ormancılık faaliyetleri için çok önemlidir (Giannoulas ve diğ., 2020).

Orman yollarının yapımında yeterince dikkatli davranılmadığı ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde, özellikle dağlık arazi ormanlarının işletmeye açılması çalışmaları beraberinde bazı sorunları da birlikte getirmektedir. Bu sorunların başında erozyonun hızlanması gelmektedir (Görcelioğlu, 2004).

Orman yollarının yapımından sonra genellikle erozyonun hızlandığı görülür. Bunun başlıca nedenleri (Görcelioğlu, 2004):

- Yol boyunca koruyucu bitki örtüsünün kısmen ya da tamamen ortadan kaldırılmış olması
- Toprağın doğal strüktürünün ve verim gücünün bozulması ya da zarar görmesi
- Kazı ve dolduru şevlerinde eğimlerin artmış olması

- Kazı ve dolduru şevlerinde basınç ve çekme gerilmelerinin değişikliğe uğraması
- Toprak altındaki su akışlarının kazı şevleri nedeniyle kesintiye uğraması ve bu suların şevlerden yüzeye çıkması
- Yolun çeşitli bölümlerinde, özellikle yol yüzeyinde infiltrasyon hızının azalması
- Yağış ve intersepsiyon suyunun yol boyunca –hendeklerde ve yol üzerinde- konsantrasyonu



Şekil 2.5: Yol aralığı.

Bu zararlardan görüldüğü üzere, bu tez çalışmasının asıl konusu olan kazı-dolgu hesaplarının doğru yapılması ve zemin tipine göre şevlere verilecek eğimlerin standartlara uygun yapılabilmesi, yol yapımından kaynaklanan çevre zararlarını en aza indirmek adına çok önemlidir.

Yanlış hesaplanan kazı-dolgu dengelemeleri ve şev eğimleri erozyonun hızlanmasının başlıca sebepleri arasında gelmektedir. Ayrıca yol yapım ve mevcut yolların bakımı çalışmalarının ekonomikliği açısından kazı-dolgu hesaplarının ilk aşamada doğru yapılması ve araziye doğru aplike edilmesi, yol yapımından kaynaklanan çevreye verilen zararların en aza indirilmesi adına oldukça önemli bir husustur.

2.5.2. Orman Yollarında Toprak Tesviyesi Yöntemleri

Yapılar temel tabanı olan bir zemin üzerine oturur. Birçok yapının ise ana malzemesi zemindir. Yol mühendisi yaptığı işin en önemli elemanı olan zeminleri yol inşaatı yönünden gerekli tüm özellikleri ve nitelikleriyle yakından bilmelidir (Çağlarer, 1986).

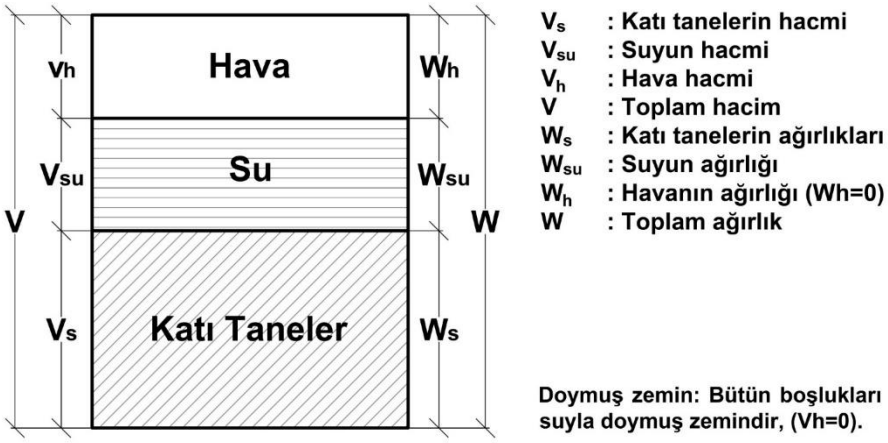
Orman yolu çalışmalarında, zemin cinsi ile yol inşaatı sürekli olarak ilişki içindedir ve birbirlerini etkilerler. Alt yapı çalışmalarında, gerek yol inşaatı ve sanat yapılarının yapımı gerekse sel derelerinin stabil hale getirilmesi gibi daha çok zemin işleri ile uğraşan orman mühendisleri zemini ve özelliklerini iyi bilmelidir (Erdaş, 1997).

Zemin deyimi ile genellikle kayalar dışındaki toprak maddeleri anlaşılır. Oysa zemin kavramında killerden glasye çakılları ve alüviyonel birikintilere dek olan tüm topraksı maddeler vardır. Zeminlerin nitelik ve özellikleri, gradasyonları, su içerikleri, yerlerinin doğal yer yüzüne göre düzey ve derinlikleri, konumları ve coğrafi yöreleri ile değişir. Zeminlerin çoğunun kökeni kayalardır. Kayaların geçirdiği türlü değişimler ve ufalanmalar sonucunda zemin oluşur. Zemine, kökeni olan kayanın bazı özellikleri yansır (Çağlarer, 1986).

Toprak işleri, bir projenin gerçekleştirilmesi amacıyla ham arazi üzerinde yapılması gereken tesviye işleri için yapılan tüm işlemleri içeren bir mühendislik terimidir. Toprak işleri genel itibariyle, bir yapı için kazı yapılması, istenilen formu vermek üzere arazi kesiminin düzlenmesi ve bir yapının oluşturulması amaçları için gereklidir. Toprak işleri, kazı, yükleme, taşıma, depo ya da dolgu amacıyla zeminin boşaltılması temel aşamalarından oluşur. Bu ifadeye göre toprak işleri birçok yapının ve özellikle yolların yapımında önemli rol oynar (Evren, 1994).

Orman yolları, orman topraklarının taşıma yeteneğinin yetersiz olması, humus tabakası içermesi ve taşıt hareketine uygun olmayan dalgalı bir yapısı olması nedeniyle doğrudan zemin üzerine yapılmaz. Öncelikle doğal zemini kaplayan humus tabakası ve bitki örtüsü kaldırılır. Daha sonra oluşan yüzey belirli bir kesit formuna gelecek şekilde düzeltilir. Düzeltme işlemi sırasında, zemin ya uygun bir derinliğe kadar kazılarak ya da dışarıdan zemin üzerine toprak serilip doldurmak suretiyle bir takım toprak işleri ile istenen kota getirilir (Erdaş, 1997).

Toprak işlerini zemin türleri ve özellikleri çok etkiler. Ayrıca kazı ve dolgu şevlerine verilecek eğimler zeminin türüne göre değişir. Zeminler, aralarındaki boşluklar, su ve hava ile doldurulmuş katı mineral tanelerinden oluşur (Şekil 2.6). Zemini oluşturan bileşenlerin oranları zemin davranışını etkiler (Evren, 1994).



Şekil 2.6: Zemin içindeki bileşenlerin oranları.

Genel olarak bir yol platformunu oluşturmak için doğal zeminin kazılması ve kazı ile elde edilen materyalin gereken yerlere taşınarak dolgulara serilmesi işlemine zemin tesviyesi adı verilir. Kısaca zemin tesviyesi kazı, taşıma ve dolguların oluşturulması olmak üzere birbirini takip eden ve birbirini tamamlayan üç aşamada gerçekleşir (Bayoğlu, 1997).

Ekonomik irdelemelerde orman yollarının güzergahlarının olabildiğince araziye aplike edilecek şekilde sıfır çizgisine bağlı kalınarak inşası gerçekleştirilmeye çalışıldığından bu yolların yapımında daha çok kazı ve dolgu işleri söz konusu olmaktadır. Yani orman yollarının tesviye çalışmalarının büyük bir kısmını kazı ve dolgu işleri oluşturmakta, genellikle enine tesviye-kazıdan çıkan materyal ile dolguların oluşturması şeklinde toprak işleri yürütülmekte olup, taşıma işlerine sınırlı ölçüde ihtiyaç olmaktadır (Bayoğlu, 1997).

Proje maliyetlerinin en önemli kalemlerinden birisi tesviye işleridir. Bu nedenle proje hazırlanmasında tesviye işlerinin ve buna ait giderlerin hesaplanması oldukça önemlidir (Tunay ve diğ., 2001).

Kazı ve dolgu hesaplamaları yol inşaatından önce yapılabilir hale getirilmeli, bu hesapların planlama aşamasında alternatifler için değerlendirilebilir olması, planlama için seçenekler oluşturması gerekmektedir. Bu sayede orman yollarının plan ve proje çalışmalarında zaman ve para açısından yapılan harcamalar büyük ölçüde azalacaktır (Tunay ve diğ., 2001).

Bu amaçla orman yollarının zemin tesviyesi işlerinde kullanılan kazı ve dolgu yöntemlerini açıklamakta fayda olacaktır.

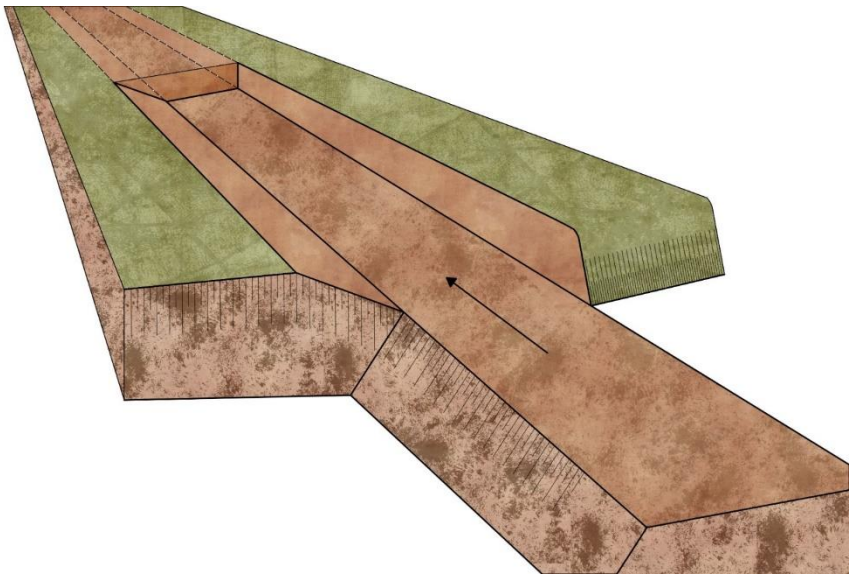
2.5.2.1. Kazı Yöntemleri

Zemin tesviyesi çalışmalarında genel olarak üç farklı yöntem kullanılır. Kullanılan bu üç yöntemin birkaçının birlikte kullanıldığı karma yöntemlerde dördüncü bir yöntem olarak kazı çalışmalarında uygulanmaktadır. Bu yöntemler (Bayoğlu, 1997);

1. Baştan kazma
2. Tabaka
3. Yandan kazma
4. Karma kazı yöntemleridir.

Baştan Kazma Yöntemi

Kazı başından sonuna kadar, kazının genişliği ve yüksekliğince yapılır. Kayalık alanlarda uygulanır. Bu yöntem için en uygun makineler ekskavatörlerdir. Bu yöntemin uygulanması için kazının genişliğinin ve yüksekliğinin fazla olmaması gerekir. Kaya yuvarlanmalarına sebep olabilir. Kazıdan elde edilen malzeme dolguda kullanılır (Bayoğlu, 1997). Baştan kazma yöntemi Şekil 2.7'de Bayoğlu (1997)'den düzenlenerek verilmiştir.

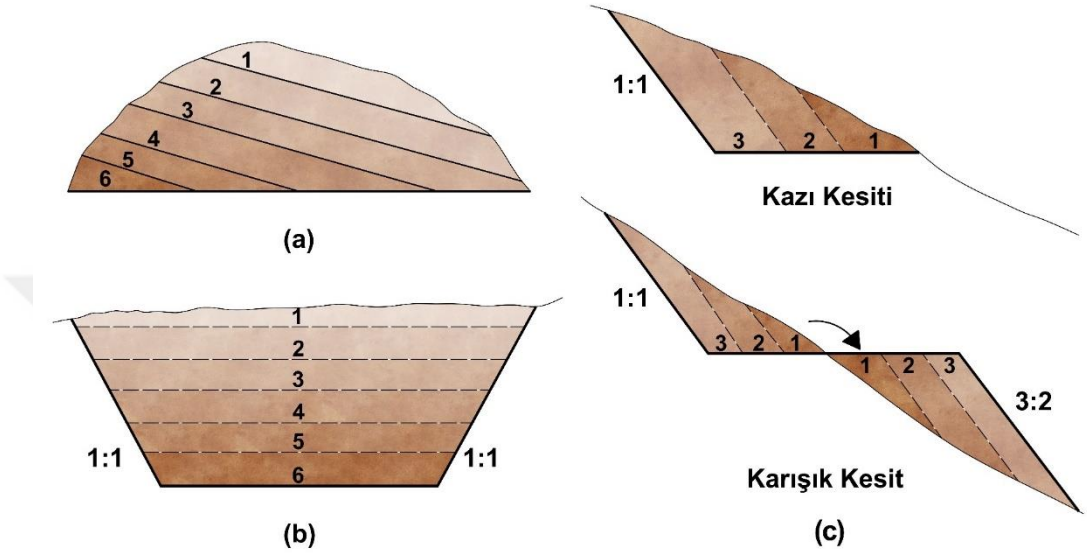


Şekil 2.7: Baştan kazma yöntemi.

Tabaka Yöntemi

Kazı yüksekliğinin fazla oluğu baştan kazma yönteminin ekonomik olmadığı durumlarda, çalışma süresini azaltmak amacıyla kazı işi tabaka halinde gerçekleştirilir. Bu yöntemde her

tabaka tamamıyla kazıldıktan sonra diğer tabakaya geçilir. Kazıdan elde edilen materyal dolguda kullanılacağı yere serilir. Bu yöntem kuru yerlerde uygulanır, düz ve az eğimli araziler için uygundur (Bayoğlu, 1997). Tabaka yöntemi Şekil 2.8'de Bayoğlu (1997)'den düzenlenerek verilmiştir.



Şekil 2.8: Tabakalı kazı yöntemi uygulamasının boykesitte (a), en kesitte (b) görünümü ve yandan kazma (c) yöntemi.

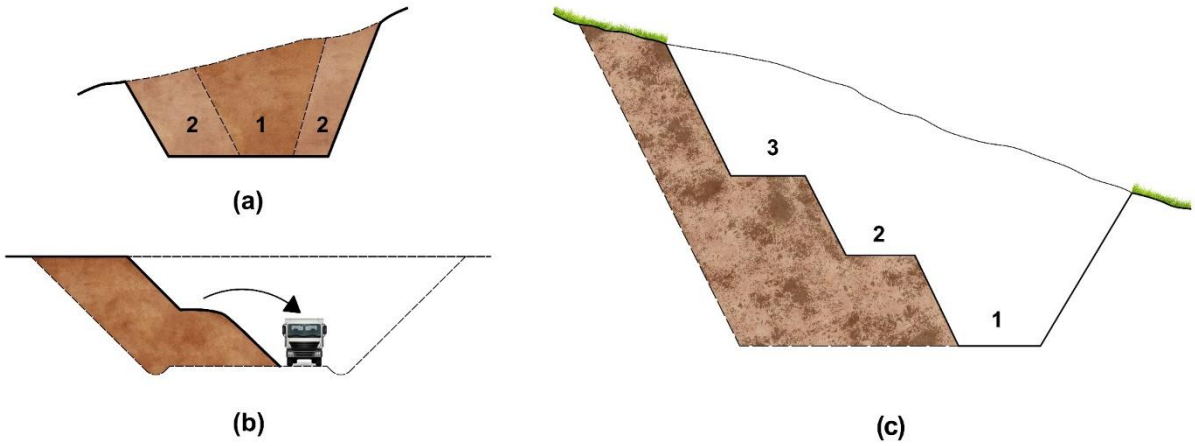
Yandan Kazma Yöntemi

Yandan kazma yönteminde kazı işi yol eksenine dik doğrultuda olmak üzere, kazının bütün yüksekliğince kazı yapılacak yer boyunca yapılır. Daha çok karışık kesitli yollarda uygulanır. Kazıdan elde edilen materyal hemen aynı enkesitteki dolguda kullanılır. Bu yöntem için en uygun makine angledozerlerdir. Çoğunlukla dozer bıçağı ile kazıdan alınan materyal dolgu tarafına atılarak yol gövdesi oluşturulur. Orman yollarında çoğunlukla yandan kazma yöntemi kullanılır (Bayoğlu, 1997). Yandan kazma yöntemi Şekil 2.8'de Bayoğlu (1997)'den düzenlenerek verilmiştir.

Karma Kazı Yöntemleri

Kazı yöntemleri çoğunlukla orman yollarının yapımında yeterlidir. Fakat bazı şartlarda sade yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlar olabilir (Erdaş, 1997). Bu durumda karma yöntemler kullanılır. Karma yöntemler kazı yöntemlerinin birlikte uygulanmasıyla ortaya çıkar. En basit karma yöntem baştan ve yandan kazma yöntemlerinin birlikte uygulanmasıdır (Bayoğlu, 1997). Uzunluğuyla birlikte yüksekliği de fazla olan kazılarda "Teras Yöntemi" adı verilen karma

yöntem kullanılır. Teras yönteminde önce baştan kazma yöntemiyle kazı kısmı açılır (1), birinci kısımda kazı devam ederken yamaçta ikinci bir baştan kazma yöntemiyle kazı yapılır (2) ardından üçüncü (3) kısım kazılır. Bu kazılar tamamlandıktan sonra yandan kazma yöntemiyle kademeler de kazılarak kazı şevinin kazısı tamamlanır. Kazı şevleri geniş, uzun ve yüksek olduğunda tabaka yöntemini de uygulamak mümkündür (Erdaş, 1997). Karma kazı yöntemleri, Şekil 2.9'da baştan kazma ve yandan kazma karma yöntemi (a), yüksek kazılarda uygulanan teras yöntemi (b) Bayoğlu (1997)'den düzenlenerek, teras yöntemi (c) Erdaş (1997)'den düzenlenerek verilmiştir.



Şekil 2.9: Karma kazı yöntemleri, baştan kazma ve yandan kazma karma yöntemi (a), yüksekliği fazla olan kazılarda uygulanan teras yöntemi (b/c).

2.5.2.2. Dolguların Oluşturulmasında Uygulanan Yöntemler

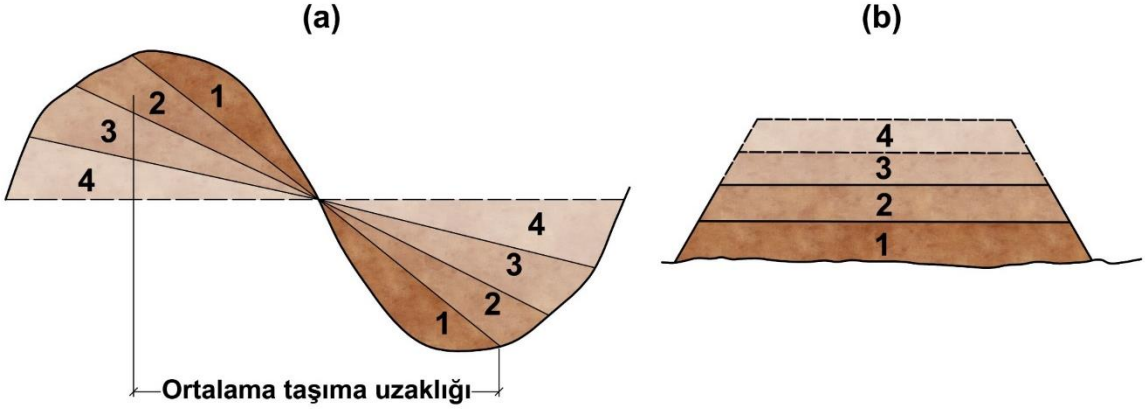
Orman yollarında dolguların yapılmasına başlanmadan dolgu şevleri temizlenmelidir. (Erdaş, 1997). Dolguların oluşturulmasında kullanılan yöntemler yalnız araçlarla taşınarak getirilen kazı materyalinin dolgulara dökülmesinde uygulanır. Orman yollarının yapımında çoğunlukla kullanılan, kazıcı ve taşıyıcı özelliklerin bir arada olduğu makinelerle getirilen dolguların oluşturulmasında ise kendilerine özgü yöntemler uygulanır. Dolguların oluşturulmasında üç sade yöntem ve bunların karma yöntemleri söz konusu olmaktadır. Bunlar sırasıyla (Bayoğlu, 1997);

1. Tabaka halinde dökme
2. Baştan dökme
3. Yandan dökme

4. Karma dolgu yöntemleridir.

Tabaka Halinde Dökme Yöntemi

Zeminin tabakalar halinde dökülmesiyle dolguların oluşturulması esasına dayanır. Bu yöntemde kazılardan tabaka yöntemi ile elde edilen materyal dolguda kullanılır. Kazının her bir tabakası dolgunun bir tabakası oluşturur. Büyük ve yüksek dolgulara uygun değildir (Bayoğlu, 1997). Tabaka halinde dökme yöntemi Şekil 2.10'da Erdaş (1997)'den düzenlenerek verilmiştir.



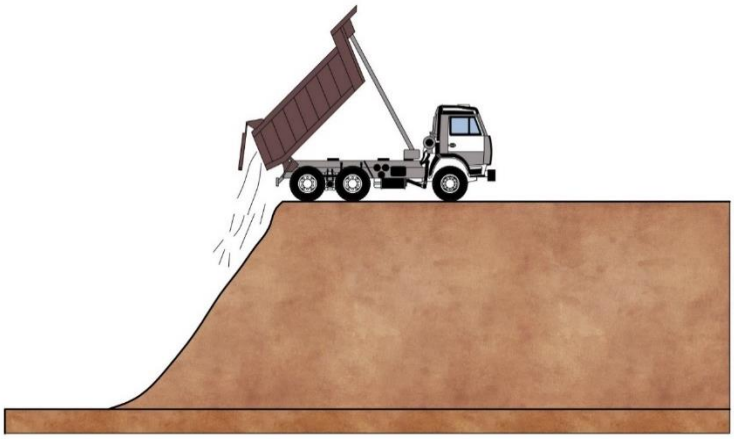
Şekil 2.10: Tabaka halinde dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması uygulamasının boykesitte (a) ve enkesitte (b) görünümü.

Baştan Dökme Yöntemi

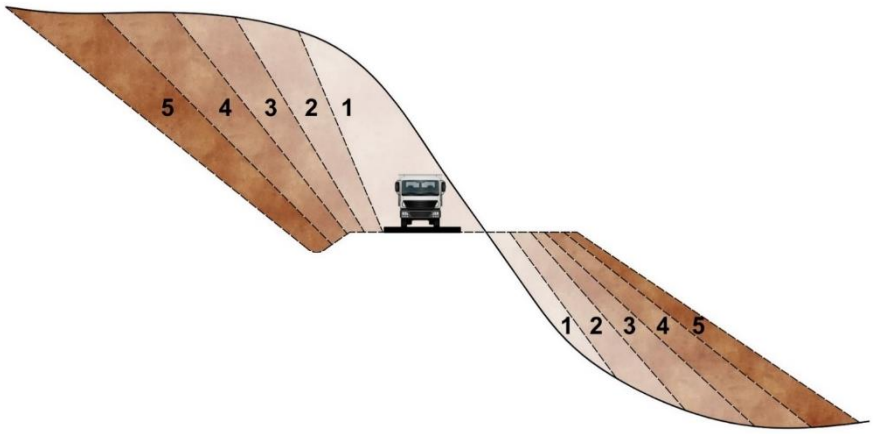
Çoğunlukla büyük dolgularda kasaları arkaya devrilebilen kamyonlar kullanılarak, dolgu malzemesinin dolgunun başından dökülmesi şeklinde uygulanır. Baştan dökme yöntemi kazı işlerinin kuru mevsimlerde yapıldığı ve yükseklikleri fazla olan dolgularda sıkıştırma zorluğu yaşanacağından pek uygun değildir (Bayoğlu, 1997). Yöntem Şekil 2.11'de Bayoğlu (1997) 'den düzenlenerek verilmiştir.

Yandan Dökme Yöntemi

Yandan dökme yöntemi Şekil 2.12'de Bayoğlu (1997)'den düzenlenerek verilmiştir. Bu yöntem kazı materyalinin yandan kazı ile elde edildiği karışık kesitlerde uygulanmaktadır. Yöntem kasaları yana ve arkaya devrilen kamyonlar kullanılarak şekilde gösterilen 1, 2, 3, 4, 5 kazıları ile 1, 2, 3, 4, 5 dolguları oluşturularak uygulanır. Uygulamanın en büyük sakıncası dökülen tabakalar arasında kaynaşma sağlanamamasıdır (Bayoğlu, 1997).



Şekil 2.11: Baştan dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması yöntemi.

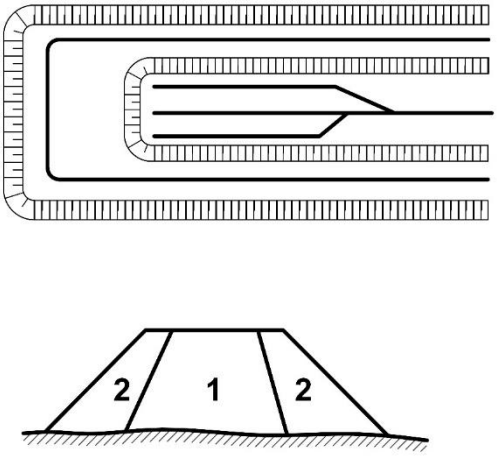


Şekil 2.12: Yandan dökme yöntemi ile dolguların oluşturulması.

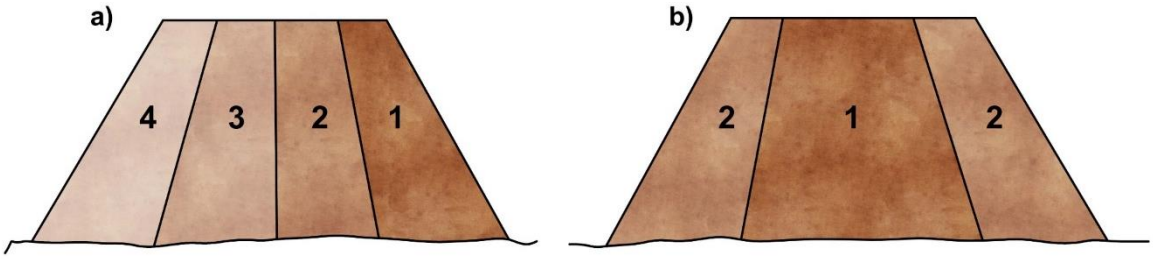
Karma Yöntemler

Bu yöntemler dolguların oluşturulmasında kullanılan yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla meydana gelir. Baştan dökme ve tabaka yöntemlerinin birlikte uygulandığı metotta dökme işlemi tabakalar halinde uygulanır. Bunun başka bir şeklinde önce baştan dökme ile dolgu yüksekliği kadar bir çekirdek oluşturulur sonra yanlara doğru genişletilir (Şekil 2.13) (Bayoğlu, 1997).

Şekil 2.14'te karma yöntemler Erdaş (1997)'den düzenlenerek verilmiştir. Şekle göre yandan dökme ile genişletmede iki yol vardır. Bunların ilkinde (a) çekirdek kısmı (1) hep aynı yöne doğru 2, 3, 4 hamleleri olarak genişletilir. İkincisinde ise (b) çekirdek kısmı (1) aynı zamanda iki yana birden (2) genişletilir (Erdaş, 1997).

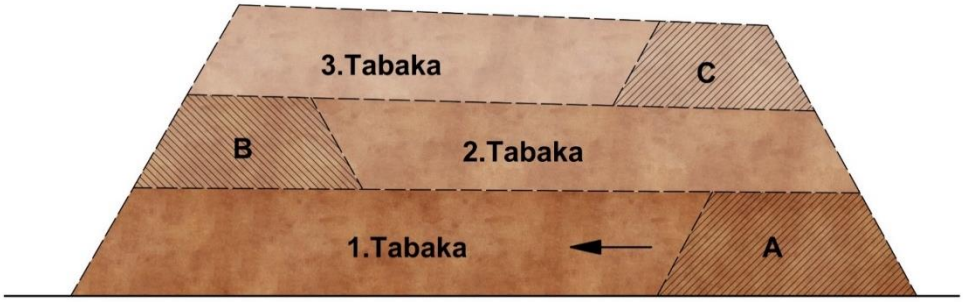


Şekil 2.13: Karma dolgu yöntemleri. Baştan dökme ve tabakalı karma yöntem (üstte). Baştan dökme ve yandan dökme karma yöntem (altta).



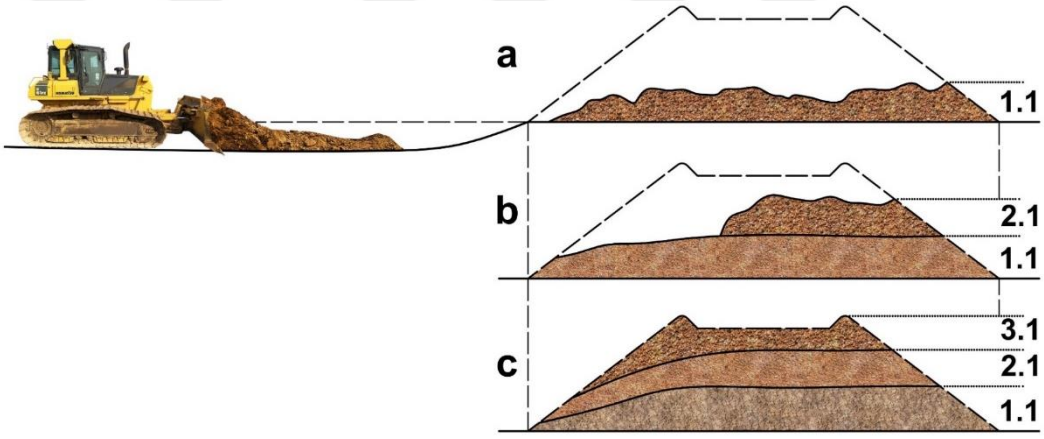
Şekil 2.14: Karma metotlar.

Tabaka, baştan dökme ve yandan dökme yöntemlerinin birlikte kullanılmasından oluşan üçüncü bir karma yöntem Şekil 2.15'te Erdaş (1997)'den düzenlenerek verilmiştir. Bu karma yöntem yüksek ve geniş dolgularda uygulanır. Yöntemin uygulamasında önce baştan dökme yöntemiyle A çekirdeği oluşturulur. Oluşturulan bu çekirdek yandan dökme yöntemiyle yana doğru genişletilip 1. tabaka elde edilir. Daha sonra B çekirdeği tesis edilir ve yandan dökme yöntemiyle 2. tabaka tamamlanır. Aynı şekilde C çekirdeği ve 3. tabaka yapılarak, bir sağdan bir soldan dolduru dökülür (Erdaş, 1997).



Şekil 2.15: Tabaka, baştan dökme ve yandan dökme metotlarının karma olarak kullanılması.

Karma metotlara bir diğer örnek Şekil 2.16 'da Erdaş (1997)'den düzenlenerek verilmiştir. Şekle göre, yandan dökme yöntemi ile önce 1.tabaka (a), daha sonra üzerine 2. tabaka (b) ve 3. tabaka (c) eklenerek bir yol dolgusu tesis edilebilir (Erdaş, 1997).



Şekil 2.16: Tabaka ve yandan dökme metotlarının karma olarak kullanılması.

2.6. KAZI-DOLGU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

2.6.1. Orman Yollarında Kazı-Dolgu Hesaplamanın Önemi

Düşük hacimli orman yolları için inşaat ve bakım maliyetleri, odun üretiminin toplam maliyetindeki en büyük bileşenlerdir (Akay, 2004). Toprak işleri de genellikle düşük hacimli orman yollarının yapımında en büyük maliyet bileşenini temsil eder (Tunay ve diğ., 2001). Toprak işleri hacminin doğru tahmin edilmesi, inşaat maliyetlerinin öngörülmesi ve yol inşaat operasyonlarının mali kontrolünün iyileştirilmesi için gereklidir (Contreras ve diğ., 2012). Bu maliyetlerin hesaplanabilmesi için yol güzergahı boyunca enine kesitler alınarak kazı-dolgu hacimleri hesaplanır (Tunay ve diğ., 2001).

Toprak işleri, bir mühendislik projesinin gerçekleştirilmesi amacıyla, doğal arazi yüzeyinde gerekli düzlemeler için yapılan, kazı, dolgu, yükleme, taşıma ve depo aşamalarını içeren bir mühendislik terimidir (Evren, 1994). Bir mühendislik yapısı olan yol içinde, hafriyat maliyeti, zemin yüzeyini yol platformunun tabanına hazır hale getirmek için kazı, dolgu ve toprak taşıma gibi işlerin maliyetini içerir (Artun ve diğ., 2020).

Hızlı ekonomik gelişme ile birlikte günümüzde yurtiçi ve yurtdışında daha fazla mühendislik inşaat projesi bulunmakta ve her mühendislik inşaat projesinde dikkate alınması gereken birçok konu bulunmaktadır. Bunlar arasında hafriyat hesabı kaçınılmaz ve hayati bir kısımdır. (Yongxiao ve diğ., 2021). Hafriyat hacimleri, yüklenicilere yol inşaatı için ödenen temeli temsil eder. Ardışık yol istasyonları arasındaki hafriyat hacimleri, hafriyat işlerinin ekonomik dağılımının belirlenmesinde de kullanılır. Hacimlerin doğru bir şekilde hesaplanması önemlidir (Easa, 2003; Easa, 1992a).

Mevcut rekabet ortamında, toprak işleri için hem hızlı hem de doğru tahminler elde etmek istenmektedir. Zeminlerin hacim hesabından elde edilen sonuçlar, ağır inşaat ve hafriyat işlemlerinde önemli bir girdidir (Oloufa, 1991). Hafriyat hacimleri, brükner diyagramı ve optimizasyon modelleri ile toprak işlerinin ekonomik dağılımını belirlemek için kullanılır (Easa, 2003).

Hafriyat maliyetini ve hafriyat ile ilgili masrafları hesaplamak için öncelikle yol ekseni boyunca alınan enkesitler kullanılarak kazı ve dolgu hacmi hesaplanır. Dolgu yapımında kazı hacimleri kullanılır. Orman yollarının alternatiflerinin değerlendirilmesinde en düşük kazı ve dolgu

hacmini oluşturan güzergâh planı, aynı zamanda en düşük maliyeti oluşturduğundan optimum güzergâh olarak planlanmalıdır (Thuresson, 1995; Gümüş ve diğ., 2003; Aruga ve diğ., 2005).

Yol yapım projeleri, genellikle, yüklenicinin, iş birimi başına belirtilen bir ücret karşılığında bir ödeme kalemini tamamlamak için gereken tüm görevleri yerine getirmeyi kabul ettiği birim fiyat tekliflerine dayalı olarak yapılır. Hafriyat işleri için yapılacak ödeme miktarlarını belirlemek için kullanılan geleneksel yöntem, ilk temizlemeden sonra ve inşaat tamamlandıktan sonra yolun enine kesitlerini düzenli ancak geniş aralıklarla (örneğin her 25 m'de bir) incelemektir. Her bir enkesitte kazı ve dolgu alanları hesaplanır ve enkesitler arasındaki hafriyat hacimleri, ortalama alanlar (OAY) yöntemi kullanılarak hesaplanır (Kavanagh, 2010). Bu yöntem emek yoğundur ve önemli hacimlerde hafriyat içeren alanlar birbirini takip eden enkesitler arasına düştüğünde hatalar ortaya çıkabilir. OAY yönteminin, yol inşaatı, kavşaklar veya drenaj yapılarının kurulduğu yerler gibi doğrusal olmayan bölümlerden oluştuğu durumlarda tutarlı bir şekilde uygulanması zordur. Bu gibi durumlarda daha yoğun veri sağlayan ölçüm yöntemleri daha doğru sonuçlar verecektir (Slattery ve diğ., 2012).

Ortalama alan yöntemi dışında kullanılan geleneksel yöntemlerde bulunmaktadır. Bu bölümde bu yöntemler anlatılmaya çalışılacaktır.

2.6.2. Kazı-Dolgu Hesaplama Metotları

Alan ve hacim tahmini çoğu mühendislik planı için temeldir. Bu tür planlarda malzemenin kazılması ve taşınması, proje maliyetinin büyük kısmının bağlı olduğu işin en önemli ve maliyetli yönüdür (Wanasinghe ve diğ., 2019).

Geleneksel olarak, planlanan yollar için arazi bilgileri, pahalı ve emek yoğun arazi çalışmalarını gerektirir. Bu nedenle arazi verileri, bu çalışmaları azaltmak için genellikle her 30 metrede bir veya büyük eğim ve yön değişikliklerinde ölçüm istasyonlarının yerleştirildiği bir ön yol güzergahı araştırması yoluyla toplanır. Her istasyonda ölçülen arazi eğimleri, kazı ve dolgu alanlarını hesaplamak için kullanılır ve bunlar daha sonra ardışık enkesitler arasındaki hafriyat hacimlerini tahmin etmek için kullanılır (Contreras ve diğ., 2012). Proje maliyetlerini optimumda tutabilmek için yol güzergahının optimizasyonu önemlidir.

Optimizasyon işlemi sırasında, kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanması yaklaşık olarak yapılır ve sadece mevcut zemin yüzeyi kotları ile yatay doğrultu istasyonları boyunca düşey doğrultu tasarım kotları arasındaki kot farkına dayanır (Artun ve diğ., 2020).

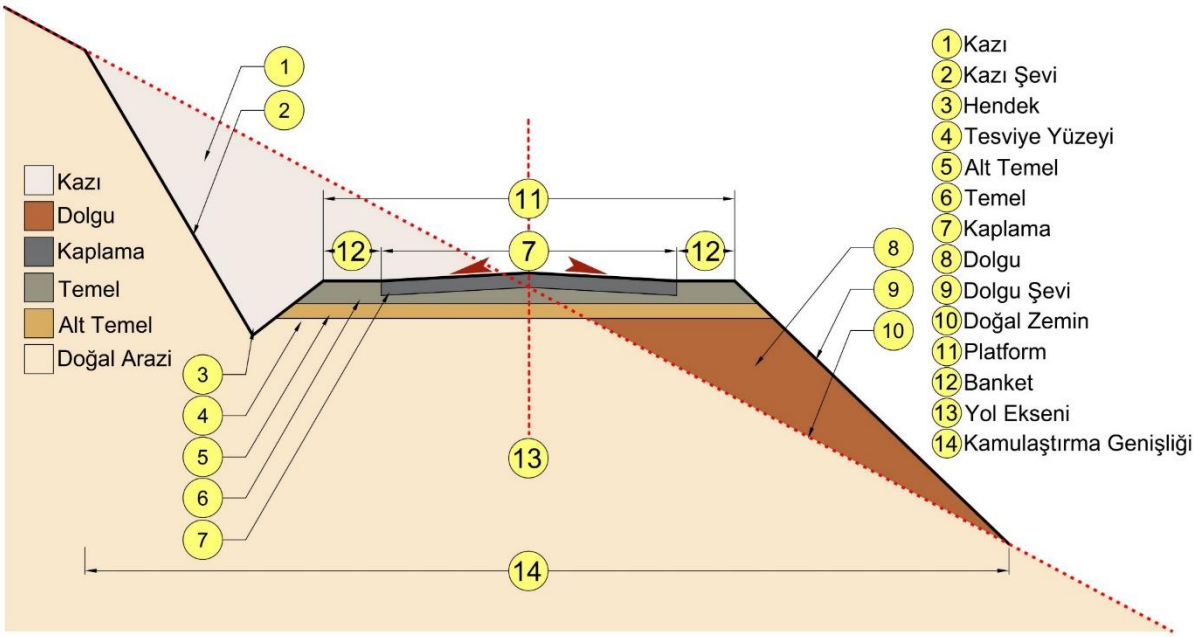
Hafriyat hacimleri geleneksel olarak ortalama alan formülü, prizma formülü veya hafriyat tabloları kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemlerden herhangi biri ile ilişkili sonuçların doğruluğunun, orijinal ve nihai kesitler için mevcut veri miktarı ile doğru orantılı olduğu gösterilmiştir (Meyer ve Gibson, 1980; Epps ve Corey, 1990; Contreras ve diğ., 2012).

Hacim hesaplamada yaygın olarak kullanılan en uygun yöntem, uygun aralıklarla ölçülen enine kesitlerin kullanılmasıdır. Daha sonra enkesitler arasındaki hacimler hesaplanır ve ortalama alan kuralı bu amaç için en yaygın kullanılan tekniktir (Wanasinghe ve diğ., 2019).

Bir yolda yapılacak kazı-dolgu miktarlarının tahmin edilebilmesi için yol ekseni boyunca uygun olan tüm noktalarda enkesitler alınmalıdır (Aruga ve diğ., 2005; Bayoğlu, 1997; Siyam, 1987). Bir yol projesindeki enkesitler; siyah ve kırmızı çizgiyi oluşturan noktalarda, geçit noktalarında, kurpların baş ve son noktalarında alınır. Bunlara ek olarak arazi durumunun (arazi örtüsü ve yapısı) yol yapım maliyetlerine etki edecek oranda değişiklik gösterdiği noktalarda, ayrıca yol ekseninin mevcut akarsu yatakları ile yolları kestiği veya yakınlarından geçtiği noktalarda ve sahipli arazilere girip çıktığı yerlerde araziyi daha iyi tasvir edebilmek için enkesitlerin alınmasında yarar vardır (Bayoğlu, 1996; Demir, 2002). Enkesitler, aliymanlarda yol eksenine dik doğrultuda, kurplarda ise yarıçap doğrultusunda alınır (Bayoğlu, 1997). Enkesitlerin en ekonomik olanı karışık enkesitlerdir. Karışık enkesitlerde önemli olan, kazıdan çıkan malzemenin dolguda kullanılmasıdır. Orman yollarında genellikle karışık enkesit kullanılır (Bayoğlu, 1997).

Bu durumda bazı tanımları bu kısımda vermek faydalı olacaktır.

Enkesit: Yol ekseni üzerindeki profil noktasından eksenin yatay izdüşümüne dik olarak geçen düşey düzlemin, yol gövdesi tabakaları ve elemanlarının yeterli genişlikte bir arazi kullanımını da kapsayacak şekilde araziye kesmesiyle elde edilen, arazinin eğimini de belirlemek amacıyla yol güzergahına dik doğrultuda alınan kesite **enkesit** denir (Tavşanoğlu, 1973; OGM, 2008; Kök, 2020; Erdaş, 1997). Tipik bir orman yolu enkesiti ve elemanları düzenlenerek Şekil 2.17 ‘de verilmiştir (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; NZFOA, 2020).



Şekil 2.17: Tipik bir orman yolu enkesiti ve elemanları.

Orman yolu enkesitinin kısımları açıklanacak olursa;

Platform: Yolun banket dış sınırları arasında kalan, kaplama ile banketlerden oluşan yüzeydir (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008).

Kaplama: Trafiğin doğrudan temas halinde olduğu, asfalt, beton, kum-çakıl vb. malzeme kullanılarak, temel tabakası üzerine inşa edilen en üst tabakadır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008).

Banket: Yol kaplamasının kenarı ile şev başı arasında kalan, kaplamaya yanal destek sağlayan, yayaların, hayvanların ve diğer araçların geçişine, yerine göre malzeme koymaya ve araçların durmasına ayrılan yol kaplamasının iki yanında kaplamaya bitişik olarak yapılan kısımdır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008; Kök, 2020).

Şev: Geoteknik mühendisliğine göre zemin/kaya yüzeylerinin oluşturduğu geometrik şekillerdir. Yüzeyin yatayla yaptığı açı "şev açısı"dır. Mühendislik işleri sonucunda oluşan şevler "kazı" veya "dolgu" şevi olarak isimlendirilirken, doğal yollarla oluşan şevlere ise "doğal şev" veya "yamaç" denir (Arıoğlu ve Tokgöz, 2005).

Daha detaylı tarif gerekirse, kazıda hendek tabanı ile daha yüksek kottaki doğal arazi arasındaki, dolguda ise platformun dış kenarı ile daha düşük kotta bulunan doğal arazi

arasındaki eğimli yüzeydir. Eğimli yüzeyin, yatayla olan açısının kotanjantıdır. Kısaca, bir kazı ya da dolguda platform kenarı ile doğal zemin arasındaki eğik yüzeydir (Evren, 1994; Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; Kök, 2020). Şevler arazi çizgisini kestikleri alt ve uç noktaları ile sınırlanır. Alt uç noktalarına şev ayağı denir (Bayoğlu, 1997).

Temel Tabakası: Doğal kum, çakıl veya kırma taş ile ince bağlayıcı malzemeden oluşan, kaplama tabakası ile tesviye yüzeyi veya alt temel tabakası arasında bağlantıyı sağlayan, yola gelen yükleri taşıyan ve bu yükleri temel altına veya alt yapıya aktaran tabakadır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008).

Alt Temel Tabakası: Genellikle kum, çakıl gibi taneli malzeme ile tesviye yüzeyi üzerine inşa edilen, yola gelen yükleri daha ekonomik bir yapıyla derine doğru aktaran, temel tabakası ile alt yapı arasındaki, temel tabakasını taşımak için belli kalınlıkta tabana yerleştirilen tabakadır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008).

Üst Yapı: Yola gelen yükleri taşımak ve doğacak gerilmeleri taban yüzeyine zeminin taşıma gücünü aşmayacak şekilde dağıtmak için alt yapı üzerine seçme malzemelerle inşa edilen, kaplama, temel, alt temel tabakalarını kapsayan taşıyıcı tabakadır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008; Kök, 2020).

Alt Yapı: Toprak işleri sonunda yolun planlanan kot ve enkesit şekline getirilmiş, üst yapısı altında kalan, sanat yapılarını da içine alan kısımdır (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; Kök, 2020).

Hendek: Yol platformu ve kazı şevinden gelen suları toplayıp akıtan, kazı şevi ile banket arasındaki tabanı eğimli, genellikle üçgen kesitli drenaj tesisidir (Bayoğlu, 1997; Erdaş, 1997; OGM, 2008; Kök, 2020).

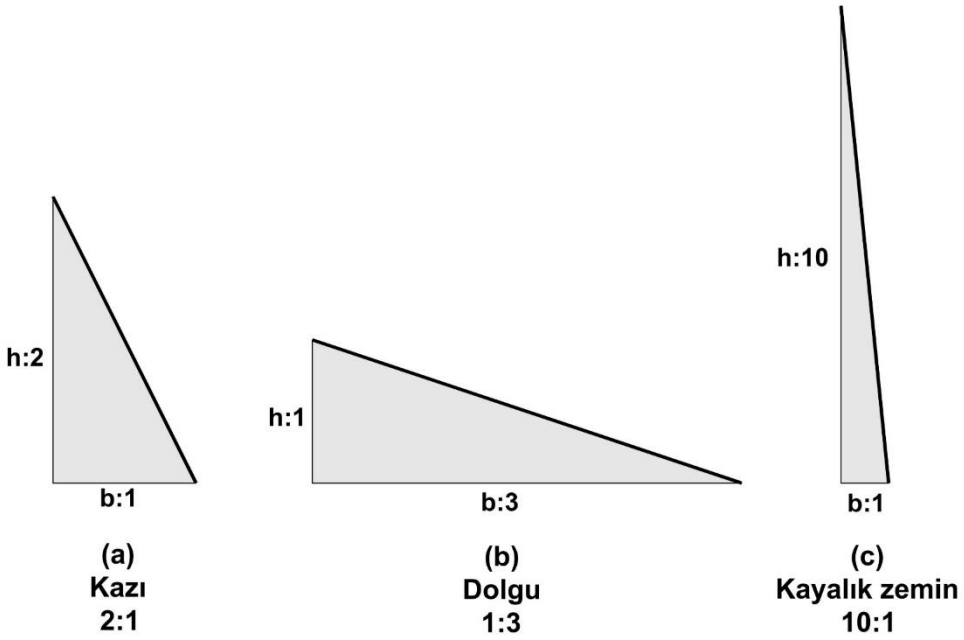
Boykesit: Yol ekseni boyunca düşey olarak geçirildiği düşünülen bir düzlemin araziyi kesmesiyle elde edilen, arazi hattının ortaya çıkarılmasını sağlayan, kotlu yol ekseni veya yol ekseninin düşey düzlemdeki iz düşümüne yani planda güzergah ekseni boyunca alınan düşey kesite **boykesit** (boyuna profil veya uzunluk profili) denir (Tavşanoğlu, 1973; OGM, 2008; Demir, 2002; Kök, 2020; Melemez ve diğ., 2015).

Bir yol şeridinin arazi üzerinde takip ettiği ize veya harita üzerinde takip ettiği yatay hatta **güzergah** veya **geçki** denir (Bayoğlu, 1996; OGM, 2008).

Hafriyat, toprak, kaya, çakıl ve diğer toprak malzemelerin kazılması, taşınması ve yerleştirilmesi olarak tanımlanır (Hintz ve Vonderohe, 2011).

Orman yolları teknik, ekolojik ve mali açıdan birleşik kriterlerin değerlendirildiği yollardır. Bu sebeple orman yollarında uygulanacak şevler, bir taraftan en az hafriyat işi gerektirecek, diğer taraftan zeminin dengesini bozmayacak şekilde düzenlenmelidir. Orman yollarında şev eğimleri; zeminin özelliklerine, kazı derinliğine, zemin içindeki tabakalanmaya, yüzeysel su etkilerine, inşaat zamanına, yolda nakliyat yapan araçların sebep olduğu titreşimlere ve hava etkileri gibi faktörlere bağlıdır (Erdaş, 1997). Şev eğiminin belirlenmesinde arazinin doğal şev açısı çok önemlidir (Bayoğlu, 1997).

Orman yollarında şevler oran cinsinden ifade edilir ve şev üçgeni ile gösterilir. Şev oranı, yüksekliğin (h), taban uzunluğuna (b) oranıdır. Genel olarak kazılarda 1:2, 1:1, 2:1 ve 3:2; dolgularda 2:3, 1:3; kayalık arazilerde ise 10:1 şev oranları kullanılabilir. Şev üçgeni düzenlenerek Şekil 2.18'de verilmiştir (Erdaş, 1997).



Şekil 2.18: Şev üçgeni, h ve b değerleri.

Kazı-dolgu hesaplamalarının yapılmasına yönelik en büyük adım enkesit alanlarının belirlenmesidir (Siyam, 1987). Geleneksel yöntemlerle kazı-dolgu hacimleri hesaplamalarının yapılabilmesi için öncelikle enkesitlerin alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla hesaplamaları alan ve hacim hesapları olarak iki aşamada değerlendirmek gerekir.

2.6.3. Alan Hesabı

Enkesit alanları, hacim hesapları için bir girdirir (Easa, 1989). Hafriyat hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin doğruluğu, enkesit alanlarının doğru hesaplanmasına bağlıdır (Kim ve Schonfeld, 2001).

Kesit alanlarının hesaplanabilmesi için kesit üzerindeki noktaların yüksekliklerinin bilinmesi gerekir. Ayrıca yol kenarlarında, hendeklerde, kazı şevlerinde ve dolgu şevlerinde zemin yükseklikleri hesaplanır. Kesit alanları, zemin yüksekliklerinden yol yüksekliklerine olan farklar ve zemin yüksekliğinin hesaplandığı noktalar arasındaki aralıklar kullanılarak hesaplanır. Kurplu yollarda hafriyat hacimlerini hesaplamak için enine kesitlerin eksantriklikleri de zemin yüksekliklerinden yol yüksekliklerine olan farklar ve yol merkezinden zemin yüksekliklerinin hesaplandığı noktalara olan mesafeler kullanılarak hesaplanır (Aruga ve diğ., 2005). Başka bir ifadeyle, bir kesitin alanı, doğal zeminin geometrisinden ve yol şablonundan hesaplanır (Aruga ve diğ., 2005).

Alan hesabında birçok yöntemden yararlanılır. Bu yöntemlerden bazıları; üçgen yöntemi, koordinat yöntemi, planimetre yöntemi, grid yöntemleridir.

2.6.3.1. Üçgen Yöntemi

Üçgen yönteminde alanın üçgenlere bölünmesi gerekir. Daha sonra bu üçgenlerin alanları hesaplanır. Son olarak hesaplanan alanlar toplanır ve tüm alan bulunur (Seçkin, 2003).

2.6.3.2. Koordinat Yöntemi

Bu yöntemde plan üzerinde bir koordinat sistemi çizilir. Koordinat sistemi sayesinde proje alanında geometrik şekiller oluşur. Oluşan bu şekillerin alanları hesaplanır. Hesaplanan tüm alanlar toplanarak proje alanının toplam alanı bulunur (Seçkin, 2003).

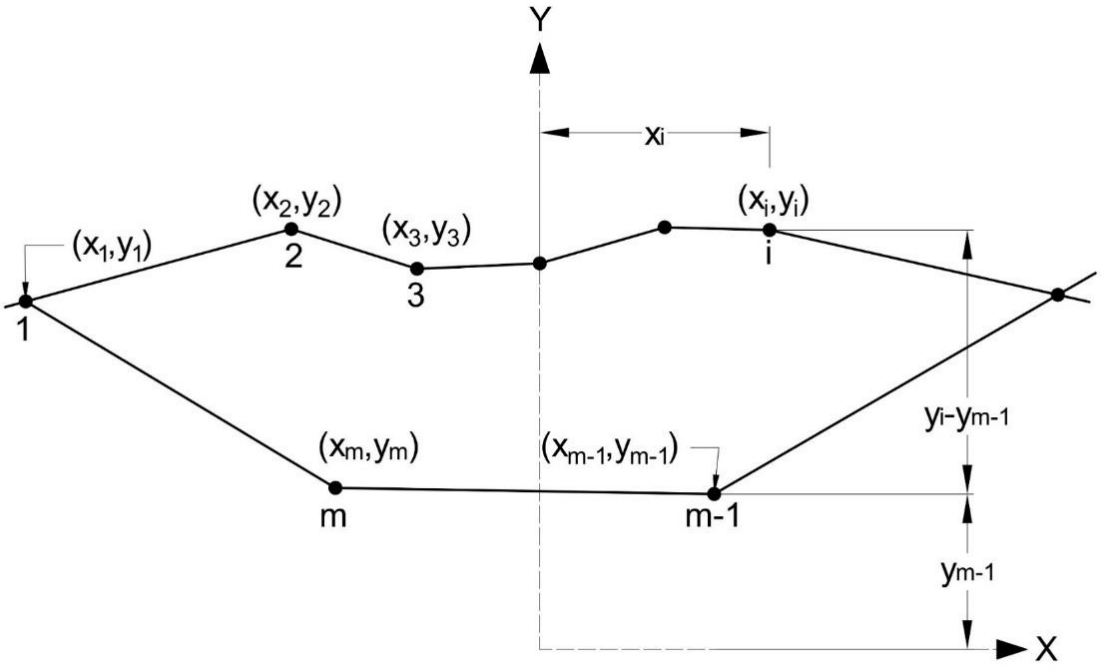
Şekil 2.19 Siyam (1987)'den düzenlenerek verilmiştir. Şekilde m veri noktası ile tanımlanan bir kesit gösterilmektedir. Her noktanın konumu, y eksenine (x_i) olan yatay mesafesi ve yüksekliği (y_i) ile tanımlanır. Koordinat yöntemiyle bir kesit alanını hesaplamak için denklem (2.6) kullanılabilir (Siyam, 1987):

$$A = \frac{1}{2}\left[y_{1(x_2 - x_m)} + y_{2(x_3 - x_1)} + y_{3(x_4 - x_2)} + \cdots + y_m(x_1 - x_{m-1})\right] \quad (2.6)$$

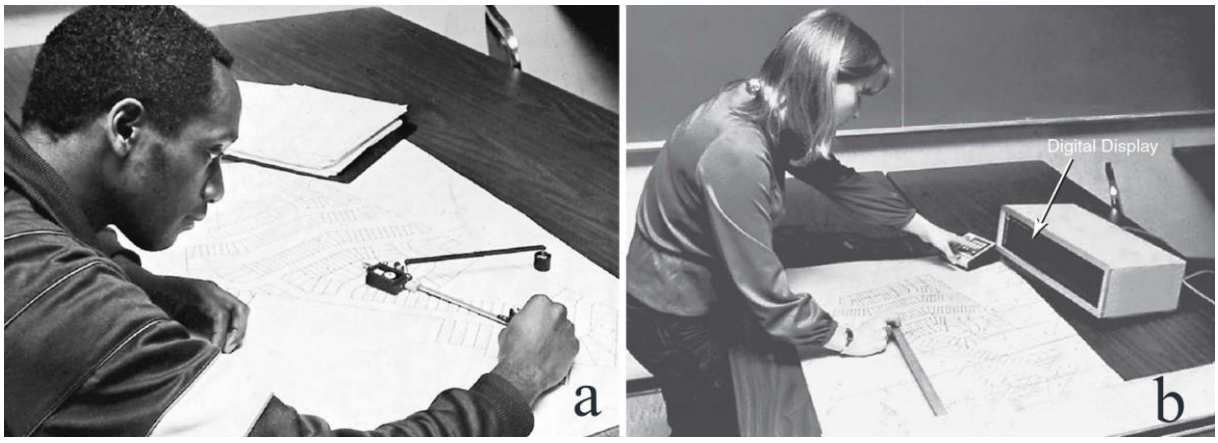
Planimetre Yöntemi

Planimetre bir alan ölçüm aracıdır. Alanların çevreleriyle orantılı bulunması ilkesine dayanır (Evren, 1994). Yaygın olarak sınırları düzgün olmayan alanların hesaplanmasında kullanılır. Alanları mekanik olarak ölçer, doğrusal ve kutupsal planimetre olarak iki tip vardır. Uygulamada daha çok kutupsal planimetre kullanılır (Seçkin, 2003).

Planimetrelerin dijital olanları da vardır. Planimetre genel olarak, hareket kolu, kutup kolu ve sayaç kısımlarından oluşur. Planimetre kolu, alanı hesaplanacak şeklin etrafında birkaç kez dolaştırılarak ve alette okumalar yapılarak kullanılır (Kavanagh, 2010). Okumalar sonucunda elde edilen değerler, şekil etrafında dolaştırma sayısına göre ortalama alınarak hesaplanır (Evren, 1994). Kutupsal ve dijital planimetre Şekil 2.20'de verilmiştir (Kavanagh, 2010).



Şekil 2.19: En kesit geometrisi.



Şekil 2.20: Kutupsal (a) ve dijital (b) planimetre.

2.6.3.3. Grid Yöntemi

Bu yöntemde milimetre çizgileri beş milimetrede bir farklı renk ya da kalınlıkta olan diyagramlar kullanılır. Ölçüm için, şeffaf milimetrik diyagram plan üzerine konur. Proje içinde kalan milimetrik kareler sayılır. Hassas ölçümler için bu işlem üç kere tekrarlanarak sonuçların ortalaması alınır ve bulunan değerler ölçeğe dönüştürülerek alan hesaplama yapılır (Seçkin, 2003).

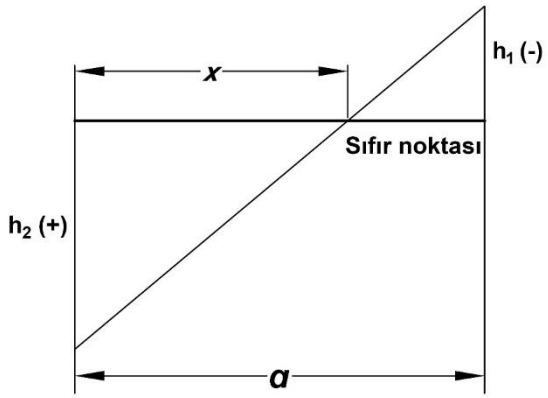
Grid yöntemde, analiz edilen yer küçük birim alanlara bölünür. Kazı veya dolgu derinliği, her birim alanın köşelerinde kaydedilir. Belirli bir birim alanın kazı veya dolgu derinliklerinin ortalaması alınır ve kazı veya dolgu hacmini belirlemek için birimin alanı ile çarpılır. Bireysel birim alanların kazı ve dolgusunun toplamı, bir saha için toplam kazı ve dolguyu verir. Bu yöntemle gerçek zeminin, doğrusal bir zemin yüzeyini temsil eden bir düzlem olduğu varsayılır (Dewberry, 2008; Hintz ve Vonderohe, 2011).

Bu yönteme kare ızgara yöntemi de denir. Kare ızgara yönteminin ilkesi, alanı birkaç kare ızgaraya bölmek, her bir ızgaranın dört köşesinin yüksekliklerini bulmak için enterpolasyon yapmak ve ölçülen yükseklik ve tasarım kotu, ızgaranın toplam dolgu ve hafriyat miktarı ve şev hafriyat miktarı, yani arazinin toplam hafriyat miktarı özetlenmiştir. Izgara hesaplanırken sıfır noktası ve sıfır çizgisinin belirlenmesi gerekir. Sıfır çizgisi, dolgu alanı ile kazı alanının kesişimidir. Sıfır çizgisinde kazı-dolgu miktarı sıfırdır. Sıfır çizgisi sıfır noktaları ile bağlanır. Sıfır noktasını hesaplama formülü aşağıdaki gibidir (Hanzhi, 2009; Liu ve diğ., 2021):

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a \, , x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a \tag{2.7}$$

Formülde, x_1, x_2, ızgaradan sıfır noktasına olan mesafedir (m), h_1, h_2, ızgaranın iki ucundaki yapı yüksekliğinin mutlak değeridir (m), a, ızgaranın gerçek kenar uzunluğudur (m). Sıfır noktası diyagramı yöntemi Şekil 2.21'de düzenlenerek gösterilmiştir (Liu ve diğ., 2021).

Gerçek çalışmada, grafik yöntemi genellikle sıfır çizgisini doğrudan çizmek için kullanılır. Yöntem şudur: değeri bitişik köşe noktalarında aynı oranda işaretlenir, iki uç birleştirilir ve Şekil 2.21 'de gösterildiği gibi sıfır noktasının konumunu elde etmek için ızgara kenarına geçilir (Liu ve diğ., 2021).



Şekil 2.21: Grid yöntemi.

2.6.4. Hacim Hesabı

Hacim hesaplarının yapılabilmesi için enkesitler gereklidir (Aruga, 2005). Enkesit alanları hesaplandıktan sonra hacim hesaplarına geçilir (Evren, 1994). Bir projedeki tesviye maliyetlerini tahmin etmek, daha fazla kazı veya dolguya gereksinim olup olmadığını belirlemek ve kazı-dolgu hacimleri dengesinin sağlanması için kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanması gerekir. Hacim hesaplamalarında kullanılan yöntemler (Seçkin, 2003; Easa, 1992a; Easa, 2003; Bayoğlu, 1997; Eliou ve diğ., 2019);

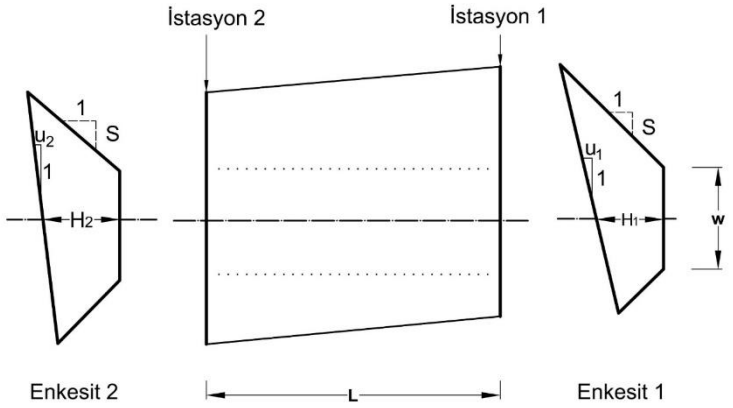
1. Ortalama alan yöntemi
2. Prizmatik yöntem
3. Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi
4. Pappus tabanlı yöntem

5. Monte carlo similasyonu
6. Eş yükselti eğrisi yöntemi
7. Grid yöntemi
8. 3D yöntem (bilgisayar destekli yöntemler)

Hacim tahminlerinde en sık kullanılan hesaplama yöntemleri ise ortalama alan ve prizmatik yöntemleridir (Kim ve Schonfeld, 2001).

2.6.4.1. Ortalama Alan Yöntemi

Orman yollarının düz olan aliyman kısımlarında hafriyat hacimleri ortalama alan yöntemi kullanılarak hesaplanabilir. Ortalama alan yönteminde hacim, kesitler arasındaki mesafenin uç kesit alanlarının ortalaması ile çarpılmasıyla hesaplanır (Denklem (2.8) (Easa, 1992a; Aruga ve diğ., 2005; Aruga, 2005; Easa, 2003; Coulter ve diğ., 2002). Orman yollarının aliyman kısımlarındaki enkesitler Şekil 2.22'de (Easa, 1992a)'dan düzenlenerek verilmiştir.



Şekil 2.22: Orman yollarının aliyman kısımlarında enkesitler.

$$V = L\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \tag{2.8}$$

Burada;

V (m^3) = Birinci ve ikinci enkesitler arasındaki hacimdir.

L (m) = Kesitler arasındaki mesafedir.

A_1, A_2 (m^2) = Birinci ve ikinci kesitlerin yüzeylerinin alanlarıdır.

Ortalama alan yöntemi, yollar gibi doğrusal projeler için en uygun yöntemdir. Orman yollarının projelendirilmesinde enkesitler arasındaki kazı ve dolgu hacminin hesaplanmasında, Şekil 2.23' de görüldüğü gibi ardışık olan (birbirini takip eden) iki en kesit arasındaki kazı veya dolgu alanlarının ayrı ayrı hesaplanır. Daha sonra bu iki komşu enkesitlerin alanlarının aritmetik ortalaması alınarak yine bu iki en kesit arasındaki yatay mesafe ile çarpılır (Bayoğlu, 1997; Kim ve Schonfeld, 2001; Seçkin, 2003; Kavanagh, 2010) Yani;

Kazıda

$$Vk = \left(\frac{Fk_1 + Fk_2}{2}\right) L \tag{2.9}$$

Dolguda

$$Vd = \left(\frac{Fd_1 + Fd_2}{2}\right) L \tag{2.10}$$

Burada;

V_k = Kazı hacmi, m^3

V_d = Dolgu hacmi, m^3

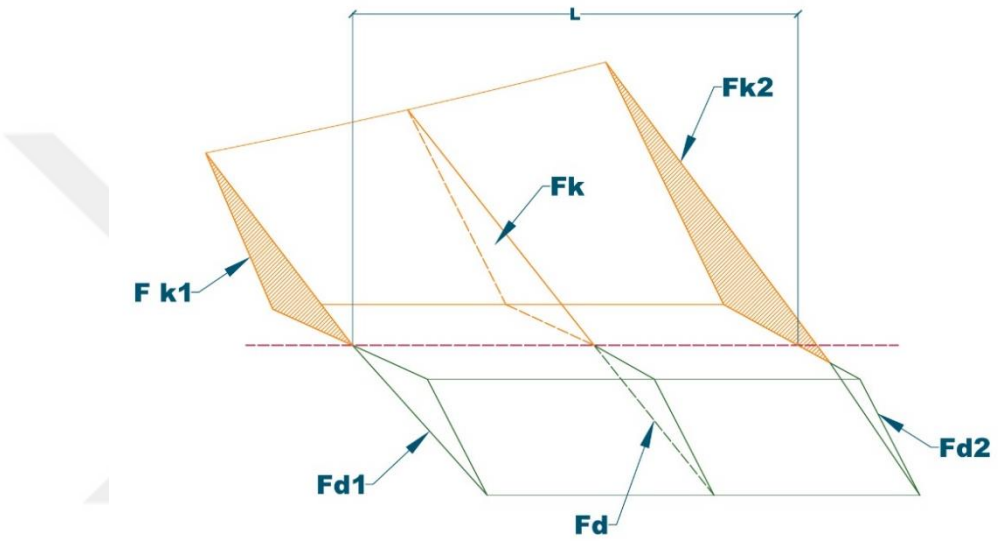
Fk_1, Fk_2 = Ardışık iki en kesitteki kazı alanları, m^2

Fd_1, Fd_2 = Ardışık iki en kesitteki dolgu alanları, m^2

L = Ardışık iki en kesit arasındaki yatay mesafe, m

Böylece bu iki enkesit arasındaki hacim bir prizma olarak kabul edilmektedir (Bayoğlu, 1997). Ortalama alan yöntemi hacim hesaplarında en çok kullanılan yöntemdir. Aruga ve diğ. (2005), Hintz ve Vonderohe (2011), Contreras ve diğ. (2012), Cheng ve Jiang (2013); Pazhouhan ve diğ. (2017), Eliou ve diğ. (2019) vb birçok araştırmada hacim hesaplarının tahmini, karşılaştırılması veya geliştirilmesi için bu yöntem altlık olarak kullanılmıştır.

Kurplu yolların hafriyat hacimlerini tahmin etmek için ortalama alan yöntemi yaklaşıktır ve sadece düz arazilere uygulama için uygundur (Easa, 1992a). Ortalama alan yöntemi, düz yollar için yaygın olarak kullanılmasına rağmen (Kim ve Schonfeld, 2001), hacmi fazla tahmin etme eğilimindedir. Prizmatik yöntem, lineer profiller için daha kesin bir hacim tahmini sağlar fakat zaman alan bir yöntemdir. 1992 yılında kesitler arasında doğrusal olmayan bir profil varsayan benzer bir yöntem (Easa, 1992b) tarafından geliştirmiştir (Aruga ve diğ., 2005, 2005; Oloufa, 1991).



Şekil 2.23: Ortalama alan yöntemi ile kazı ve dolgu hacimlerinin hesabı için ardışık yol enkesitleri.

Bu yöntemi uygulamak için, bir yol güzergâh ekseni boyunca öngörülen ya da belirli aralıklarla işaretlenen yerlerden yol eksenine dik enkesitler almak gerekir. Enkesitler arasındaki mesafe azaldıkça yapılan hesaplamanın hassasiyeti artacaktır ve daha sağlıklı bir hesaplama olacaktır (Seçkin, 2003). Aralığın yeterince küçük olduğu durumlarda zeminin doğrusal olarak değiştiği düşünülebilir. Aralığın artmasıyla ters orantılı olarak, zemin doğrusal bir şekilde değişmeyebilir, bu nedenle yöntemin doğruluğu enkesitler arasındaki mesafe arttıkça kademeli olarak azalacaktır. Aralık kritik bir değere yükseltilirse, arazide olabilecek ani değişimler ardışık iki kesit arasında kalacağından ardışık iki kesit arasındaki arazi değişimleri ölçülemeyebilir. Cheng ve Jiang (2013) yaptıkları çalışmanın sonuçlarında bu kritik değerin 30 m olduğunu, bu değer aşıldığı takdirde hesapların beklenmedik sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir. Bayoğlo (1997)'ye göre ise hacim hesaplarında aliymanlarda enkesitler arasındaki mesafe 25 m'yi aşmamalı, hiçbir şekilde 50 m'den fazla olmamalıdır. Kurplara denk

gelen enkesitlerin alanları birbirine paralel değildir, fakat bunların paralel kabul edilmesinde büyük bir sakınca yoktur.

Enkesitlerin oluşturulması için öncelikle arazinin mevcut durumu çizilir. Daha sonra enkesitler çizilerek arazi ile enkesit çizgileri arasında kalan alanlar hesaplanır. Şekil 2.24 (a)' da gösterilen mevcut arazinin tamamen altında kalan kazı enkesitidir. Yani bu durumda şekilde gösterilen alanın kazılması gerekir. Şekil 2.24 (b)' de görülen kesit mevcut arazinin tamamen üzerinde kalan dolgu durumudur. Dolgu enkesitlerinde şekilde gösterilen alanın doldurulması gerekir. Şekil 2.24 (c) ise hem kazı hem de dolgunun olduğu geçiş kesitlerini temsil eden karışık enkesittir. Bu durumda hem kazı hem de dolgu yapılması gerekir (Kavanagh, 2010). Özetle, yolun tasarım profili ile mevcut arazi profili arasındaki kot farkı pozitif (sırasıyla negatif) ise, istasyon üzerindeki bir bölüme dolgu (sırasıyla kazı) adı verilir (Artun ve diğ., 2020).

Her enkesit siyah çizgi veya arazi çizgisi (mevcut) ve kırmızı çizgi veya proje çizgisi (tasar) tesviye yüzeylerini gösterir. Siyah çizgi ile kırmızı çizgi arasındaki yani, mevcut ve tasar tesviye yüzeyi arasındaki alanlar, kazı ve dolgu ayrı olacak şekilde ölçülür. Son aşamada, ardışık enkesit alanlarının ikişer ikişer ortalaması alınır ve ilgili enkesitler arasındaki yatay mesafe ile çarpılarak kazı ve dolgu hacimleri ayrı ayrı bulunur (Tablo 2.2) (Seçkin, 2003).

Tablo 2.2'de verilen örnekte enkesitler arasındaki mesafe 5 m olarak planlanmış ve enkesitler 0+00, 0+05, 0+10, 0+15, 0+20 hm noktalarından alındığı düşünülmüştür. Sonra enkesit alanları ölçülüp tabloda ilgili yerlere yazılmıştır. Ardışık enkesit alanları ikişer ikişer ele alınmış ve bulunan ortalama alan değerleri kesitler arasındaki ara mesafe ile çarpılarak hacimleri hesaplanmıştır.

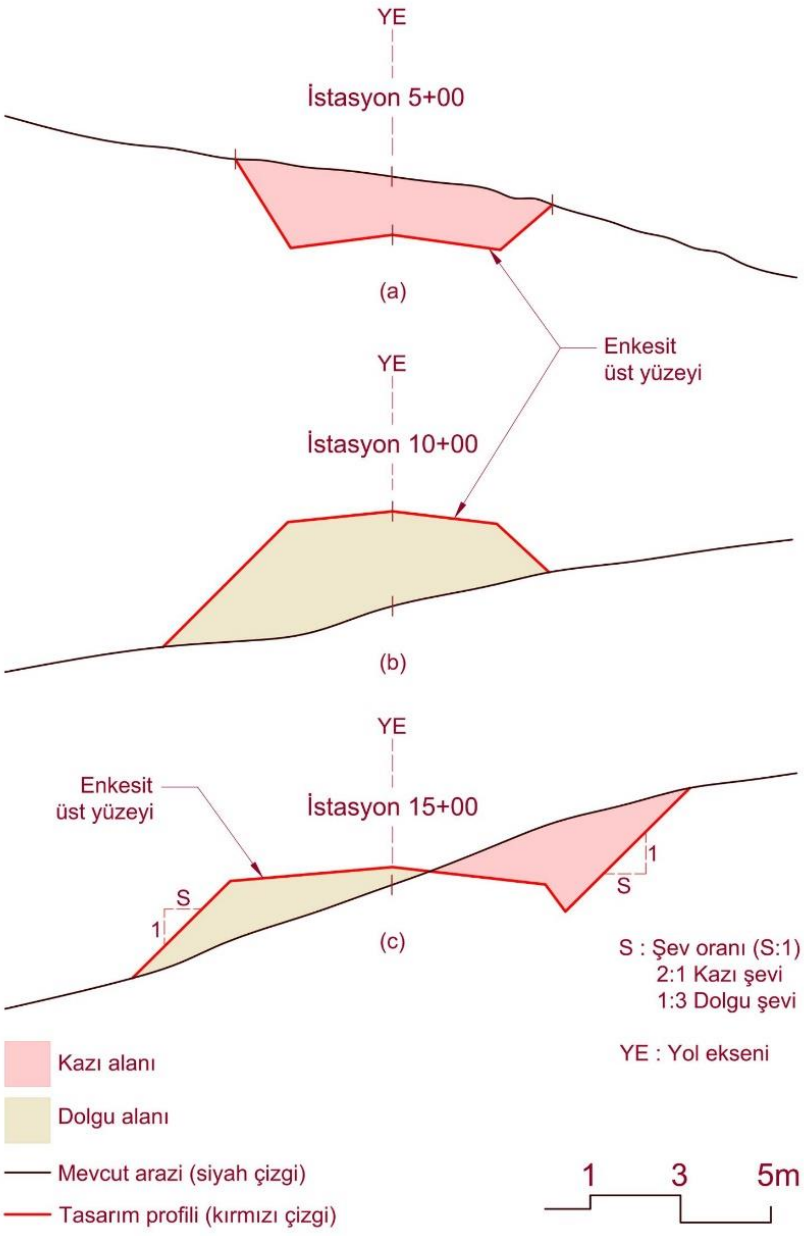
Örneğin kazı hesaplamaları yapılırken;

Enkesit noktaları (Birbirini takip eden iki enkesit noktası)	**Ortalama Alan** (Birbirini takip eden iki enkesitin kazı alanları toplanarak ikiye bölünür)	**Toprak Hacmi** (Bulunan ortalama kazı alanı ara mesafe ile çarpılarak toprak hacmi hesaplanır)
0+00-0+05	(0,00+0,68) / 2=0,34 m^2	0,34x5=1,70 m^3

Bu hesaplama yöntemine göre tüm enkesitlerdeki ortalama kazı ve dolgu alanları ara mesafe ile çarpılarak ayrı ayrı toprak hacimleri hesaplanır. Daha sonra bulunan kazı ve dolgu hacimleri toplanarak toplam kazı ve dolgu hacimleri hesaplanır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Ortalama alan yöntemine göre toprak hacimlerinin hesabı.

Enkesit Noktaları hm	Enkesit Alanları		Ortalama Alanlar		Ara Mesafe m	Toprak Hacmi	
	Kazı m^2	Dolgu m^2	Kazı m^2	Dolgu m^2		Kazı m^3	Dolgu m^3
0+00	0,00	2,36					
			0,34	1,98	5	1,70	9,88
0+05	0,68	1,59					
			1,34	1,15	5	6,70	5,75
0+10	2,00	0,71					
			2,98	0,36	5	14,88	1,78
0+15	3,95	0,00					
			2,35	0,28	5	11,75	1,40
0+20	0,75	0,56					
TOPLAM						**35,03**	**18,80**



Şekil 2.24: Kazı enkesiti (a) dolgu enkesiti (b) karışık enkesit (c).

Ortalama alan yöntemi, düz alanlarda dağlık alanlara oranla daha doğru sonuçlar vermektedir (Cheng ve Jiang, 2013).

2.6.4.2. Prizmatik Yöntem

Prizmatik yöntemde hacim, kesitler arasındaki arazi boykesitinin doğrusal olduğu varsayılarak hesaplanır (Denklem (2.11) (Easa, 1992a; Coulter ve diğ., 2002; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005). Bu yöntem Simpson kuralını uygular, kesitler arasındaki mesafe azaldıkça doğruluğu artar (Kim ve Schonfeld, 2001).

$$V = L\left(\frac{A_1 + 4A_m + A_2}{6}\right) \quad (2.11)$$

Burada;

V (m^3) = Birinci ve ikinci enkesitler arasındaki hacimdir.

A_m (m^2) = İki kesitin arasında, ortada yer alan kesitin alanıdır.

A_1, A_2 (m^2) = Birinci ve ikinci kesitlerin alanlarıdır.

L (m) = Ardışık kesitler arasındaki mesafedir.

A_m, A_1 ve A_2 kesitinin aritmetik ortalaması değildir. A_1 ve A_2 kesitlerinin ortasında kalan kesitin alanıdır. A_m, A_1 ve A_2 kesitleri arasındaki mesafelerin ortalamasından üretilebilir. Yani A_m alanı, A_1 ve A_2 kesitlerinin doğrusal boyutlarının ortalamasıdır. (Kavanagh, 2010; Easa, 1988).

Bir istasyonda kazı ve komşu istasyonda dolgu varsa, bu istasyonlar arasında iki kesit (kazı ve dolgu) olacağına dikkat edilmelidir. Eğim çizgisinin arazi profiliyle kesiştiği nokta, iki istasyon arasındaki arazi profilinin sabit bir eğime sahip olduğu varsayılarak belirlenir (Easa, 1988).

Doğrusal profiller için prizmatik yöntem, hacmi tam olarak hesaplarken, ortalama alan yöntemi genellikle hacmi fazla tahmin eder (Oloufa, 1991; Easa, 1992a; Coulter ve diğ., 2002; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005). Prizmatik formül, ortalama alan formülüne göre daha sağlıklı sonuçlar verir (Kavanagh, 2010).

2.6.4.3. Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar Yöntemi

Bu yöntem klasik uygulanabilir uzunluklar yönteminin Eliou ve diğ. (2019) tarafından basitleştirilmesi ile oluşmuştur. Basitleştirilmiş yaklaşımda, uygulanabilir uzunlukların, öncesindeki ve sonrasındaki kesit tipini kontrol etmeden, her zaman önceki ve sonraki kesitli mesafelerin ortalama değerine eşit olması gerektiğini önermektedir (Denklem (2.12). Klasik uygulanabilir uzunluklar yönteminin bu şekilde sadeleştirilmesi, hesaplama eforunu düşürür, böylece hesaplama süreci hızlanır (Eliou ve diğ., 2019).

Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi;

$$V = A_1 \times \frac{L_1}{2} + A_2 \times \frac{L_1 + L_2}{2} + \cdots + A_n \times \frac{L_{n-1} + L_n}{2} \quad (2.12)$$

Burada;

V (m^3) = n adet enkesit arasındaki hacim

A (m^2) = Kesit alanı

L (m) = Kesitler arasındaki mesafedir.

2.6.4.4. Pappus Tabanlı Yöntem

Bu yöntem, yatay kurplar için hacim hesaplarında kullanılabilir (Easa, 2003). Pappus tabanlı yöntem, düz yollar için ortalama alan yöntemine benzer şekilde yatay kurplu yol platformları için hafriyat hacimlerini hesaplar. Bu yöntemde yaklaşık hacim değeri, iki enine kesitin düzlemlerindeki bir eksen etrafında döndürülmesinden kaynaklanan hacimlerin ortalaması olarak hesaplanır (Easa, 1992a; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005; Aruga, 2005). Başka bir ifadeyle; Pappus tabanlı yöntem, bir düzlem şeklini kendi düzlemindeki bir eksen etrafında döndürerek oluşan katı hacminin, şeklin alanı ile şeklin ağırlık merkezi tarafından izlenen yolun uzunluğu çarpımına eşit olduğunu belirtir (Easa, 1992a; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005).

Kurplu yolların hafriyat hacimlerini hesaplamak için zemin yüksekliklerinden yol yüksekliklerine kadar olan farklar ve yol merkezinden zemin yüksekliklerinin hesaplandığı noktalara kadar olan mesafeler kullanılarak enine kesit eksantriklikleri de hesaplanır (Aruga ve diğ., 2005).

Yolun merkez hattı boyunca iki enine kesit arasındaki mesafe L; iki kesitin eksantriklikleri e_1 ve e_2 ile gösterilsin. Dönme hacimleri V_1 ve V_2 olacaktır. Bu durumda hesaplama aşağıdaki gibi yapılır (Easa, 1992a; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005).

$$V = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \quad (2.13)$$

$$V_1 = A_1 L \left(1 + \frac{e_1}{R}\right) \quad (2.14)$$

$$V_2 = A_2 L \left(1 + \frac{e_2}{R}\right) \quad (2.15)$$

Burada;

V (m^3) = Hacim

L (m) =Kesitler arasındaki mesafe

A_1, A_2 (m^2) = En kesit alanları

V_1, V_2 (m^3) = Birinci ve ikinci enkesitin dönüş hacmi

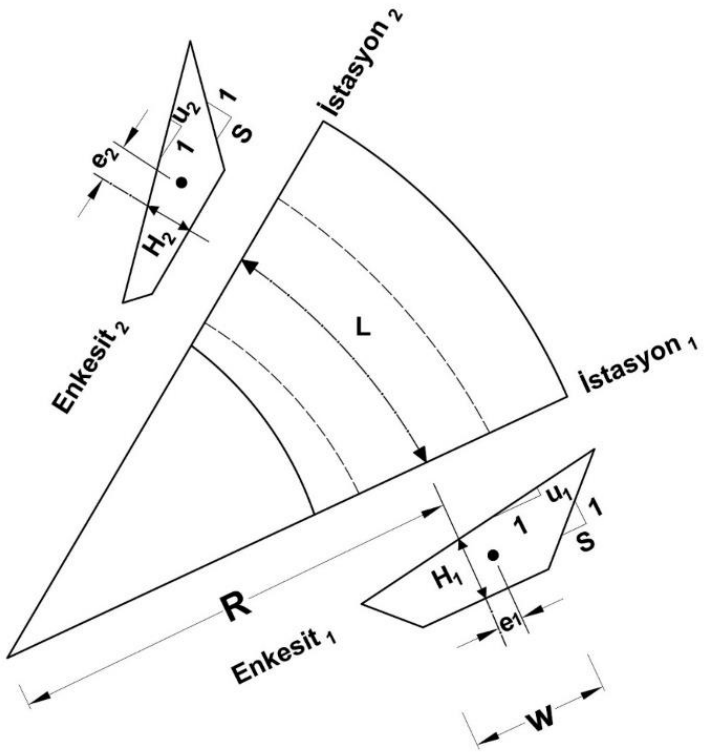
e_1, e_2 (m) = Birinci ve ikinci enkesitlerin eksantriklik mesafesi

R(m) = Kurp yarıçapı

Şekil 2.25'de orman yolunun kurplu kısımlarında enkesitler düzenlenerek verilmiştir (Easa, 1992a; Easa, 2003).

Bu yöntemde ilgili kesit tarafından oluşturulan katının hacmi, kesitin ağırlık merkezi tarafından çizilen eksenin uzunluğu ile kesitin alanının çarpımına eşittir (Easa, 2003).

Yolun kurplu bölgelerinde hafriyat hacmini doğru bir şekilde hesaplamak için, kurp boyunca bir kesitin eksantrikliği de hesaplanır (Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005). Eksantriklik mesafesi yol eksenine moment alınarak hesaplanır. Burada eksantrikliğin işareti, kurp merkez hattından dışa doğru ise pozitif, içe doğru ise negatiftir. (Easa, 1992a; Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005). İki kesit arasındaki hacim V (Pappus), daha sonra V_1 ve V_2 hacimlerinin ortalaması alınarak hesaplanır (Easa, 1992a).



Şekil 2.25: Orman yolunun kurplu kısımlarında enkesitler.

Pappus tabanlı yöntem, yalnızca iki kesit aynıysa yani, merkez çizgisi yükseklikleri, H_1 ve H_2 ve zemin enine eğimleri, u_1 ve u_2 eşitse hacmi tam olarak hesaplar. Bu nedenle, yöntem, enine kesit öğelerindeki varyasyonların küçük olduğu düz araziler için doğru olacaktır. Tepelik ve dağlık arazilerde olduğu gibi doğrusal veya yükselip alçalan yani doğrusal olmayan dalgalı bir yapı seyreden profiller için, bu öğeler büyük ölçüde değişebilir. Bu nedenle, ortalama hacim yöntemiyle hesaplanan hacim büyük ölçüde doğru hacimden sapabilir (Easa, 1992a; Aruga ve diğ., 2005). Pappus tabanlı yöntem, yalnızca iki kesit de aynı tipte olduğunda (kazı veya dolgu) doğru tahminler sağlar (Contreras ve diğ., 2012).

2.6.4.5. Monte Carlo Similasyonu

Hafriyat hacimlerini hesaplamak için kullanılan modeller doğası gereği matematikseldir. Kurplu yollar için bu matematiksel modellerin, istasyonlar arasında boyuna profiller veya enine eğimler büyük ölçüde dalgalandığı durumlarda bazı sınırlamaları vardır. Bu matematiksel modellerin bir alternatifi karmaşık sistemleri analiz etmek için güçlü bir araç olan Monte Carlo simülasyonudur (Easa, 2003).

Monte Carlo simülasyonu, ilgili rastgele değişkenlerin olasılık dağılımlarına dayalı olarak rastgele sayılar üretir. Bu simülasyon tekniği, karmaşık mühendislik sistemlerini analiz etmek

için çok güçlüdür ve birbirinden farklı genel uygulamalar için kullanılmıştır (Easa, 2003; Aruga ve diğ., 2005). Easa (2003) karmaşık boykesitleri ve enkesitleri olan kurplu yolların hafriyat hacimlerini hesaplayan Monte Carlo simülasyonunu kullanarak bir yöntem geliştirmiştir.

2.6.4.6. Eş Yükselti Eğrisi Yöntemi

Büyük ve karmaşık olmayan tesviye projeleri ve havuz, göllerdeki su hacimlerini hesaplamak için uygundur. Yöntemde ilk olarak, kazı-dolgu sıfır çizgisi geçirilir. Böylece kazı alanı ile dolgu alanı birbirinden ayrılır. Daha sonra, aynı kot değerindeki mevcut ve tasar eşyükselti eğrileri ile sınırlanan alanları bulmak amacıyla her bir eşyükselti eğrisi için yatay değişim alanı ölçülür (Şekil 2.26). Bu yöntem için aşağıdaki formüller kullanılır (Seçkin, 1990; Seçkin, 2003);

$$V = \frac{A_1 h}{3} + \frac{(A_1 + A_2)h}{2} + \cdots \frac{(A_{n-1} + A_n)h}{2} + \frac{A_n h}{3} \tag{2.16}$$

Burada:

$A_1, A_2, \ldots A_n$ = Her bir eşyükselti eğrisi için yatay değişim alanı, m^2

h = Yatay değişim alanları arasındaki kot farkı, m

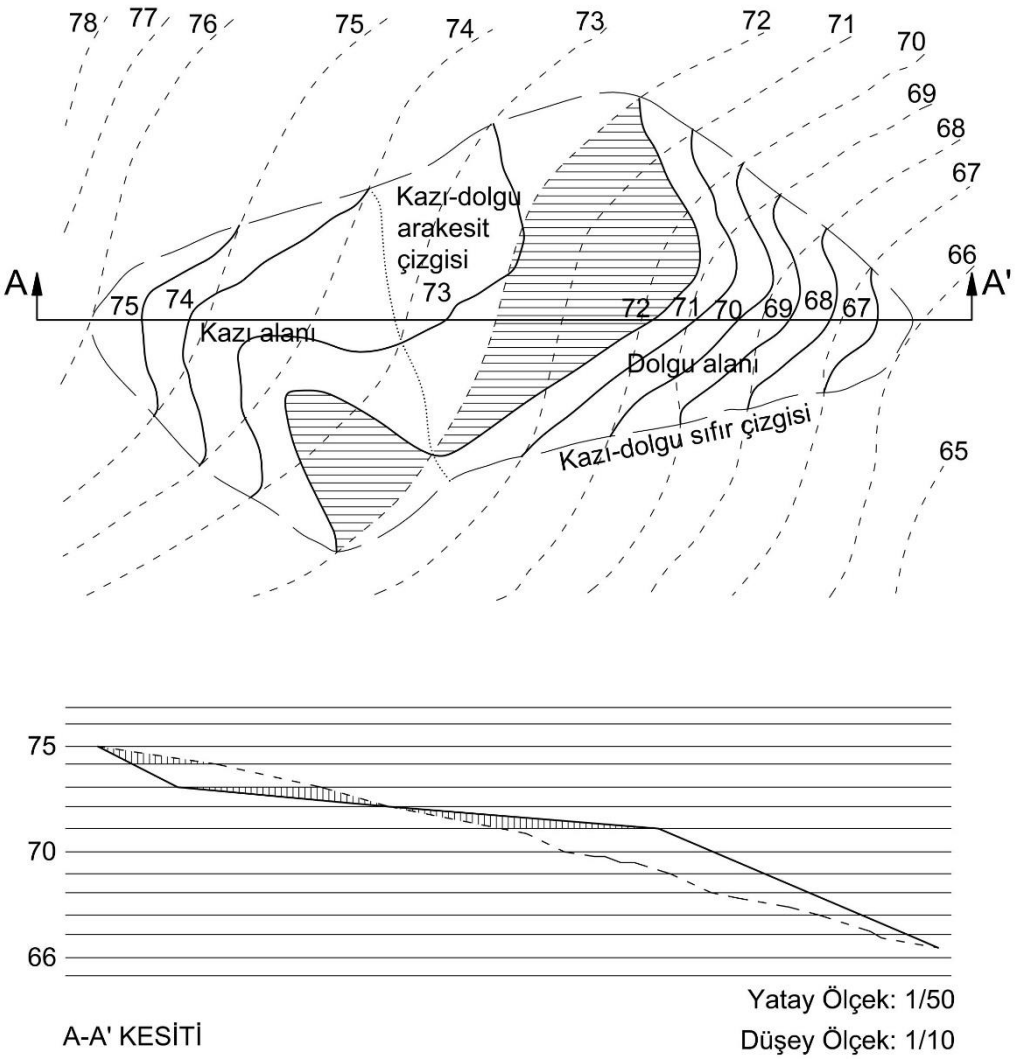
Eşyükselti eğrileri arasındaki düşey mesafe, kot farkı h'ye eşit olursa, yukarıdaki eşitlik aşağıdaki gibi basitleştirilebilir (Seçkin, 1990; Seçkin, 2003):

$$V = i\,(5 / 6\, A_1 + A_2 + A_3 + \ldots 5 / 6\, A_n) \tag{2.17}$$

Toprak hacimleri yaklaşık değerler olarak tahmin edildiğinden yukarıdaki formül aşağıdaki gibi daha da basit yazılabilir (Seçkin, 1990; Seçkin, 2003).

$$V = i\,(A_1 + A_2 + A_3 + \ldots A_n) \tag{2.18}$$

Ancak formülün en basit haliyle (Denklem (2.18) toprak hacmi fazla tahmin edilir (Seçkin, 1990; Seçkin, 2003).



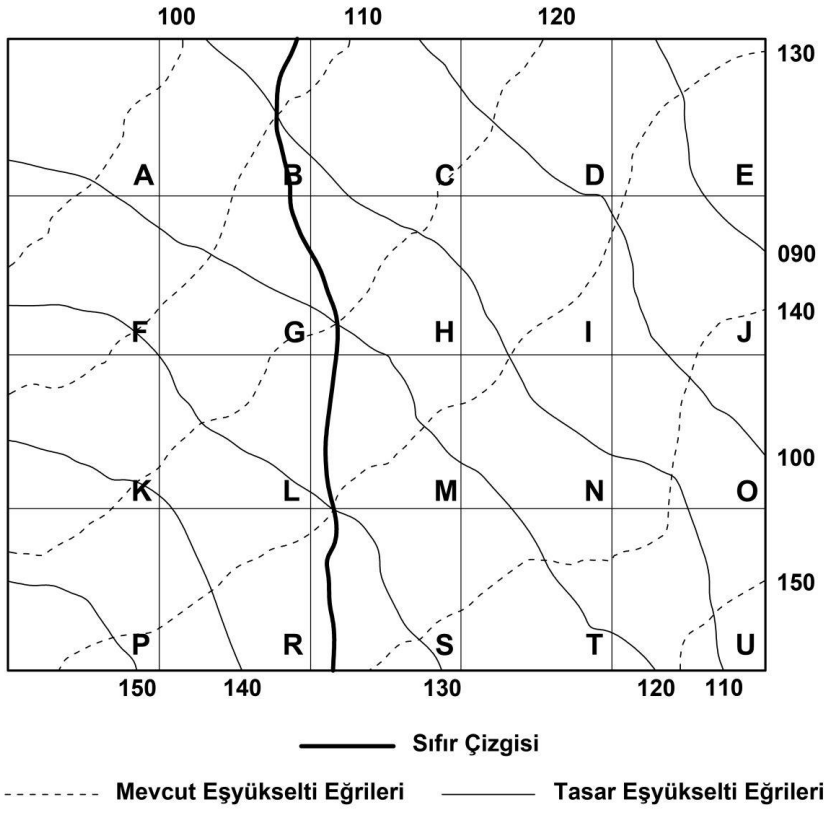
Şekil 2.26: Eşyükselti eğrisi yöntemi ile kazı-dolgu hacimlerinin hesabı.

2.6.4.7. Grid Yöntemi

Borrow pit yöntemi olarak da adlandırılan grid yöntemde hacim tahminleri yapabilmek için alanın dikdörtgen veya üçgenlere bölünerek bir ızgara oluşturulması gerekir. Izgara çizgilerinin kesişme noktalarındaki kotlar, kazı öncesinde ve sonrasında ölçülür ve hacim tahmini için kullanılır (Easa, 1988). Bu amaçla saha çalışmasının kazı ve dolgu miktarlarını tahmin etmek için, genellikle sahaya bir ızgara yerleştirilir. Izgara aralığı, gereken topografya ve doğruluk tarafından belirlenir. Kazı ve dolgu hacmini hesaplamak için tüm grid noktalarındaki ilk ve son yükseklikler belirlenmelidir. Bu grid noktaları, genellikle, bir eşyükselti eğrisi üzerindeki sayısallaştırılmış noktaların bir grubu içinde veya sayısallaştırılmış alanın hemen dışında yer alacağından, grid noktalarının ilk ve son yükseklikleri için değerlerin, enterpolasyon yöntemleri kullanılarak hesaplanması gerekir (Oloufa, 1991). Grid yöntemi kentsel alanlar ve karışık

tesviye projeleri için uygundur (Seçkin, 2003). Grid yöntemi Şekil 2.27'de Oloufa (1991)'den düzenlenerek verilmiştir.

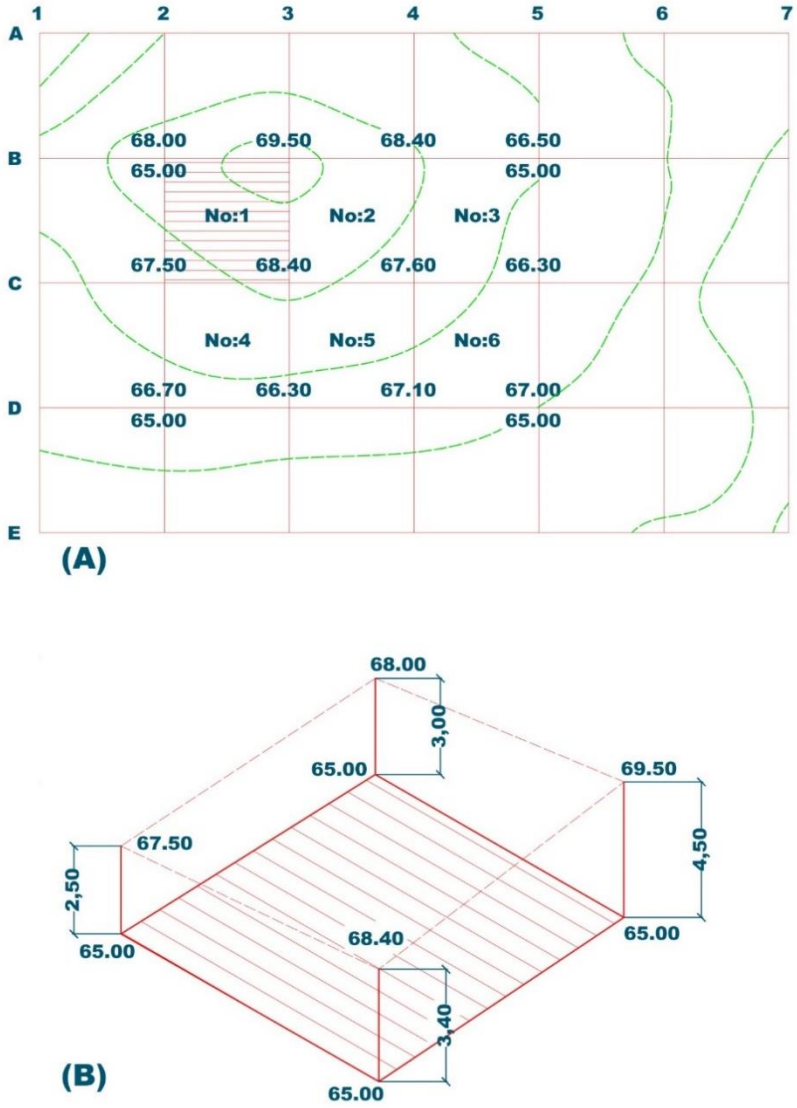
Bu yöntemde proje alanındaki grid hücrelerinin köşe noktalarına denk gelen mevcut kotlar belirlenir. Eğer bu kotlar yoksa, fakat proje alanına ait eşyükselti eğrili haritası varsa, tesviye işleminin yapılacağı alan üzerine bir grid ağı oluşturulur. Proje alanının üzerine yerleştirilecek grid ağı hücrelerinin boyutu küçüldükçe tahminlerin hassasiyeti artar. Daha sonra grid hücrelerinin kenarlarıyla kesişen mevcut ve tasar eşyükselti eğrilerinin yerleri belirlenir. Eşyükselti eğrilerinin yerleri belirlendiğinde mevcut ve tasar eşyükselti eğrileri arasındaki kot farkları hesaplanır. Bu işlem her bir grid hücresi için tekrarlanır. Bu hesaplamalar yapılırken kazı ile dolgunun birbirinden ayrılması, ayrımın da notasyonel bir sistem (örneğin K ve D gibi) kullanılarak yapılması gerekir (Seçkin, 2003).



Şekil 2.27: Grid çizgileri ve eşyükselti eğrili harita.

Kazı ile dolgu alanlarının ayrılması için sıfır çizgisi kullanılır. Sıfır çizgisi kazı ile dolgu alanlarını ayıran çizgidir. Hem kazı hem de dolgu gerektiren projelerde hacimlerin tam olarak hesaplanabilmesi için sıfır çizgisinin yeri belirlenmelidir (Şekil 2.27) (Oloufa, 1991).

Hücre esasına göre grid yöntemin uygulanmasına ilişkin örnek görsel Şekil 2.28'de Seçkin (2003)'ten düzenlenerek verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere her hücrenin köşe noktalarına ait kot farkları belirlenir ve bu farklar toplanır. Bulunan dört farklı kot farkı değerinin toplamı, hücrede dört köşe olduğu için 4'e bölünür ve ortalama kot farkı değeri bulunur. Daha sonra bulunan ortalama kot farkı değeri grid hücresinin alanı ile çarpılarak o hücre için hacim hesaplanır. Bu işlemde kazı ile dolgu ayrı değerlendirilir. Kazıya denk gelen tüm hücreler kazı hacmi için, dolguya denk gelen tüm hücreler dolgu hacmi için toplanır ve hacim hesaplanır (Seçkin, 2003).



Şekil 2.28: Grid yöntemine göre kazı ve dolgu hacimlerinin hesabı: (A). Topografik harita üzerine çizilmiş grid ağı planı. (B). Grid yöntemi için grid hücresi örneği.

Grid yöntemde hacim hesaplaması yapılırken, sıfır çizgisi belirlendikten sonra oluşan alanların geometrik şekillerine bakılır. Örneğin oluşan alan bir üçgen ise, üç köşe için kot farkları bulunur, bulunan farklar toplanır. Daha sonra bulunan toplam kot farkı değeri üçgen üç köşeli olduğu için 3'e bölünür. İlgili bölgenin alanı hesaplanırken, üçgenin alanı hesabından faydalanır. Bulunan alan değeri ile ortalama kot farkı değeri çarpılarak hacim hesaplanır. Yine aynı şekilde hacmi hesaplanmak istenen kısım bir yamuk ise, yamuğun dört köşesi olduğu için ortalama kot farkları bulunur. Bulunan kot farkları toplanır ve 4'e bölünür (yamuk dört köşeli olduğu için). Alan hesabında ise bu sefer yamuğun alanı hesabından faydalanır. Alan hesaplandıktan sonra yine ortalama kot farkı değeri ile çarpılır ve hacim değeri hesaplanır.

Grid yönteminin bazı dezavantajları vardır. Bunları sıralamak gerekirse (Oloufa, 1991);

1. Genellikle orijinal veri üzerine denk gelen grid nokta sayısı azdır. Bu nedenle grid noktalarının yükseklikleri enterpolasyon ile hesaplanır. Buda hesabın doğruluğunu azaltır.
2. Bilgisayar programlarında kullanılan sabit ağ ızgaraları, veri yoğunluğuna ve dağılımına duyarlı değildir. Doğru hacim hesaplaması için bir arazinin nispeten düz bir kısmı, aynı arazinin nispeten tepelik bir kısmına kıyasla daha az sayıda prizma gerektirir. İkinci durumda, sabit bir ağ ızgarası kullanmak ya hesaplama süresini artıracak ya da doğruluğu azaltacaktır. Ayrıca kurplu alanların hacimlerinin hesaplanmasında, grid hücreleri yoğunluğuna bağlı olarak hesaplamaların doğruluğu etkilenebilir.
3. Hafriyat operasyonlarının planlanması sırasında, inşaat ekipmanı ve yöntemlerinin seçimi, büyük ölçüde farklı toprak türlerinin hacmine ve bazen belirli bir miktarda kazı veya dolgu yapıldıktan sonra arazinin "şekline" bağlıdır. Ortalama alan yöntemi, her bir zemin tipi veya yeni derinlik için kesit alanını yeniden hesaplamak zorunda olduğundan, ızgara yöntemleri açıklanan bu durumlarda hesaplama süresini önemli ölçüde artırır.

2.6.4.8. 3D Yöntem

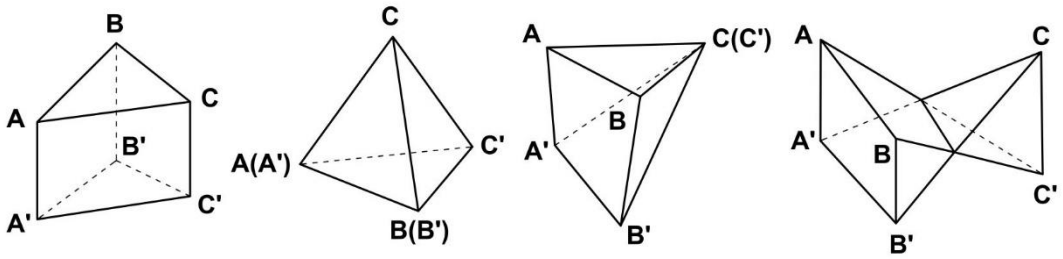
Geleneksel hafriyat hesaplama yöntemleri temel olarak kesit ve ızgara yöntemlerini içerir. Günümüzde, bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimi aynı zamanda ölçme ve haritalamanın gelişimini de desteklemiştir. Bu gelişim veri alımı, işlemesi ve analizinde birçok imkan sunmuştur. Bu imkanlarla hafriyat hesaplama yöntemleri, sayısal model tabanlı çalışmalar ve geleneksel hafriyat hesaplama yöntemlerinin birleştirilmesiyle geniş bir yelpaze oluşturmuştur

(Yongxiao ve diğ., 2021). Son zamanlarda yol tasarımında alternatiflerin daha sistematik ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağladığı için, bilgisayar destekli analize artan bir ilgi olmuştur (Coulter ve diğ., 2002).

Üç boyutlu yöntemde, kesit alanları, zemin yüksekliklerinden yol yüksekliklerine olan farklar ve zemin yüksekliğinin hesaplandığı noktalar arasındaki aralıklar kullanılarak hesaplanır. Yolun kurplu kesimlerinde, hafriyat hacimlerini hesaplamak için enine kesitlerin eksantriklikleri de zemin yüksekliklerinden yol yüksekliklerine olan farklar ve yol merkezinden zemin yüksekliklerinin hesaplandığı noktalara olan mesafeler kullanılarak hesaplanır. (Aruga ve diğ., 2005). Üç boyutlu yöntemle hacim hesaplamaları yapılırken, amaca göre sayısal modeller (sayısal arazi modeli, sayısal yükseklik modeli) kullanılabilir.

Sayısal arazi modeli (SAM), zemin yüzeyini temsil eden bir dizi dağınık metrik veri noktasıdır (x, y ve z). Yüksek çözünürlüklü arazi modelleri, arazi eğimi ve diğer arazi biçimi özellikleri gibi yol tasarım özelliklerinin analizini desteklemek için kullanılır (Akay, 2004). SAM koordinatları bilinen birçok nokta ile yüzeyin istatistik gösterilimi, yani yer yüzeyinin sayısal olarak temsilidir (Bayoğlu, 1997).

SAM genellikle orijinal araziye yaklaşmak için bir dizi yüzey veya düzlem oluşturan sonlu kütle noktalarının bir araya getirilmesi anlamına gelen matematiksel bir kuraldır. Kural üçgenleme olduğunda Üçgen Düzensiz Ağ (TIN) üretirken, kural ızgara ise Grid Ağı (GN) üretir. TIN modeli, zemin veya diğer düzensiz yüzeyler için bir dizi bağlantılı üçgen kullanır. Bu düzensiz yüzey, sürekli olan bir dizi üçgenden oluşur ve her üçgen bir dizi düzensiz veri noktası tarafından üretilir (Yongxiao ve diğ., 2021). Mevcut arazi yüzeyi ile tasarlanan yol yüzeyi TIN ile kolayca temsil edilebilir (Cheng ve Jiang, 2013). Sayısal arazi modelleri birden fazla görünüm sağlamaya ve sonuçta uygulayıcılar için faydalı olan raporlar oluşturmaya imkan sunar (Siebert ve Teizer, 2014). İki TIN arasındaki kazı-dolgu ilişkileri Şekil 2.29‘da Cheng ve Jiang (2013)‘ten düzenlenerek verilmiştir.



Şekil 2.29: İki TIN arasındaki kazı-dolgu ilişkileri.

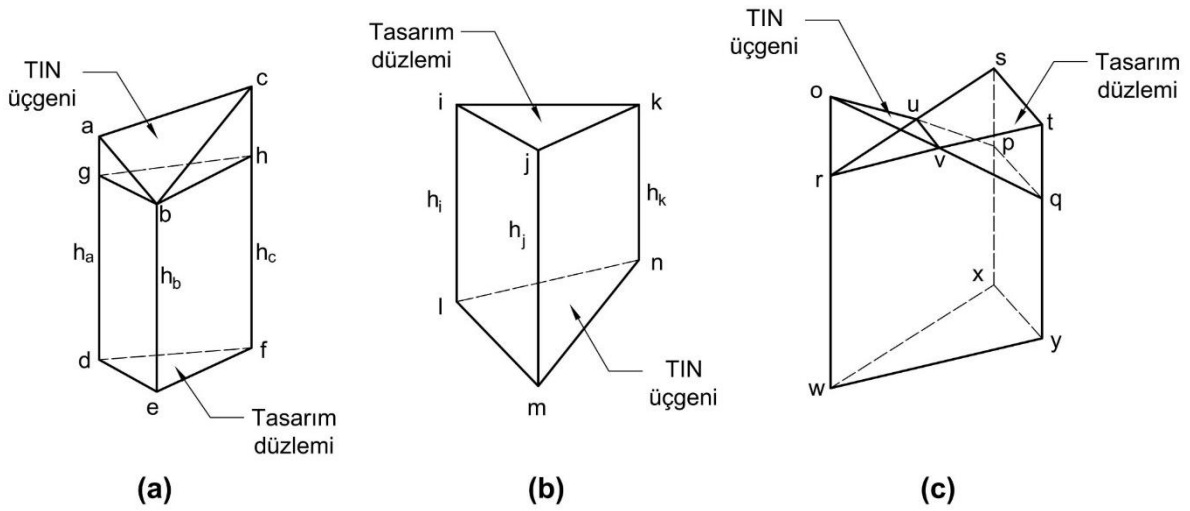
TIN ağına dayalı hacim hesaplama işleminde, öncelikle düzensiz üçgenlerin oluşturduğu bütün prizmaların hacimleri hesaplanır. Daha sonra hesaplanan bu hacimlerin hepsi toplanarak toplam hacim bulunur. Her düzensiz üçgenin oluşturduğu prizmalar dikkate alındığında, yüzey ile model arasında üç farklı durum söz konusu olabilir (Şekil 2.30) (Yongxiao ve diğ., 2021);

Şekil 2.30 (a)' ya göre, abc üçgeni bir TIN üçgeni, def üçgeni ise tasarım düzlemidir. a, b ve c noktaları ile d, e ve f noktaları arasındaki yükseklik farkları sırasıyla h_a, h_b ve h_c'dir. Bu durumda TIN üçgeninin üç köşeside tasarım düzleminden yüksektir ve burada hesaplanan hacim kazıdır. Kazı miktarı üçgen prizmanın hacmidir. Üçgen prizmanın hacmi ise denklem (2.19) formülü ile hesaplanır (Yongxiao ve diğ., 2021).

$$H_K = \frac{(h_a + h_b + h_c)}{3} \times A_{def} \tag{2.19}$$

Şekil 2.30 (b)' ye göre, ijk üçgeni tasarım düzlemi, lmn üçgeni ise bir TIN üçgenidir. i, j ve k noktaları ile l, m ve n noktaları arasındaki yükseklik farkları sırasıyla h_i, h_j ve h_k'dir. Bu durumda TIN üçgeninin üç köşeside tasarım düzleminden aşağıdadır ve burada hesaplanan hacim dolgudur. Dolgu miktarı üçgen prizmanın hacmidir. Üçgen prizmanın hacmi ise denklem (2.20) formülü ile hesaplanır (Yongxiao ve diğ., 2021).

$$H_D = \frac{(h_i + h_j + h_k)}{3} \times A_{ijk} \tag{2.20}$$



Şekil 2.30: TIN ağına dayalı hacim hesaplarında kazı durumu (a), dolgu durumu (b) ve kazı-dolgu durumu (c).

Şekil 2.30 (c)' ya göre, opq üçgeni bir TIN üçgeni, rst üçgeni ise tasarım düzlemidir. uv iki düzlemin kesişimidir ve spqt yüzeyine paraleldir. st kenarı da pq kenarına paraleldir. Bu durumda TIN üçgeninin bir köşesi tasarım düzleminden yüksek, diğer iki köşesi ise daha düşüktür. Öyleyse kazı-dolgu hacimleri ayrı hesaplanmalıdır. Kazı hacmi o-ruv üçgen piramidinin hacmidir ve denklem (2.21) formülü ile hesaplanır. Dolgu kısmı için, yani kama şeklindeki usp-vtq parçasının hacmi denklem (2.22) formülü ile hesaplanır (Yongxiao ve diğ., 2021).

$$H_K = \frac{1}{3} \times A_{ruv} \times h_1 \tag{2.21}$$

$$H_D = \frac{D_{tq} h_2}{6} (2D_{st} + D_{uv}) \tag{2.22}$$

Denklem (2.21)'de verilen h_1, o noktasından ruv yüzeyine olan mesafedir. Denklem (2.22)'de verilen h_2, uv ile svqt arasındaki mesafe, D_{tq}, D_{st} ve D_{uv} ise sırasıyla t noktasından q noktasına, s noktasından t noktasına ve u noktasından v noktasına olan mesafelerdir. Toplam hacim yukarıda verilen formüllerle hesaplanan hacimler olacaktır. Şekil 2.30 (c)'deki durumun aksine TIN üçgeninin bir köşesi tasarım düzleminden düşük, diğer iki köşesi ise daha yüksek olabilir. Bu durumda dolgu miktarı üçgen piramidin hacmi, kazı miktarı ise kama şeklindeki parçanın hacmi olacaktır (Yongxiao ve diğ., 2021).

SAM; orman inşaatı, tomruk üretim çalışmaları vb. birçok planlamayı bünyesinde barındıran mühendislik çalışmalarında altlık olarak kullanılmaktadır (Heinimann, 2017; Gülci ve diğ., 2021). SAM orman yolları inşaatı projelerinde kazı-dolgu dengesinin sağlanmasında, inşaat işlerinin optimizasyonunda, pozitif ve negatif kardinal noktalarının belirlenmesinde, yer kontrol noktalarının tespitinde, fotogrametri uygulamalarında ve birçok ormancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Akgül ve diğ., 2016; Akgül ve diğ., 2018; Gülci ve diğ., 2021). Orman yolu planlama çalışmalarında topoğrafik verinin önemi diğer etkenlere oranla fazlasıyla yüksektir (Abdi ve diğ., 2009). Topoğrafik veri mühendislik uygulamalarında zaman ve maliyet açısından verimli, yüksek hassasiyete sahip SAM verileri üretiminde kullanılmaktadır (Zhang ve diğ., 2014; Yurtseven, 2019; Gülci ve diğ., 2021).

Arazi profili oluşturmanın ve hafriyat hacminin hesaplanmasının doğruluğu, yüksek çözünürlüklü bir sayısal modele bağlıdır. Yüksek çözünürlüklü sayısal modelin düşük kalitesi, arazi profillerinin ve hafriyat hacimlerinin doğruluğunun azalmasına neden olur (Aruga, 2005).

Yol planlama aşamasında yaygın olarak kullanılan sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimi, düşük hacimli yol yapımı gibi arazi ile ilgili uygulamaların en önemli sürecidir. SYM'nin doğruluğu ve çözünürlüğü hafriyat hesapları tahminini ve inşaat maliyetlerini önemli ölçüde değiştirebilir (Akgül ve diğ., 2018).

Tepeler, çukurlar, akarsular, sırtlar ve boyun noktaları gibi arazinin biçimini karakterize eden önemli özellikler arazinin iskeletini oluşturur. Zemin etüdü aşamasında bu noktalara yeterince dikkat edildiğinde, sonuç arazinin yüzeyini en iyi temsil eden bir dizi nokta sağlar. Türkiye'de Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Üretim Yönetmeliği'ne göre arazi etüt teknikleri ile büyük ölçekli harita üretimi için minimum nokta yoğunluğu 25 nokta/ha olmalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2005; Akgül ve diğ., 2018).

Sayısal modeller, birçok farklı yöntemle elde edilen arazi verilerinden üretilmektedir. Verilerin elde edilmesinde; halihazırdaki topoğrafik haritalar, fotogrametri ve yersel ölçüm tekniklerinden yararlanılır (Nelson ve diğ., 2009; Gülci ve diğ., 2021). Orman yolları planlama çalışmalarında, bu yöntemlere ek olarak küresel konumlama sistemi ile son yıllarda gelişen teknolojiyle paralel olarak radar ve lazer algılayıcı sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu çerçevede sayısal modellerin mühendislik çalışmalarında önemi artmış, bunun sonucunda da elde edilen verilerin kalitesi üzerine değerlendirmeler gerekli olmuştur (Gümüş ve diğ., 2003;

Aslan, 2005; Abdi ve diğ., 2012; Wilson, 2012; Akgül ve diğ., 2018; Yurtseven, 2019; Gülci ve diğ., 2021).

Toprak işleri ile ilgili mühendislik uygulamaları için elde edilmesi gereken SYM'ler yersel ölçümlerle (RTK-GPS, YLT) veya ihtiyaca göre havadan farklı yöntemlerle (LIDAR, İHA) üretilebilir. Küçük ölçekli projelerde yersel ölçümler uygun maliyetli olurken, alan büyüdükçe havadan ölçüm yapılan teknolojilerin kullanılması gerekebilir. Ayrıca orman alanları çevreye duyarlı ekolojik kısıtlamaları olan alanlardır. Ormanlık alanlarda SYM üretimi için yüksek doğruluk sağlayan, zaman ve maliyet açısından verimli, iş yükünü azaltan en uygun yöntemin uygulanması çok önemlidir (Akgül ve diğ., 2018). Havadan ölçüm yapılan teknolojiler karşılaştırıldığında, insansız hava araçları (İHA) nispeten hassas, yüksek verimli ve uygun maliyetli sistemlerdir (Akgül ve diğ., 2018). Önceki çalışmalar, yüksek yoğunluklu LIDAR verilerinin DEM (Digital Elevation Model) -SYM üretimi için yeterince doğru olduğunu, ancak LIDAR veri üretiminin çok maliyetli ve yoğun emek gerektiren bir işlem olduğunu göstermiştir (Reutebuch ve diğ., 2003; Akgül ve diğ., 2018). Aruga ve diğ. (2005) çalışmalarında düşük hacimli orman yolu hafriyat hacmini tahmin etmek için havadaki LIDAR verilerine dayalı DEM'i (SYM) değerlendirdi. LIDAR tabanlı yüksek çözünürlüklü DEM'in maliyetli olabileceğini, ancak doğru hafriyat hacimlerinin hesaplanmasında oldukça yararlı olduğunu belirtmişlerdir.

Alanında en hızlı büyüyen sistemlerden biri olan LIDAR (ışık algılama ve uzaklık ölçümü), yüksek çözünürlüklü ve doğru bir SAM/SYM sağlayabilir (Akay, 2004). LIDAR, önceden mevcut haritalama tekniklerinden daha doğru bir şekilde yükseklikleri ölçme ve orman tepe örtüsü altında bile küçük çaplı lazer ışını izdüşümleri sayesinde kaliteli arazi haritaları oluşturma yeteneğine sahiptir (Aruga ve diğ., 2005). LIDAR teknolojisi ile elde edilen yüksek çözünürlüklü SAM/SYM'ler her bir raster grid hücresinin yükseklik verilerini kullanarak hacim tahminindeki doğruluğu artırmak için son zamanlarda orman yolu planlaması ve tasarımına dahil edilmiştir (Contreras ve diğ., 2012).

Günümüzde, uygun maliyetli yüksek çözünürlüklü SYM (DEM) üretmek için İHA'ları veya NRTK GPS sistemlerini kullanan çeşitli ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır (Akgül ve diğ., 2018). Yapılan araştırmalar yüksek çözünürlüklü SYM'nin, bilgisayar destekli hesaplamaların doğruluğunu artırdığını (Akay ve Session, 2005), kısa kesit aralıkları kullanılarak toprak işleri hacimlerinin etkin bir şekilde hesaplanabildiğini (Contreras ve diğ., 2012) göstermiştir. Ayrıca

Siebert ve Teizer (2014) 3B veri yapımında en iyi seçimin, LIDAR verilerinin sağlayabileceği kadar hassas, yüksek çözünürlüklü, düşük maliyetli DEM (SYM) üretilmesi nedeniyle İHA kullanmak olduğunu belirtmişlerdir.

Yersel ölçümler ile İHA teknolojisi kıyaslandığında, Akgül ve diğ. (2018) yaptıkları çalışma kapsamında SYM üretimi için iki farklı veri toplama sistemini karşılaştırılmıştır. GNSS sistemi, İHA sistemine göre nispeten daha ucuzdur. Ancak GNSS sistemi ile saha verilerinin ölçümü 7 personel ile 24 günde, İHA ile ölçüm ise 2 personel ile 35 dakikada tamamlanmıştır. GNSS verileri ile DEM üretiminin işlenmesinde kişisel bilgisayar (PC) yeterli olurken, DEM üretiminin İHA verileri ile işlenmesinde büyük veri boyutu nedeniyle iş istasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. GNSS sistemleri ile yapılan ölçümler daha uzun veri toplama süresi gerektirirken, İHA sistemleri ile yapılan ölçümler veri toplama süresini kısaltır. Ayrıca GNSS ölçümü genellikle personelin deneyimine bağlı olarak sübjektif sonuçlar vermektedir. Öte yandan İHA Sistemleri ile yapılan ölçümler güvenilir ve yeterli doğruluk sağlamaktadır.

SAM üretiminde uygun maliyetli RTK-GPS (eş zamanlı kinematik konumlandırma sistemi), total station ve fotogrametrik yöntemlerin kullanımının yanı sıra, yüksek maliyetli LİDAR (Light detection and ranging), IFSAR (Interferometric synthetic aperture radar) gibi radar ve lazer teknolojileri ile veri elde edilmektedir. Bu teknolojiler projelendirme aşamasında büyük emek ve zaman tasarrufu sağlamaktadır (Akay ve diğ., 2009; Gülci ve diğ., 2015; Gülci ve diğ., 2021).

Siebert ve Teizer (2014)'e göre toprak hacmi tahminleri için gerekli ölçümlerde, yeterince doğru veriler sunması, daha ucuz olması, veri yönetimi için daha az nokta alınması, sistemin kurulumunun daha kolay, gerçekleştirilmesinin daha hızlı olması avantajları olduğundan çoğunlukla RTK-GPS tekniği tercih edilmektedir.

Gülci ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmanın sonucunda, kazı-dolgu işleri hesabının doğru yapılması maliyet unsurunu doğrudan etkilediğinden, RTK-GPS ile elde edilen SAM verilerinin diğer verilere göre daha gerçekçi sonuçlar sağladığını, SRTM ve memleket paftasından üretilen SAM verilerinin zamansal esneklik sağlamazken, RTK-GPS ile alınan güncel veri sayesinde aktüel arazi yapısına ait veri temininin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmanın sonuçlarına göre RTK-GPS tekniği değerlendirildiğinde (Gülci ve diğ., 2021);

- RTK-GPS ölçümleri ile elde edilen verilerin doğrulukları yatayda ve düşeyde diğer yöntemlere göre daha başarılı olmuştur.

- RTK-GPS yöntemi hassas ve güncel veri elde etmeye olanak sağlayarak arazinin aktüel durumunu daha iyi temsil edilmesine imkan vermektedir. Fakat, yüksek kapalılığı olan alanlarda, kayalık ve sarp arazilerde uygulaması zorlaştığından elde edilen veri doğruluğu azalabilmektedir.

- Hata sınır değerleri kapalılık derecesine göre orman içi ve kenarı alanlarda farklılık göstermektedir.

- Doğrudan konum verisi alındığından, sabit nokta tesisine ve hesabına gerek kalmamaktadır.

- Hassasiyet ve süreklilik gerektiren ormancılık çalışmalarında, mutlak doğruluğun istendiği, aktüel durumun önemli olduğu mühendislik ölçümlerini içeren planlama ve projelendirme işlerinde uygulanmalıdır.

Bilgisayarlı hacim hesaplama programları, temel olarak, alan sonu yöntemi ve diğerleri gibi popüler klasik hacim hesaplama yöntemlerinin bilgisayar kodlu uygulamalarıdır (Oloufa, 1991). Orman yolu tasarım programları, orman yol düzlemi, orman yolu profili, çok sayıda enkesit çizimi ve hafriyat hacimlerinin hesaplanmasında orman mühendislerinin iş yüklerini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir (Aruga ve diğ., 2005).

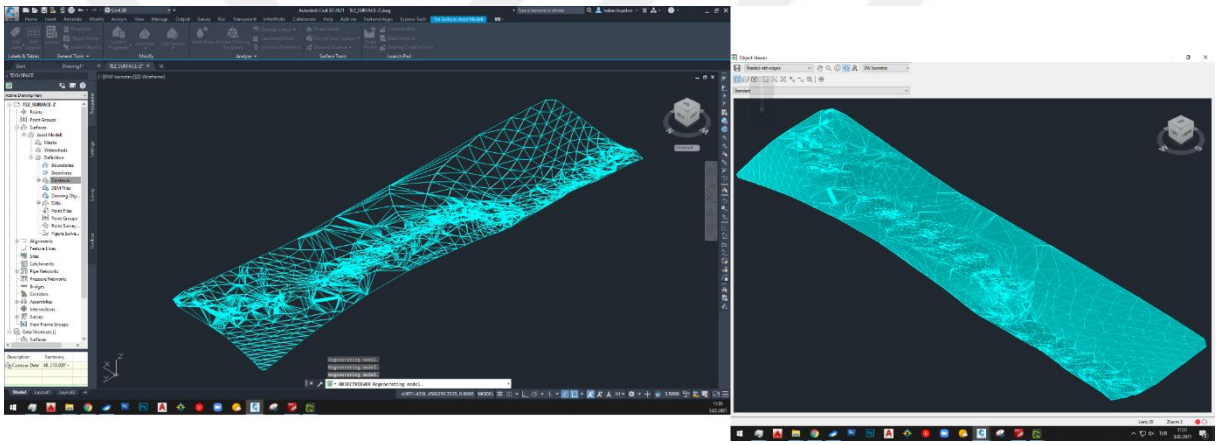
Son zamanlarda çeşitli ölçme teknikleri kullanılarak hassasiyet derecesi yüksek topoğrafik verilerin temini mümkündür. Başta uzaktan algılama yöntemleri olmak üzere, CAD (Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) tabanlı yazılımlar, orman yollarının planlaması ve projelendirmesinde, inşaat aşamasında, öncesinde ve sonrasında kullanılmaktadır (Öztürk, 2009; Türk, 2019).

Coğrafi bilgi sistemleri konuma bağlı bilgilerin değerlendirilmesi ve analizleri sayesinde çeşitli projelerin üretilmesinde kullanılan en geçerli araçlardan birisi konumundadır (Tunay ve diğ., 2001).

Bilgiler teknolojisinin gelişmesiyle gerçekleştirilen CBS ile üretilen sayısal modeller yardımı ile birçok analiz kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. Ayrı ayrı katmanlara girilen konu ile ilgili

bütün bilgiler işlenerek yeni haritalar üretilebilir. Bilgisayar ortamında sayısal olarak depolanan bilgiler, ayrı katmanların birleştirilmesi ile birçok bilgi aynı katman üzerinde toplanır. Bu sayede klasik haritalarda hiçbir zaman değerlendirilemeyecek kadar çok bilgi tek bir sayısal haritadan okunur ve birlikte değerlendirilebilir. Ayrıca oluşturulan veritabanı ile birçok sorgulama yapılarak istenen değerler hesaplanabilir (Tunay ve diğ., 2001).

CAD yazılımlarından olan Autodesk Corporation tarafından geliştirilen Civil 3D yazılım paketi, birçok mühendislik çalışması için ulaşım, arazi geliştirme ve su koruma projelerinde kullanılabilecek, sayısal modellere (Şekil 2.31) dayalı üç boyutlu hacim hesaplamasını destekleyen bir Building Information Modeling (BIM) çözümüdür (Cheng ve Jiang, 2013). Civil 3D yol planlama ve tasarımında da oldukça aktif kullanılan bir yazılımdır.



Şekil 2.31: Autodesk Civil 3D ile hazırlanmış bir arazi modeli

Sonuç olarak sayısal modeller ve uygun bilgisayar yazılımları ile orman yollarının kısa sürelerde projelendirilmesi, yol yapılmadan önce üç boyutlu görünüşlerinin üretilmesi, gerekirse değişikliklerin eş zamanlı olarak yapılması mümkündür.

2.6.5. Kazı ve Dolgu Hacimlerinin Dengelenmesi

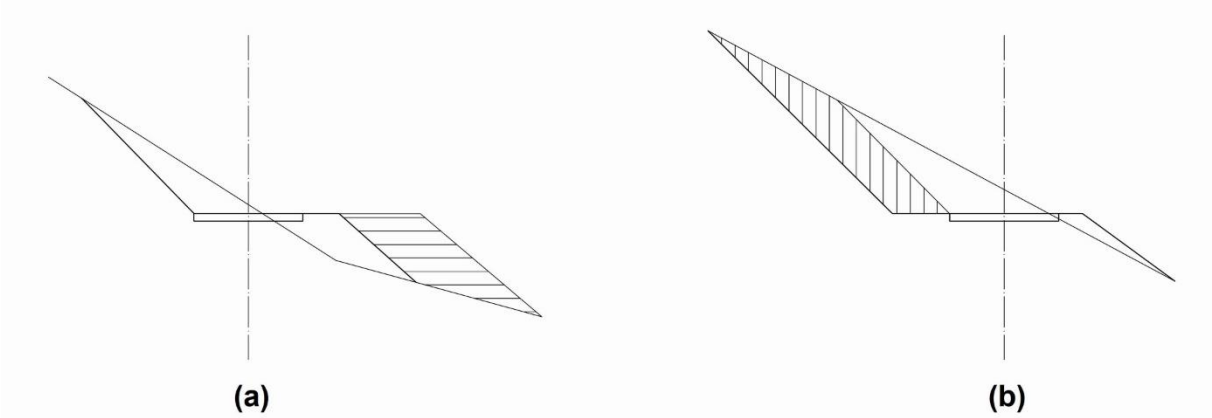
Ekonomik şartlar, yol projelerinin standartlarını etkileyen en temel unsurlardan biridir. Bu nedenle, kazı-dolgu dengelemesi ve hafriyat miktarının en aza indirilmesi, inşaat maliyetlerini azaltabilecek önemli faktörlerdir. Özellikle zemin yüksekliğindeki enine değişikliklerin ani olduğu dağlık araziler için, kazı-dolgu dengelemesi ve hafriyat işlerinin optimizasyonu çok önemlidir (Göktepe ve Lav, 2004).

Yol yapımında kazı ve dolgu hacimlerinin dengelenmesi gerekir. Dengeleme işlemi enine tesviye ve boyuna tesviye olmak üzere iki şekilde yapılır.

Enine tesviyede söz konusu dengeleme kazı hacmi ile ardışık iki enkesit arasındaki boşluğun doldurulması şeklinde yapılabilir. Karışık kesitlerde yamaçtan kazılan toprak yol gövdesini oluşturma ve yol genişliğini tamamlama amaçları ile diğer tarafa atılır. Ardışık enkesitlerin arasındaki kazı ve dolgu hacimleri birbirine eşitse bu dengeleme tam olarak gerçekleşebilir. Kazı hacmi dolgu hacminden fazlaysa **kazı fazlası,** aksi durumda ise **dolgu noksanı** söz konusu olur (Bayoğlu, 1997).

Boyuna tesviyede, yol güzergahı boyunca enine tesviye sonrası oluşan kazı fazlası ve dolgu noksanlarının dengelenmesi işlemi yapılır. Bu dengelemede taşıma mesafeleri uzak olursa, artan kazı fazlaları uzaklaştırılır (depo) ve kazı fazlası ile tamamlanamayan dolgu noksanları da enkesitler dışından kazılarak getirilir (ödünç). Boyuna tesviye tamamlandıktan sonra fazla gelen veya nakliye mesafesinin fazla olması nedeniyle kullanılamayan kazı fazlasının güzergahın dışında bir yere dökülmesine **depo** denir. Benzer şekilde dolgu noksanlarının giderilememesi durumunda güzergah dışından kazılarak getirilen malzeme ile dengelemenin yapılmasına da **ödünç** denir (Bayoğlu, 1997).

Dağlık arazi şartlarında planlanan orman yolları projelerinde, tesviye işlerinde uzak taşıma masraflarından kaçınmak için, boyuna tesviye işlerinde artan kazı fazlası materyal genellikle tesviye işinin yapıldığı enkesitler arasında dolgu şevi üzerine serilerek yol kenarına depo edilir. Benzer şekilde, dolgu noksanının olduğu durumlarda da, kazı şevinden yamaç kazısı yapmak suretiyle ödünç alınır (Şekil 2.32) (Bayoğlu, 1997).



Şekil 2.32: Yandan ödünç (a), yana depo (b).

Bazı projelerde tesviye işlerinin proje alanında kalması gerekebilir. Yani proje alanından dışarıya toprak taşınmaması veya proje alanına dışarıdan toprak getirilmemesi gerekir. Kazı ve dolgu hacimleri hesaplanırken temel olarak, proje alanındaki her yer için kazı derinlikleri veya

dolgu yükseklikleri ortalaması ile proje yatay alan çarpılmak suretiyle ile toprak hacmi hesaplanır. Kazı derinlikleri ve dolgu yükseklikleri bazı alanlarda sıfır olabilir; ancak sıfır olan değerlerde ortalama hesaba dahil edilir (Seçkin, 2003).

Kazı dolgu hacimleri belirlenirken; üst toprak, üst yapı (yüzey materyali) ve kabarma, sıkışma faktörleri dikkate alınmalıdır. Kazı dolgu hacim tahminlerinde, bitmiş tesviye yüzeylerine göre değil, mevcut ve alt tesviye yüzeylerine bakılır (Seçkin, 2003).

Ancak, topografik ölçümler ve planlar üzerindeki eşyükselti eğrilerinin ve noktaların kot değerleri genellikle mevcut arazi durumunu gösterir. Bu nedenle, kazı ile alınacak yüzey materyali ile alana getirilmesi planlanan üstyapı malzemesi arasında denge kurulmalıdır (Seçkin, 2003).

Kazı-dolgu hacimlerini etkileyen diğer bir faktör ise, kabarma ve sıkışma etkisiyle toprak hacimlerinin değişmesidir. Kazıdaki toprak hacmi, sıkıştırma yöntemi ve toprak tipine bağlı olarak dolguda genellikle %10-20 oranında azdır. Başka bir deyişle, 100 m^3 kazı, yaklaşık 80-90 m^3 dolgu hacmine karşılık gelecektir. Yani 100 m^3'lük dolgu için yaklaşık olarak 110-120 m^3 kazı yapılması gerekecektir (Seçkin, 2003).

Kabarma potansiyeli değeri 0 ile 1 arasında değişir. Bu değer genellikle 0,40'ı geçmez. Diğer bir konu ise, kazı hacminin tamamı homojen olmadığı ve bu hacmin bir kısmı (özellikle üst toprak) dolgu malzemesi olarak uygun olmadığı için, kazılan toprağın %100'ü nadiren dolguda kullanılabilir. Ayrıca, kazıdan dolguya nakliye sırasında veya yamaçların ötesindeki malzeme yıkamalarından malzeme kaybı olabilir (Göktepe ve Lav, 2004).

Toprak kazıldıktan ve kabardıktan sonra dolgu için uygun miktarda hafriyat malzemesi kullanılır, ancak yolun dolgu alanları daha fazla sıkışmayı önlemek ve gerekli taşıma kapasitesini sağlamak için mekanik olarak sıkıştırıldığından bu gereksinim projeden elde edilen hesaplanan değerden daha fazladır (Göktepe ve Lav, 2004).

2.6.6. Yol Planlaması ve Tasarımına Hizmet Eden Bilgisayar Yazılımları

Orman yolu tasarımı, ekolojik ve ekonomik faktörlerin göz önünde bulundurulmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte tasarımcı, yeterli sayıdaki alternatif yollar içinden teknik ve ekolojik koşulları karşılayan, toplam maliyet bakımından en düşük olan nihai güzergahı tespit etmelidir. Orman yol şebekelerinin planlanması ve geliştirilmesi zor ve zaman alıcı işlemlerdir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, yol planlanması ve tasarımına hizmet

edecek bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Yol planlamasında kullanılan programlardan bazıları, Advenced Road Design, Allplan, Anadelta Tessera, AutoCAD Civil 3D, AutoRoads, Bentley InRoads, Bentley MXROAD, CAD&PILLAR, Carlson Civil, Civil Designer, DIGICORP CIVIL Design, Diolkos, HEADS Pro, HighRoad, HY-SZDL, ISTRAM ISPOL, KeyTERRA- FIRMA, LISCAD, NetCAD, Novapoint, NovaTDN, Odos, Optimum Road Design Model, PDS, Plateia, RoadEng, SierraSoft ProSt, VESTRA Road olarak sıralanabilir Bu yazılımlar sayesinde yol planlama ve tasarımı sürecinde hassas hesaplamalar ve en düşük maliyetli alternatif yol güzergâhların değerlendirilmesi işlemleri hızlı bir şekilde yapılabilmektedir (Akgül ve diğ., 2012).

3. YÖNTEM

Araştırma alanı olarak İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Araştırma ve Uygulama Ormanı seçilmiştir. Enkesitlerin oluşturulması için öngörülen arazi verileri ise yine İstanbul Üniversitesi-Cerrahapaşa Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı içerisinde seçilen örnek yoldan elde edilmiştir.

3.1. MALZEME

Bu bölümde arazi çalışmalarının yapıldığı 001 kodlu yola ait ve araştırma alanına ait genel bilgiler verilerek alanın tanıtımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, araştırma alanında daha önce yapılmış yüksek lisans ve doktora tezlerinden, amenajman planından, yol ağı planından ve alana ait 2021 tarihli, Esri, Maxar, Earthstar Geographics (TerraColor) ve GIS Kullanıcı Topluluğu katkılarıyla üretilen uydu görüntülerinden faydalanılmıştır.

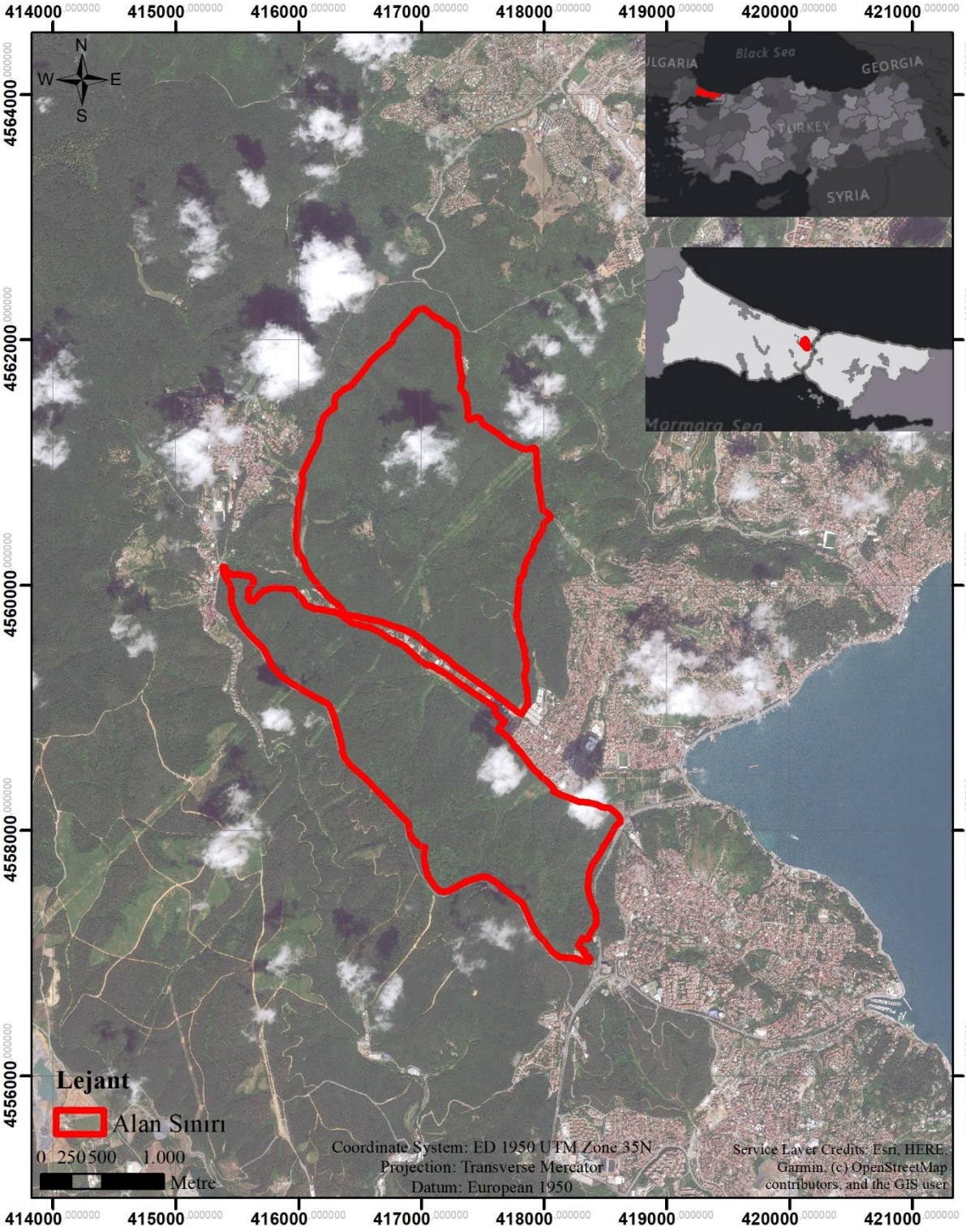
Arazi ölçümlerinde alanın koordinat verisinin alınması için RTK-GPS (Real Time Kinematic-Global Position System), yersel ölçümler için Total Station cihazı, ara mesafelerin ölçümleri için Mesafe Ölçer ile koordinat ve yersel ölçümler için gerekli diğer alet ve ekipmanlar kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

Araştırma alanının, coğrafi konumu ve topografik yapısı, genel iklim özellikleri ve hidrolojisi, bitki örtüsü ve meşçere kapalılığı ve son olarak orman yolları durumu ile ilgili özellikleri bu bölümde özetlenmeye çalışılmıştır.

3.1.1.1. Coğrafi Konum ve Topografik Yapı

Araştırma alanı İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yer almaktadır. Seçilen alan Greenwich'e göre 28º59'17"-29º32'25" doğu boylamları ile 41º09'15" – 41º11'01" kuzey enlemleri arasında olup Marmara Bölgesi'nin Trakya tarafındadır. Plan ünitesi, en alçak kotu Baklalıdere (10 m), en yüksek kotu ise Büyükdoğan Tepe (231 m) olmak üzere tamamıyla sahil şeridi üzerinde yer almaktadır (Şekil 3.1) (Akgül, 2012; Akburak, 2013).



Şekil 3.1: Araştırma alanının coğrafi konumu.

Alan içerisinde Bilezikçi Çiftliği olan Araştırma ve Uygulama Ormanı iki büyük parçadan oluşmaktadır. Bu iki parça arasında, mülkiyeti özel ve tüzel şahıslara ait değişik araziler yer

aldığı ve plan ünitesi, sadece tek bir noktada birbiri ile ortak sınıra sahip olduğu için, çalışma için seçilen yolun bulunduğu kuzey parça sınırlarının verilmesi uygun görülmüştür.

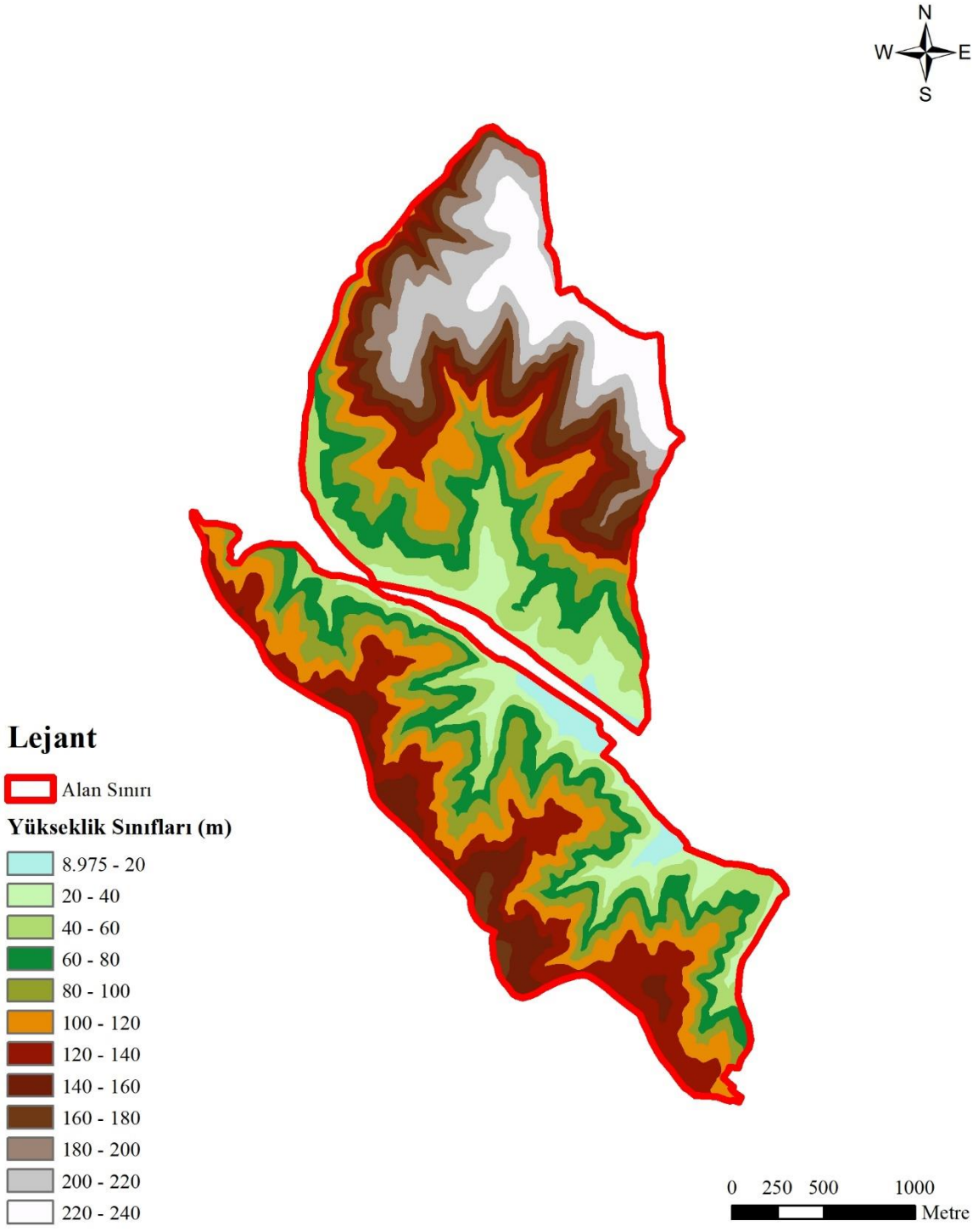
Araştırma alanının kuzey parçasının sınırları kuzey, doğu, batı ve güney ana yönleri dikkate alınarak verilmeye çalışılmıştır. Çalışma arazisinin *kuzey sınırı*, Bahçeköy-Çayırbaşı yolunun kuzeyinde yer alır. Kuzeybatı köşesinde Balabandere'den başlamaktadır. Yandere ile Kılıçpınar mevkiisine ulaşır. Buradan Kılıçpınar-Kocataş sırt yolunu izleyerek, Ezba Ormanı'na (mülkiyeti Tekel İdaresi'ne aittir) ulaşmaktadır. *Doğu sınırı*, Ezba Ormanı sınırı ile Bahçeköy-Çayırbaşı yoluna inmektedir. *Batı sınırı*, Kocameşe mevkiinde yer alan Beton Köprü'den başlayıp, Balabendere'yi takip ederek kuzey sınırda sona ermektedir. *Güney sınırı* ise, doğu sınırının bittiği noktadan batı yönüne doğru Bahçeköy-Çayırbaşı yolunu takiben Beton Köprü'de son bulmaktadır (Akgül, 2012).

Araştırma alanının topografik yapısı incelendiğinde, yükseklik basamakları 8,9-240,0 m arasında değişmekte olup, ortalama yükselti 114 metredir. Yükseklik sınıfları haritasına göre 120-140 m arasındaki grup 100,89 ha ile en büyük yükseklik basamağını oluşturmaktadır (Şekil 3.2).

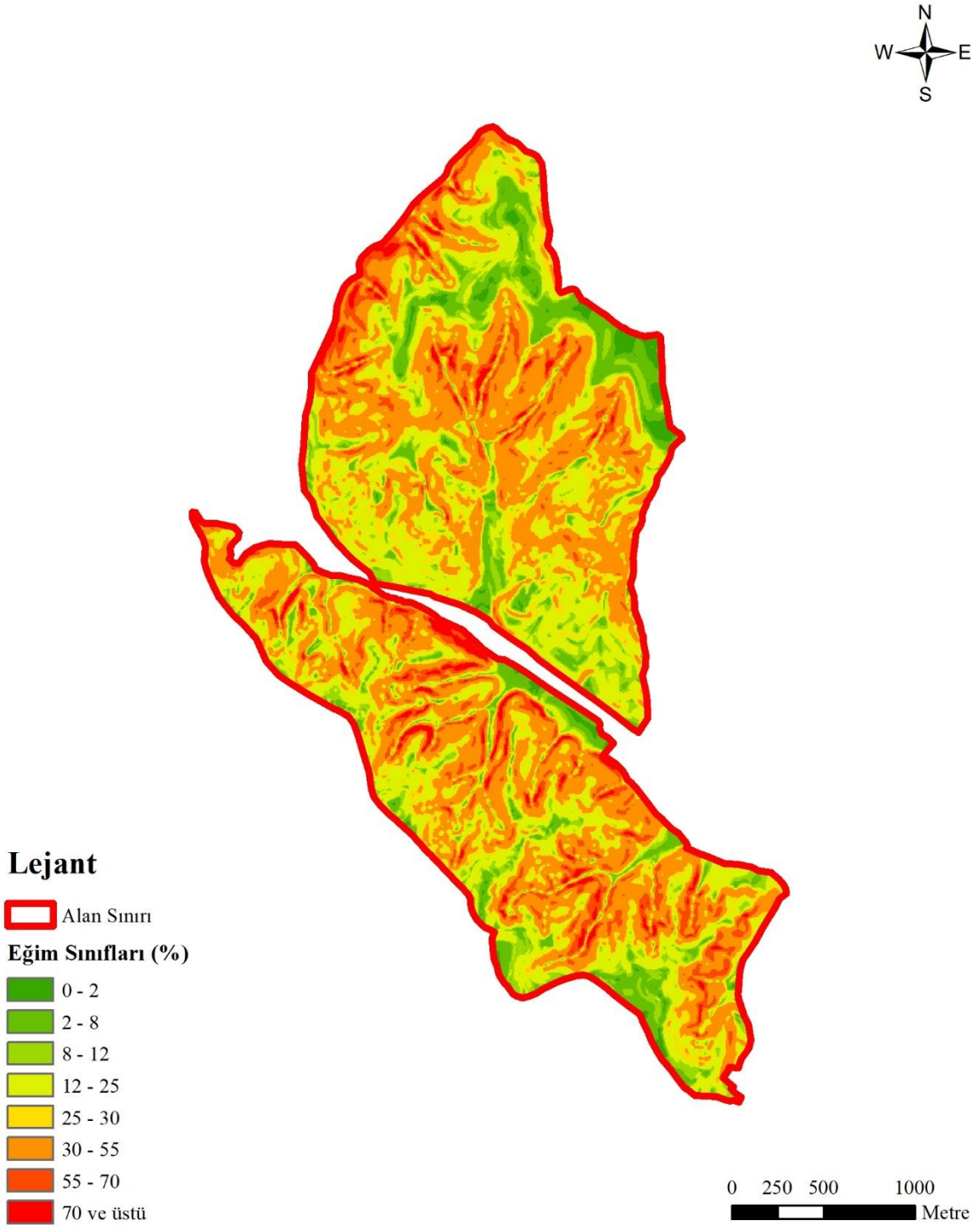
Araştırma alanının önemli tepeleri; Büyükdoğan tepe (231 m), Sivritepe (196 m), Esentepe (159 m) ve Yaylıtepe (146 m) olarak sıralanabilir. Araştırma alanı sınırlarında dağ yoktur. Önemli sırtlar ise, Kılıçpınar (kuzeyde) ve Kambursuyu (güneyde) sırtlarıdır (Akgül, 2012).

Çalışma alanı % 0-2 , % 2-8, % 12-25, % 25-30, % 30-55, % 55-70 ve % 70 ve üzeri olmak üzere 8 farklı eğim sınıfına ayrılmıştır. Arazinin ortalama eğimi %29'dur. Alansal olarak en az olan (%1,61) eğim grubu %0-2, en fazla (%35,61) olan ise %30-55 eğim grubudur (Şekil 3.3).

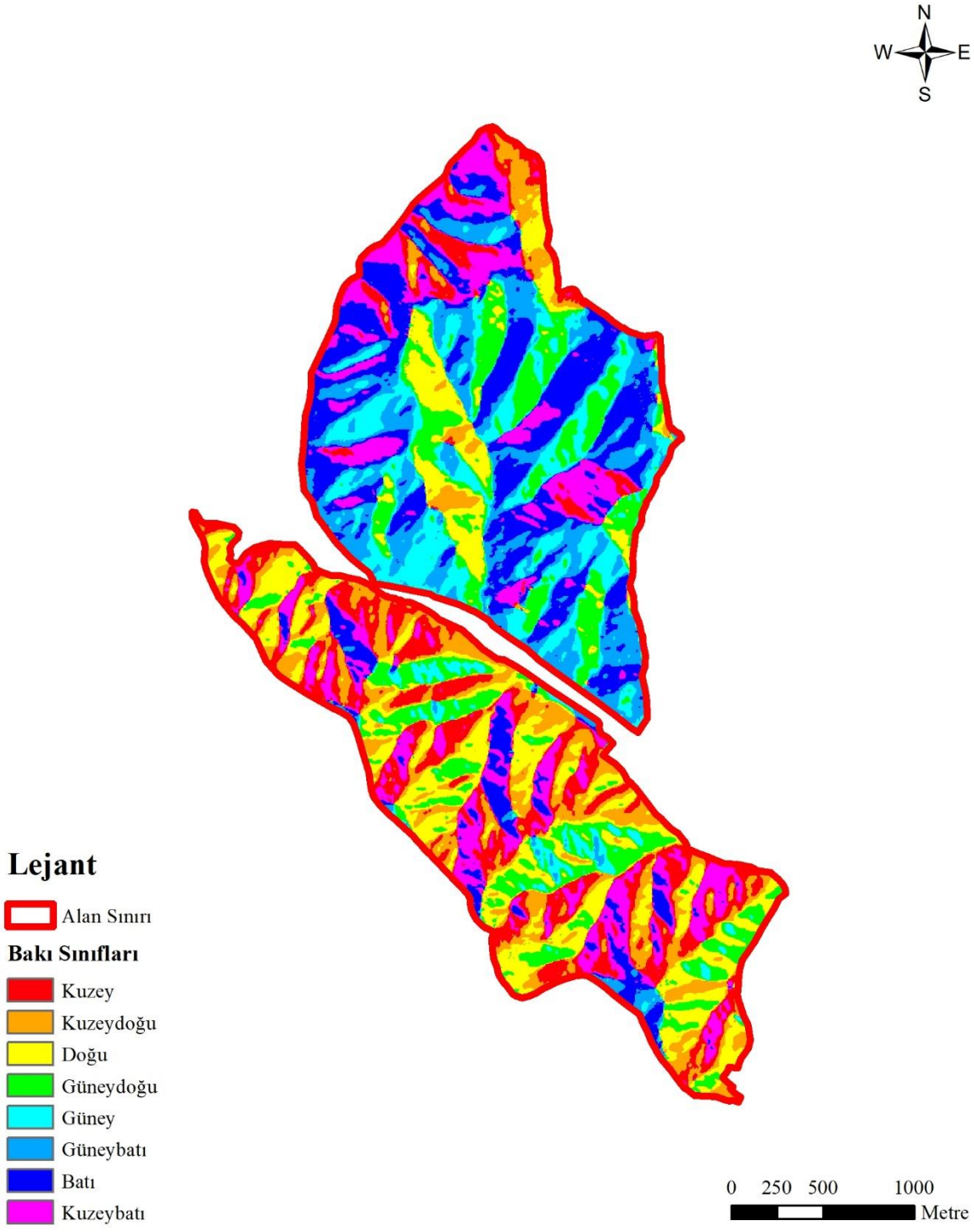
Bakı sınıfları haritasına göre, bakı grupları alana homojen şekilde dağılmıştır. Bakı gruplarının dağılımı incelendiğinde, tüm alanın %16,15'ini (119,85 hektar) oluşturan Batı bakının hakim olduğu görülmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.2: Araştırma alanının yükseklik sınıfları haritası.



Şekil 3.3: Araştırma alanının eğim sınıfları haritası.



Şekil 3.4: Araştırma alanının bakı sınıfları haritası.

3.1.1.2. Jeolojik Yapı ve Ana Toprak Türleri

Araştırma sahasında, devon, miosen, üst pliosen ve üst silür devirlerine ait formasyonlar vardır. Sahanın çoğunluğunu (yarısından fazla) üst devon kaplamaktadır. Bu araziler üzerinde, taban

düzlüğü, tepe ve yamaç düzlüğü şeklinde topografik oluşumlar yer almakta olup, bu oluşumların yükseltileri 25-239 m arasında değişmektedir (Akgül, 2012).

Alanın 263,10 hektar (%57,31) büyüklüğündeki kısmını balçıklı kil toprak türü oluşturmaktadır. Sahada görülen diğer toprak türleri ise, Balçıklı Kil/Kil, Balçıklı Kil/Kumlu Balçık, Kumlu Killi Balçık/Balçıklı Kil, Kumlu Kil ve Kil'dir (Akgül, 2012).

Topraklar %71 oranında derin, %77'si az taşlı ve %16'sı çok taşlıdır. Topraklar kireç içermemektedir (Makineci, 1999).

3.1.1.3. Genel İklim Özellikleri ve Hidroloji

İstanbul ilinin 1991-2020 yılları arasına ait iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) internet sayfasından sağlanmıştır (Tablo 3.1) (MGM, 2022). Tabloya göre en yüksek ortalama sıcaklık değeri temmuz ve ağustos aylarında 28,8 derece olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık eylül ayında 39,5 °C, en düşük sıcaklık ocak ayında -12,6 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama yağışlı gün sayısının en fazla olduğu ay 14,71 ortalaması ile ocak ayı, en az olduğu ay ise 3,00 ortalaması ile ağustos ayıdır. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise toplamda 648,1 mm, en fazla 97,2 mm olarak aralık ayında, en az 21,4 mm olarak temmuz ayında kaydedilmiştir.

Tablo 3.1: İstanbul ili Avrupa yakasına ait bazı iklim verileri (1991-2020)

İstanbul /Florya	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	5,7	5,8	7,4	11,6	16,5	21,1	23,8	23,9	20,4	16,0	11,9	8,1	14,3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8,5	9,1	11,3	16,2	21,2	25,9	28,8	28,8	25,2	20,1	15,3	10,9	18,4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3,1	3,2	4,4	7,9	12,5	16,6	19,3	19,6	16,3	12,7	9,0	5,5	10,8
Ortalama Güneşlenme Süresi	3,0	3,6	4,6	6,5	8,8	10,6	11,5	10,7	8,3	5,7	4,0	2,8	6,7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14,71	13,12	12,18	8,41	7,76	7,53	3,65	3,00	6,18	10,18	10,65	13,29	110,70
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort.(mm)	84,3	69,6	60,5	46,9	29,8	27,6	21,4	25,2	38,1	66,5	81,0	97,2	648,1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20,5	21,0	26,0	30,5	33,5	36,2	37,4	38,6	39,5	32,3	26,4	23,1	39,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-12,6	-10,0	-9,6	-1,4	1,4	8,4	11,0	11,4	6,7	1,8	-4,6	-11,5	-12,6

Ölçüm Periyodu (1937-2021)

Araştırma alanının içindeki tüm derelerin suyunu İstanbul Boğazı'na akıtan en önemli deresi Balabandere'dir. Balabandere dışında sırasıyla; Havuzludere, Taşocağı, Kocatarla, Sivritepe, Fındıksuyu, Kambursuyu, Pırasadere, Çakaldere, Karadere ve Zuvaldere olmak üzere kuzey parçada 5 adet, güney parçada 5 adet toplam 10 adet dere bulunmaktadır (Akgül, 2012).

3.1.1.4. Bitki Örtüsü ve Meşcere Kapalılığı

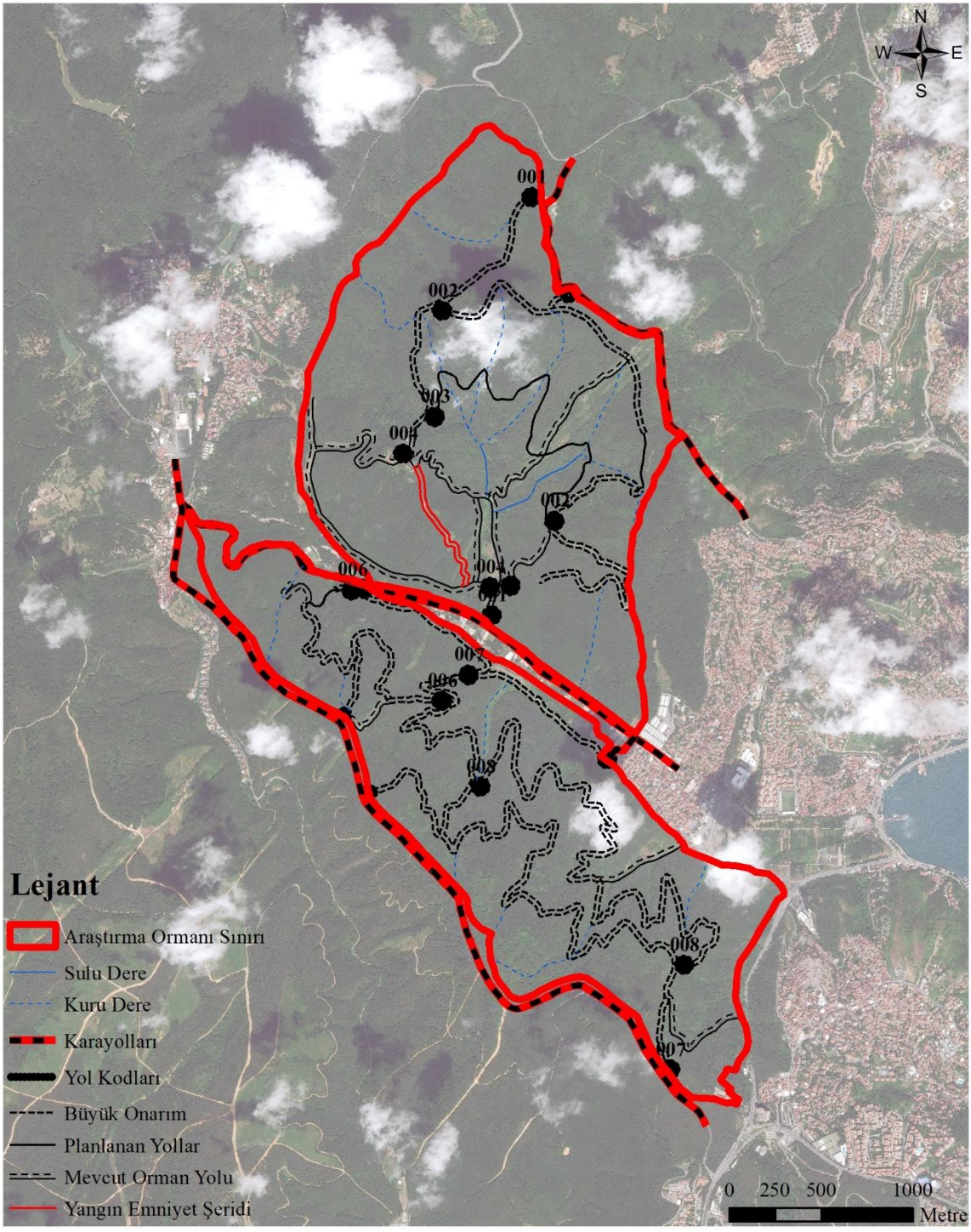
Araştırma ve uygulama ormanı uzun süre boyunca baltalık olarak işletildiği ve bakım yapılmadığı için gölge ağaçları alana hakim olmuştur (Makineci, 1999). Sahada görülen yaygın ağaç türleri, Anadolu Kestanesi, Macar Meşesi, Sapsız Meşe, Saçlı Meşe, Ihlamur, Adi gürgen ve Kızılağaç olarak sıralanabilir (Makineci, 1999; Akgül, 2012). Arazide Karaçam, Fıstıkçamı, Kayın, Defne, Fındık ve Yalancı Akasya ağaç türleri de bulunmaktadır (Akgül, 2012).

Alanda görülen ağaççık ve maki türleri ise Ağaç ve Çalı Fundası, Kuş Üvezi, Muşmula, Akçakesme, Fındık, Defne ve Kocayemiş'tir (Akgül, 2012).

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanının geneline bakıldığında %48 oranı ile (355,66 ha) 3 kapalılığın hakim olduğu görülmektedir. 2 kapalı alanlar %23 (167,09 ha), 1 kapalı alanlar %14 (104,90 ha) oranındadır. Sahanın %11'i (81,23 ha) Bozuk Meşe Diğer yapraklı (BMDy) alanıdır (Akgül, 2012).

3.1.1.5. Orman Yolları Durumu

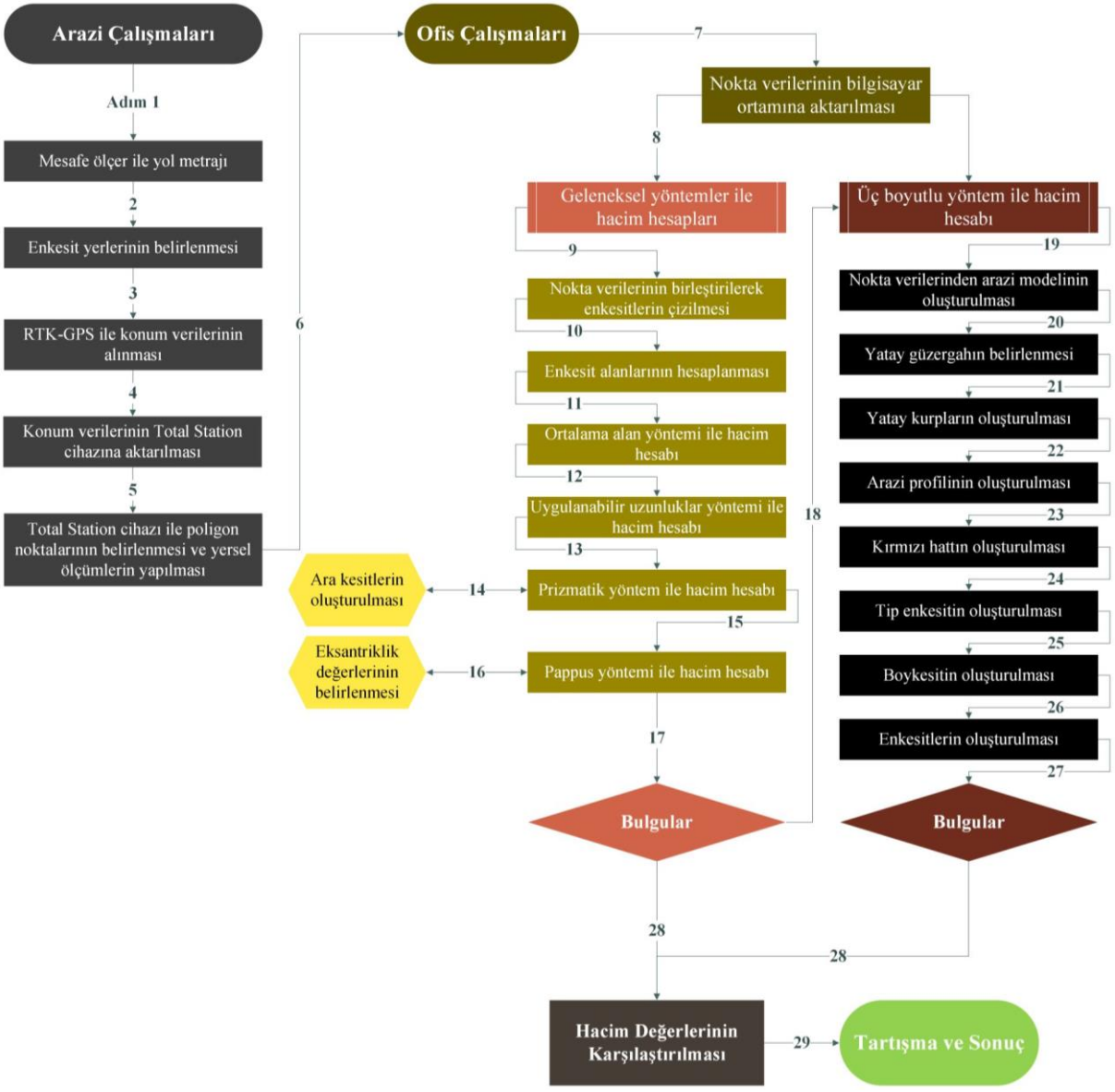
İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı alanı içerisinde mevcut yolların toplam uzunluğu 25+590 km'dir. Bu yolların 21+630 km'si ham, 3+960 km'si stabilizedir. Araştırma alanı içerisindeki tüm yolları ve yol kodlarını gösteren harita Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı mevcut ve planlanan orman yolları.

3.2. YÖNTEM

Bu kısımda İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yapılan arazi çalışmaları ve araziden elde edilen verilerle yapılan ofis çalışmaları anlatılmaya çalışılmıştır. Yapılan arazi ve ofis çalışmalarının bir özeti Şekil 3.6'da akış şemasında verilmiştir.



Şekil 3.6: Akış şeması.

Hacim tahminleri için kullanılan arazi haritaları, genellikle arazinin iki boyutlu bir temsilini gösteren eşyükselti eğrili haritalarıdır. Ancak bu haritalardan elde edilen veriler ile hassas bir hacim hesabının yapılması her zaman mümkün olmaz. Daha hassas hacim hesaplamalarının yapılabilmesi için araziye özgü daha detaylı verilerin sağlanması gerekir (Oloufa, 1991).

Orman yollarının hacim hesaplamalarının yapılabilmesi için belirli aralıklarla ve gerekli yerlerde enkesitler alınmalıdır. Geleneksel yöntemlerin birçoğunda enkesit alanları ile enkesit aralarındaki mesafelerin çarpılması ile hacimler hesaplanmaktadır. Buna ek olarak sayısal arazi modeli oluşturarak hesaplama yapılan 3D yöntemler içinde arazinin mevcut halini yansıtacak verilere ihtiyaç vardır.

Kesitler arasındaki mesafe hacim hesaplamasının doğruluğunu etkileyen en büyük faktördür (Siyam, 1987). Enkesitlerin aralıkları daha önceki yapılan çalışmalarda değişiklik göstermiştir. Bayoğlu (1997)'e göre hacim hesaplamaları yapılırken aliymanlarda enkesitler arasındaki mesafenin 25 m'yi aşmaması uygun olur. Aruga ve diğ., (2005) yaptıkları çalışmada toplam uzunluğu 827 m olan yolu, her biri 30 metre aralık mesafe olan 27 istasyona ayırmışlardır. Contreras ve diğ. (2012)' ye göre geleneksel yöntemlerde yoğun arazi çalışmalarını azaltmak için, istasyonlar arası mesafe 30 metre olarak, sahadaki eğim veya yön değişikliklerinde ise ekstra ölçümler yapılarak arazi verileri toplanır. Slattery ve diğ. (2012)'ye göre ilk temizlemeden sonra ve inşaat tamamlandıktan sonra 25 metre aralıklarla enkesitler alınmalıdır. Cheng ve Jiang (2013)' e göre ortalama alan yöntemi için istasyonlar arasındaki kritik mesafe 30 m'dir. Bu kritik mesafenin aşılmaması gerekmekte, arazi değişimlerinin daha sağlıklı belirlenebilmesi için gereken yerlerde bu mesafenin azaltılması gerekmektedir. Pazhouhan ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada hafriyat hacmini belirlemek için aliymanlar boyunca 20 m aralıklarla, kurplarda ise 10 m aralıklarla enine kesitler ölçmüşlerdir. (Akgül ve diğ., 2018) yaptıkları araştırmada, yolun tasarımı aşamasında AutoCAD Civil 3D 2015 yazılımını kullanarak üç farklı yol güzergahı oluşturmuş, enine kesitleri de aliymanlarda 20 m, kurplarda 6 m aralıklarla yerleştirmişlerdir. Artun ve diğ., (2020) Rusya'da yaptıkları araştırma makalesinde 20 m aralıklarla enkesit almışlardır.

Başka bir bakış açısı ile enkesitler arasındaki mesafeler artırıldığında, yüksek çözünürlüklü bir SYM 'den veya zemin etüdünden elde edilen iyi verilerle bile, yol tasarımı için hafriyat hacmi tahminlerinin hassasiyeti düşecektir. Kesitleri daha kısa aralıklarla ölçmek daha fazla arazi işi gerektiren zor bir görev olsa da, daha kısa mesafelerle alınan veriler ve yüksek çözünürlüklü bir SYM sayesinde daha hassas tahminler yapmaya imkan veren kesitler oluşturmak mümkün olur (Aruga ve diğ., 2005).

Bu amaçla Şekil 3.6'da görüldüğü üzere (Adım 1) ilk iş olarak seçilen yolun metrajı yapılmıştır. Bu amaçla mesafe ölçer kullanılmıştır. Daha sonra ikinci aşamaya geçilmiş, 001 kod nolu

orman yolunun geometrik standartları dâhilinde yolun aliyman kısımlarında 20 metrede bir, kurplarda ise kurp yarıçaplarına göre 5-10 metre mesafe ile ölçümler alınıp enkesit yerleri tespit edilmiştir (Şekil 3.7).

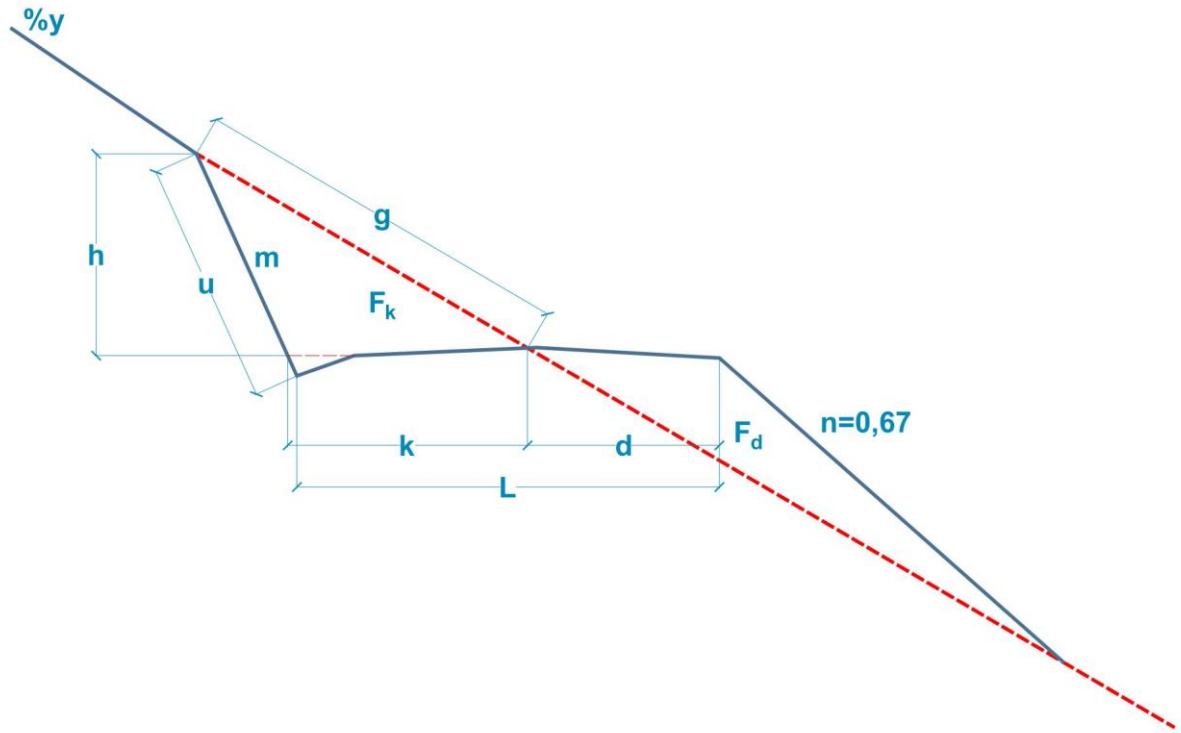


Şekil 3.7: Yol güzergâhı üzerinde ölçüm yapılacak enkesit istasyonlarının belirlenmesi ve araziye aplikasyonu.

Çalışmanın kapsamında, Autodesk Civil 3D programı ile kazı-dolgu hesaplarının yapılması ve sağlıklı sonuçlara ulaşılabilmesi için öncelikle mevcut yol durumunun doğru bir şekilde bilgisayar ortamında modellenmesi gerekmektedir.

Birçok inşaat faaliyetinde olduğu gibi, orman yollarının yapımında da geleneksek ve modern aletler bir arada kullanılmaktadır (Smith ve Wood, 2000). Bu çalışmada, arazinin modellenmesinde son zamanlarda ormanlık alanların yüksek çözünürlüklü ve güncel sayısal arazi modellerinin üretilmesinde faydalanılan gerçek zamanlı (RTK-Real Time Kinematic) GPS (Global Positioning System) yöntemi (Gülci ve diğ., 2015) ve yüksek hassasiyetli yersel ölçüm imkanı sunan Total Station cihazı kullanılmıştır.

Modelleme işlemi için arazide yapılacak ölçümlerde 292 sayılı tebliğde verilen orman yolu enkesit ölçüleri dikkate alınmıştır (Şekil 3.8) (OGM, 2008).



Şekil 3.8: Orman yolu enkesit ölçüleri.

Orman yolu en kesit görünüşü

%y = Yamaç eğimi

L = Platform + hendek yol genişliği

h = Kazı yüksekliği

m = Kazı şevi eğimi 2/1, 3/1, 4/1, 5/1

n = Dolgu şevi eğimi 2/3=0.67 doğal zeminlerin durağan eğimi

d = İnşa edilen yoldaki dolgu genişliği

k = İnşa edilen yoldaki kazı genişliğini

F_k = m^2 cinsinden kazı alanını, (hendek kazısı dâhil edilecek)

F_d = m^2 cinsinden dolgu alanını,

g = Kazı şevi uzaklığını, (şev kazığı-seviye kazığı arası mesafe)

u = Kazı şevi uzunluğunu göstermektedir.

Arazi modelinin üretilebilmesi için araştırma alanı sınırları içerisinde belirlenen 001 kod nolu orman yolunun yol platformu ve geometrik durumları "Pentax SMT 888-3G" marka RTK-GPS (Real Time Kinematic-Global Position System) (Tablo 3.2) ve "Pentax-W 2800 N" marka Total Station (Tablo 3.3) (Baytekin, 2022) cihazları ile ölçülerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.9 / Şekil 3.12 / Şekil 3.13 / Şekil 3.14).

Tablo 3.2: Pentax SMT 888-3G RTK-GPS cihazının teknik özellikleri.

Kanal Konfigürasyonu	136 kanal (GPS L1/L2/L2C, GLO L1/L2, SBAS, WAAS, EGNOS, MSAS) Görünür tüm GPS ve GLONASS uydularını aynı anda izleme		
Konum Doğruluğu		**Yatay**	**Düşey**
	Standalone	1,3 m	1,9 m
	SBAS	0,6 m	0,8 m
	DGPS	0,5 m	0,9 m
RTK Performansı	Yatay Doğruluk	10 mm + 1 ppm	
	Düşey Doğruluk	15 mm + 1 ppm	
	Init Süresi	7 sn	
Statik Performans	Yatay Doğruluk	2 mm + 0,5 ppm	
	Düşey Doğruluk	5 mm + 0,5 ppm	
Hız Doğruluğu		**Yatay**	**Düşey**
	Standalone	20 mm/sn	40 mm/sn
Veri Çıkışı		25Hz'e kadar veri çıkış hızı NMEA v2,3 veri çıkış formatı, 10 Hz'e kadar RTCM v2,2, 2,3, 3,0 veya 3,1 CMR2,0 ve CMR+	
Fix Süresi	Soğuk Başlangıç	< 40 sn	
	Sıcak Başlangıç	< 7 sn	
	Yeniden Yakalama	< 1,5 sn	
İletişim Portları		5-pin serial, Kontrol Ünitesi portu 8-pin serial, Harici radyo/modem portu 4-pin serial, Harici güç kaynağı portu	
Bluetooth		Var	
Hafıza		2GB SD Kart	
ROHS		Uyumlu	
Güç	Dahili Batarya	2 adet 2500mAh, 7,2V Li-lon batarya	
	Batarya Çalışma Süresi	10 saat	
Çevresel Özellikler	Çalışma Sıcaklığı	-20°C ile +65°C	
	Saklama Sıcaklığı	-40°C ile +75°C	
	Şok/Darbe Dayanıklılığı	2 m'den sert yüzeye düşmeye dayanıklıdır.	
	Boyutlar (çap x yükseklik)	198 mm x 99 mm	
	Ağırlık	1,5 kg, bataryalar dahil	
	Su ve toza karşı koruma	IP67 koruma	

Tablo 3.3: Pentax-W 2800 N marka Total Station cihazının teknik özellikleri.

Teleskop / Büyütme	30x
Objektif Çapı	45 mm
Çözünürlük Gücü	3,0"
Görüş Alanı	1°20'
Minimum Odaklanma Mesafesi	1,0 m
Odaklanma	Manuel
Mesafe Ölçümü / Lazer Sınıfı	Görünür Lazer : Sınıf III a (Reflektörsüz, kağıt) / Sınıf I (Prizma)
Ölçüm Mesafeleri (İyi Şartlar) (*3) / Reflektörsüz (*1)	1,5 ~ 500m
Ölçüm Mesafeleri / Kağıt Reflektör (*2)	1,5 ~ 800m
Ölçüm Mesafeleri / Mini Prizma	1,5 ~ 1200 m
Ölçüm Mesafeleri / 1P Prizma	1,5 ~ 4000m
Ölçüm Mesafeleri / 3 Prizma	5000m
Hassasiyet (*4) / Prizma	±(2+2 ppm x D)mm
Hassasiyet / Reflektörlü Kağıt	±(3+2 ppm x D)mm
Hassasiyet / Reflektörsüz	2~200m: ±(3+2 ppm x D)mm | 200~300m: ±(5+2 ppm x D)mm | 300~500m: ±(10+2 ppm x D)mm
Ölçüm Yöntemi	Mutlak Dönel Kodlayıcı
Algılama Yöntemi	Yatay / Dikey açısı: 2 Tarafı
Minimum Sayım	0,5" / 1" / 5" | 1" / 5" | 1" / 5" | 1" / 5" |
Açı Hassasiyeti (ISO 17123-3)	1" | 2" | 3" | 5"
Kompensatör / Eksen	2 eksen
Kompensatör / Mesafe	±3'
Teğet Vida	1 hız / Sıkıştırma (<30")
Şişe Duyarlılığı / Plaka Seviyesi (Elektronik)	30" / 1 div,
Şişe Duyarlılığı / Dairesel Seviye	8'/2mm
Şakül	Görünür Lazer ± 0,5mm (Cihaz Yüksekliği 1,5 m)
Base	Sökülebilir
Toz ve Su Koruma	IP55 (Sadece cihaz)
Çalışma Sıcaklığı	-20 ° C ~ 50 ° C / -4 ° F ~ 122 ° F (Çalışma Alanı)
Boyutlar	183 (G) x 342 (Y) x 167 (U) mm
Ağırlık (Pil hariç)	5,4kg
Taşıma Çantası	440(G) x 370(Y) x 275 (U)mm / 3,9kg
Güç Kaynağı	Li-Ion 3,350mAh x 2 = 6,700mAh (hotswap)
Çalışma Süresi	Yaklaşık 2,5 saatlik şarj süresiyle, yaklaşık 10 saat sürekli çalışma süresi (ETH+EDM)
Pil Takımı / Ağırlık	5,4 kg
Pil şarjı ve AC Adaptör / Giriş Voltajı	AC 100 ~ 240 V
Pil şarjı ve AC Adaptör / Çıkış Voltajı	DC7,4V
İşlemcisi / İşlemci Frekansı	4GB/528MHZ
OS	Microsoft Window CE 5,0
Uygulama Yazılımı	Seçilebilir
I/F	RS-232C, Usb Mini, Bluetooth (Sınıf 2) , USB Flaş Bellek
Ekran Tipi	3,5", Renkli TFT LCD (320 x 240 piksel) dokunmatik ekran

Üçüncü aşama için koordinat alımı işleminde öncelikli olarak RTK-GPS ile uydu üzerinden koordinat verisi alınmıştır (Akgül ve diğ., 2016). Bu amaçla arazide ilk olarak RTK-GPS cihazının kurulumu yapılmış, GPS alıcısı ve el kontrol ünitesi açıldıktan sonra, anten yüksekliği

ve GSM modeminin sistemle bağlantısı kontrol edilmiştir. Daha sonra cihaz çalışmaya hazır hale getirilerek TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı) noktalarından veriler elde edilerek belli aralıklarla yol ekseninin X, Y ve Z (yükseklik) değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.9) (Gülci ve diğ., 2015).



Şekil 3.9: RTK-GPS ile uydudan koordinat verilerinin alınması.

Dördüncü aşamada RTK-GPS ile alınan bu koordinat verileri Total Station cihazına aktarılmış (Şekil 3.14), alınan noktalar poligon noktası olarak belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen poligon noktaları arazi üzerine aplike edilmiştir (Şekil 3.10). Belirlenen bu poligon noktalarına Total Station cihazı kurularak yersel ölçümlere geçilmiştir (Adım 5) (Şekil 3.12 / Şekil 3.13/ Şekil 3.14).



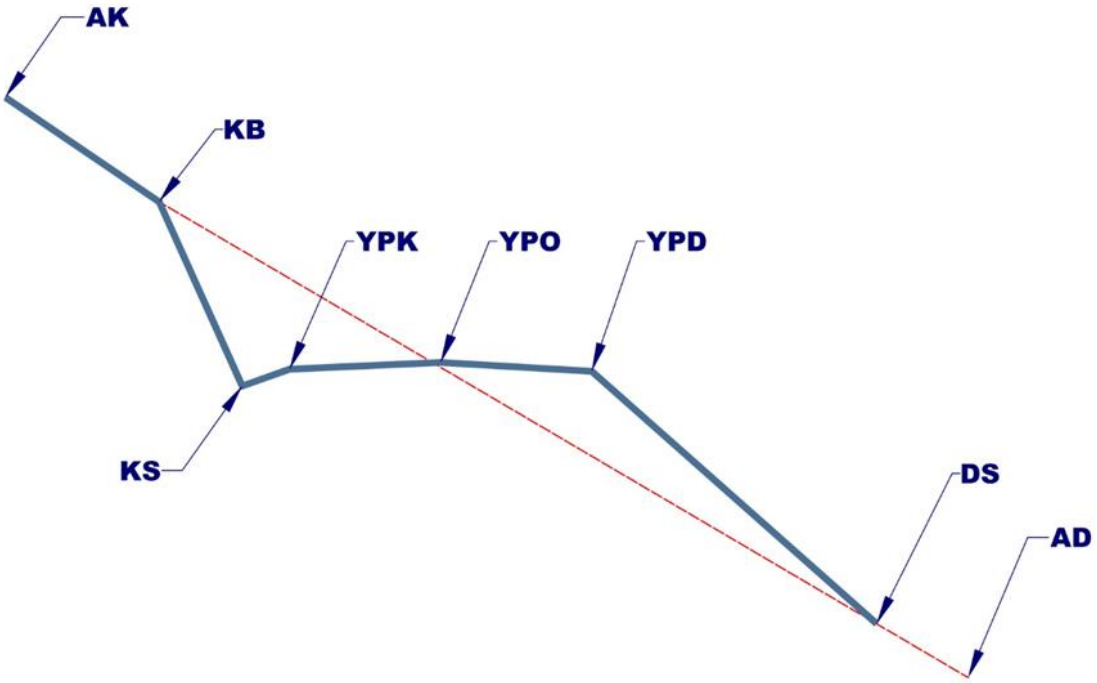
Şekil 3.10: Belirlenen poligon noktalarının araziye aplikasyonu ve poligon noktalarına Total Station cihazının kurulumu.

Total Station cihazı ile yapılan ölçümlerde her enkesit için Şekil 3.11' de gösterildiği gibi her noktanın X, Y ve Z değerleri kaydedilmiştir.

Enkesit ölçümleri yapılırken (Akgül ve diğ., 2016);

- Yolların platform orta noktalarında,
- Yolların sağ ve sol iki kenarında (sağ ve sol banketlerin bitiş noktalarında),
- Yolların kazı ve dolgu şevlerinin son noktalarına denk gelen yerlerde,
- X (kuzey koordinat), Y (doğu koordinat) ve Z (yükseklik) koordinat bilgileri kaydedilmiştir.

292 sayılı tebliğ dikkate alınarak, her enkesit için alınan nokta değerleri için bir kod oluşturulmuş bu kodlamaya göre veriler kaydedilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Arazide enkesit üzerinde ölçüm yapılan noktaların kodlandırılması.

Bu kodlamaya göre;

AK = Kazı şevi yönündeki arazi koordinatı

KB = Kazı şevi başlangıç noktasının koordinatı

KS = Kazı şevi son noktasının koordinatı

YPK = Kazı şevi yönündeki yol platformu noktasının koordinatı

YPO = Yol platformu orta noktasının koordinatı

YPD = Dolgu şevi yönündeki yol platformu noktasının koordinatı

DS = Dolgu şevi son noktasının koordinatı

AD = Dolgu şevi yönündeki arazi koordinatı



Şekil 3.12: (A) Yol platformunun orta noktasında YPO, (B) kazı şevi yönündeki yol platformu noktasının YPK ve (C) dolgu şevi yönündeki yol platformu noktasının koordinat verilerinin alınması YPD.



Şekil 3.13: Dolgu şevlerinin ölçümü.



Şekil 3.14: RTK-GPS ile ölçülen koordinat verilerinin Total Station cihazına aktarımı ve Total Station cihazı ile yapılan yersel ölçümler.

Arazi çalışmaları yapıldıktan sonra sayısal arazi modeli üretim aşaması gerçekleştirilmiştir (Akgül ve diğ., 2018). Arazi çalışması ile toplanan verilerin bilgisayar ortamında gerekli koordinat ve projeksiyon sistemleri dönüşümleri yapılarak uydu görüntüleri ile çakıştırılması işlemi yapılmıştır (Adım 6/7).

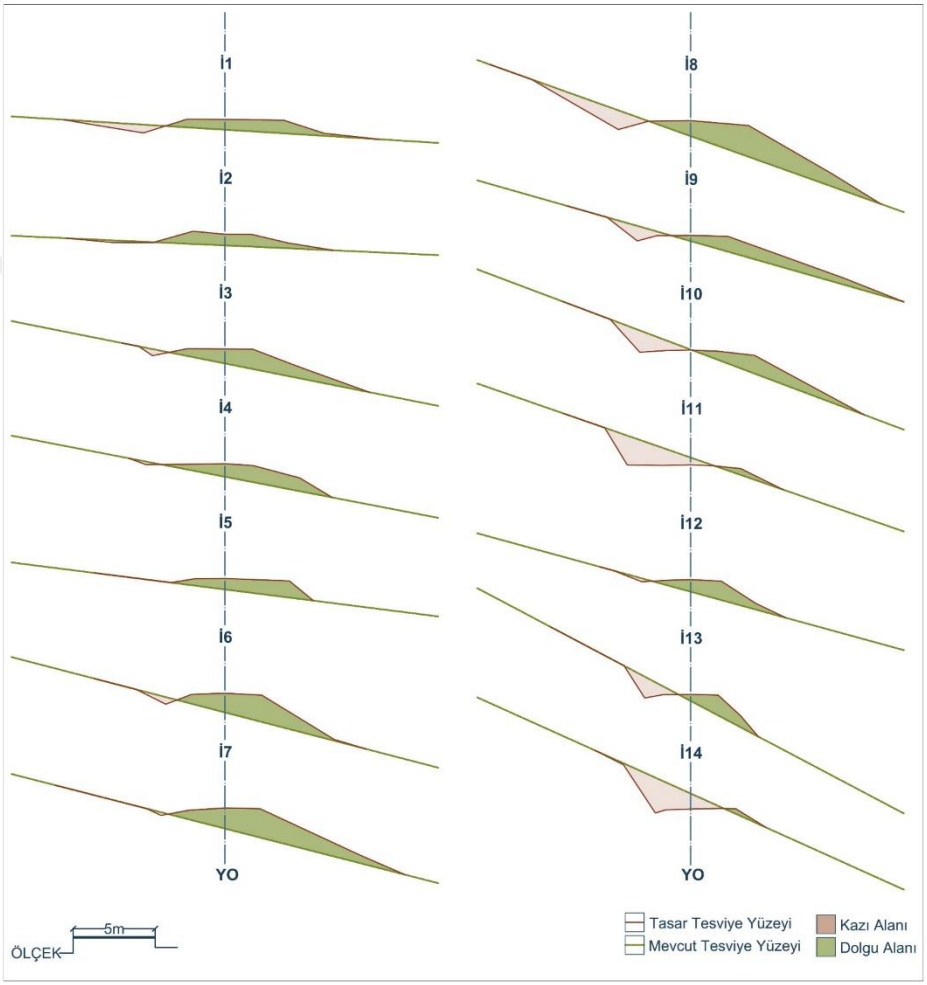
Elde edilen koordinat verileri ile her istasyona ait enkesitler çıkarılmış, elde edilen enkesitlerin kazı-dolgu hacimleri hesapları geleneksel yöntemler ile yapılmıştır (Adım 8-17). Daha sonra araziden alınan koordinat verileri Autodesk Civil 3D yazılımı ile yüzey oluşturularak modellenmiştir. Modellenen yol yüzeyi Autodesk Civil 3D yazılımı ile işlenerek bilgisayar destekli olarak kazı-dolgu hacimleri hesaplanmıştır (Adım 18-27). Bu kapsamda yazılımda üretilen arazi modeli ve belirlenen yatay güzergah doğrultusunda, yatay kurplar, arazi profili, kırmızı hat, boykesit, enkesit ve tip enkesit oluşturulma işlemleri yapılmıştır.

Geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacimler ve Autodesk Civil 3D yazılımı kullanarak bilgisayar destekli olarak aynı veriler üzerinden hesaplanan kazı-dolgu hacimleri SPSS yazılımında karşılaştırılmıştır (Adım 28).

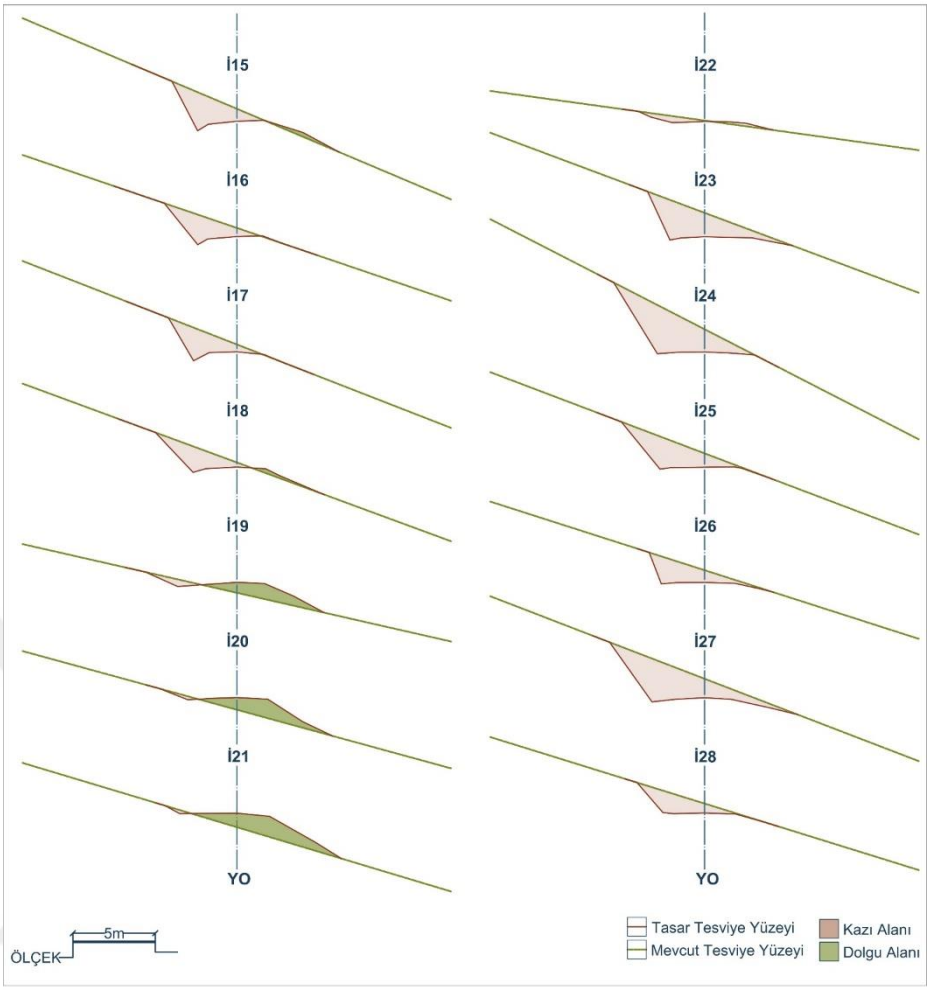
4. BULGULAR

4.1. ALANSAL BULGULAR

Bu tez kapsamında İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanın kuzey parseli sınırları içinde kalan, yol platform genişliği 4 m toplam uzunluğu 1335 m olan "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı" adlı 292 sayılı tebliğe göre, Normal B tipi orman yolu sınıfında olan 001 kodlu yol üzerinde, 420 metrelik mesafe boyunca 28 istasyonda ölçümler yapılarak yol enkesitleri çıkarılmıştır **(**Şekil 4.1, Şekil 4.2, Ek 1, Ek 2-Ek 29).



Şekil 4.1: 1-14 nolu istasyonlara ait enkesitler.



Şekil 4.2: 15-28 nolu istasyonlara ait enkesitler.

Arazi ölçümleri sırasında elde edilen koordinat verilerine göre, çalışma alanındaki en yüksek nokta 241,786 m, en düşük noktanın yüksekliği ise 217,516 m olarak bulunmuş, ortalama yükseklik 231,929 m olarak hesaplanmıştır (Ek 1). Yol platformuna bakıldığında ise, en yüksek yol kotu 241,654 m, en düşük yol kotu 218,348 m, ortalama yol kotu 231,863 m'dir (Tablo 4.3).

Daha önceki kısımlarda OGM 2008 (Şekil 3.8) tarafından verilen enkesit ölçüleri baz alındığında, nokta verilerinden elde edilen enkesitlere göre, en yüksek kazı yüksekliği (h) İ24 numaralı istasyonda 4,22 m, en düşük kazı yüksekliği İ1 numaralı istasyonda 0,04 m olarak bulunmuş, toplam kazı yüksekliği 45,50 m ve ortalama kazı yüksekliği 1,63 m olarak hesaplanmıştır. En fazla kazı genişliği (k), İ27 numaralı istasyonda 8,85 m, en az kazı genişliği İ7 numaralı istasyonda 0,60 m bulunmuş, toplam kazı genişliği 101,67 m ve ortalama kazı genişliği 3,63 m olarak hesaplanmıştır. En fazla kazı alanı (F_k), İ24 numaralı istasyonda 12.12

m^2, en az kazı alanı İ4 numaralı istasyonda 0,10 m^2 bulunmuş, toplam kazı alanı 103,68 m^2 ve ortalama kazı alanı 3,70 m^2 olarak hesaplanmıştır. En fazla kazı şevi uzaklığı (g), İ27 numaralı istasyonda 12,11 m, en az kazı şevi uzaklığı İ7 numaralı istasyonda 1,34 m bulunmuş, toplam kazı şevi uzaklığı 156,22 m ve ortalama kazı şevi uzaklığı 5,58 m olarak hesaplanmıştır. En fazla kazı şevi uzunluğu (u), İ27 numaralı istasyonda 6,13 m, en az kazı şevi uzunluğu İ7 numaralı istasyonda 0,97 m bulunmuş, toplam kazı şevi uzunluğu 77,36 m ve ortalama kazı şevi uzunluğu 2,76 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

En fazla dolgu genişliği (d), İ5 numaralı istasyonda 7,21 m, en az dolgu genişliği İ16/17 numaralı istasyonlarda 0,12 m bulunmuş, toplam dolgu genişliği 78,97 m ve ortalama dolgu genişliği 2,82 m olarak hesaplanmıştır. En fazla dolgu alanı (F_d), İ8 numaralı istasyonda 14,25 m^2, en az dolgu alanı İ17 numaralı istasyonda 0,12 m^2 bulunmuş, toplam dolgu alanı 100,92 m^2 ve ortalama dolgu alanı 3,60 m^2 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Enkesitlerin ölçülerine ait veriler.

İstasyon Adı	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Dolgu Genişliği d (m)	Dolgu Alanı F_d (m^2)	Kazı Genişliği k (m)	Kazı Yüksekliği h (m)	Kazı Alanı F_k (m^2)	Kazı Şevi Uzaklığı g (m)	Kazı Şevi Uzunluğu u (m)
İ1	0+00	7,16	5,62	3,93	0,04	1,58	6,23	4,94
İ2	0+20	5,96	5,14	2,72	0,00	0,36	5,33	2,76
İ3	0+40	5,07	7,59	1,30	0,14	0,36	1,88	1,01
İ4	0+60	5,48	6,49	0,93	0,37	0,10	2,01	1,14
İ5	0+80	7,21	5,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İ6	I+00	5,17	9,06	1,20	0,29	0,53	2,54	1,99
İ7	I+20	5,58	13,10	0,60	0,08	0,12	1,34	0,97
İ8	I+40	6,09	14,25	2,73	2,54	4,17	7,60	6,13
İ9	I+60	3,45	7,13	2,48	1,11	1,65	4,07	2,34
İ10	I+80	3,78	5,95	3,31	1,87	3,25	5,35	2,71
İ11	II+00	1,59	0,80	5,33	2,33	5,93	7,11	2,65
İ12	II+20	1,04	0,67	4,65	2,75	6,39	7,54	3,77
İ13	II+40	2,44	3,23	2,19	1,75	2,06	3,75	2,34
İ14	II+55	0,72	0,40	4,36	3,62	6,42	6,67	3,53
İ15	II+60	2,36	0,58	4,40	2,62	5,86	6,08	3,41
İ16	II+65	0,12	0,03	4,24	2,18	4,75	6,17	3,24
İ17	II+70	0,12	0,02	4,40	2,11	4,71	6,11	3,02
İ18	II+75	0,84	0,49	3,81	2,19	4,22	6,22	3,33
İ19	II+80	3,81	3,89	1,69	0,77	0,74	3,50	2,16
İ20	II+85	4,20	4,61	0,72	0,64	0,24	2,44	1,85
İ21	II+90	4,74	6,12	0,72	0,48	0,17	1,67	1,02
İ22	III+00	2,04	0,38	2,66	0,64	0,97	4,48	2,14
İ23	III+20	0,00	0,00	7,43	2,81	8,94	9,39	3,24
İ24	III+40	0,00	0,00	5,96	4,22	12,12	9,61	5,07
İ25	III+60	0,00	0,00	7,08	2,78	7,04	9,98	3,71
İ26	III+80	0,00	0,00	6,83	1,83	4,83	7,91	2,04

Tablo 4.1 (devam): Enkesitlerin ölçülerine ait veriler.

İstasyon Adı	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Dolgu Genişliği d (m)	Dolgu Alanı F_d (m^2)	Kazı Genişliği k (m)	Kazı Yüksekliği h (m)	Kazı Alanı F_k (m^2)	Kazı Şevi Uzaklığı g (m)	Kazı Şevi Uzunluğu u (m)
İ27	IV+00	0,00	0,00	8,85	3,45	12,00	12,11	4,44
İ28	IV+20	0,00	0,00	7,15	1,89	4,17	9,13	2,41
Toplam	**IV+20**	**78,97**	**100,92**	**101,67**	**45,50**	**103,68**	**156,22**	**77,36**
Ortalama		**2,82**	**3,60**	**3,63**	**1,63**	**3,70**	**5,58**	**2,76**

Tablo 4.2' ye göre yamaçlardaki eğim, en yüksek %53,00 en düşük %6,00 olarak bulunmuş, ortalama eğim ise %31,39 olarak hesaplanmıştır. Yolun platform genişliği ortalama 4,01 m olarak hesaplanmış, platformun en geniş olduğu yer 5,92 m, en dar olduğu yer ise 3,17 m olarak ölçülmüştür. 28 enkesitin, 21 tanesi karışık, 6 tanesi kazı, 1 tanesi ise dolgu enkesitidir.

Başlangıç istasyonunda karışık olan enkesitler, ilk 4 istasyonda karışık olarak devam etmekte, 0+80 m'de (İ5) dolgu enkesiti olarak değişmekte, I+00 m'den (İ6-İ22) itibaren III+20 m ye kadar 17 istasyonda tekrar karışık enkesit olarak devam etmekte, İ23'te ise kazı enkesiti olmakta ve 6 kazı enkesiti ile IV+20 m'de son bulmaktadır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Enkesitlere ait veriler.

İstasyon No	Başlangıcı Olan Uzaklık (m)	Enkesit Tipi	Platform Genişliği (m)	Kazı Yüksekliği (m)	Yamaç Eğimi (%)
İ1	0+00	Karışık	5,92	0,04	6,00
İ2	0+20	Karışık	3,56	0,00	20,00
İ3	0+40	Karışık	4,00	0,14	20,00
İ4	0+60	Karışık	5,00	0,37	19,00
İ5	0+80	Dolgu	5,75	0,00	13,00
İ6	I+00	Karışık	4,27	0,29	26,00
İ7	I+20	Karışık	4,33	0,08	26,00
İ8	I+40	Karışık	4,82	2,54	36,00
İ9	I+60	Karışık	3,29	1,11	28,00
İ10	I+80	Karışık	3,80	1,87	38,00
İ11	II+00	Karışık	3,17	2,33	35,00
İ12	II+20	Karışık	4,00	2,75	41,00
İ13	II+40	Karışık	3,34	1,75	53,00
İ14	II+55	Karışık	3,54	3,62	45,00
İ15	II+60	Karışık	3,38	2,62	42,00
İ16	II+65	Karışık	3,33	2,18	34,00
İ17	II+70	Karışık	3,33	2,11	39,00
İ18	II+75	Karışık	3,61	2,19	37,00
İ19	II+80	Karışık	3,81	0,77	23,00

Tablo 4.2 (devam): Enkesitlere ait veriler.

İstasyon No	Başlangıcı Olan Uzaklık (m)	Enkesit Tipi	Platform Genişliği (m)	Kazı Yüksekliği (m)	Yamaç Eğimi (%)
İ20	II+85	Karışık	4,22	0,64	27,00
İ21	II+90	Karışık	4,75	0,48	30,00
İ22	III+00	Karışık	3,51	0,64	14,00
İ23	III+20	Kazı	4,30	2,81	37,00
İ24	III+40	Kazı	4,63	4,22	51,00
İ25	III+60	Kazı	3,83	2,78	38,00
İ26	III+80	Kazı	3,58	1,83	32,00
İ27	IV+00	Kazı	3,33	3,45	38,00
İ28	IV+20	Kazı	3,77	1,89	31,00
Toplam / Ortalama	**IV+20**	**Karışık**	**4,01**	**1,63**	**31,39**

001 kod nolu yoldaki en yüksek eğim %15,34 iniş, en düşük eğim %0,35 iniş, ortalama eğim ise %5,57 iniş olarak hesaplanmıştır. İ15-İ16 istasyonları arasındaki eğim %15,34 iniş ve İ17-İ18 istasyonları arasındaki eğim %14,64 iniş olmak üzere, İ15-İ18 istasyonları arasındaki eğimler OGM tarafından yayınlanan 292 sayılı "Orman Yolları Planlanması, Yapımı ve Bakımı" tebliğinde verilen aralıklara uymamakla birlikte yolun ortalama eğiminin standartlara uygun olduğu belirlenmiştir. Bunların yanı sıra İ3-İ4 ile İ4-İ5 ve İ20-İ21 ile İ22-İ23 istasyonları arasında ters eğim söz konusudur (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: 001 kod nolu yolun eğim bilgileri.

İstasyon Adı	Başlangıcı Olan Uzaklık (m)	Ara Mesafe (m)	Yol Kotu (m)	Kot Farkı (m)	Yol Eğimi (%)
İ1	0+00	0,00	241,654	0,00	0,00
İ2	0+20	20,00	241,069	-0,58	-2,92
İ3	0+40	20,00	240,998	-0,07	-0,35
İ4	0+60	20,00	241,448	0,45	2,25
İ5	0+80	20,00	241,340	-0,11	-0,54
İ6	I+00	20,00	240,708	-0,63	-3,16
İ7	I+20	20,00	239,230	-1,48	-7,39
İ8	I+40	20,00	238,249	-0,98	-4,91
İ9	I+60	20,00	237,432	-0,82	-4,09
İ10	I+80	20,00	236,083	-1,35	-6,74
İ11	II+00	20,00	234,675	-1,41	-7,04
İ12	II+20	20,00	233,130	-1,54	-7,72
İ13	II+40	20,00	231,708	-1,42	-7,11
İ14	II+55	15,00	230,248	-1,46	-9,73
İ15	II+60	5,00	229,689	-0,56	-11,18
İ16	II+65	5,00	228,957	-0,73	-14,64
İ17	II+70	5,00	228,662	-0,29	-5,90
İ18	II+75	5,00	227,895	-0,77	-15,34
İ19	II+80	5,00	227,846	-0,05	-0,98
İ20	II+85	5,00	227,745	-0,10	-2,02
İ21	II+90	5,00	227,780	0,04	0,70

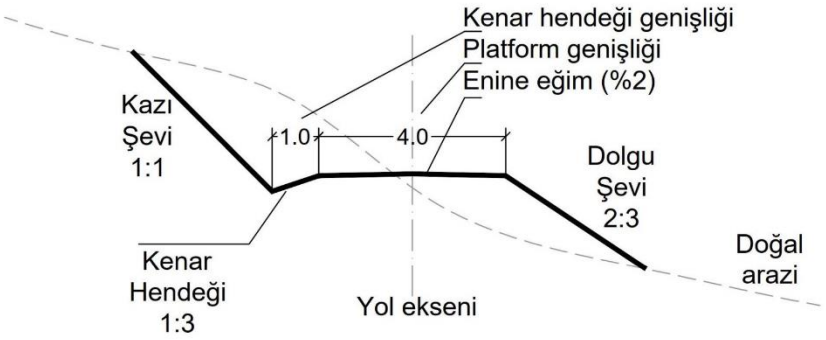
Tablo 4.3 (devam): 001 kod nolu yolun eğim bilgileri.

İstasyon Adı	Başlangıcı Olan Uzaklık (m)	Ara Mesafe	Yol Kotu	Kot Farkı	Yol Eğimi (%)
İ22	III+00	10,00	228,034	0,25	2,54
İ23	III+20	20,00	226,668	-1,37	-6,83
İ24	III+40	20,00	225,426	-1,24	-6,21
İ25	III+60	20,00	223,952	-1,47	-7,37
İ26	III+80	20,00	222,498	-1,45	-7,27
İ27	IV+00	20,00	220,679	-1,82	-9,10
İ28	IV+20	20,00	218,348	-2,33	-11,65
Toplam Ortalama	**IV+20**	**420,00**	**231,863**	**-0,83**	**-5,57**

4.2. KAZI-DOLGU HACİMLERİNE AİT BULGULAR

4.2.1. Geleneksel Yöntem ile Hesaplanan Hacimler

Öncelikle 001 kod nolu yol için arazide yapılan çalışmalarla elde edilen verilerden etüt karnesi ve metraj cetveli çıkarılmıştır (Tablo 4.4). Alınan veriler ile Ortalama Alanlar Yöntemi, Prizmatik Yöntem, Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar Yöntemi ve Pappus Teoremi kullanılarak kazı-dolgu hacimlerinin hesaplamaları yapılmıştır. Tez çalışması yapılmış bir yol üzerinde hazırlandığından, her geleneksel yöntem için hacim hesapları; arazide ölçülen mevcut kesitlere göre ve tip enkesitlere göre olmak üzere iki defa yapılmıştır. Çalışmada (OGM, 2008) tebliğinde verilen oranlara göre, kazı şevi eğimi 1:1, dolgu şevi eğimi 2:3, kenar hendeğinin eğimi 1:3, kenar hendeği genişliği 1,0 m, banket genişliği 0,5m, platform genişliği 4,0 m ve enine eğim %2 olacak şekilde tip enkesit oluşturulmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Geleneksel yöntemlerin hacim hesaplarında kullanılan tip enkesit.

Araştırmaya konu olan yolun ölçülen en kesitlerine göre, toplam kazı alanı 103,9031 m^2, toplam dolgu alanı 101,0375 m^2 olarak hesaplanmıştır. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına

bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 0,2474 m^2, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 0,2406 m^2 hesaplanmıştır. Ortalama kazı alanı 3,7108 m^2, ortalama dolgu alanı 3,6085 m^2' dir. En büyük kazı alanı İ24 numaralı istasyonda 12,1233 m^2, en büyük dolgu alanı İ8 istasyonunda 14,2577 m^2, en küçük kazı alanı İ7 istasyonunda 0,1227 m^2, en küçük dolgu alanı İ17 istasyonunda 0,0294 m^2 olduğu hesaplanmıştır. İ5 istasyonunda kazı yokken, İ23-İ28 istasyonları aralığında da dolgu yoktur. Enkesitler arasındaki mesafelere bakıldığında ise, en fazla mesafe 20 m, en az mesafe ise 5 ve kesitler arasındaki ortalama mesafe 15,56 m'dir (Tablo 4.5).

Tablo 4.4: 001 kodlu yolu ait etüt karnesi.

Kazık No	Yol Meyili	Arazi Yamaç Meyili	Kazı Şevi Uzunluğu	Toplam Mesafe	Ara Mesafe	Zemin Klasları				
						Toprak	Küskü	Yumuşak Kaya	Sert Kaya	Çok Sert Kaya
	%	%	m	km	m	%	%	%	%	%
1	-	4	2,32	0+000	0	50	40	10		
2	2,9	4	2,62	0+020	20	50	40	10		
3	0,4	20	0,63	0+040	20	50	40	10		
4	-2,2	19	1,11	0+060	20	50	40	10		
5	0,5	13	0,00	0+080	20	50	40	10		
6	3,2	26	1,42	0+100	20	50	40	10		
7	7,4	26	0,77	0+120	20	50	40	10		
8	4,9	36	5,12	0+140	20	50	40	10		
9	4,1	28	1,81	0+160	20	50	40	10		
10	6,7	38	2,54	0+180	20	50	40	10		
11	7,0	35	2,65	0+200	20	50	40	10		
12	7,7	41	3,54	0+220	20	50	40	10		
13	7,1	53	2,09	0+240	20	50	40	10		
14	9,7	45	3,30	0+255	15	50	40	10		
15	11,2	42	2,93	0+260	5	50	40	10		
16	14,6	34	2,79	0+265	5	50	40	10		
17	5,9	39	2,45	0+270	5	50	40	10		
18	15,3	37	3,02	0+275	5	50	40	10		
19	1,0	23	1,90	0+280	5	50	40	10		
20	2,0	27	1,77	0+285	5	50	40	10		
21	-0,7	21	1,01	0+290	5	50	40	10		
22	-2,5	14	1,88	0+300	10	50	40	10		
23	6,8	37	3,10	0+320	20	50	40	10		
24	6,2	51	4,96	0+340	20	50	40	10		
25	7,4	38	3,60	0+360	20	50	40	10		
26	7,3	32	1,96	0+380	20	50	40	10		
27	9,1	38	4,25	0+400	20	50	40	10		
28	11,7	31	2,41	0+420	20	50	40	10		
TOPLAM					**420**					

Tablo 4.5: 001 kod nolu yolun ölçülen enkesitlerinin arasındaki mesafeler ve kazı-dolgu alanlarına ait bilgiler.

İstasyon	Başlangıca Olan Mesafe (m)	Kazı Alanı (m^2)	Dolgu Alanı (m^2)	Kesitler Arası Mesafe (m)
İ1	0+00	1,5858	5,6295	20
İ2	0+20	0,3671	5,1487	20
İ3	0+40	0,3669	7,5979	20
İ4	0+60	0,1829	6,4928	20
İ5	0+80	0,0000	5,3735	20
İ6	1+00	0,5382	9,0631	20
İ7	1+20	0,1227	13,1064	20
İ8	1+40	4,1749	14,2577	20
İ9	1+60	1,6537	7,1354	20
İ10	1+80	3,2584	5,9590	20
İ11	2+00	5,9337	0,8035	20
İ12	2+20	6,3931	0,6732	20
İ13	2+40	2,0684	3,2353	15
İ14	2+55	6,4233	0,4040	5
İ15	2+60	5,8624	0,5879	5
İ16	2+65	4,7576	0,0314	5
İ17	2+70	4,7184	0,0294	5
İ18	2+75	4,2291	0,4992	5
İ19	2+80	0,7438	3,8921	5
İ20	2+85	0,2466	4,6127	5
İ21	2+90	0,1739	6,1243	5
İ22	3+00	0,9722	0,3805	10
İ23	3+20	8,9487	0,0000	20
İ24	3+40	12,1233	0,0000	20
İ25	3+60	7,0489	0,0000	20
İ26	3+80	4,8302	0,0000	20
İ27	4+00	12,0049	0,0000	20
İ28	4+20	4,1740	0,0000	
Toplam	**4+20**	**103,9031**	**101,0375**	**420,00**
Toplam/Yol Uzunluğu		**0,2474**	**0,2406**	
Ortalama		**3,7108**	**3,6085**	**15,56**
En Büyük		**12,1233**	**14,2577**	**20,00**
En Küçük		**0,1227**	**0,0294**	**5,00**

Tez çalışması kapsamında geleneksel yöntemlerle sekiz farklı hacim hesabı yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan yöntemler numaralandırılmıştır. Numaralandırma işleminde, yöntem adı, ölçülen enkesit veya tip enkesit verileri dikkate alınarak kodlama yapılmıştır. Kodlamadaki ilk karakter (G) geleneksel yöntemi, ikinci, üçüncü ve dördüncü karakterler (Oay / Pri / Buy / Pap)

yöntem adını, son harf karakteri ise (Ö / T) sırasıyla Ölçülen / Tip enkesit olmak üzere enkesit verisini göstermektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinin kodlanması.

Yöntem No	Yöntem Adı	Enkesit Verisi
GOayÖ	Ortalama Alanlar Yöntemi	Ölçülen
GOayT	Ortalama Alanlar Yöntemi	Tip enkesit
GPriÖ	Prizmatik Yöntem	Ölçülen
GPriT	Prizmatik Yöntem	Tip enkesit
GBuyÖ	Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar Yöntemi	Ölçülen
GBuyT	Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar Yöntemi	Tip enkesit
GPapÖ	Pappus Teoremi	Ölçülen
GPapT	Pappus Teoremi	Tip enkesit

4.2.1.1. Ortalama Alanlar Yöntemi ile Hesaplanan Hacimler

Denklem (2.8)' e göre ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle hesaplanan hacimler Tablo 4.7'de verilmiştir.

Ortalama alanlar yöntemine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1635,6568 m^3, dolgu hacmi 1729,0800 m^3, net hacim (kazı-dolgu hacim farkı) ise -93,4233 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 93,4233 m^3 dolgu noksanı bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 60,5799 m^3, ortalama dolgu hacmi 64,0400 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı -3,4601 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 3,8944 m^3/m, dolgu miktarı 4,1169 m^3/m, kazı-dolgu farkı -0,2224 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 210,7200 m^3, en fazla dolgu hacmi İ7-İ8 istasyonları aralığında 273,6410 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı yine İ7-İ8 istasyonları aralığında -230,6650 m^3 olarak dolgu noksanıdır. En az kazı hacmi İ20-İ21 istasyonları aralığında 1,0513 m^3, en az dolgu hacmi İ16-İ17 istasyonları aralığında 0,1520 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında 1,4540 m^3 olarak kazı fazlasıdır. Ortalama alanlar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanıldığında, her istasyonda kazı varken, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.7: Ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle hesaplanan (GoayÖ) kazı-dolgu hacimleri.

İstasyon	Kazı Alanı	Dolgu Alanı	Ara Mesafe	Kazı Hacmi	Dolgu Hacmi	Net Hacim
	m^2	m^2	m	m^3	m^3	m^3
Kesit No	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	L	V_k	V_d	V_n
İ1-İ2	0,9765	5,3891	20	19,5290	107,7820	-88,2530
İ2-İ3	0,3670	6,3733	20	7,3400	127,4660	-120,1260

Tablo 4.7 (devam): Ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle hesaplanan (GoayÖ) kazı-dolgu hacimleri.

İstasyon	Kazı Alanı	Dolgu Alanı	Ara Mesafe	Kazı Hacmi	Dolgu Hacmi	Net Hacim
	m²	m²	m	m³	m³	m³
Kesit No	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	L	V_k	V_d	V_n
İ3-İ4	0,2749	7,0454	20	5,4980	140,9070	-135,4090
İ4-İ5	0,0915	5,9332	20	1,8290	118,6630	-116,8340
İ5-İ6	0,2691	7,2183	20	5,3820	144,3660	-138,9840
İ6-İ7	0,3305	11,0848	20	6,6090	221,6950	-215,0860
İ7-İ8	2,1488	13,6821	20	42,9760	273,6410	-230,6650
İ8-İ9	2,9143	10,6966	20	58,2860	213,9310	-155,6450
İ9-İ10	2,4561	6,5472	20	49,1210	130,9440	-81,8230
İ10-İ11	4,5961	3,3813	20	91,9210	67,6250	24,2960
İ11-İ12	6,1634	0,7384	20	123,2680	14,7670	108,5010
İ12-İ13	4,2308	1,9543	20	84,6150	39,0850	45,5300
İ13-İ14	4,2459	1,8197	15	63,6878	27,2948	36,3930
İ14-İ15	6,1429	0,4960	5	30,7143	2,4798	28,2345
İ15-İ16	5,3100	0,3097	5	26,5500	1,5483	25,0018
İ16-İ17	4,7380	0,0304	5	23,6900	0,1520	23,5380
İ17-İ18	4,4738	0,2643	5	22,3688	1,3215	21,0473
İ18-İ19	2,4865	2,1957	5	12,4323	10,9783	1,4540
İ19-İ20	0,4952	4,2524	5	2,4760	21,2620	-18,7860
İ20-İ21	0,2103	5,3685	5	1,0513	26,8425	-25,7913
İ21-İ22	0,5731	3,2524	10	5,7305	32,5240	-26,7935
İ22-İ23	4,9605	0,1903	20	99,2090	3,8050	95,4040
İ23-İ24	10,5360	0,0000	20	210,7200	0,0000	210,7200
İ24-İ25	9,5861	0,0000	20	191,7220	0,0000	191,7220
İ25-İ26	5,9396	0,0000	20	118,7910	0,0000	118,7910
İ26-İ27	8,4176	0,0000	20	168,3510	0,0000	168,3510
İ27-İ28	8,0895	0,0000	20	161,7890	0,0000	161,7890
			TOPLAM	**1635,6568**	**1729,0800**	**-93,4233**

Denklem (2.8)' ya göre tip enkesit verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle hesaplanan hacimler Tablo 4.8'de verilmiştir.

Ortalama alanlar yöntemine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1938,0970 m^3, dolgu hacmi 1300,5980 m^3, net hacim ise 637,4990 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 637,4990 m^3 kazı fazlası bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 71,7814 m^3, ortalama dolgu hacmi 48,1703 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı 23,6111 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 4,6145 m^3/m, dolgu miktarı 3,0967 m^3/m, kazı-dolgu farkı 1,5179 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 363,5330 m^3, en fazla dolgu hacmi İ6-İ7 istasyonları aralığında 169,6130 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı İ23-İ24 istasyonları aralığında 363,5330 m^3 olarak

kazı fazlasıdır. En az kazı hacmi İ2-İ3 ve İ5-İ6 istasyonları aralığında 0,1100 m^3, en az dolgu hacmi İ22-İ23 istasyonları aralığında 2,8920 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında -3,3883 m^3 olarak dolgu noksanıdır. Ortalama alanlar yöntemi ile tip enkesitlerin verileri kullanıldığında, İ1-İ2 ve İ6-İ7 istasyonlarında kazı, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.8: Tip enkesit verileri kullanılarak ortalama alanlar yöntemiyle (GOayT) hesaplanan kazı-dolgu hacimleri.

İstasyon	Kazı Alanı	Dolgu Alanı	Ara Mesafe	Kazı Hacmi	Dolgu Hacmi	Net Hacim
	m^2	m^2	m	m^3	m^3	m^3
Kesit No	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	$[A_n+A_{(n+1)}]/2$	L	V_k	V_d	V_n
İ1-İ2	0,0000	3,1423	20	0,0000	62,8460	-62,8460
İ2-İ3	0,0055	4,3082	20	0,1100	86,1640	-86,0540
İ3-İ4	0,0246	4,9559	20	0,4910	99,1170	-98,6260
İ4-İ5	0,0246	4,0465	20	0,4920	80,9300	-80,4380
İ5-İ6	0,0056	5,8111	20	0,1110	116,2210	-116,1100
İ6-İ7	0,0000	8,4807	20	0,0000	169,6130	-169,6130
İ7-İ8	0,1864	8,3893	20	3,7280	167,7860	-164,0580
İ8-İ9	0,8014	5,1903	20	16,0280	103,8050	-87,7770
İ9-İ10	2,5910	1,9210	20	51,8200	38,4200	13,4000
İ10-İ11	3,6465	1,3709	20	72,9300	27,4170	45,5130
İ11-İ12	3,7950	1,6363	20	75,9000	32,7250	43,1750
İ12-İ13	4,2032	5,3969	20	84,0640	107,9380	-23,8740
İ13-İ14	4,5726	5,7136	15	68,5890	85,7040	-17,1150
İ14-İ15	7,5652	1,2911	5	37,8260	6,4555	31,3705
İ15-İ16	6,6981	0,6354	5	33,4905	3,1768	30,3138
İ16-İ17	3,6010	1,4981	5	18,0048	7,4905	10,5143
İ17-İ18	3,7904	1,6173	5	18,9520	8,0863	10,8658
İ18-İ19	1,9506	2,6283	5	9,7530	13,1413	-3,3883
İ19-İ20	0,2920	4,3092	5	1,4600	21,5458	-20,0858
İ20-İ21	0,2929	5,4688	5	1,4643	27,3440	-25,8798
İ21-İ22	0,7496	3,1780	10	7,4955	31,7800	-24,2845
İ22-İ23	8,7949	0,1446	20	175,8980	2,8920	173,0060
İ23-İ24	18,1767	0,0000	20	363,5330	0,0000	363,5330
İ24-İ25	15,0182	0,0000	20	300,3640	0,0000	300,3640
İ25-İ26	9,1090	0,0000	20	182,1790	0,0000	182,1790
İ26-İ27	10,7548	0,0000	20	215,0960	0,0000	215,0960
İ27-İ28	9,9159	0,0000	20	198,3180	0,0000	198,3180
			TOPLAM	**1938,0970**	**1300,5980**	**637,4990**

4.2.1.2. Prizmatik Yöntem ile Hesaplanan Hacimler

Prizmatik yöntemle kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanabilmesi için orta enkesitlerin (A_m) oluşturulması gerekmektedir. Araziden alınan verilerle oluşturulan enkesitler üç boyutlu modellendikten sonra, iki enkesit arasında kalan orta enkesitler üretilmiş ve alanları hem kazı hem dolgu enkesitleri için hesaplanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Ölçülen enkesitler kullanılarak bulunan orta enkesit (A_m) verileri.

İstasyon Kesit No	Başlangıca Olan Uzaklık m	Ara Mesafe (L/6) m	Kazı Alanı ($A_{nk}+A_{nk+1}$) m²	Orta Kazı Enkesiti Alanı (A_{mk}) m²	Dolgu Alanı ($A_{nd}+A_{nd+1}$) m²	Orta Dolgu Enkesiti Alanı (A_{md}) m²
İ1-İ2	0+020	3,3333	1,9529	0,8469	10,7782	5,4179
İ2-İ3	0+040	3,3333	0,7340	0,0975	12,7466	7,1526
İ3-İ4	0+060	3,3333	0,5498	0,1963	14,0907	7,0096
İ4-İ5	0+080	3,3333	0,1829	0,0732	11,8663	6,0278
İ5-İ6	0+100	3,3333	0,5382	0,2215	14,4366	7,5550
İ6-İ7	0+120	3,3333	0,6609	0,0000	22,1695	11,4849
İ7-İ8	0+140	3,3333	4,2976	1,5633	27,3641	13,3253
İ8-İ9	0+160	3,3333	5,8286	2,8318	21,3931	10,7488
İ9-İ10	0+180	3,3333	4,9121	2,4447	13,0944	7,2061
İ10-İ11	0+200	3,3333	9,1921	4,3917	6,7625	2,9009
İ11-İ12	0+220	3,3333	12,3268	6,0500	1,4767	0,7935
İ12-İ13	0+240	3,3333	8,4615	4,2830	3,9085	1,3849
İ13-İ14	0+255	2,5000	8,4917	4,0809	3,6393	1,2501
İ14-İ15	0+260	0,8333	12,2857	6,0635	0,9919	0,4706
İ15-İ16	0+265	0,8333	10,6200	5,0504	0,6193	0,3050
İ16-İ17	0+270	0,8333	9,4760	4,7264	0,0608	0,0237
İ17-İ18	0+275	0,8333	8,9475	4,5055	0,5286	0,2228
İ18-İ19	0+280	0,8333	4,9729	2,3678	4,3913	1,7749
İ19-İ20	0+285	0,8333	0,9904	0,4315	8,5048	4,2847
İ20-İ21	0+290	0,8333	0,4205	0,1974	10,7370	5,3075
İ21-İ22	0+300	1,6667	1,1461	0,2361	6,5048	2,5414
İ22-İ23	0+320	3,3333	9,9209	4,7922	0,3805	0,0000
İ23-İ24	0+340	3,3333	21,0720	10,6556	0,0000	0,0000
İ24-İ25	0+360	3,3333	19,1722	9,4467	0,0000	0,0000
İ25-İ26	0+380	3,3333	11,8791	5,9483	0,0000	0,0000
İ26-İ27	0+400	3,3333	16,8351	8,0734	0,0000	0,0000
İ27-İ28	0+420	3,3333	16,1789	7,7193	0,0000	0,0000
		TOPLAM	**202,0464**	**97,2949**	**196,4455**	**97,1880**

Araziden ölçülen kesitlerde olduğu gibi aynı işlem tip enkesit kullanılarak tekrarlanmış, iki enkesit arasında kalan orta enkesitler üretilmiş ve alanları hem kazı hem dolgu enkesitleri için hesaplanmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Tip enkesitler kullanılarak bulunan orta enkesit (A_m) verileri.

İstasyon Kesit No	Başlangıca Olan Uzaklık m	Ara Mesafe (L/6) m	Kazı Alanı ($A_{nk}+A_{nk+1}$) m²	Orta Kazı Enkesiti Alanı (A_{mk}) m²	Dolgu Alanı ($A_{nd}+A_{nd+1}$) m²	Orta Dolgu Enkesiti Alanı (A_{md}) m²
İ1-İ2	0+020	3,3333	0,0000	0,0000	6,2846	4,4303
İ2-İ3	0+040	3,3333	0,0110	0,1124	8,6164	5,8487

Tablo 4.10 (devam): Tip enkesitler kullanılarak bulunan orta enkesit (A_m) verileri.

İstasyon	Başlangıca Olan Uzaklık	Ara Mesafe (L/6)	Kazı Alanı ($A_{nk}+A_{nk+1}$)	Orta Kazı Enkesiti Alanı (A_{mk})	Dolgu Alanı ($A_{nd}+A_{nd+1}$)	Orta Dolgu Enkesiti Alanı (A_{md})
Kesit No	**m**	**m**	**m²**	**m²**	**m²**	**m²**
İ4-İ5	0+080	3,3333	0,0492	0,0844	8,0930	4,9290
İ5-İ6	0+100	3,3333	0,0111	0,0000	11,6221	6,1778
İ6-İ7	0+120	3,3333	0,0000	0,0000	16,9613	9,3913
İ7-İ8	0+140	3,3333	0,3728	1,8027	16,7786	10,8962
İ8-İ9	0+160	3,3333	1,6028	3,2654	10,3805	8,7894
İ9-İ10	0+180	3,3333	5,1820	2,8190	3,8420	5,8925
İ10-İ11	0+200	3,3333	7,2930	5,0642	2,7417	2,3721
İ11-İ12	0+220	3,3333	7,5900	6,9764	3,2725	0,6489
İ12-İ13	0+240	3,3333	8,4064	4,9388	10,7938	1,1324
İ13-İ14	0+255	2,5000	9,1452	4,7058	11,4272	1,0222
İ14-İ15	0+260	0,8333	15,1304	6,9919	2,5822	0,3848
İ15-İ16	0+265	0,8333	13,3962	5,8237	1,2707	0,2494
İ16-İ17	0+270	0,8333	7,2019	5,4501	2,9962	0,0194
İ17-İ18	0+275	0,8333	7,5808	5,1954	3,2345	0,1822
İ18-İ19	0+280	0,8333	3,9012	2,7304	5,2565	1,4514
İ19-İ20	0+285	0,8333	0,5840	0,4976	8,6183	3,5036
İ20-İ21	0+290	0,8333	0,5857	0,2276	10,9376	4,3400
İ21-İ22	0+300	1,6667	1,4991	0,2723	6,3560	2,0781
İ22-İ23	0+320	3,3333	17,5898	5,5260	0,2892	0,0000
İ23-İ24	0+340	3,3333	36,3533	12,2872	0,0000	0,0000
İ24-İ25	0+360	3,3333	30,0364	10,8932	0,0000	0,0000
İ25-İ26	0+380	3,3333	18,2179	6,8591	0,0000	0,0000
İ26-İ27	0+400	3,3333	21,5096	9,3096	0,0000	0,0000
İ27-İ28	0+420	3,3333	19,8318	8,9013	0,0000	0,0000
		TOPLAM	**233,1307**	**110,9608**	**162,2666**	**79,4714**

Orta enkesitler oluşturulduktan sonra prizmatik yöntem kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Denklem (2.11)'e göre prizmatik yöntem ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak hesaplanan hacimler (Tablo 4.11)'de verilmiştir.

Prizmatik yönteme göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1593,8823 m^3, dolgu hacmi 1727,1983 m^3, kazı-dolgu hacim farkı ise -133,3161 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 133,3161 m^3 dolgu noksanı bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 56,9244 m^3, ortalama dolgu hacmi 63,9703 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı -4,9376 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 3,7950 m^3/m, dolgu miktarı 4,1124 m^3/m, kazı-dolgu farkı -0,3174 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 212,3147 m^3, en fazla dolgu hacmi İ7-İ8 istasyonları aralığında 268,8843 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı yine İ7-İ8 istasyonları aralığında -233,7150 m^3 olarak dolgu noksanıdır. En az kazı hacmi İ20-İ21 istasyonları aralığında 1,0084

m^3, en az dolgu hacmi İ16-İ17 istasyonları aralığında 0,1297 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında 2,4610 m^3 olarak kazı fazlasıdır. Prizmatik yöntem ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanıldığında, her istasyonda kazı varken, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.11: Ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak prizmatik yöntem (GPriÖ) ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı $(A_{nk}+4A_{mk}+A_{nk+1})$ m^2	Dolgu Alanı $(A_{nd}+4A_{md}+A_{nd+1})$ m^2	Ara Mesafe (L/6) m	Kazı Hacmi $(V_{k)}$ m^3	Dolgu Hacmi (V_d) m^3	Net Hacim (V_n) m^3
İ1-İ2	5,3405	32,4498	3,3333	17,8017	108,1660	-90,3643
İ2-İ3	1,1240	41,3570	3,3333	3,7467	137,8567	-134,1100
İ3-İ4	1,3350	42,1291	3,3333	4,4500	140,4303	-135,9803
İ4-İ5	0,4757	35,9775	3,3333	1,5857	119,9250	-118,3393
İ5-İ6	1,4242	44,6566	3,3333	4,7473	148,8553	-144,1080
İ6-İ7	0,6609	68,1091	3,3333	2,2030	227,0303	-224,8273
İ7-İ8	10,5508	80,6653	3,3333	35,1693	268,8843	-233,7150
İ8-İ9	17,1558	64,3883	3,3333	57,1860	214,6277	-157,4417
İ9-İ10	14,6909	41,9188	3,3333	48,9697	139,7293	-90,7597
İ10-İ11	26,7589	18,3661	3,3333	89,1963	61,2203	27,9760
İ11-İ12	36,5268	4,6507	3,3333	121,7560	15,5023	106,2537
İ12-İ13	25,5935	9,4481	3,3333	85,3117	31,4937	53,8180
İ13-İ14	24,8153	8,6397	2,5000	62,0383	21,5993	40,4390
İ14-İ15	36,5397	2,8743	0,8333	30,4498	2,3953	28,0545
İ15-İ16	30,8216	1,8393	0,8333	25,6847	1,5328	24,1519
İ16-İ17	28,3816	0,1556	0,8333	23,6513	0,1297	23,5217
İ17-İ18	26,9695	1,4198	0,8333	22,4746	1,1832	21,2914
İ18-İ19	14,4441	11,4909	0,8333	12,0368	9,5758	2,4610
İ19-İ20	2,7164	25,6436	0,8333	2,2637	21,3697	-19,1060
İ20-İ21	1,2101	31,9670	0,8333	1,0084	26,6392	-25,6308
İ21-İ22	2,0905	16,6704	1,6667	3,4842	27,7840	-24,2998
İ22-İ23	29,0897	0,3805	3,3333	96,9657	1,2683	95,6973
İ23-İ24	63,6944	0,0000	3,3333	212,3147	0,0000	212,3147
İ24-İ25	56,9590	0,0000	3,3333	189,8633	0,0000	189,8633
İ25-İ26	35,6723	0,0000	3,3333	118,9077	0,0000	118,9077
İ26-İ27	49,1287	0,0000	3,3333	163,7623	0,0000	163,7623
İ27-İ28	47,0561	0,0000	3,3333	156,8537	0,0000	156,8537
			TOPLAM	**1593,8823**	**1727,1983**	**-133,3161**

Denklem (2.11)' e göre prizmatik yöntem ile tip enkesitlerin verileri kullanılarak hesaplanan hacimler Tablo 4.12'de verilmiştir. Tabloya göre toplam kazı hacmi 1838,8415 m^3, dolgu hacmi 1374,5826 m^3, kazı-dolgu hacim farkı ise 464,2588 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 464,2588 m^3 kazı fazlası bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 68,1052 m^3, ortalama dolgu hacmi 50,9105

m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı 17,1948 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 4,3782 m^3/m, dolgu miktarı 3,2728 m^3/m, kazı-dolgu farkı 1,1054 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 285,0069 m^3, en fazla dolgu hacmi İ7-İ8 istasyonları aralığında 201,2114 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı yine İ23-İ24 istasyonları aralığında 285,0069 m^3 olarak kazı fazlasıdır. En az kazı hacmi İ5-İ6 istasyonları aralığında 0,0370 m^3, en az dolgu hacmi İ22-İ23 istasyonları aralığında 0,9640 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında 3,1339 m^3 olarak kazı fazlasıdır. Prizmatik yöntem ile tip enkesitlerin verileri kullanıldığında, İ1-İ2 ve İ6-İ7 istasyonlarında kazı, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.12: Tip enkesitlerin verileri kullanılarak prizmatik yöntem (GPriT) ile hesaplanan kazı-dolgu hacimleri.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı ($A_{nk}+4A_{mk}+A_{nk+1}$) m^2	Dolgu Alanı ($A_{nd}+4A_{md}+A_{nd+1}$) m^2	Ara Mesafe (L/6) m	Kazı Hacmi ($V_{k)}$ m^3	Dolgu Hacmi (V_d) m^3	Net Hacim (V_n) m^3
İ1-İ2	0,0000	24,0056	3,3333	0,0000	80,0188	-80,0188
İ2-İ3	0,4607	32,0114	3,3333	1,5357	106,7045	-105,1688
İ3-İ4	0,9545	32,8389	3,3333	3,1818	109,4631	-106,2813
İ4-İ5	0,3868	27,8089	3,3333	1,2894	92,6964	-91,4070
İ5-İ6	0,0111	36,3332	3,3333	0,0370	121,1108	-121,0738
İ6-İ7	0,0000	54,5265	3,3333	0,0000	181,7550	-181,7550
İ7-İ8	7,5835	60,3634	3,3333	25,2783	201,2114	-175,9331
İ8-İ9	14,6644	45,5380	3,3333	48,8814	151,7934	-102,9120
İ9-İ10	16,4581	27,4119	3,3333	54,8605	91,3732	-36,5127
İ10-İ11	27,5496	12,2301	3,3333	91,8322	40,7669	51,0653
İ11-İ12	35,4955	5,8679	3,3333	118,3184	19,5597	98,7587
İ12-İ13	28,1617	15,3236	3,3333	93,8722	51,0786	42,7936
İ13-İ14	27,9683	15,5161	2,5000	69,9207	38,7902	31,1305
İ14-İ15	43,0982	4,1215	0,8333	35,9152	3,4345	32,4806
İ15-İ16	36,6911	2,2683	0,8333	30,5759	1,8903	28,6857
İ16-İ17	29,0023	3,0737	0,8333	24,1686	2,5614	21,6072
İ17-İ18	28,3623	3,9632	0,8333	23,6353	3,3027	20,3326
İ18-İ19	14,8226	11,0619	0,8333	12,3522	9,2183	3,1339
İ19-İ20	2,5743	22,6328	0,8333	2,1452	18,8607	-16,7155
İ20-İ21	1,4962	28,2975	0,8333	1,2468	23,5813	-22,3345
İ21-İ22	2,5881	14,6685	1,6667	4,3135	24,4475	-20,1340
İ22-İ23	39,6937	0,2892	3,3333	132,3125	0,9640	131,3485
İ23-İ24	85,5021	0,0000	3,3333	285,0069	0,0000	285,0069
İ24-İ25	73,6092	0,0000	3,3333	245,3638	0,0000	245,3638
İ25-İ26	45,6543	0,0000	3,3333	152,1811	0,0000	152,1811
İ26-İ27	58,7480	0,0000	3,3333	195,8268	0,0000	195,8268
İ27-İ28	55,4369	0,0000	3,3333	184,7898	0,0000	184,7898
			TOPLAM	**1838,8415**	**1374,5826**	**464,2588**

4.2.1.3. Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar Yöntemi ile Hesaplanan Hacimler

Denklem (2.12)' ye göre basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak hesaplanan hacimler Tablo 4.13'te verilmiştir. Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1677,3968 m^3, dolgu hacmi 1621,2980 m^3, kazı-dolgu hacmi farkı ise 36,5698 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 36,5698 m^3 kazı fazlası bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 59,2096 m^3, ortalama dolgu hacmi 57,9035 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı 1,3061 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 3,9473 m^3/m, dolgu miktarı 3,8602 m^3/m, kazı-dolgu farkı 0,0871 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ24 istasyonunda 242,4660 m^3, en fazla dolgu hacmi İ8 istasyonunda 285,1540 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı yine İ7 istasyonunda -259,6740 m^3 olarak dolgu noksanıdır. En az kazı hacmi İ20 istasyonunda 1,2330 m^3, en az dolgu hacmi İ17 istasyonunda 0,1470 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ22 istasyonunda 8,8755 m^3 olarak kazı fazlasıdır. Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanıldığında, İ5 istasyonunda kazı, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.13: Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin (GBuyÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı (KA_n) m^2	Dolgu Alanı (DA_n) m^2	Ara Mesafe (L_n) m	Kazı Hacmi (V_k) m^3	Dolgu Hacmi (V_d) m^3	Net Hacim (V_n) m^3
İ1	1,5858	5,6295	0	0,000	0,000	0,000
İ2	0,3671	5,1487	20	7,3420	102,9740	-95,6320
İ3	0,3669	7,5979	20	7,3380	151,9580	-144,6200
İ4	0,1829	6,4928	20	3,6580	129,8560	-126,1980
İ5	0,0000	5,3735	20	0,0000	107,4700	-107,4700
İ6	0,5382	9,0631	20	10,7640	181,2620	-170,4980
İ7	0,1227	13,1064	20	2,4540	262,1280	-259,6740
İ8	4,1749	14,2577	20	83,4980	285,1540	-201,6560
İ9	1,6537	7,1354	20	33,0740	142,7080	-109,6340
İ10	3,2584	5,9590	20	65,1680	119,1800	-54,0120
İ11	5,9337	0,8035	20	118,6740	16,0700	102,6040
İ12	6,3931	0,6732	20	127,8620	13,4640	114,3980
İ13	2,0684	3,2353	15	36,1970	56,6178	-20,4208
İ14	6,4233	0,4040	5	64,2330	4,0400	60,1930
İ15	5,8624	0,5879	5	29,3120	2,9395	26,3725
İ16	4,7576	0,0314	5	23,7880	0,1570	23,6310
İ17	4,7184	0,0294	5	23,5920	0,1470	23,4450
İ18	4,2291	0,4992	5	21,1455	2,4960	18,6495
İ19	0,7438	3,8921	5	3,7190	19,4605	-15,7415
İ20	0,2466	4,6127	5	1,2330	23,0635	-21,8305
İ21	0,1739	6,1243	10	1,3043	45,9323	-44,6280
İ22	0,9722	0,3805	20	14,5830	5,7075	8,8755

Tablo 4.13 (devam): Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile ölçülen enkesitlerin (GBuyÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı (KA_n) m^2	Dolgu Alanı (DA_n) m^2	Ara Mesafe (L_n) m	Kazı Hacmi (V_k) m^3	Dolgu Hacmi (V_d) m^3	Net Hacim (V_n) m^3
İ24	12,1233	0,0000	20	242,4660	0,0000	242,4660
İ25	7,0489	0,0000	20	140,9780	0,0000	140,9780
İ26	4,8302	0,0000	20	96,6040	0,0000	96,6040
İ27	12,0049	0,0000	20	240,0980	0,0000	240,0980
İ28	4,1740	0,0000	20	83,4800	0,0000	83,4800
			TOPLAM	**1677,3968**	**1621,2980**	**36,5698**

Denklem (2.12)' ye göre basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile tip enkesitlerin verileri kullanılarak hesaplanan hacimler Tablo 4.14'te verilmiştir. Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 2003,0560 m^3, dolgu hacmi 1237,7520 m^3, kazı-dolgu hacmi farkı ise 765,3040 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 765,3040 m^3 kazı fazlası bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 71,5377 m^3, ortalama dolgu hacmi 44,2054 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı 27,3323 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 4,7692 m^3/m, dolgu miktarı 2,9470 m^3/m, kazı-dolgu farkı 1,8222 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ24 istasyonunda 399,8440 m^3, en fazla dolgu hacmi İ7 istasyonunda 176,4420 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı yine İ24 istasyonunda 399,8440 m^3 olarak kazı fazlasıdır. En az kazı hacmi İ3 istasyonunda 0,2200 m^3, en az dolgu hacmi İ22 istasyonunda 4,3380 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ16 istasyonunda 9,9145 m^3 olarak kazı fazlasıdır. Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile tip enkesitlerin verileri kullanıldığında İ1, İ2, İ6 ve İ7 istasyonlarında kazı, İ15, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.14: Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile tip enkesitlerin (GBuyT) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı (KA_n) m^2	Dolgu Alanı (DA_n) m^2	Ara Mesafe (L_n) m	Kazı Hacmi (V_k) m^3	Dolgu Hacmi (V_d) m^3	Net Hacim (V_n) m^3
İ1	0,0000	2,9698	0	0,0000	0,0000	0,0000
İ2	0,0000	3,3148	20	0,0000	66,2960	-66,2960
İ3	0,0110	5,3016	20	0,2200	106,0320	-105,8120
İ4	0,0381	4,6101	20	0,7620	92,2020	-91,4400
İ5	0,0111	3,4829	20	0,2220	69,6580	-69,4360
İ6	0,0000	8,1392	20	0,0000	162,7840	-162,7840
İ7	0,0000	8,8221	20	0,0000	176,4420	-176,4420

Tablo 4.14 (devam): Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi ile tip enkesitlerin (GBuyT) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon Kesit No	Kazı Alanı (KA_n) m²	Dolgu Alanı (DA_n) m²	Ara Mesafe (L_n) m	Kazı Hacmi (V_k) m³	Dolgu Hacmi (V_d) m³	Net Hacim (V_n) m³
İ8	0,3728	7,9565	20	7,4560	159,1300	-151,6740
İ9	1,2300	2,4240	20	24,6000	48,4800	-23,8800
İ10	3,9520	1,4180	20	79,0400	28,3600	50,6800
İ11	3,3410	1,3237	20	66,8200	26,4740	40,3460
İ12	4,2490	1,9488	20	84,9800	38,9760	46,0040
İ13	4,1574	8,8450	15	72,7545	154,7875	-82,0330
İ14	4,9878	2,5822	5	49,8780	25,8220	24,0560
İ15	10,1426	0,0000	5	50,7130	0,0000	50,7130
İ16	3,2536	1,2707	5	16,2680	6,3535	9,9145
İ17	3,9483	1,7255	5	19,7415	8,6275	11,1140
İ18	3,6325	1,5090	5	18,1625	7,5450	10,6175
İ19	0,2687	3,7475	5	1,3435	18,7375	-17,3940
İ20	0,3153	4,8708	5	1,5765	24,3540	-22,7775
İ21	0,2704	6,0668	10	2,0280	45,5010	-43,4730
İ22	1,2287	0,2892	20	18,4305	4,3380	14,0925
İ23	16,3611	0,0000	20	327,2220	0,0000	327,2220
İ24	19,9922	0,0000	20	399,8440	0,0000	399,8440
İ25	10,0442	0,0000	20	200,8840	0,0000	200,8840
İ26	8,1737	0,0000	20	163,4740	0,0000	163,4740
İ27	13,3359	0,0000	20	266,7180	0,0000	266,7180
İ28	6,4959	0,0000	20	129,9180	0,0000	129,9180
			TOPLAM	**2003,0560**	**1237,7520**	**765,3040**

4.2.1.4. Pappus Teoremi ile Hesaplanan Hacimler

Pappus teoremi ile hacim tahminlerinin yapılabilmesi için, kurplara denk gelen enkesitlerin eksantriklik mesafelerinin bulunması gerekmektedir. Bu amaçla önce ölçülen enkesitlerin verileri kullanılarak kurplardaki kesitlerin ağırlık merkezleri (Kazıda:G_k / Dolguda:G_d) tespit edilip, ağırlık merkezlerinin yol eksenine olan uzaklıkları ölçülerek eksantriklik (Kazıda:e_k / Dolguda:e_d) değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.15). Eksantriklik mesafelerine bakıldığında, en fazla olan 6,84 m, en az olan 0,45 m ve ortalama 2,94 m'dir. İ1, İ13, İ17, İ18, İ26, İ27 ve İ28 istasyonları kurba denk gelmediği için eksantriklik mesafeleri hesaplanmamıştır.

Tablo 4.15: Ölçülen enkesitlerin eksantriklik mesafeleri.

İstasyon	BOM (m)	Ağırlık Merkezi (G_k)		Ağırlık Merkezi (G_d)		Eksantriklik Mesafesi e_k (m)	Eksantriklik Mesafesi e_d (m)
		x	y	x	y		
İ1	0+00	-	-	-	-	-	-
İ2	0+20	416668,9435	4561266,0402	416670,1903	4561258,8577	6,84	-0,45

Tablo 4.15 (devam): Ölçülen enkesitlerin eksantriklik mesafeleri.

İstasyon	BOM (m)	Ağırlık Merkezi (G_k)		Ağırlık Merkezi (G_d)		Eksantriklik Mesafesi e_k (m)	Eksantriklik Mesafesi e_d (m)
		x	y	x	y		
İ3	0+40	416649,1827	4561254,7967	416653,2155	4561249,7501	4,65	-1,80
İ4	0+60	416635,6840	4561237,2374	416641,8087	4561234,6726	4,86	-1,78
İ5	0+80	-	-	416635,8491	4561215,9000	-	-1,25
İ6	1+00	416627,3665	4561196,7523	416633,1859	4561196,2269	5,11	-0,72
İ7	1+20	416625,5505	4561176,8546	416632,5104	4561176,2066	5,13	-1,85
İ8	1+40	416623,3069	4561156,4319	416633,0269	4561156,4362	5,88	-3,83
İ9	1+60	416627,5773	4561136,1341	416635,6730	4561137,0732	3,41	-4,73
İ10	1+80	416630,3178	4561116,3068	416637,7546	4561117,1724	-2,97	4,51
İ11	2+00	416632,7268	4561096,7714	416638,6867	4561096,7382	-2,67	3,69
İ12	2+20	416632,2464	4561076,8991	416638,3205	4561076,4651	-1,50	4,58
İ13	2+40	-	-	-	-	-	-
İ14	2+55	416629,3125	4561042,3478	416633,8167	4561041,1925	-1,75	2,89
İ15	2+60	416627,7377	4561038,1916	416632,3734	4561035,0944	-1,50	4,07
İ16	2+65	416624,6220	4561034,9946	416626,9431	4561031,9606	-1,59	2,22
İ17	2+70	-	-	-	-	-	-
İ18	2+75	-	-	-	-	-	-
İ19	2+80	416610,3104	4561030,3382	416612,9452	4561025,6616	4,14	-1,21
İ20	2+85	416605,7439	4561026,4482	416609,1350	4561022,9251	3,75	-1,13
İ21	2+90	416602,1082	4561021,7832	416606,6476	4561018,9709	3,65	-1,65
İ22	3+00	416599,7613	4561010,5553	416604,0349	4561010,3215	2,48	-1,79
İ23	3+20	416601,1498	4560990,3691	-	-	1,65	-
İ24	3+40	416601,4153	4560970,2309	-	-	2,21	-
İ25	3+60	416604,2991	4560950,2298	-	-	2,75	-
İ26	3+80	-	-	-	-	-	-
İ27	4+00	-	-	-	-	-	-
İ28	4+20	-	-	-	-	-	-

BOM: Başlangıca olan mesafe

Eksantriklik mesafelerinin bulunmasının ardından denklem (2.9, 2.13, 2.14, 2.15)'e göre Pappus teoremi ile hesaplanan hacimler Tablo 4.16'da verilmiştir. Bu hesaplamada aliymanlara denk gelen kesitlerde eksantriklik mesafesi hesaplanmamış, ortalama alan yönteminde olduğu gibi komşu enkesitlerin alanları hesaplandıktan sonra ortalaması alınıp, kesitler arasındaki mesafe ile çarpılmıştır. Pappus teoremine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1591,8565 m3, dolgu hacmi 1676,3936 m3, kazı-dolgu hacim farkı ise -84,5371 m3 olarak

bulunmuştur. Yani 84,5371 m3 dolgu noksanı bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 58,9576 m3, ortalama dolgu hacmi 62,0887 m3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı -3,1310 m3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 3,7901 m3/m, dolgu miktarı 3,9914 m3/m, kazı-dolgu farkı -0,2013 m3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 215,9147 m3, en fazla dolgu hacmi İ7-İ8 istasyonları aralığında 263,7843 m3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı İ23-İ24 istasyonları aralığında 215,9147 m3 olarak kazı fazlasıdır. En az kazı hacmi İ20-İ21 istasyonları aralığında 1,2462 m3, en az dolgu hacmi İ16-İ17 istasyonları aralığında 0,1520 m3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında 1,4540 m3 olarak kazı fazlasıdır. Pappus teoremi ile ölçülen enkesitlerin verileri kullanıldığında her istasyonda kazı varken, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m3'tür.

Tablo 4.16: Pappus teoremi ile ölçülen enkesilerin (GPapÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon	BOM	Kazı Alanı Fk	Dolgu Alanı Fk	Kesitler Arası Mesafe L	Kurp Yarıçapı R	Kazı Hacmi V_k	Dolgu Hacmi V_d	Net Hacim V_n
	(m)	(m^2)	(m^2)	(m)	(m)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
İ1	0+00	1,5858	5,6295	20	-	19,5290	107,7820	-88,2530
İ2	0+20	0,3671	5,1487	20	40	8,3768	123,1068	-114,7300
İ3	0+40	0,3669	7,5979	20	40	6,1467	134,5986	-128,4519
İ4	0+60	0,1829	6,4928	20	80	1,9401	116,3787	-114,4386
İ5	0+80	0,0000	5,3735	20	80	5,7258	142,7107	-136,9849
İ6	1+00	0,5382	9,0631	20	-	6,6090	221,6950	-215,0860
İ7	1+20	0,1227	13,1064	20	80	46,1232	263,7843	-217,6611
İ8	1+40	4,1749	14,2577	20	80	62,0594	202,8863	-140,8269
İ9	1+60	1,6537	7,1354	20	-	49,1210	130,9440	-81,8230
İ10	1+80	3,2584	5,9590	20	80	88,7309	71,3550	17,3759
İ11	2+00	5,9337	0,8035	20	80	120,0889	15,5230	104,5659
İ12	2+20	6,3931	0,6732	20	-	84,6150	39,0850	45,5300
İ13	2+40	2,0684	3,2353	15	-	63,6878	27,2948	36,3930
İ14	2+55	6,4233	0,4040	5	15	27,3752	3,0731	24,3021
İ15	2+60	5,8624	0,5879	5	15	23,8236	1,9587	21,8649
İ16	2+65	4,7576	0,0314	5	-	23,6900	0,1520	23,5380
İ17	2+70	4,7184	0,0294	5	-	22,3688	1,3215	21,0473
İ18	2+75	4,2291	0,4992	5	-	12,4323	10,9783	1,4540
İ19	2+80	0,7438	3,8921	5	20	2,9765	20,0218	-17,0453
İ20	2+85	0,2466	4,6127	5	20	1,2462	24,9278	-23,6816
İ21	2+90	0,1739	6,1243	5	20	3,2460	14,9137	-11,6677
İ22	3+00	0,9722	0,3805	10	-	49,6045	1,9025	47,7020
İ23	3+20	8,9487	0,0000					

Tablo 4.16 (devam): Pappus teoremi ile ölçülen enkesilerin (GPapÖ) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon	BOM (m)	Kazı Alanı Fk (m^2)	Dolgu Alanı Fk (m^2)	Kesitler Arası Mesafe L (m)	Kurp Yarıçapı R (m)	Kazı Hacmi V_k (m^3)	Dolgu Hacmi V_d (m^3)	Net Hacim V_n (m^3)
İ24	3+40	12,1233	0,0000	20	80	215,9147	0,0000	215,9147
İ25	3+60	7,0489	0,0000	20	80	197,4941	0,0000	197,4941
İ26	3+80	4,8302	0,0000	20	-	118,7910	0,0000	118,7910
İ27	4+00	12,0049	0,0000	20	-	168,3510	0,0000	168,3510
İ28	4+20	4,1740	0,0000	20	-	161,7890	0,0000	161,7890
					Toplam	**1591,8565**	**1676,3936**	**-84,5371**

BOM: Başlangıca olan mesafe

İkinci aşamada tip enkesitlerin verileri kullanılarak kurplardaki kesitlerin ağırlık merkezleri (Kazıda:G_k / Dolguda:G_d) tespit edilip, ağırlık merkezlerinin yol eksenine olan uzaklıkları ölçülerek eksantriklik (Kazıda:e_k / Dolguda:e_d) değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.17). Eksantriklik mesafelerine bakıldığında, en fazla olan 3,77 m, en az olan 0,23 m ve ortalama 2,25 m'dir. İ1, İ13, İ17, İ18, İ26, İ27 ve İ28 istasyonları kurba denk gelmediği için eksantriklik mesafeleri hesaplanmamıştır.

Tablo 4.17: Tip enkesitlerin eksantriklik mesafeleri.

İstasyon	BOM (m)	Ağırlık Merkezi (G_k)		Ağırlık Merkezi (G_d)		Eksantriklik Mesafesi e_k (m)	Eksantriklik Mesafesi e_d (m)
		x	y	x	y		
İ1	0+00	-	-	-	-	-	-
İ2	0+20	-	-	416670,1409	4561259,0119	-	-0,23
İ3	0+40	416650,0449	4561253,7177	416652,5469	4561250,5868	3,26	-0,72
İ4	0+60	416637,4366	4561236,5035	416641,0892	4561234,9739	2,96	-1,00
İ5	0+80	416631,3412	4561216,7773	416634,8687	4561216,1103	3,33	-0,25
İ6	1+00	-	-	416632,8136	4561196,2582	-	-0,35
İ7	1+20	-	-	416631,0492	4561176,3696	-	-0,38
İ8	1+40	416625,8469	4561156,4330	416631,0875	4561156,4351	3,34	-1,89
İ9	1+60	416627,9547	4561136,1779	416632,4575	4561136,7002	3,03	-1,50
İ10	1+80	416630,0892	4561116,2807	416635,1028	4561116,8609	-3,20	1,84
İ11	2+00	416632,4768	4561096,7724	416637,3168	4561096,7473	-2,51	2,32
İ12	2+20	416631,2098	4561076,9732	416636,5251	4561076,5934	-2,53	2,78
İ13	2+40	-	-	-	-	-	-

Tablo 4.17 (devam): Tip enkesitlerin eksantriklik mesafeleri.

İstasyon	BOM (m)	Ağırlık Merkezi (G_k)		Ağırlık Merkezi (G_d)		Eksantriklik Mesafesi e_k (m)	Eksantriklik Mesafesi e_d (m)
		x	y	x	y		
İ14	2+55	416627,7530	4561042,7478	416633,3614	4561041,3093	-3,36	2,40
İ15	2+60	416626,6686	4561038,8988	-	-	-2,78	-
İ16	2+65	416624,0752	4561035,7094	416626,9856	4561031,9050	-2,49	2,29
İ17	2+70	-	-	-	-	-	-
İ18	2+75	-	-	-	-	-	-
İ19	2+80	416610,7541	4561029,5230	416612,8170	4561025,8876	3,22	-0,95
İ20	2+85	416606,0144	4561026,1673	416609,1281	4561022,9323	3,36	-1,12
İ21	2+90	416602,5757	4561021,4936	416606,5711	4561019,0183	3,10	-1,59
İ22	3+00	416599,2920	4561010,5810	416603,2221	4561010,3656	2,95	-0,97
İ23	3+20	416599,2310	4560990,302	-	-	3,57	-
İ24	3+40	416599,8628	4560970,0774	-	-	3,77	-
İ25	3+60	416603,5819	4560950,0937	-	-	3,48	-
İ26	3+80	-	-	-	-	-	-
İ27	4+00	-	-	-	-	-	-
İ28	4+20	-	-	-	-	-	-

BOM: Başlangıca olan mesafe.

Tip enkesitler için eksantriklik mesafelerinin bulunmasının ardından denklem (2.9, 2.13, 2.14, 2.15)'e göre Pappus teoremi ile hesaplanan hacimler Tablo 4.18'de verilmiştir. Bu hesaplamada aliymanlara denk gelen kesitlerde eksantriklik mesafesi hesaplanmamış, ortalama alan yönteminde olduğu gibi komşu enkesitlerin alanları hesaplandıktan sonra ortalaması alınıp, kesitler arasındaki mesafe ile çarpılmıştır. Pappus teoremine göre 001 kod nolu yolun toplam kazı hacmi 1866,2327 m^3, dolgu hacmi 1273,1459 m^3, kazı-dolgu hacim farkı ise 593,0868 m^3 olarak bulunmuştur. Yani 593,0868 m^3 kazı fazlası bulunmaktadır. Ortalama kazı hacmi 69,1197 m^3, ortalama dolgu hacmi 47,1536 m^3 ve ortalama kazı-dolgu hacmi farkı 21,9662 m^3'tür. Birim yol başına düşen kazı miktarı 4,4434 m^3/m, dolgu miktarı 3,0313 m^3/m, kazı-dolgu farkı 1,4121 m^3/m'dir. En fazla kazı hacmi İ23-İ24 istasyonları aralığında 380,2550 m^3, en fazla dolgu hacmi İ7-İ8 istasyonları aralığında 169,6130 m^3, en fazla kazı-dolgu hacmi farkı İ23-İ24 istasyonları aralığında 380,2550 m^3 olarak kazı fazlasıdır. En az kazı hacmi İ5-İ6 istasyonları aralığında 0,1156 m^3, en az dolgu hacmi İ22-İ23 istasyonları aralığında 1,3310 m^3, en az kazı-dolgu hacmi farkı İ18-İ19 istasyonları aralığında -3,3883 m^3 olarak dolgu noksanıdır. Pappus teoremi ile tip enkesitlerin verileri kullanıldığında İ1-İ2 ve İ6-İ7 istasyonlarında kazı, İ23-İ28 istasyonlarında ise dolgu olmayıp hacim değerleri 0,0000 m^3'tür.

Tablo 4.18: Pappus teoremi ile tip enkesitlerin (GPapT) verileri kullanılarak hesaplanan hacimler.

İstasyon	BOM (m)	Kazı Alanı Fk (m^2)	Dolgu Alanı Fk (m^2)	Kesitler Arası Mesafe L (m)	Kurp Yarıçapı R (m)	Kazı Hacmi V_k (m^3)	Dolgu Hacmi V_d (m^3)	Net Hacim V_n (m^3)
İ1	0+00	0,0000	2,9698	20	-	0,0000	62,8460	-62,8460
İ2	0+20	0,0000	3,3148	20	40	0,1190	85,0191	-84,9001
İ3	0+40	0,0110	5,3016	20	40	0,5282	97,0102	-96,4820
İ4	0+60	0,0381	4,6101	20	80	0,5107	80,2449	-79,7342
İ5	0+80	0,0111	3,4829	20	80	0,1156	115,7561	-115,6405
İ6	1+00	0,0000	8,1392	20	-	0,0000	169,6130	-169,6130
İ7	1+20	0,0000	8,8221	20	80	3,8836	165,4872	-161,6036
İ8	1+40	0,3728	7,9565	20	80	16,6495	101,4708	-84,8213
İ9	1+60	1,2300	2,4240	20	-	51,8200	38,4200	13,4000
İ10	1+80	3,9520	1,4180	20	80	70,3010	28,1270	42,1740
İ11	2+00	3,3410	1,3237	20	80	73,5080	33,7861	39,7219
İ12	2+20	4,2490	1,9488	20	-	84,0644	107,9380	-23,8736
İ13	2+40	4,1574	8,8450	15	-	68,5893	85,7040	-17,1147
İ14	2+55	4,9878	2,5822	5	15	30,3334	7,4884	22,8450
İ15	2+60	10,1426	0,0000	5	15	27,4409	3,6617	23,7792
İ16	2+65	3,2536	1,2707	5	-	18,0048	7,4905	10,5143
İ17	2+70	3,9483	1,7255	5	-	18,9520	8,0863	10,8657
İ18	2+75	3,6325	1,5090	5	-	9,7530	13,1413	-3,3883
İ19	2+80	0,2687	3,7475	5	20	7,7006	20,4188	-12,7182
İ20	2+85	0,3153	4,8708	5	20	1,7015	25,4563	-23,7548
İ21	2+90	0,2704	6,0668	5	20	4,3056	14,6492	-10,3436
İ22	3+00	1,2287	0,2892	10	-	87,9490	1,3310	86,6180
İ23	3+20	16,3611	0,0000	20	80	380,2550	0,0000	380,2550
İ24	3+40	19,9922	0,0000	20	80	314,1546	0,0000	314,1546
İ25	3+60	10,0442	0,0000	20	-	182,1790	0,0000	182,1790
İ26	3+80	8,1737	0,0000	20	-	215,0960	0,0000	215,0960
İ27	4+00	13,3359	0,0000	20	-	198,3180	0,0000	198,3180
İ28	4+20	6,4959	0,0000		**Toplam**	**1866,2327**	**1273,1459**	**593,0868**

BOM: Başlangıca olan mesafe.

4.2.2. 3D Yöntem ile Hesaplanan Hacimler

Yol yapım projesi birçok operasyonel adım içerir. Yol geometrisi; yatay doğrultu, düşey doğrultu ve enkesitler olmak üzere üç ana bölümden oluşur (Artun ve diğ., 2020).

AutoCAD Civil 3D yazılımı ile orman yolu projelendirme işleminin yapılabilmesi için sırasıyla yapılması gereken işlemler vardır. Bunlar sırasıyla;

1. Arazi modelinin oluşturulması
2. Yatay güzergahın tanımlanması
3. Yatay kurpların tanımlanması
4. Arazi profilinin ve düşey güzergahın oluşturulması
5. Yol koridorunun oluşturulması
6. Kübaj hesabı
7. Enkesitlerin çizdirilmesi

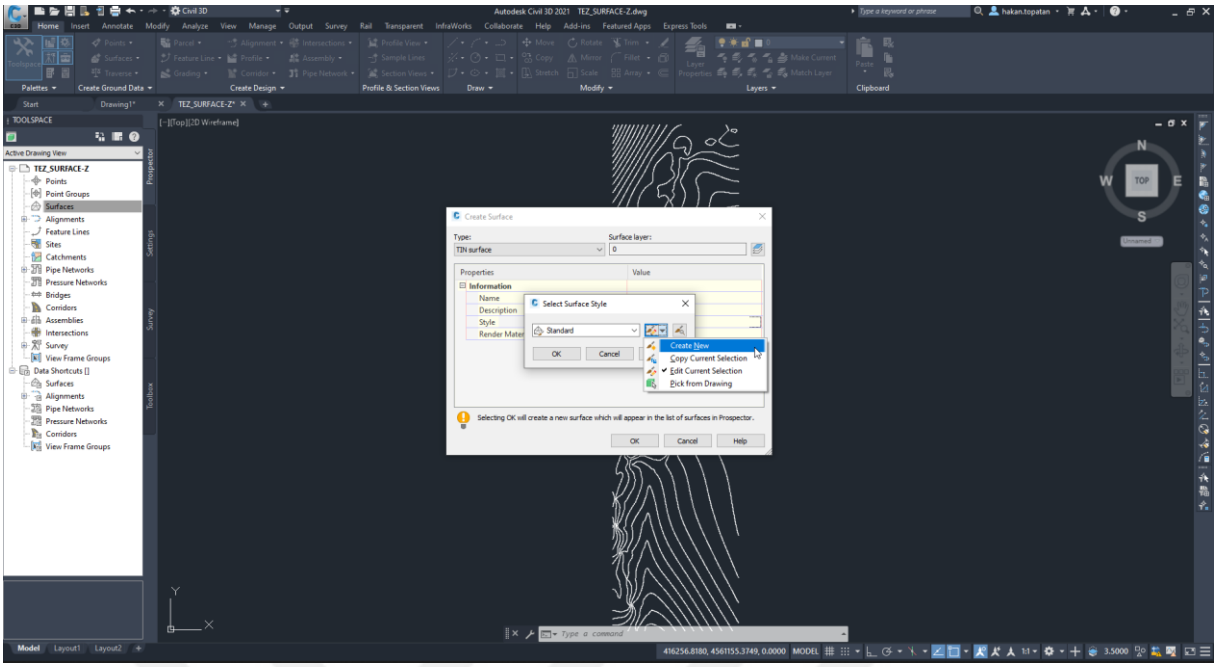
3D yöntem ile hacim hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle mevcut arazinin modellenmesi gerekir. Modelleme işleminde arazinin doğru tasvir edilebilmesi için arazi çalışmaları sırasında araziden doğru verilerin alınması gerekir. Modelleme sürecinde elde edilen verilerin doğruluğu ve hassasiyeti sonucu doğrudan etkilediği için bu aşama hacim hesapları için oldukça önemlidir. Önceki kısımlarda anlatılan gerekçelerle bu tez çalışmasında yersel ölçümler yapılarak arazi verileri elde edilmiştir. Bu amaçla arazi çalışmaları sırasında elde edilen verilerden arazinin bir modeli oluşturulmuştur. İlk iş olarak araziden yersel ölçümlerle elde edilen nokta verilerinden (x, y, z) sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. AutoCAD Civil 3D yazılımında farklı kaynaklar kullanarak (eşyükselti eğrisi, nokta vb) arazi modelleri oluşturulabilir. Arazi modeli oluşturulabilmesi için kullanılacak veride yükseklik bilgisinin olması gereklidir. Bu amaçla çalışma kapsamında arazide ölçülen noktalardan ArcGIS yazılımı ile eşyükselti eğrileri türetilmiş, daha sonra bu eşyükselti eğrileri ile AutoCAD Civil 3D yazılımda yüzey oluşturma işlemi yapılmıştır (Şekil 4.6).

AutoCAD Civil 3D yazılımda eşyükselti eğrilerinden yüzey oluşturma aşamasında, "Toolspace/Surface/Create Surface" yolu (Şekil 4.4) ile "Create Surface" penceresi Şekil 4.5'deki gibi düzenlenmiştir. Düzenlemenin ardından eşyükselti eğrileri "Add Contour Data" penceresi ile çizime eklenmiştir. İşlem onaylandığında arazi yüzeyi oluşturulmuş olur (Şekil 4.6).

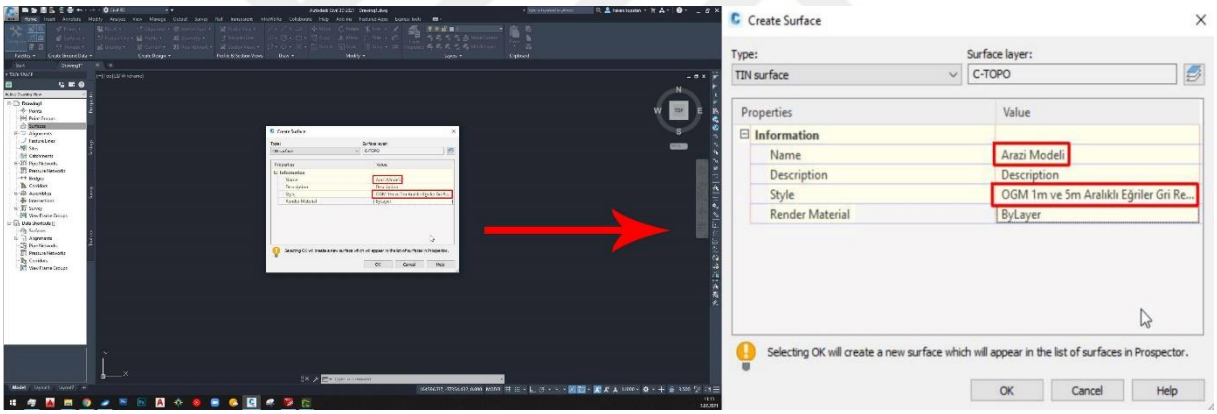
AutoCAD Civil 3D yazılımında direkt olarak nokta verilerinden de yüzey oluşturulabilir. İkinci aşamada aynı veriler ile nokta verilerinden de yüzey oluşturulmuştur. Nokta verilerinden yüzey oluşturma işleminde aynı şekilde "Create Surface" iletişim penceresi kullanılarak Şekil 4.5'deki

düzenleme işlemleri yapılır. Daha sonra “Toolspace/Arazi Modeli/Definition/Point Files (SK) Add” seçeneği ile yüzey oluşturma işlemi yapılır.

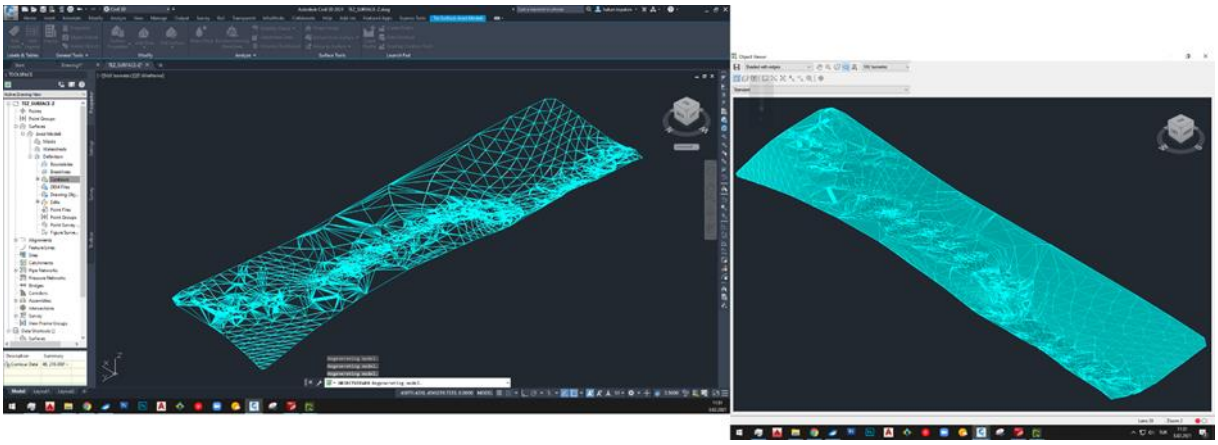
Yüzey oluşturma için kullanılacak eşyükselti eğrileri, ArcGIS yazılımında “3D Analyst” araç kutusunda yer alan “Topo to Raster” fonksiyonu ile üretilen yükseklik modelinden, aynı araç kutusunda bulunan “Contour” fonksiyonu vasıtasıyla üretilmiştir. Bu özelliğin kullanılma sebebi bu fonksiyonun TIN modelden farklı olarak Grid Ağı (Grid Network-GN) yöntemiyle çalışmasıdır. Aynı işlem Civil 3D’ de TIN tabanlı yükseklik modeli oluşturduğundan, hassasiyet göz önünde bulundurularak, oluşturulacak yükseklik modeli için ArcGIS yazılımında üretilen eşyükselti eğrileri kullanılmıştır.



Şekil 4.4 : Yüzey oluşturma.



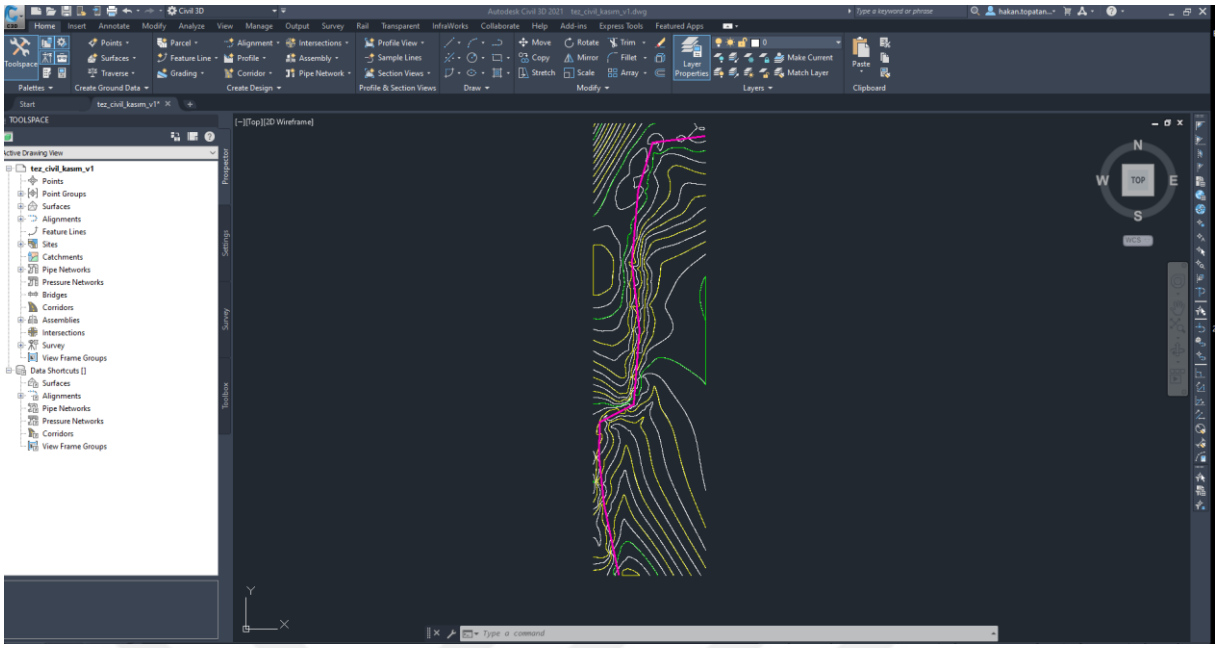
Şekil 4.5: Create surface iletişim penceresi ve yapılan düzenlemeler.



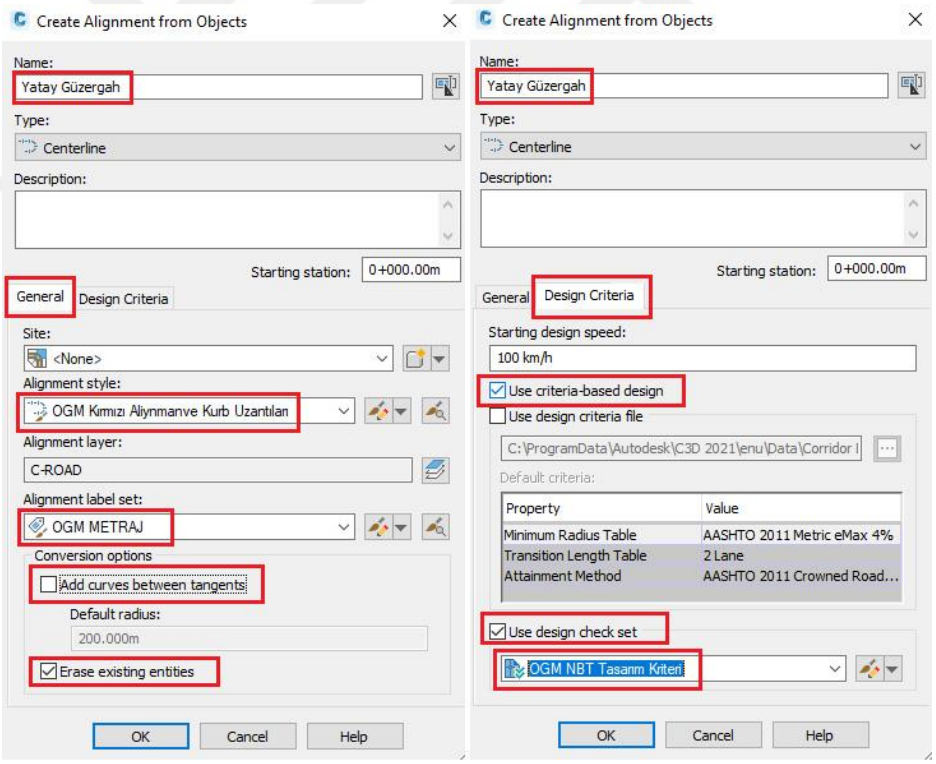
Şekil 4.6: AutoCAD Civil 3D yazılımında üretilen arazi modeli.

Yüzey oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra ikinci aşama olan yatay güzergahın tanımlanmasına geçilir. Yatay güzergah tanımlanırken öncelikle sıfır hattının belirlenmesi gerekir. Sıfır hattı AutoCAD komutları ile "polyline" objesi olarak oluşturulabilir. Bu çalışma kapsamında mevcut bir yol üzerinden arazi ölçümleri yapıldığından, araziden alınan verilerle oluşturulan sıfır hattı, çok kırıklı ve "3D Polyline" yapısında olduğundan, AutoCAD ortamında doğrultularak "2D Polyline" yapısına dönüştürülmüş ve son olarak koordinatları korunarak arazi yüzeyi ile çakıştırılmıştır (Şekil 4.7). Daha sonra "Ribbon/Home/Create Design/Alignment/Create Alignment from Objects" yolu ile polyline objesi seçilir ve komut aktifleştirilir (Enter). Açılan "Create Alignment from Objects" iletişim penceresi Şekil 4.8'deki gibi düzenlenir ve "ok" butonu ile onaylanarak yatay güzergah oluşturulur (Şekil 4.9).

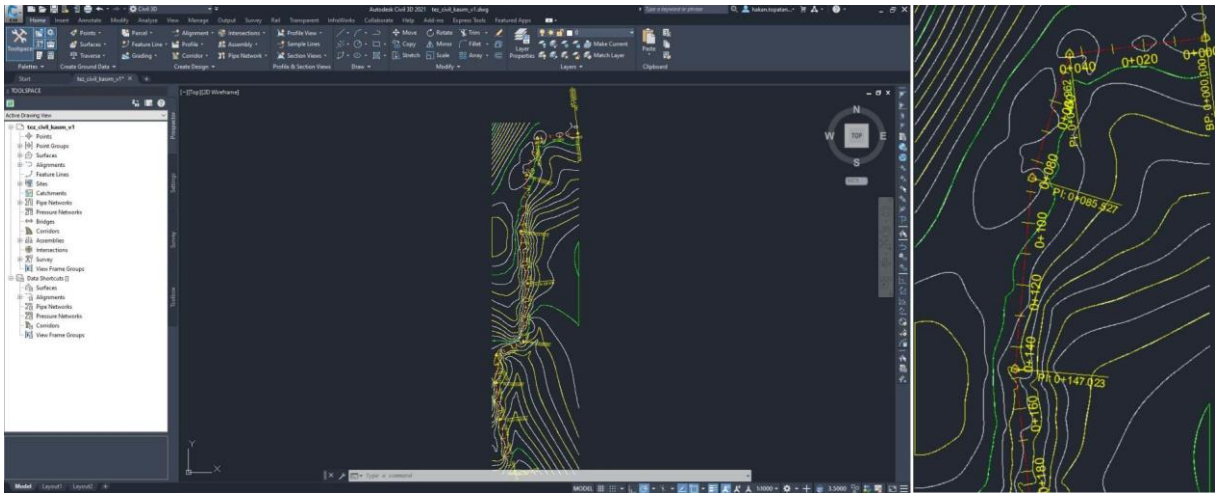
Yatay güzergah oluşturulduktan sonra oluşan üçüncü aşama olan teğetlerin arasında kurpların oluşturulması işlemine geçilir. Kurpların oluşturulması için oluşturulan "Alignment" seçilir ve şerit menüde açılan seçeneklerden "Geometry Editor" açılır. Açılan "Alignment Layout Tools" penceresinde "Free Curve Fillet (Between two entities, radius)" seçilir ve "Is Curve Solution Angle=Less than 180" seçeneği ile "Specify Radius" sorusuna uygun kurp yarıçap değerleri girilerek kurplar oluşturulur (Şekil 4.10).



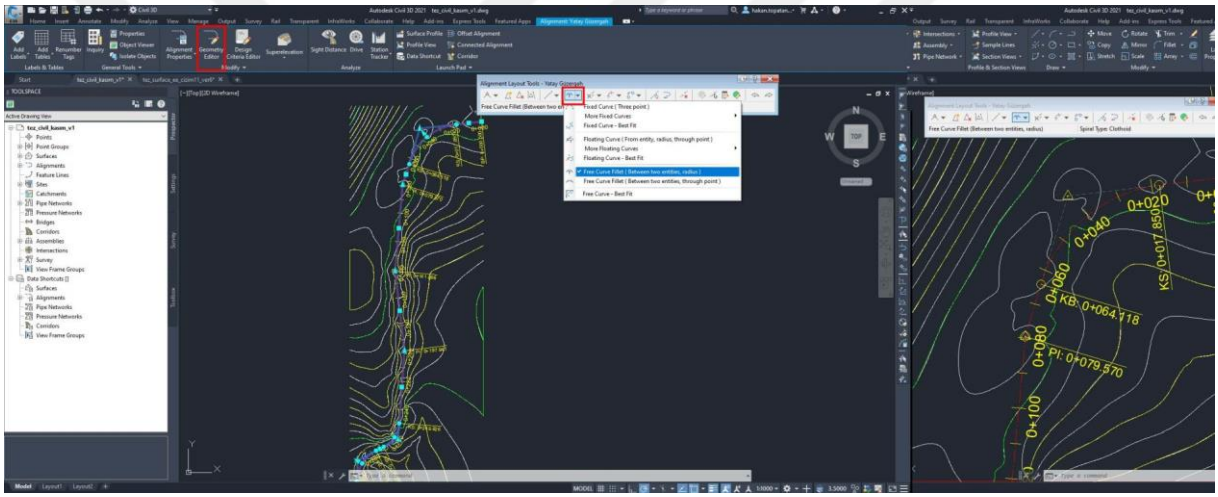
Şekil 4.7: Sıfır hattının programa aktarılması.



Şekil 4.8: Create Alignment from Objects iletişim penceresi ve düzenlemeleri.

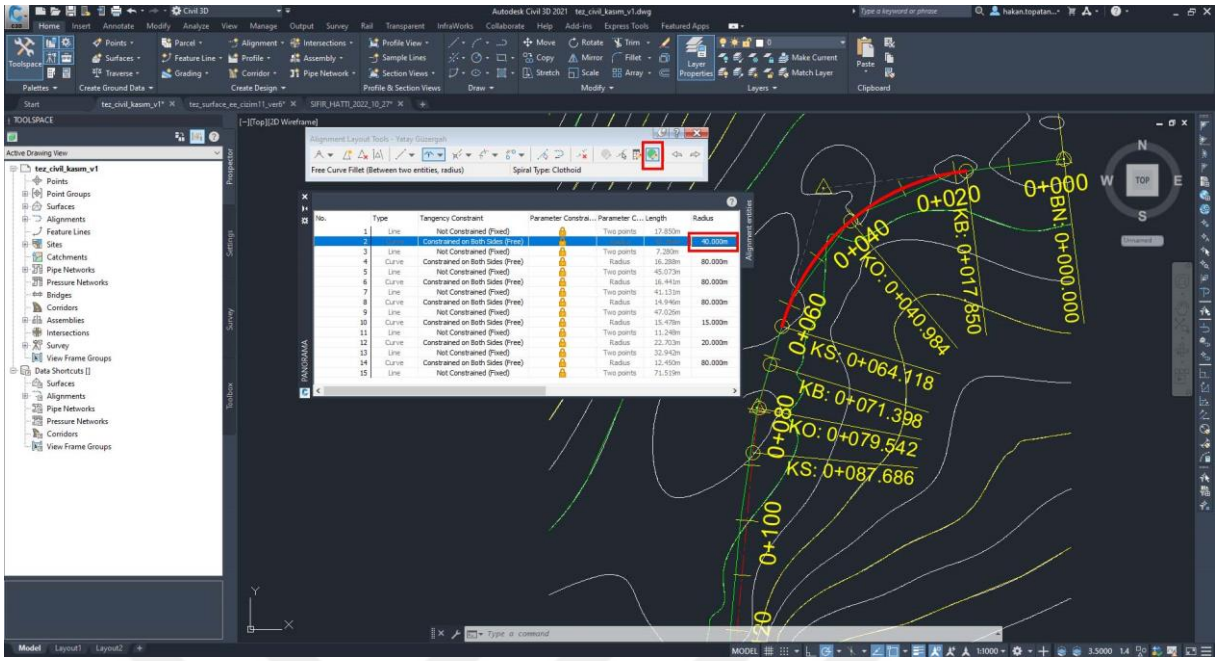


Şekil 4.9: Yatay güzergahın genel ve yakınlaştırılmış ekran görüntüleri.



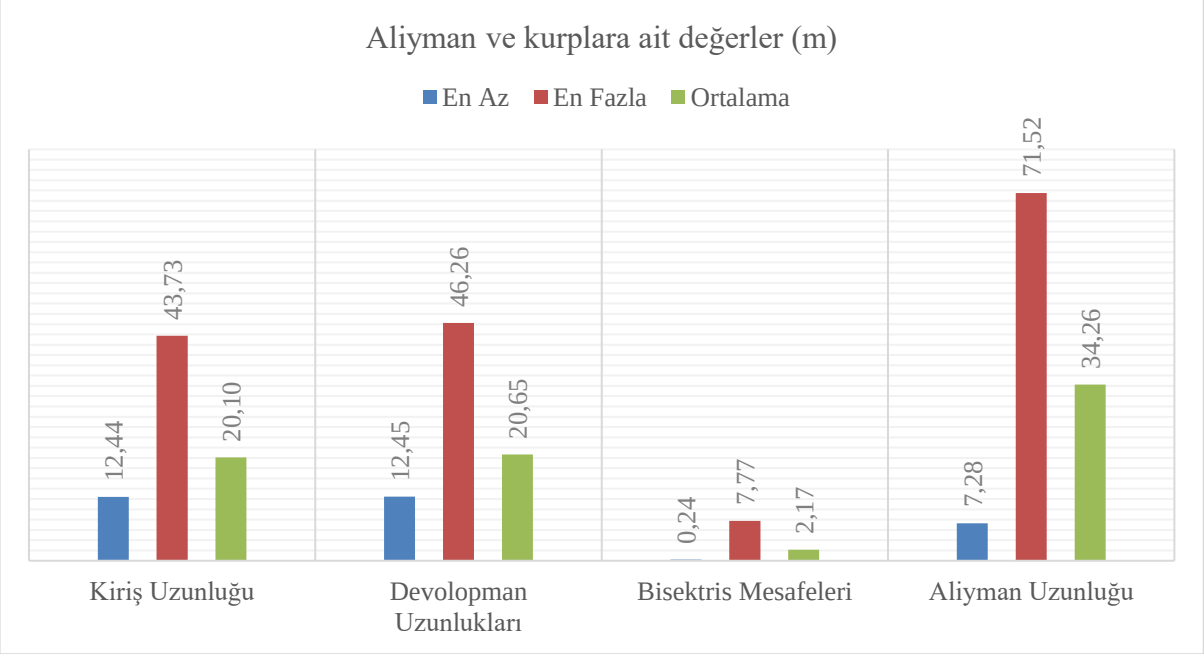
Şekil 4.10: Kurpların oluşturulması.

Kurplar oluşturulduktan sonra “Alignment Layout Tools” içindeki “Alignment Grid View” butonu yardımıyla her bir kurba ait geometrik değerler görülebilir ve değiştirilebilir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Kurpların düzenlenmesi.

"Alignment Grid View" penceresindeki veriler incelendiğinde, yatay güzergah üzerinde 7 adet kurp olduğu görülebilir. Bu kurplar sırasıyla, 40, 80, 80, 80, 15, 20 ve 80 m yarıçaplarındadır. Araştırma konusu yolun en az kurp yarıçapı 15 m, en fazla kurp yarıçapı ise 80 m'dir. Kurpların kiriş uzunlukları incelendiğinde, en fazla olan 43,73 m (0+017,85), en az olan 12,44 (0,+340,91) m ve ortalama 20,01 m'dir. Kurp devolopman uzunluklarında, en fazla olan 46,26 m (0+017,85), en az olan 12,45 m (+334,67) ve ortalama 20,65 m'dir. Bisektris mesafelerine bakıldığında, en az olan 0,24 m, en fazla olan 7,77 m ve ortalama 2,17 m'dir (Şekil 4.12). 001 kod nolu yolun 144,57 m'si kurp, 274,07 m'si aliymandır. Aliymanlara bakıldığında, en fazla aliyman uzunluğu 71,52 m (0+347,12), en az aliyman uzunluğu 7,28 m (0+64,12) ve ortalama aliyman uzunluğu 34,26 m'dir (Şekil 4.12) (Tablo 4.19).



Şekil 4.12: 001 kodlu yolun aliyman ve kurplarına ait değerler.

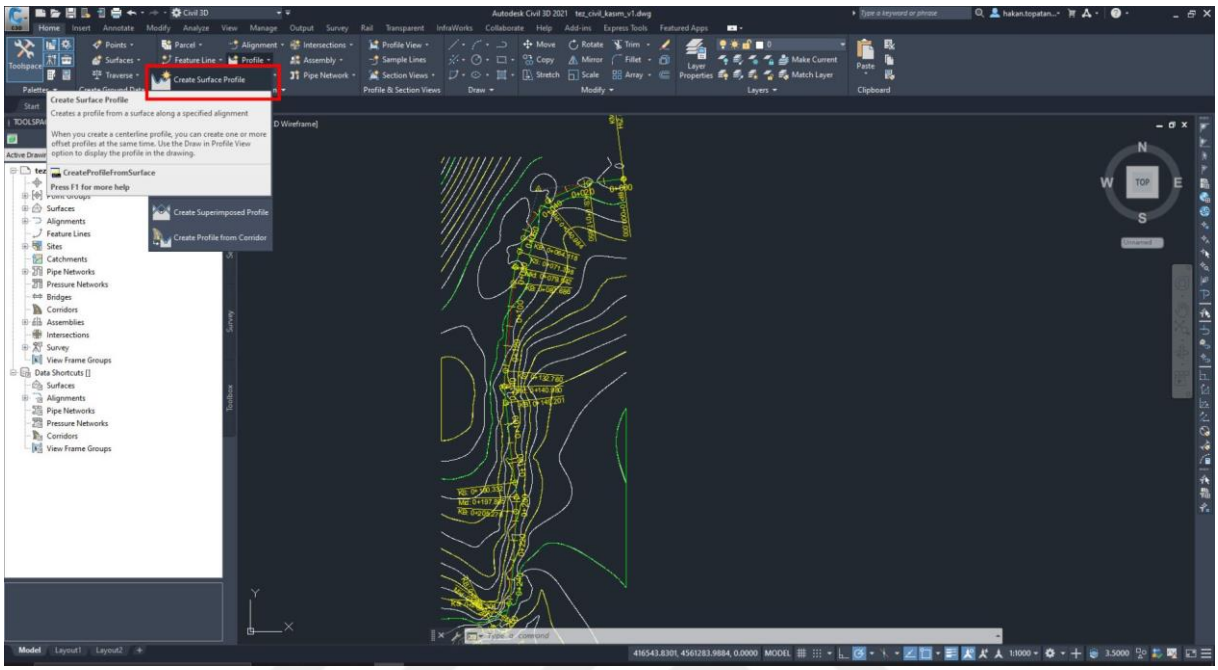
Tablo 4.19: Yatay güzergaha ait veriler.

Tip	Aliyman Devolopman Uzunluğu	Kurp Yarıçapı	Başlangıca Olan Mesafe	Kiriş Uzunluğu	Bisektris Mesafesi	Some Noktası (BOM)	Kurp Merkez Noktası Koordinatı (y,x)
Aliyman	17,850m		0+000,00m				
Kurp	46,268m	40,00m	0+017,85m	43,732m	7,77m	0+043,96m	(416677.0622m,4561219.9092m)
Aliyman	7,280m		0+064,12m				
Kurp	16,288m	80,00m	0+071,40m	16,260m	0,42m	0+079,57m	(416713.2430m,4561201.3633m)
Aliyman	45,073m		0+087,69m				
Kurp	16,441m	80,00m	0+132,76m	16,412m	0,42m	0+141,01m	(416709.1903m,4561156.4725m)
Aliyman	41,131m		0+149,20m				
Kurp	14,946m	80,00m	0+190,33m	14,924m	0,35m	0+197,83m	(416554.9954m,4561097.1793m)
Aliyman	47,026m		0+205,28m				
Kurp	15,478m	15,00m	0+252,30m	14,800m	2,24m	0+260,81m	(416616.4783m,4561045.6398m)
Aliyman	11,248m		0+267,78m				
Kurp	22,703m	20,00m	0+279,03m	21,503m	3,72m	0+291,78m	(416622.2144m,4561009.3269m)
Aliyman	32,942m		0+301,73m				
Kurp	12,450m	80,00m	0+334,67m	12,437m	0,24m	0+340,91m	(416683.2362m,4560978.3189m)
Aliyman	71,519m		0+347,12m				

BOM: Başlangıca olan mesafe

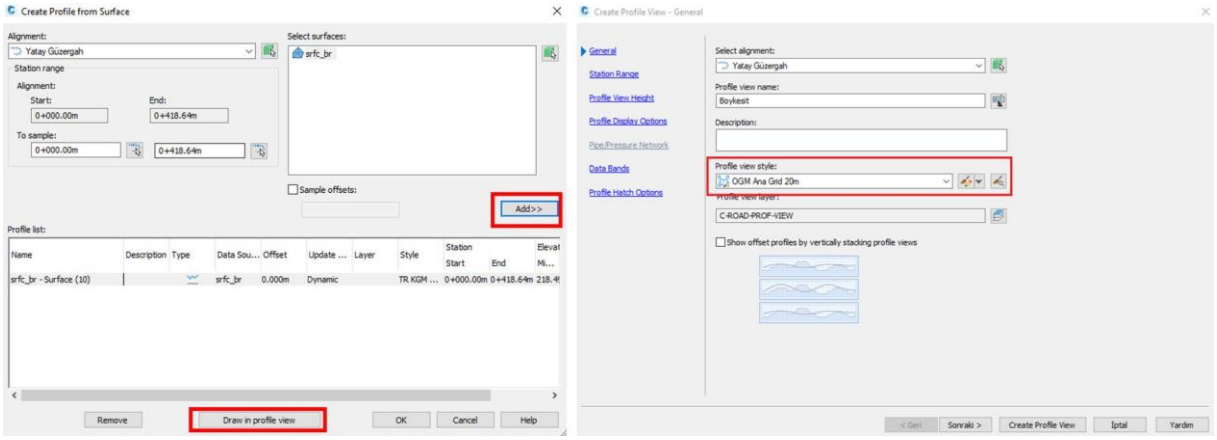
Yatay güzergah ve kurplar tanımlandıktan sonra dördüncü aşama olan arazi profili ve kırmızı hattın oluşturulmasına geçilir. Bu aşamada önce arazi profili oluşturulur daha sonra kırmızı hat belirlenir. Arazi profili arazi modeli ve yatay güzergah kullanılarak oluşturulur. Bu amaçla

öncelikle “Ribbon/Create Design/Profile/Create Surface Profile” yolu ile (Şekil 4.13) gelen pencere Şekil 4.14’deki gibi düzenlenir.

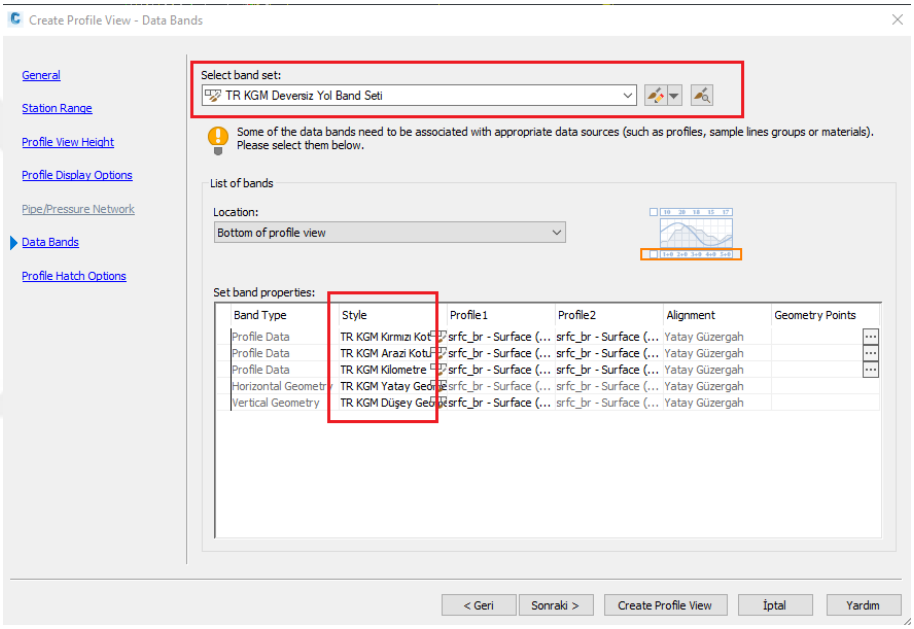


Şekil 4.13: Arazi profilinin oluşturulması.

Bu aşamadan sonra “Draw in Profile View” butonu ile “Create Profile View” penceresindeki “General” bölümü Şekil 4.14’te görüldüğü gibi düzenlenir. Aynı pencerede “Data Bands” bölümüne geçilir ve Şekil 4.15‘deki gibi düzenlenir. Bu aşamada yapılan veri bantları tercihi, profil görünümü oluşturulduktan sonra, profil üzerinde sağ tıklanıp “Profile View Properties” penceresindeki “Bands” sekmesinden düzenlenebilir.

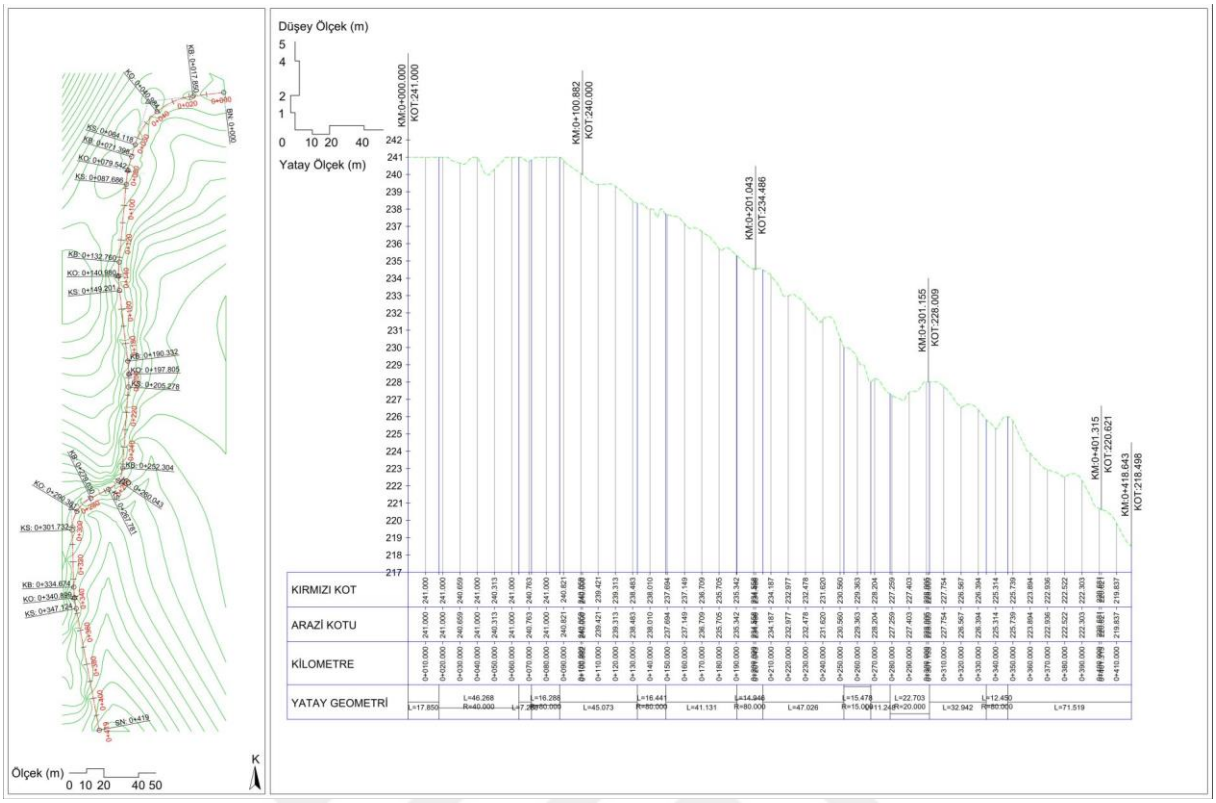


Şekil 4.14: Arazi profilinin oluşturulmasına ilişkin düzenlemeler.



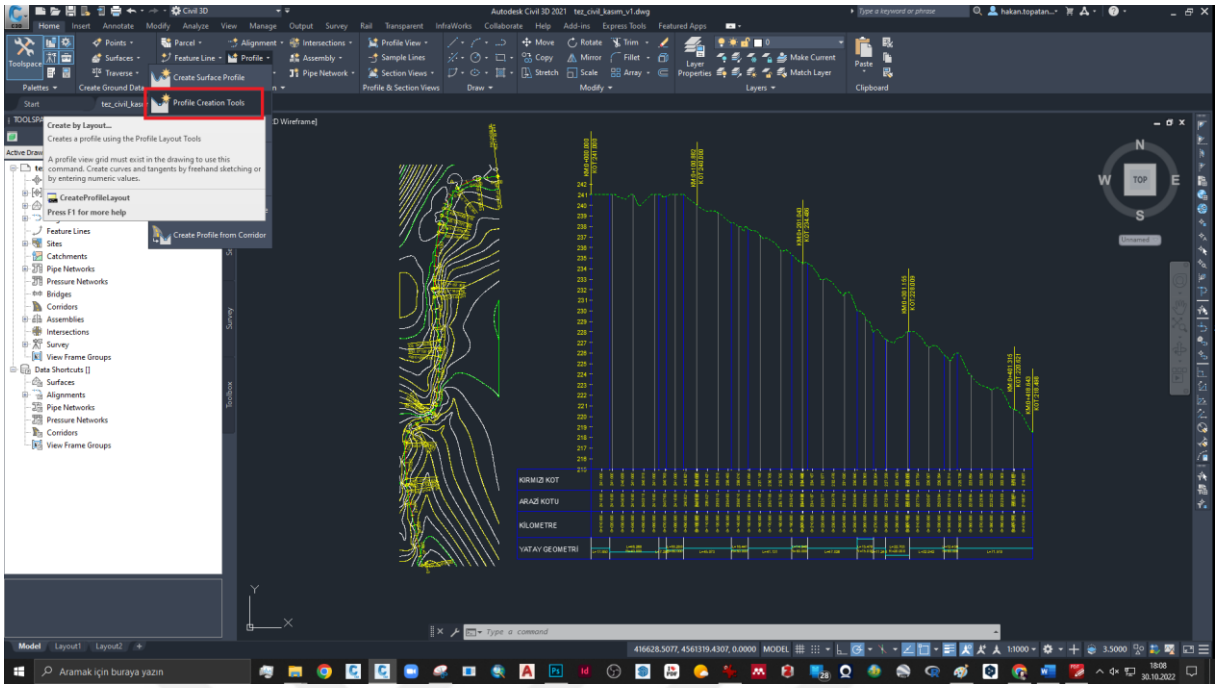
Şekil 4.15: Arazi profili data bands düzenlemeleri.

Arazi modeli, yol güzergahı ve oluşturulan boykesit Şekil 4.16'da görüldüğü gibi oluşur. Ancak henüz kırmızı hat tanımlanmadığı için, boykesitteki kırmızı kot değerleri arazi kotu (siyah kot) ile aynı değerlerdir.

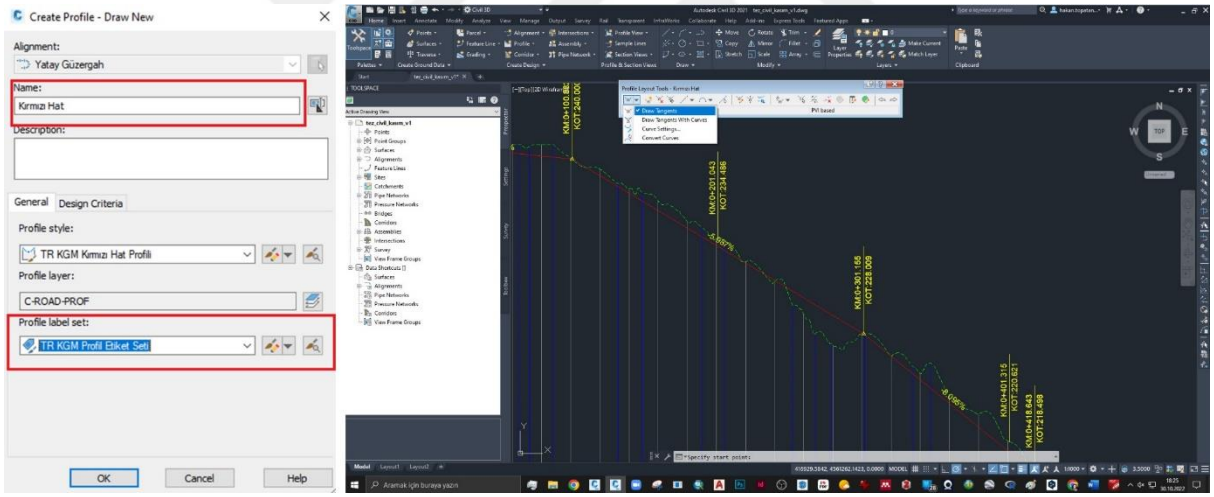


Şekil 4.16: Arazi modeli ve yatay güzergah ile oluşturulan boykesit.

Kırmızı hat oluşturma aşamasında, “Create Design/Profile/Profile Creation Tools” tıklanarak bir önceki aşamada oluşturulan boykesit seçilir (Şekil 4.17). Açılan pencerede gerekli düzenlemeler yapılır ve boykesit üzerinde kazı-dolgu dengesi gözetilerek çizilir. Bu çalışmada yapılmış bir yolun kazı-dolgu hesapları yapıldığından, arazide ölçülen değerlere göre kırmızı hat geçirilmiştir. Bu amaçla arazi ölçümleri sırasında elde edilen kot değerleri kullanılmış, kırmızı hat bu kot değerlerine göre; yolun başlangıç ve son noktalarında, hektometrelerde ve son olarak arazide ani değişimlerin olduğu yelerden geçirilmiştir (Şekil 4.18).



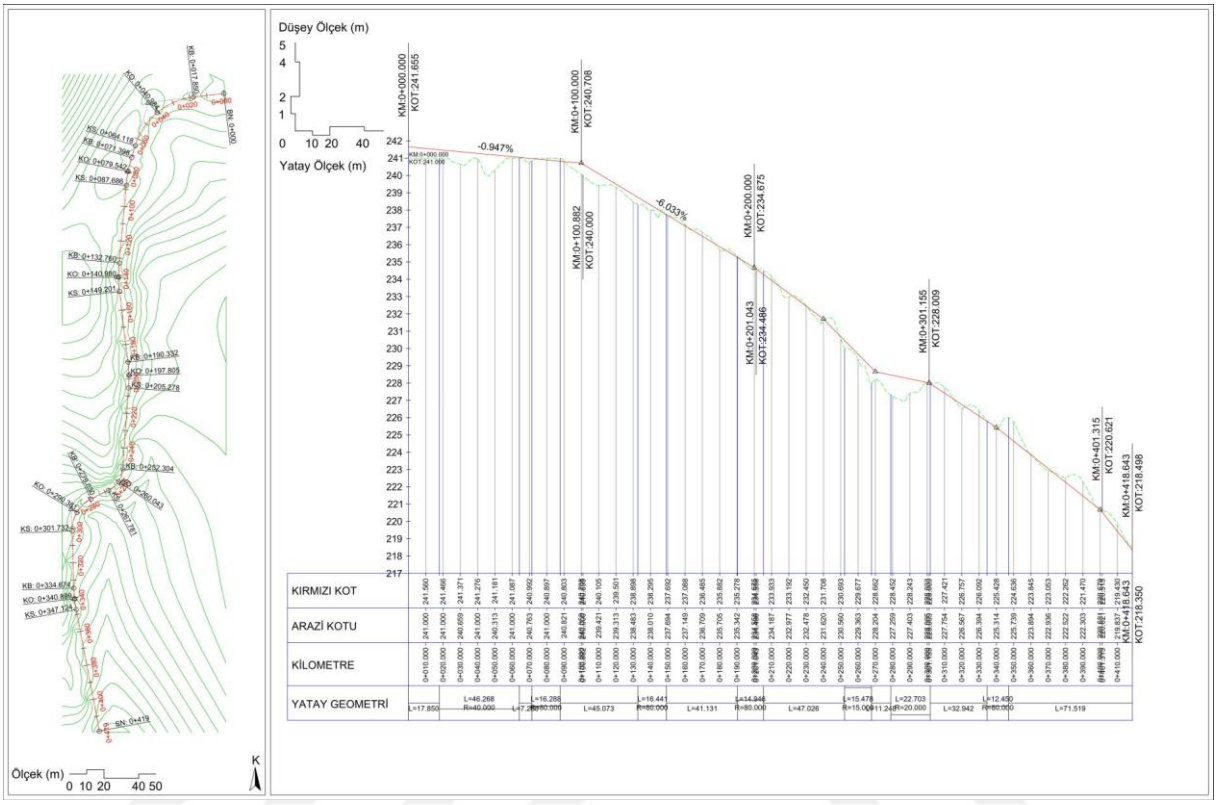
Şekil 4.17: Kırmızı hattın oluşturulması.



Şekil 4.18: Kırmızı hattın isimlendirilmesi ve çizilmesi.

Ölçümü yapılan yolun verileriyle çizilen kırmızı hatta göre, ilk 100,00 m boyunca %0,95 iniş eğimi, (1+00) ve (2+00) istasyonları arasında 100, m boyunca %6,03 iniş eğimi, (2+00) ve (2+40) istasyonları arasında 40,00 m boyunca %7,42 iniş eğimi, (2+40) ve (2+70) istasyonları arasında 30,00 m boyunca %10,15 iniş eğimi, (2+70) ve (3+00) istasyonları arasında 30,00 m boyunca %2,09 iniş eğimi, (3+00) ve (3+40) istasyonları arasında 40,00 m boyunca %6,52 iniş eğimi, (3+40) ve (4+00) istasyonları arasında 60,00 m boyunca %7,91 iniş eğimi, son olarak (4+00) ve (4+19) istasyonları arasında 18,64 m boyunca %12,50 iniş eğimi bulunmuştur.

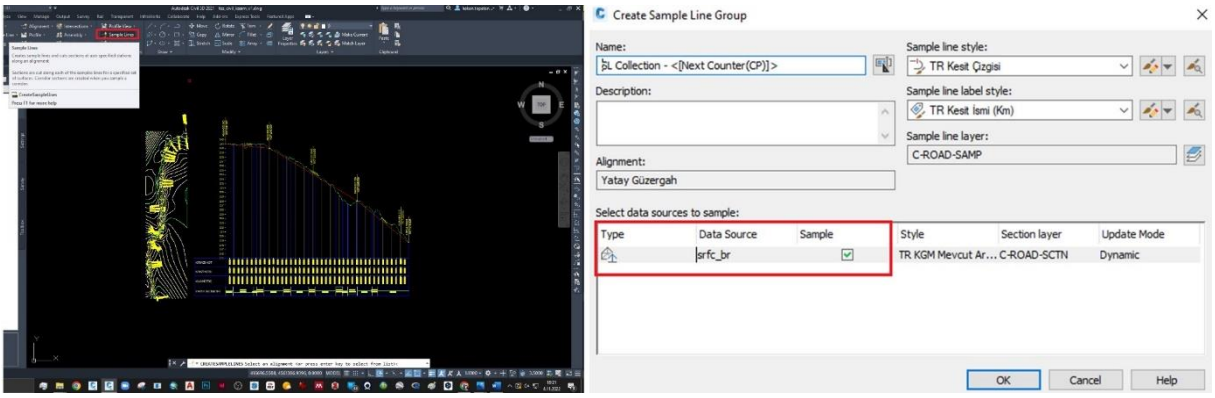
Kırmızı hattın eğimleri incelendiğinde, ilk 100,00 m ve son 18,64 m boyunca olan eğimler 292 sayılı tebliğde verilen eğimlere uymamaktadır (Şekil 4.22).



Şekil 4.19: Kırmızı hat eklendikten sonra boykesitin görüntüsü.

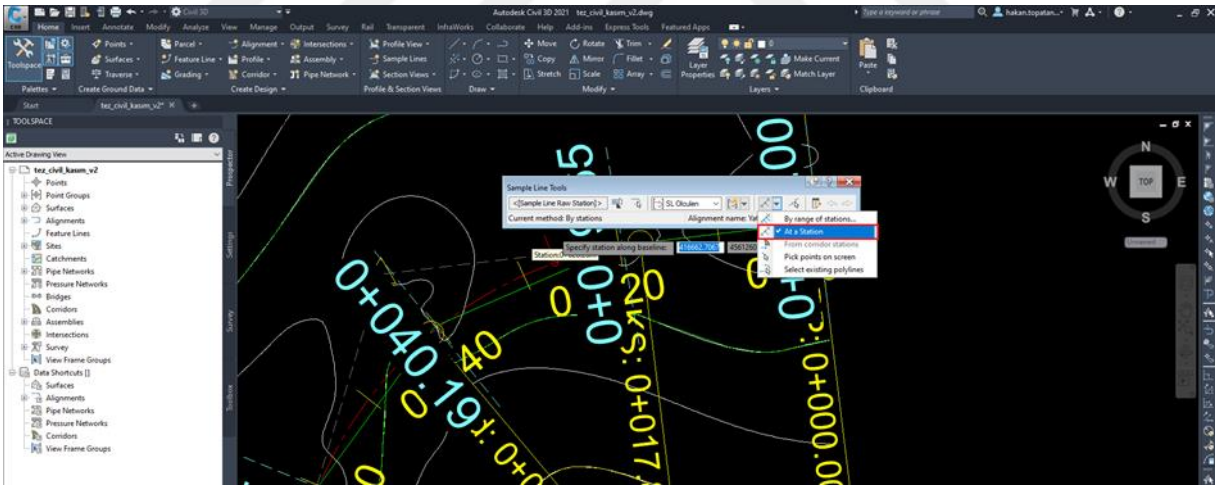
3D yöntemle üretilen boykesiti, daha önceki kısımda geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacim değerleri ile karşılaştırılabilecek forma getirmek için, yazılımda oluşturulacak kesitlerin geleneksel yöntemde kullanılan enkesitler ile aynı koordinatlarda (kazıkta) olması gerekmektedir. Autodesk Civil 3D programında enkesitler belirli aralık değerleri ile otomatik (By range of stations) tanımlanabildiği gibi, yatay güzergah üzerinde istenen noktalara tıklanarak manuel (At a Station) olarak da oluşturulabilir.

Bu gaye ile, arazi çalışmaları sırasında belirlenen ve ölçümü yapılan istasyonlarda enkesitlerin oluşturulması için “Home/Profile & Section Views/Sample Lines” fonksiyonu kullanılarak yatay güzergah seçilir. Açılan pencerede gerekli ayarlar yapıldıktan ve “Select data sources to sample” altında araziye ait yükseklik modelinin yer aldığından emin olduktan sonra “OK” butonuna basılarak yeni bir “Sample Line” grubu tanımlanır (Şekil 4.20).



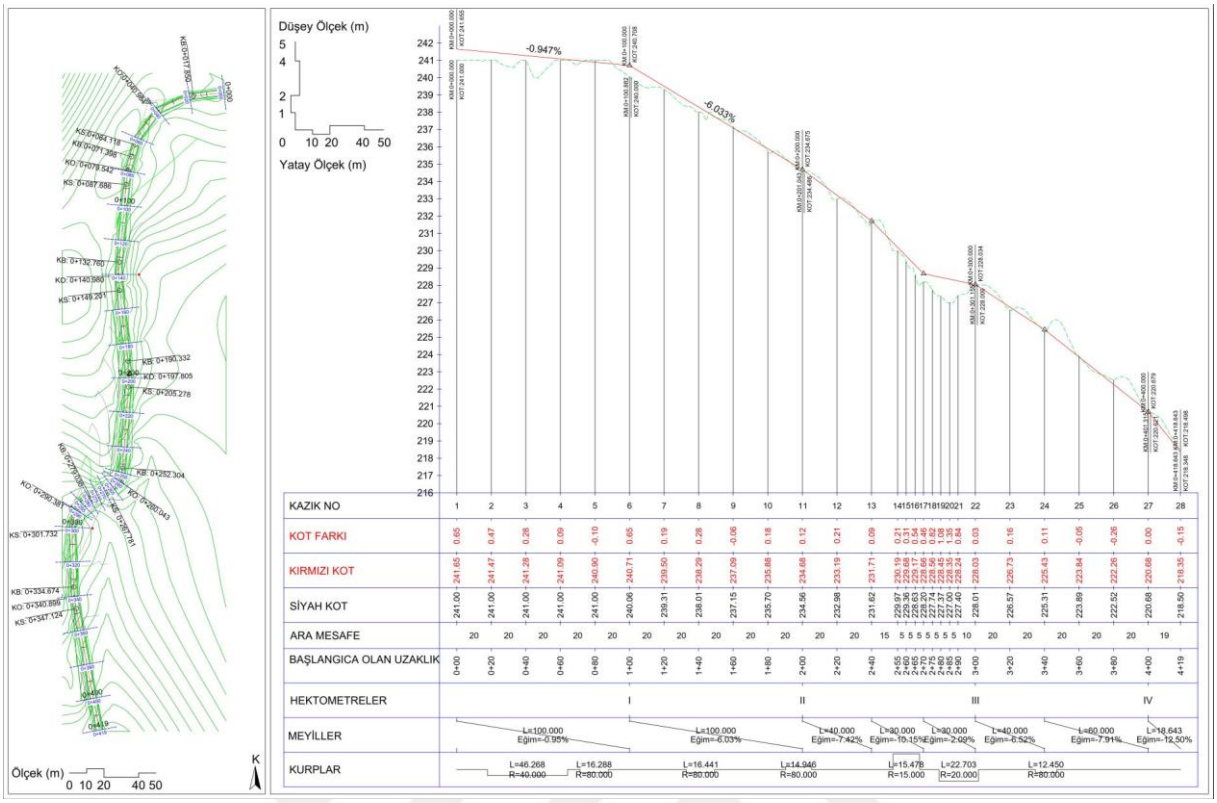
Şekil 4.20: Enkesit grubunun oluşturulması.

Bir sonraki aşamada arazide ölçülen enkesitlerin eklenmesi için "Sample Line Tools" araç çubuğunda ilgili menü altından "At a Station" fonksiyonu ile yatay güzergah üzerinde tıklama yapılarak enkesitler manuel olarak eklenir (Şekil 4.21). Platform genişliği fazla olmayan ormaniçi yollar için yapım alanı genişliğinin, belirlenen enkesit noktalarında sağa ve sola olmak üzere her iki tarafa 10'ar m alınması yeterli olur (Bayoğlu, 1997). Bu sebeple belirlenen noktalara tıklandıktan sonra sağa ve sola olan mesafe değerleri 10 m girilmiştir.



Şekil 4.21: Enkesitlerin manuel eklenmesi.

Bu işlemde geleneksel metotlarda kullanıldığı gibi, aliymanlarda 20 m aralıklarla, kurplarda ise kurp yarıçapına göre 5, 10, 15 m aralıklarla olmak üzere toplamda 28 enkesit eklenmiştir. Enkesitlerin eklenmesinden sonra daha önceki aşamalarda bahsedilen yöntem vasıtasıyla boykesit görünümü değiştirilip orman yollarında kullanılan boykesit tipine (Bayoğlu, 1997) güncellenmiştir (Şekil 4.22).



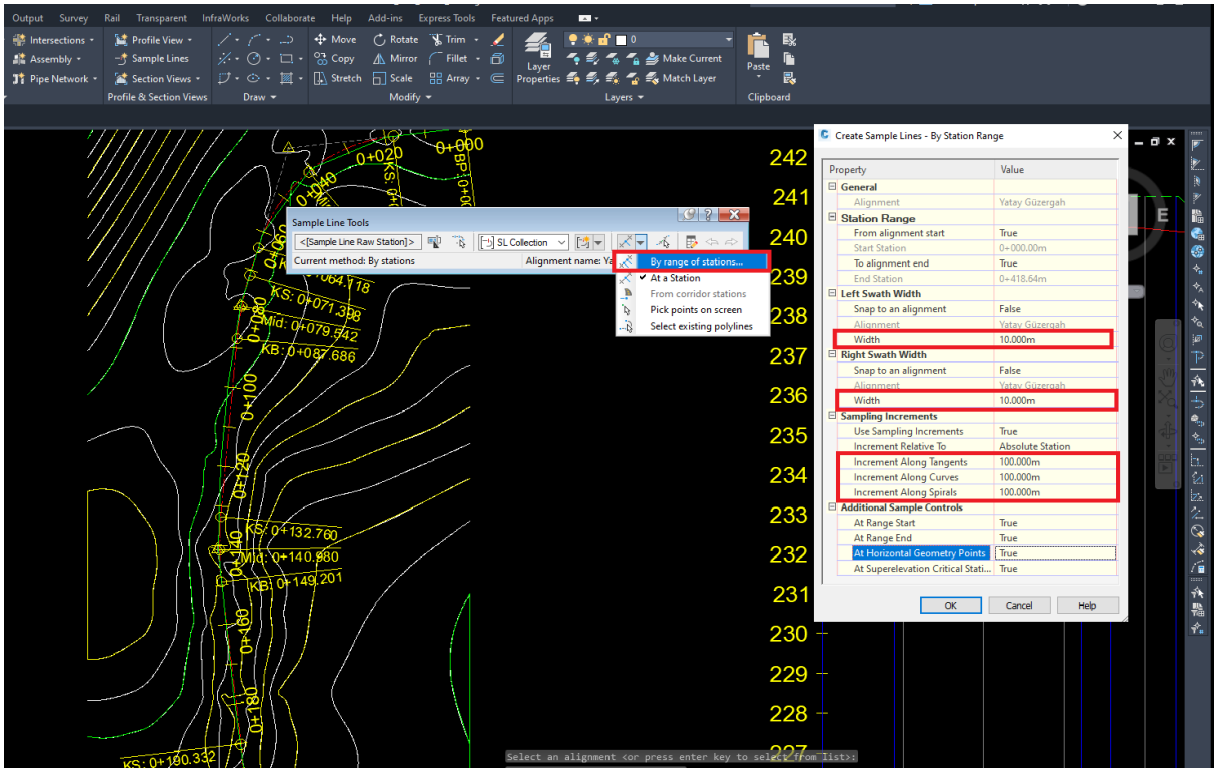
Şekil 4.22: Manuel yöntemle eklenen enkesitlerin ve güncellenen boykesitin görüntüsü.

"At a station" fonksiyonu ile manuel olarak enkesitler eklendiğinde, siyah kot değerleri en fazla 241,00 m, en az 218,50 m ve ortalama 231,63 m olmuştur. Kırmızı kot değerleri en fazla 241,65 m, en az 218,35 m ve ortalama 231,93 m olmuştur. Kot farkı değerleri, en fazla 1,35 m, en az 0,03 m ve ortalama 0,31 m bulunmuştur. Uzunluğu 419 m olan yolda, enkesitler arasındaki mesafe en fazla 20,00 m, en az 5,00 m ve ortalama 15,51 m olmuştur. Kırmızı hattın eğimi ise, en fazla %12,50 iniş, en az %0,95 iniş ve ortalama %5,57 iniş olarak hesaplanmıştır. Kazık numaralarına göre eğimlere bakıldığında, 1-6 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %0,95 iniş eğimi, 6-11 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %6,03 iniş eğimi, 11-13 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %7,42 iniş eğimi, 13-17 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %10,15 iniş eğimi, 17-22 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %2,09 iniş eğimi, 22-24 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %6,52 iniş eğimi, 24-27 numaralı kazıklar arasında 60,00 m boyunca %7,91 iniş eğimi, son olarak117, 488 27-28 numaralı kazıklar arasında 18,64 m boyunca %12,50 iniş eğimi bulunmuştur. 6, 11, 13, 17, 22, 24 ve 27 numaralı kazıklarda eğim değişmiş, 27 numaralı kazıkta siyah kot ile kırmızı kot birbirine eşit olduğundan kot farkları 0,00 m olmuştur (Tablo 4.20, Ek 30).

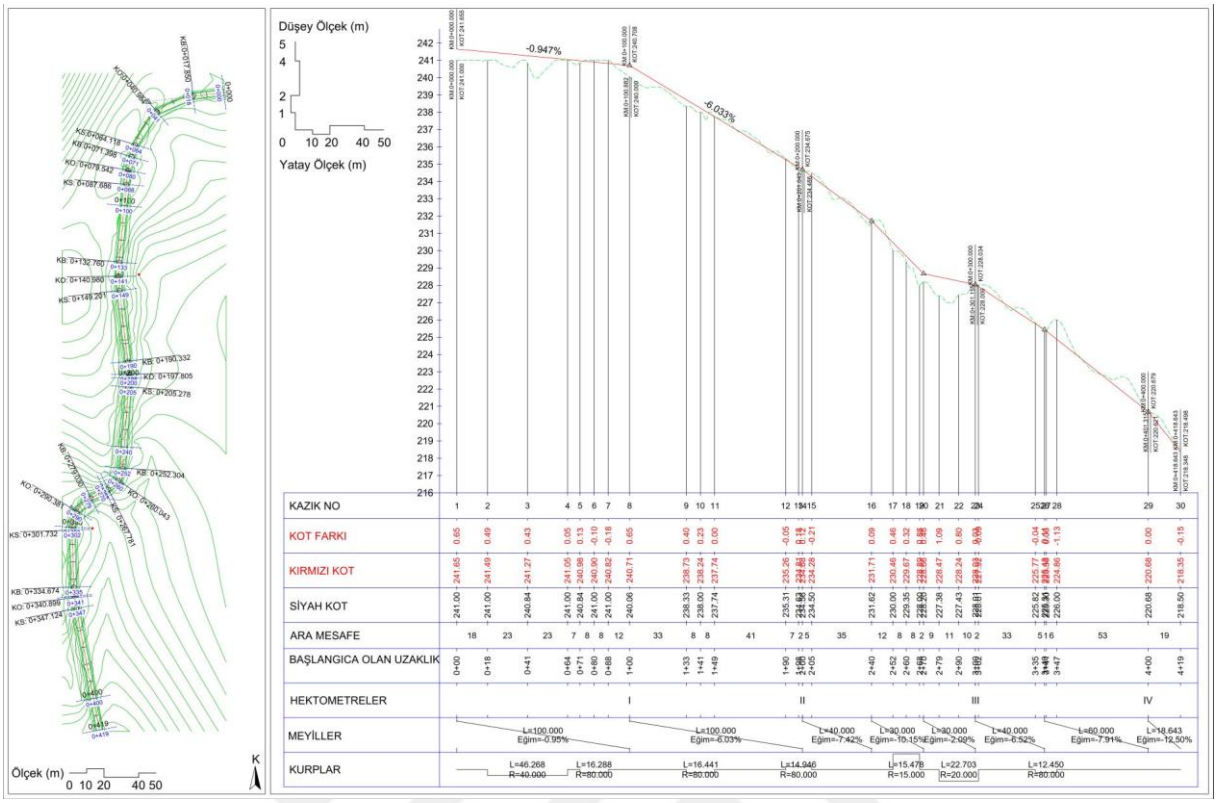
Tablo 4.20: Civil 3D yazılımında “At a station” yöntemi ile manuel olarak eklenen enkesitlere ait veriler (özet).

Kazık Sayısı:28	**Siyah Kot (m)**	**Kırmızı Kot (m)**	**Kot Farkı (m)**	**Ara Mesafe (m)**	**Meyiller (%)**
Ortalama	231,63	231,93	0,31	15,51	-5,57
En fazla	241,00	241,65	1,35	20,00	-12,50
En az	218,50	218,35	0,03	5,00	-0,95

Bir sonraki aşamada belirli aralıklarla enkesitlerin eklenmesi için “Sample Line Tools” araç çubuğunda ilgili menü altından “By range of stations” tıklanarak açılan pencerede gerekli düzenlemeler yapılarak onaylanır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23: Enkesitlerin oluşturulması.



Şekil 4.24: "By range of stations" fonksiyonu ile eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü.

Bu yöntemle başlangıç noktası, eğim değişim noktaları, kurp baş (KB), kurp orta (KO), kurp son (KS), hektometreler ve bitiş noktasında enkesitler otomatik olarak oluşturulmuş olup, toplam enkesit sayısı 30 olarak bulunmuştur (Şekil 4.24).

"By range of stations" fonksiyonu ile otomatik olarak enkesitler eklendiğinde, siyah kot değerleri en fazla 241,00 m, en az 218,50 m ve ortalama 232,65 m olmuştur. Kırmızı kot değerleri en fazla 241,65 m, en az 218,35 m ve ortalama 232,84 m olmuştur. Kot farkı değerleri, en fazla 1,13 m, en az 0,03 m ve ortalama 0,26 m bulunmuştur. Uzunluğu 419 m olan yolda, enkesitler arasındaki mesafe en fazla 52,88 m, en az 1,00 m ve ortalama 14,44 m olmuştur. Kırmızı hattın eğimi ise, en fazla %12,50 iniş, en az %0,95 iniş ve ortalama %5,57 iniş olarak hesaplanmıştır. Kazık numaralarına göre eğimlere bakıldığında, 1-8 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %0,95 iniş eğimi, 8-13 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %6,03 iniş eğimi, 13-16 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %7,42 iniş eğimi, 16-20 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %10,15 iniş eğimi, 20-23 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %2,09 iniş eğimi, 23-26 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %6,52 iniş eğimi, 26-29 numaralı kazıklar arasında 60,00 m boyunca %7,91 iniş eğimi, son olarak 29-30 numaralı kazıklar arasında 18,64 m boyunca %12,50 iniş eğimi bulunmuştur. 8, 13, 16, 20, 23,

26 ve 29 numaralı kazıklarda eğim değişmiş, 11 ve 29 numaralı kazıkta siyah kot ile kırmızı kot birbirine eşit olduğundan kot farkları 0,00 m olmuştur (Tablo 4.21, Ek 31).

Tablo 4.21: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen enkesitlere ait veriler (özet).

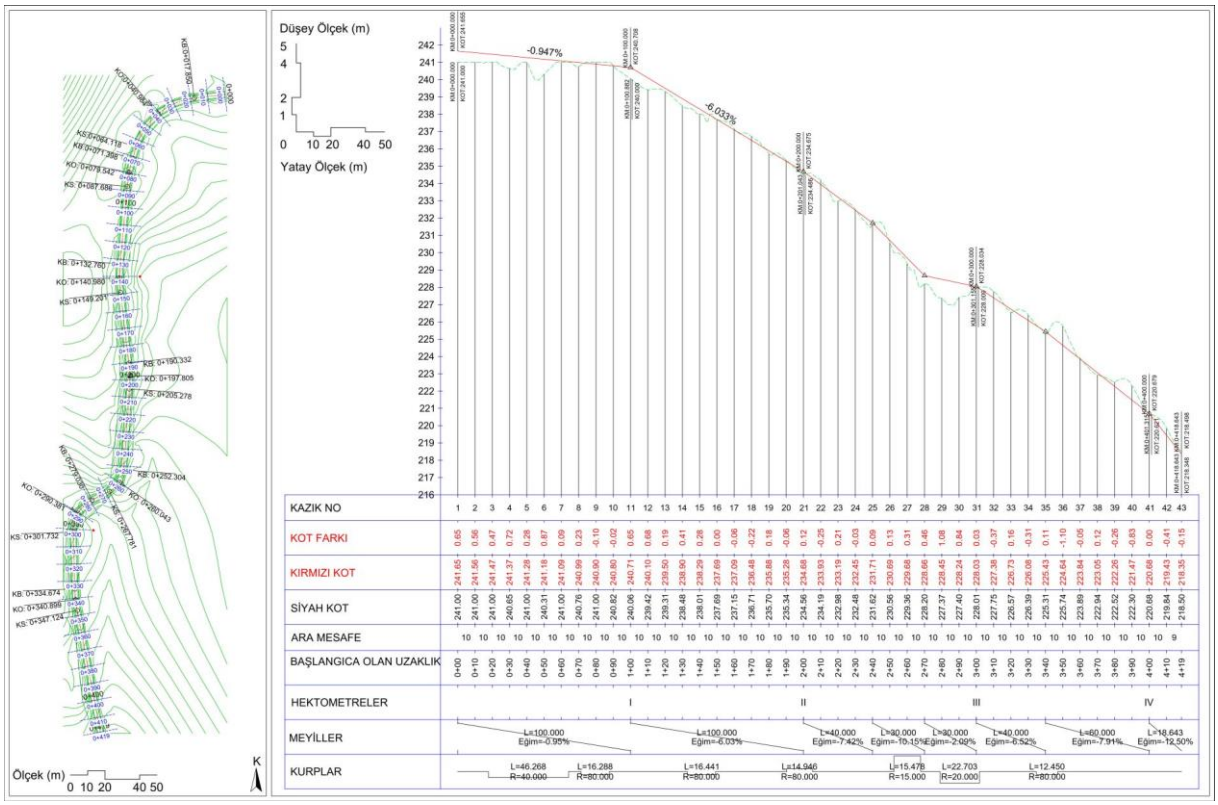
Kazık Sayısı:30	**Siyah Kot (m)**	**Kırmızı Kot (m)**	**Kot Farkı (m)**	**Ara Mesafe (m)**	**Meyiller (%)**
Ortalama	232,65	232,84	0,26	14,44	-5,57
En fazla	241,00	241,65	1,13	52,88	-12,50
En az	218,50	218,35	0,03	1,00	-0,95

By range of station yöntemi ile sabit aralıklarla enkesitlerin eklenmesi de mümkündür. Bu amaçla 10 m sabit aralıkla enkesitler otomatik olarak oluşturulmuş olup, toplam enkesit sayısı 43 olarak bulunmuştur (Şekil 4.25)

"By range of stations" fonksiyonu ile otomatik olarak 10 m sabit aralıklı enkesitler eklendiğinde, siyah kot değerleri en fazla 241,00 m, en az 218,50 m ve ortalama 232,69 m olmuştur. Kırmızı kot değerleri en fazla 241,65 m, en az 218,35 m ve ortalama 232,82 m olmuştur. Kot farkı değerleri, en fazla 1,08 m, en az 0,02 m ve ortalama 0,13 m bulunmuştur. Uzunluğu 419 m olan yolda, enkesitler arasındaki mesafe en fazla 10,00 m, en az 8,64 m ve ortalama 9,97 m olmuştur. Kırmızı hattın eğimi ise, en fazla %12,50 iniş, en az %0,95 iniş ve ortalama %5,57 iniş olarak hesaplanmıştır. Kazık numaralarına göre eğimlere bakıldığında, 1-11 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %0,95 iniş eğimi, 11-21 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %6,03 iniş eğimi, 21-25 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %7,42 iniş eğimi, 25-28 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %10,15 iniş eğimi, 28-31 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %2,09 iniş eğimi, 31-35 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %6,52 iniş eğimi, 35-41 numaralı kazıklar arasında 60,00 m boyunca %7,91 iniş eğimi, son olarak 41-43 numaralı kazıklar arasında 18,64 m boyunca %12,50 iniş eğimi bulunmuştur. 11, 21, 25, 28, 31, 35 ve 41 numaralı kazıklarda eğim değişmiş, 16 ve 41 numaralı kazıkta siyah kot ile kırmızı kot birbirine eşit olduğundan kot farkları 0,00 m olmuştur (Tablo 4.22, Ek 32).

Tablo 4.22: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 10 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler (özet).

Kazık Sayısı:30	**Siyah Kot (m)**	**Kırmızı Kot (m)**	**Kot Farkı (m)**	**Ara Mesafe (m)**	**Meyiller (%)**
Ortalama	232,69	232,82	0,13	9,97	-5,57
En fazla	241,00	241,65	1,08	10,00	-12,50
En az	218,50	218,35	0,02	8,64	-0,95



Şekil 4.25: "By range of stations" fonksiyonu ile 10 m sabit aralıkla eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü.

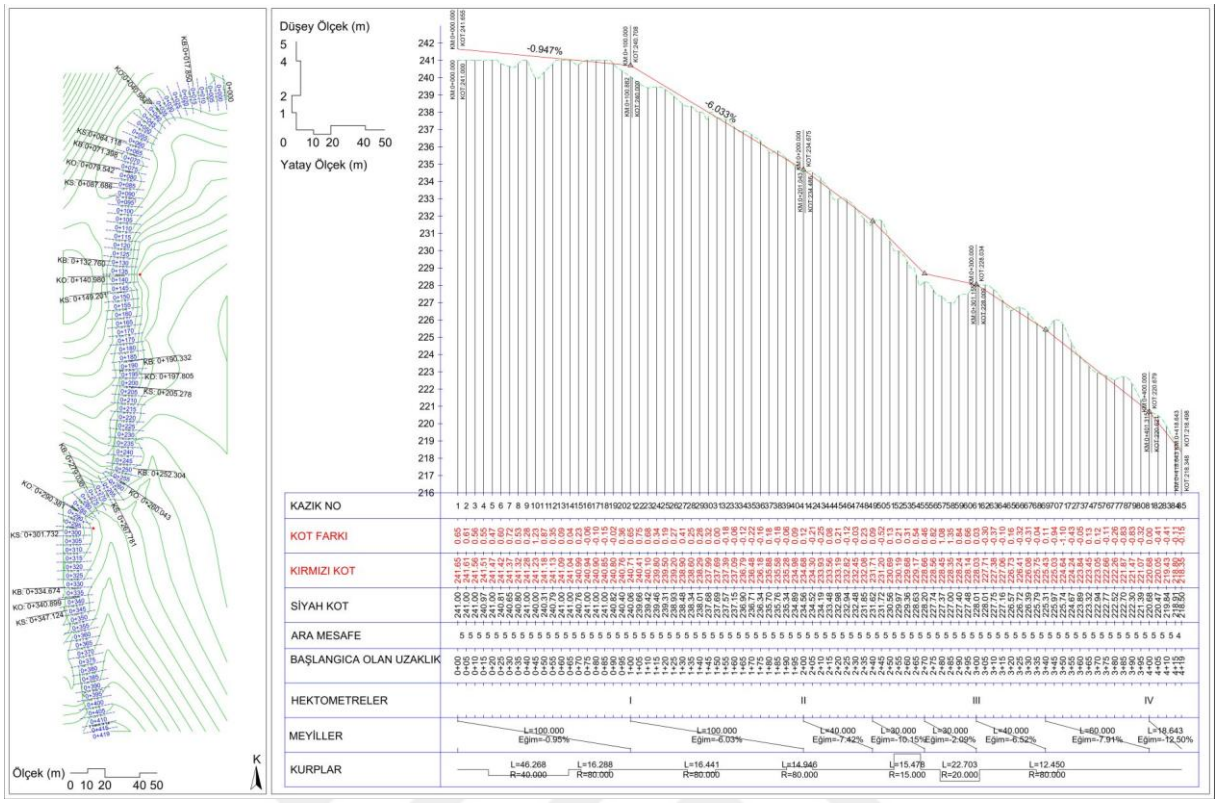
By range of station yöntemi ile 5 m sabit aralıkla enkesitler otomatik olarak oluşturulmuş olup, toplam enkesit sayısı 85 olarak bulunmuştur (Şekil 4.26).

"By range of stations" fonksiyonu ile otomatik olarak 5 m sabit aralıklı enkesitler eklendiğinde, siyah kot değerleri en fazla 241,00 m, en az 218,50 m ve ortalama 232,73 m olmuştur. Kırmızı kot değerleri en fazla 241,65 m, en az 218,35 m ve ortalama 232,85 m olmuştur. Kot farkı değerleri, en fazla 1,35 m, en az 0,02 m ve ortalama 0,12 m bulunmuştur. Uzunluğu 419 m olan yolda, enkesitler arasındaki mesafe en fazla 5,00 m, en az 3,64 m ve ortalama 4,98 m olmuştur. Kırmızı hattın eğimi ise, en fazla %12,50 iniş, en az %0,95 iniş ve ortalama %5,57 iniş olarak

hesaplanmıştır. Kazık numaralarına göre eğimlere bakıldığında, 1-21 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %0,95 iniş eğimi, 21-41 numaralı kazıklar arasında 100,00 m boyunca %6,03 iniş eğimi, 41-49 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %7,42 iniş eğimi, 49-55 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %10,15 iniş eğimi, 55-61 numaralı kazıklar arasında 30,00 m boyunca %2,09 iniş eğimi, 61-69 numaralı kazıklar arasında 40,00 m boyunca %6,52 iniş eğimi, 69-81 numaralı kazıklar arasında 60,00 m boyunca %7,91 iniş eğimi, son olarak 81-85 numaralı kazıklar arasında 18,64 m boyunca %12,50 iniş eğimi bulunmuştur. 21, 41, 49, 55, 61, 69 ve 81 numaralı kazıklarda eğim değişmiş, 31 ve 81 numaralı kazıkta siyah kot ile kırmızı kot birbirine eşit olduğundan kot farkları 0,00 m olmuştur (Tablo 4.23, Ek 33).

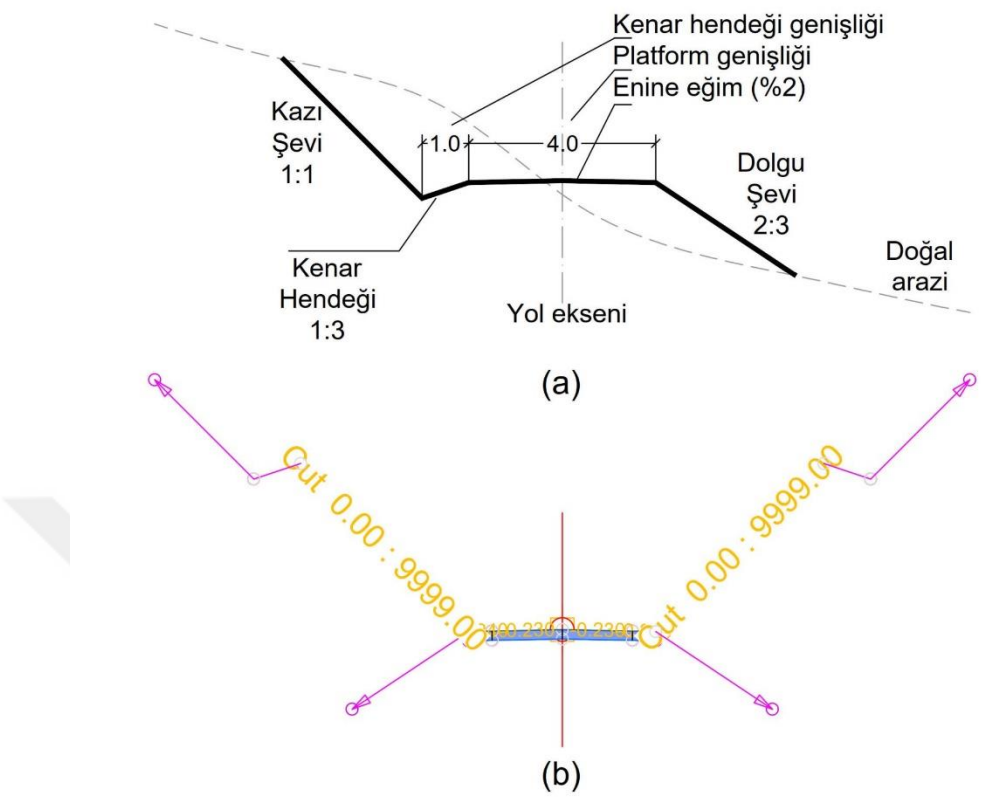
Tablo 4.23: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 5 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler (özet).

Kazık Sayısı:85	**Siyah Kot (m)**	**Kırmızı Kot (m)**	**Kot Farkı (m)**	**Ara Mesafe (m)**	**Meyiller (%)**
Ortalama	232,73	232,85	0,12	4,98	-5,57
En fazla	241,00	241,65	1,35	5,00	-12,50
En az	218,50	218,35	0,02	3,64	-0,95



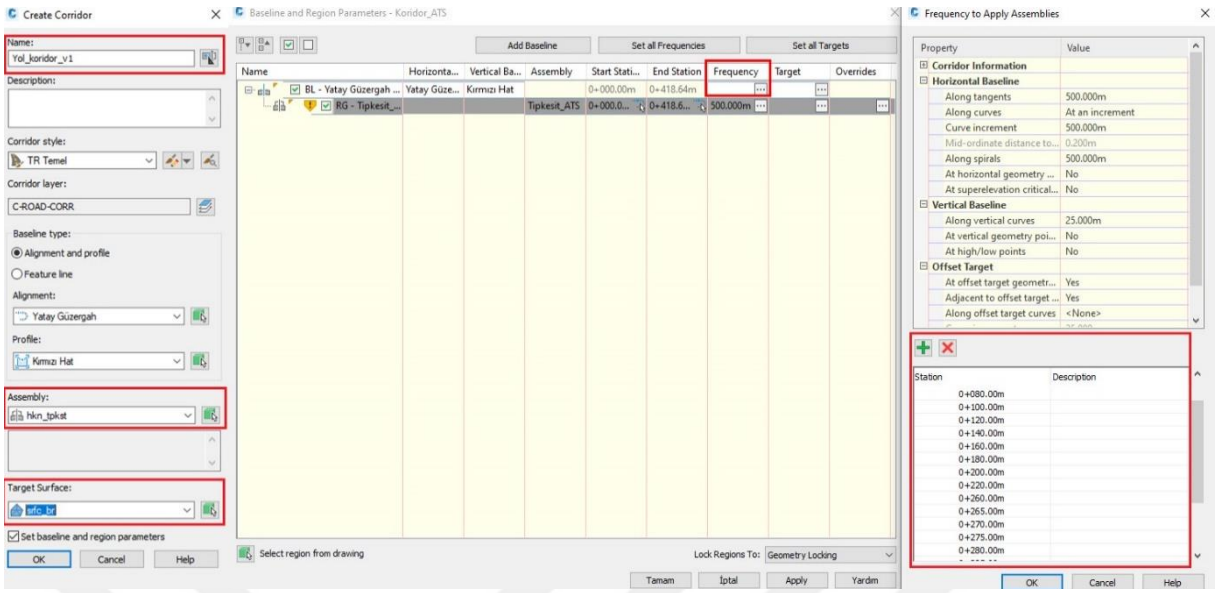
Şekil 4.26: "By range of stations" fonksiyonu ile 5 m sabit aralıkla eklenen enkesitler ve boykesitin görünümü

Boykesit tamamlandıktan sonra, koridor oluşturulması amacıyla tip enkesit oluşturulması aşamasına geçilir. Bu amaçla yazılımın arayüzünde "Home/Create Design/Assembly/Create Assembly" fonksiyonu kullanılarak, (OGM, 2008) tebliğinde verilen oranlara göre, kazı şevi eğimi 1:1, dolgu şevi eğimi 2:3, kenar hendeğinin eğimi 1:3, kenar hendeği genişliği 1,0 m, banket genişliği 0,5m, platform genişliği 4,0 m ve enine eğim %2 olacak şekilde tip enkesit oluşturulmuştur (Şekil 4.27).



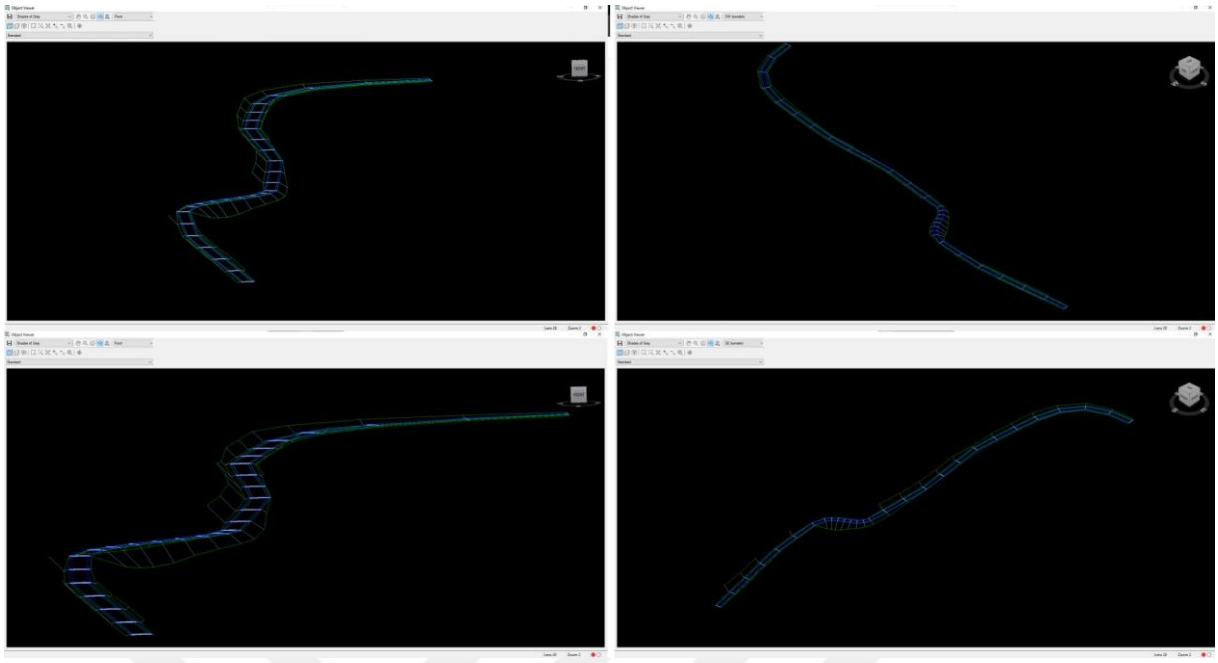
Şekil 4.27: Tip enkesit ölçüleri (a) ve Civil 3D yazılımında oluşturulan tip enkesit (b).

Tip enkesit oluşturulduktan sonra yine aynı sekme altından "Create Design/ Corridor/Corridor" fonksiyonu ile yol koridoru oluşturulur. Fonksiyon çalıştırıldıktan sonra açılan "Create Corridor" penceresinde, koridora isim verildikten sonra yatay güzergah ve kırmızı hattın tanımlı olmasına dikkat edilir. Daha önce oluşturulan tip kesit ve arazi yüzeyi de ilgili sekmeden seçilir ve onaylanır (Şekil 4.28).

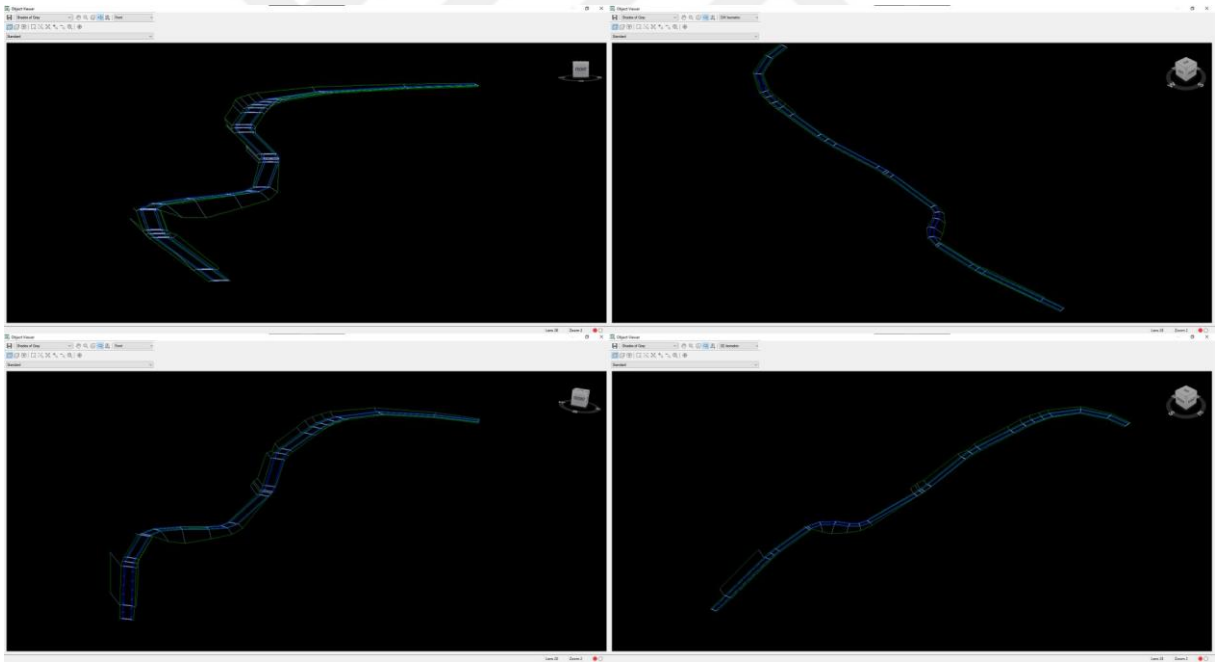


Şekil 4.28: Koridor oluşturma ve tip enkesitlerin manuel olarak eklenmesi.

Daha sonra açılan "Baseline and Region Parameters" penceresindeki "Frequency" sekmesi aracılığıyla tip enkesitlerin güzergah üzerinde geçeceği noktalara göre düzenleme yapılır. Düzenleme işleminde daha önce "At a station" fonksiyonu ile manuel olarak eklenen enkesitlerin (sample line) yardımıyla yatay güzergah üzerinde seçme yapılabildiği gibi aynı pencerede yer alan aralık değerleri değiştirilerek istenen aralıklarda otomatik olarak da tip enkesitler eklenebilir (Şekil 4.28). Enkesitler eklendiğinde koridor oluşmuş olur (Şekil 4.29, Şekil 4.30).

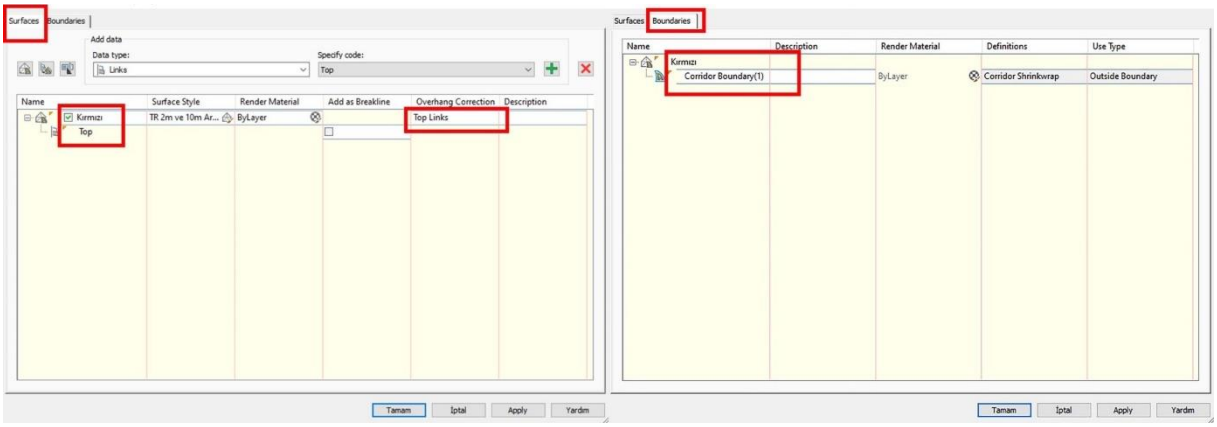


Şekil 4.29: Manuel olarak eklenen tip enkesitlerin oluşturduğu koridorun farklı açılardan görüntüleri



Şekil 4.30: Belirli sıklıklarda eklenen tip enkesitlerin oluşturduğu koridorun farklı açılardan görüntüleri.

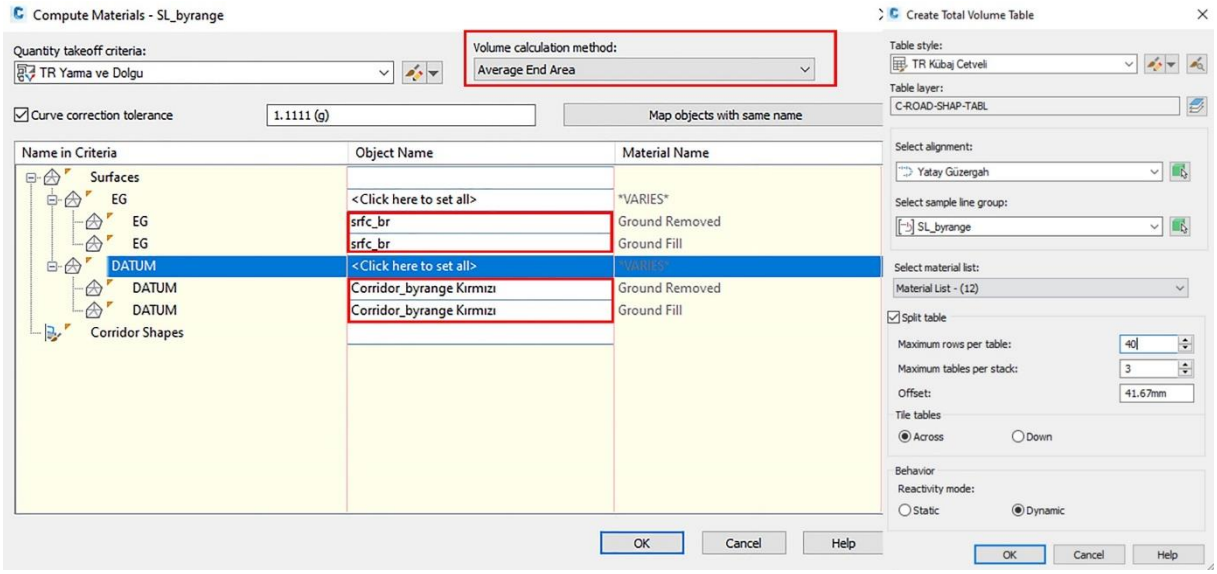
Koridor oluşturulduktan sonra hacim hesaplarını yapmak mümkün olur. Hacim hesaplarının yapılabilmesi için yüzey ayarlarının yapılması gerekir. Bu amaçla tip enkesitlerle oluşturulmuş olan koridor seçilir. Daha sonra şerit menüdeki “Corridor Surfaces” fonksiyonu aktifleştirilip Şekil 4.31‘de gösterilen değişiklikler yapılır.



Şekil 4.31: Kübaj hesapları için yüzeylerin düzenlenmesi.

Bu çalışmada yapılmış bir yolun yüzeyinden arazi ölçümleri yapıldığı için, malzeme yüksekliği kriteri göz önünde bulundurulmadan, yol yüzeyi kırmızı kot değerine göre "Top" seçeneği ile düzenlenmiştir.

Yüzeylerin düzenlenmesi işleminden sonra "Analyze" sekmesi altındaki "Compute Materials" fonksiyonu aktifleştirilir. Açılan pencerede yatay güzergah ve önceden oluşturulan "Sample line group" seçilir. Şekil 4.32'de belirtilen düzenlemeler yapıldıktan sonra yine "Analyze" sekmesi altındaki "Total Volume Table" fonksiyonu ile hacim hesaplama işlemi tamamlanır.



Şekil 4.32: Kübaj hesabı için yapılan düzenlemeler.

Tez çalışması kapsamında 3D yöntemle onbir farklı hacim hesabı yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan yöntemler numaralandırılmıştır (Tablo 4.24). Numaralandırma işleminde, enkesit oluşturma fonksiyonu, enkesit aralıkları, enkesit sayıları ve Civil 3D yazılımındaki hacim

hesaplama yöntemleri dikkate alınarak kodlama yapılmıştır. Kodlamadaki ilk karakter (3) üç boyutlu yöntemi, ikinci ve üçüncü karakterler (As / Br) enkesit oluşturma fonksiyonunu (At a station / By range of stations), sonraki (M / O / 10m / 5m / 1m) karakterler sırasıyla Manuel / Otomatik / 10 m sabit aralık / 5 m sabit aralık / 1m sabit aralık olmak üzere enkesit aralıklarını, sonraki sayı karakterleri (28/30/43/85/420) enkesit sayısını, son harf karakteri ise (A/P) sırasıyla Average End Area / Prismoidal olmak üzere hacim hesaplama yöntemini göstermektedir.

Yöntem 3AsM28A ve 3AsM28P'de manuel olarak eklenen enkesitler, yöntem 3BrO30A ve 3BrO30P'de kurp baş, kurp orta, kurp son, hektometreler ve düşey geometri (eğim değişim noktaları) dikkate alınarak otomatik eklenen enkesitler, yöntem 3Br10m43A ve 3Br10m43P'de 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitler, yöntem 3Br5m85A ve 3Br5m85P'de 5 m sabit aralıklarla eklenen enkesitler, yöntem 3Br1m420A ve 3Br1m420P'de 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitler Civil 3D yazılımında "Average End Area" ve "Prismoidal" hacim hesaplama yöntemleriyle hesaplanmıştır. Son olarak enkesit aralıkları 1 m olan 3Br1m420A ve 3Br1m420P yöntemlerinin ortalaması alınarak, Contreras ve diğ. (2012) çalışmalarında olduğu gibi 1 m enkesit aralığıyla hesaplanan hacim değerinin gerçeğe en yakın değer olduğu varsayılarak 3Br1m420K (kontrol) yöntemi oluşturulmuştur.

Tablo 4.24: Civil 3D yazılımında hesaplanan hacimler için oluşturulan yöntem numaralandırılması.

Yöntem No	Enkesit Fonksiyonu	Enkesit Aralıkları	Enkesit Sayısı	Hacim Yöntemi
3AsM28A	At a Station	Araziden ölçülen enkesitlerin manuel olarak eklenmesi	28	Average End Area
3AsM28P	At a Station	Araziden ölçülen enkesitlerin manuel olarak eklenmesi	28	Prismoidal
3BrO30A	By range of stations	Kurp Noktaları (KB-KO-KS), Hektometreler (HM), Eğim Değişim Noktaları (DG)	30	Average End Area
3BrO30P	By range of stations	Kurp Noktaları (KB-KO-KS), Hektometreler (HM), Eğim Değişim Noktaları (DG)	30	Prismoidal
3Br10m43A	By range of stations	10 m sabit aralık	43	Average End Area
3Br10m43P	By range of stations	10 m sabit aralık	43	Prismoidal
3Br5m85A	By range of stations	5 m sabit aralık	85	Average End Area
3Br5m85P	By range of stations	5 m sabit aralık	85	Prismoidal
3Br1m420A	By range of stations	1 m sabit aralık	420	Average End Area
3Br1m420P	By range of stations	1 m sabit aralık	420	Prismoidal
3Br1m420K	By range of stations	1 m sabit aralık	420	Average End Area-Prismoidal

KB: Kurp Baş, **KO:** Kurp Orta, **KS:** Kurp Son, **HM:** Hektometre, **DG:** Düşey Geometri (Eğim değişim noktaları)

Çalışmanın bu aşamasında Tablo 4.24'te verilen yöntemlerin bulguları, enkesit sayıları eşit olan yöntemlerin özet tabloları ortak olarak bu kısımda, detaylı verileri ise ayrı ve ayrıntılı olarak ekler kısmında verilmiştir. Özet verilen tablolarda; enkesit sayıları, ara mesafe, kazı alanı, dolgu alanı değerleri eşit olduğundan ortak, hacim yöntemine göre değişiklik gösteren kazı, dolgu ve net hacim değerleri ise ayrı verilmiştir.

4.2.2.1. Manuel Olarak Alınan Enkesitlerin Hesaplanan Hacimleri

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı birinci yöntemde (3AsM28A) enkesitler, "At a station" fonksiyonu ile arazi çalışmalarında ölçümü yapılan enkesit noktaları dikkate alınarak manuel olarak oluşturulmuştur. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Average End Area" yöntemi uygulanmıştır. 3AsM28A'ya göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.25'te, detayı Ek 36'da verilmiştir.

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı ikinci yöntemde (3AsM28P) enkesitler, "At a station" fonksiyonu ile arazi çalışmalarında ölçümü yapılan enkesit noktaları dikkate alınarak manuel olarak oluşturulmuştur. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntem uygulanmıştır. 3AsM28P'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.25'te, detayı Ek 37'de verilmiştir.

Tablo 4.25: At a station fonksiyonu ile arazide ölçümü yapılan istasyon noktaları dikkate alınarak eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3AsM28A) ve Prismoidal (3AsM28P) yöntemle hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3AsM28A / 3AsM28P									
Kazık Sayısı:28	**Ara Mesafe m**	**Kazı Alanı m²**	**Dolgu Alanı m²**	**Kazı Hacmi m³**		**Dolgu Hacmi m³**		**Net Hacim m³**	
				3AsM28A	**3AsM28P**	**3AsM28A**	**3AsM28P**	**3AsM28A**	**3AsM28P**
Toplam	418,64	39,06	55,71	637,87	612,40	550,86	523,08	87,01	89,32
Ortalama	15,51	1,40	1,99	22,78	21,87	19,67	18,68	3,11	3,19
En Fazla	20,00	5,32	10,61	88,73	88,57	52,25	51,94	84,70	85,27
En Az	5,00	0,31	0,02	1,78	1,04	1,79	1,59	3,19	3,49
Birim (1m)		0,09	0,13	1,52	1,46	1,32	1,25	0,21	0,21

Yöntem 3AsM28A ve 3AsM28P'ye göre 28 kazık noktası oluşturulmuştur. Bu kazıklardaki enkesitlerin arasındaki en fazla mesafe 20,00 m, en az mesafe 5,00 m ve enkesitler arasındaki ortalama mesafe ise 15,51 m'dir. Toplam kazı alanı 39,06 m^2, toplam dolgu alanı 55,71 m^2

hesaplanmıştır. Ortalama kazı / dolgu alanı sırasıyla 1,40 m^2 / 1,99 m^2 dir. En fazla kazı alanı 5,32 m^2, en fazla dolgu alanı 10,61 m^2, en az kazı alanı 0,31 m^2, en az dolgu alanı 0,02 m^2 bulunmuştur. 1-4, 6, 8, 16-21 numaralı kazıklarda kazı yokken, 5 numaralı kazıkta da dolgu yoktur. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 0,09 m^2/m, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 0,13 m^2/m'dir (Tablo 4.25, Ek 36, Ek 37).

Yöntem 3AsM28A' ya göre kümülatif kazı hacmi 637,87 m^3, kümülatif dolgu hacmi 550,86 m^3, net hacim ise 87,01 m^3'tür. Yani 87,01 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 88,73 m^3, en fazla dolgu hacmi 52,25 m^3, en az kazı hacmi 1,78 m^3, en az dolgu hacmi 1,79 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 22,78 m^3, ortalama dolgu hacmi 19,67 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 3,11 m^3 / 84,70 m^3 / 3,19 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 1,52 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,32 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,21 m^3/m'dir (Tablo 4.25, Ek 36).

Yöntem 3AsM28P'ye göre kümülatif kazı hacmi 612,40 m^3, kümülatif dolgu hacmi 523,08 m^3, net hacim ise 89,32 m^3'tür. Yani 89,32 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 88,57 m^3, en fazla dolgu hacmi 51,94 m^3, en az kazı hacmi 1,04 m^3, en az dolgu hacmi 1,59 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 21,87 m^3, ortalama dolgu hacmi 18,68 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 3,19 m^3 / 85,27 m^3 / 3,49 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 1,46 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,25 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,21 m^3/m'dir (Tablo 4.25, Ek 37).

4.2.2.2. Kurp Esas Noktalarına, Hektometrelere ve Düşey Geometri Noktalarına Göre Otomatik Oluşturulan Enkesitlerin Hacimleri

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı üçüncü yöntemde (3BrO30A) enkesitlerin otomatik olarak oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kurp esas noktaları (kurp baş, kurp orta, kurp son), hektometreler ve düşey geometri (eğim değişim noktaları) dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Average End Area" yöntemi uygulanmıştır. 3BrO30A'ya göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.26'da, detayı Ek 38'de verilmiştir.

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı dördüncü yöntemde (3BrO30P) enkesitlerin otomatik olarak oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kurp esas noktaları (kurp baş, kurp orta, kurp son), hektometreler ve düşey geometri (eğim

değişim noktaları) dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntem uygulanmıştır. 3BrO30P'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.26'da, detayı Ek 39'da verilmiştir.

Tablo 4.26: By range of stations fonksiyonu ile kurp baş, kurp orta, kurp son, hektometreler ve eğim değişim noktaları dikkate alınarak otomatik eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3BrO30A) ve Prismoidal (3BrO30P) yöntemle hesaplanan hacimleri.

	YÖNTEM 3BrO30A / 3BrO30P								
Kazık Sayısı:30	**Ara Mesafe m**	**Kazı Alanı m²**	**Dolgu Alanı m²**	**Kazı Hacmi m³**		**Dolgu Hacmi m³**		**Net Hacim m³**	
				3BrO30A	**3BrO30P**	**3BrO30A**	**3BrO30P**	**3BrO30A**	**3BrO30P**
Toplam	418,64	55,02	44,12	1116,46	1077,25	574,01	545,77	542,45	531,48
Ortalama	14,44	1,83	1,47	37,22	35,91	19,13	18,19	18,08	17,72
En Fazla	52,88	13,84	7,43	495,61	475,61	101,35	101,18	485,56	130,36
En Az	0,90	0,31	0,06	1,07	0,88	0,01	0,04	0,50	0,49
Birim (1m)		0,13	0,11	2,67	2,57	1,37	1,30	1,30	1,27

Yöntem 3BrO30A ve 3BrO30P'ye göre 30 kazık noktası oluşturulmuştur. Bu kazıklardaki enkesitlerin arasındaki en fazla mesafe 52,88 m, en az mesafe 0,90 m ve enkesitler arasındaki ortalama mesafe ise 14,44 m'dir. Toplam kazı alanı 55,02 m^2, toplam dolgu alanı 44,12 m^2 hesaplanmıştır. Ortalama kazı / dolgu alanı sırasıyla 1,83 m^2 / 1,47 m^2 dir. En fazla kazı alanı 13,84 m^2, en fazla dolgu alanı 7,43 m^2, en az kazı alanı 0,31 m^2, en az dolgu alanı 0,06 m^2 bulunmuştur. 1-4, 8, 10, 19, 20-22 numaralı kazıklarda kazı yokken, 6, 7, 24 ve 28 numaralı kazıklarda da dolgu yoktur. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 0,13 m^2/m, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 0,11 m^2/m'dir (Tablo 4.26, Ek 38, Ek 39).

Yöntem 3BrO30A'ya göre kümülatif kazı hacmi 1116,46 m^3, kümülatif dolgu hacmi 574,01 m^3, net hacim ise 542,45 m^3'tür. Yani 542,45 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 495,61 m^3, en fazla dolgu hacmi 101,35 m^3, en az kazı hacmi 1,07 m^3, en az dolgu hacmi 0,01 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 37,22 m^3, ortalama dolgu hacmi 19,13 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 18,08 m^3 / 485,56 m^3 / 0,50 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,67 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,37 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 1,30 m^3/m'dir (Tablo 4.26, Ek 38).

Yöntem 3BrO30P'ye göre kümülatif kazı hacmi 1077,26 m^3, kümülatif dolgu hacmi 545,80 m3, net hacim ise 531,48 m3'tür. Yani 531,48 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 475,61 m^3, en fazla dolgu hacmi 101,18 m^3, en az kazı hacmi 0,88 m^3, en az dolgu hacmi 0,04 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 35,91 m^3, ortalama dolgu hacmi 18,19 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 17,72 m^3 / 30,36 m^3 / 0,49 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,57 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,30 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 1,27 m^3/m'dir (Tablo 4.26, Ek 39).

4.2.2.3. 10 m Sabit Aralıklarla Oluşturulan Enkesitlerin Hacimleri

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı beşinci yöntemde (3Br10m43A) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 10 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Average End Area" yöntemi uygulanmıştır. 3Br10m43A'ya göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.27'de, detayı Ek 40'ta verilmiştir.

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı altıncı yöntemde (3Br10m43P) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 10 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntem uygulanmıştır. 3Br10m43P'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.27'de, detayı Ek 41'de verilmiştir.

Tablo 4.27: By range of stations fonksiyonu ile 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3Br10m43A) ve Prismoidal (3Br10m43P) yöntemle hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br10m43A / 3Br10m43P									
Kazık Sayısı:43	**Ara Mesafe m**	**Kazı Alanı m²**	**Dolgu Alanı m²**	**Kazı Hacmi m³**		**Dolgu Hacmi m³**		**Net Hacim m³**	
				3Br10m43A	**3Br10m43P**	**3Br10m43A**	**3Br10m43P**	**3Br10m43A**	**3Br10m43P**
Toplam	418,64	98,42	59,96	962,08	916,41	575,94	547,01	386,14	369,40
Ortalama	9,97	2,29	1,39	22,37	21,31	13,39	12,72	8,98	8,59
En Fazla	10,00	12,79	7,58	71,48	70,28	60,83	64,63	69,58	64,63
En Az	8,64	0,31	0,02	1,62	1,04	0,04	0,08	2,67	1,11
Birim (1m)		0,24	0,14	2,30	2,19	1,38	1,31	0,92	0,88

Yöntem 3Br10m43A ve 3Br10m43P'ye göre 43 kazık noktası oluşturulmuştur. Bu kazıklardaki enkesitlerin arasındaki en fazla mesafe 10,00 m, en az mesafe 8,64 m ve enkesitler arasındaki ortalama mesafe ise 9,97 m'dir. Toplam kazı alanı 98,42 m2, toplam dolgu alanı 59,96 m2 hesaplanmıştır. Ortalama kazı / dolgu alanı sırasıyla 2,29 m2 / 1,39 m2 dir. En fazla kazı alanı 12,79 m2, en fazla dolgu alanı 7,58 m2, en az kazı alanı 0,31 m2, en az dolgu alanı 0,02 m2 bulunmuştur. 1-7, 11, 12, 15, 28, 29 ve 30 numaralı kazıklarda kazı yokken, 9, 32, 36, 40 ve 42 numaralı kazıklarda da dolgu yoktur. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 0,24 m2/m, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 0,14 m2/m'dir (Tablo 4.27, Ek 40, Ek 41).

Yöntem 3Br10m43A'ya göre kümülatif kazı hacmi 962,08 m3, kümülatif dolgu hacmi 575,94 m3, net hacim ise 386,14 m3'tür. Yani 386,14 m3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 71,48 m3, en fazla dolgu hacmi 60,83 m3, en az kazı hacmi 1,62 m3, en az dolgu hacmi 0,04 m3'tür. Ortalama kazı hacmi 22,37 m3, ortalama dolgu hacmi 13,39 m3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 8,98 m3 / 69,58 m3 / 2,67 m3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,30 m3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,38 m3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,92 m3/m'dir (Tablo 4.27, Ek 40).

Yöntem 3Br10m43P'ye göre kümülatif kazı hacmi 916,41 m^3, kümülatif dolgu hacmi 547,01 m^3, net hacim ise 369,40 m^3'tür. Yani 369,40 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 70,28 m^3, en fazla dolgu hacmi 64,63 m^3, en az kazı hacmi 1,04 m^3, en az dolgu hacmi 0,08 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 21,31 m^3, ortalama dolgu hacmi 12,72 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 8,59 m^3 / 64,63 m^3 / 1,11 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,19 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,31 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,88 m^3/m'dir (Tablo 4.27, Ek 41).

4.2.2.4. 5 m Sabit Aralıklarla Oluşturulan Enkesitlerin Hacimleri

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı yedinci yöntemde (3Br5m85A) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 5 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Average End Area" yöntemi uygulanmıştır. 3Br5m85A'ya göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.28'de, detayı Ek 42'de verilmiştir.

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı sekizinci yöntemde (3Br5m85P) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 5 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntem uygulanmıştır. 3Br5m85P'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.28'de, detayı Ek 43'de verilmiştir.

Tablo 4.28: By range of stations fonksiyonu ile 5 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3Br5m85A) ve Prismoidal (3Br5m85P) yöntemle hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br5m85A / 3Br5m85P									
Kazık Sayısı:85	**Ara Mesafe m**	**Kazı Alanı m²**	**Dolgu Alanı m²**	**Kazı Hacmi m³**		**Dolgu Hacmi m³**		**Net Hacim m³**	
				3Br5m 85A	**3Br5m 85P**	**3Br5m 85A**	**3Br5m 85P**	**3Br5m 85A**	**3Br5m 85P**
Toplam	418,64	205,07	126,77	1009,41	997,14	617,04	609,47	392,37	387,67
Ortalama	4,98	2,41	1,49	11,88	11,73	7,26	7,17	4,62	4,56
En Fazla	5,00	12,79	10,61	64,12	63,27	42,80	45,28	64,12	63,27
En Az	3,64	0,22	0,02	0,59	0,37	0,05	0,03	1,04	0,77
Birim (1m)		0,49	0,30	2,41	2,38	1,47	1,46	0,94	0,93

Yöntem 3Br5m85A ve 3Br5m85P'ye göre 85 kazık noktası oluşturulmuştur. Bu kazıklardaki enkesitlerin arasındaki en fazla mesafe 5,00 m, en az mesafe 3,64 m ve enkesitler arasındaki ortalama mesafe ise 4,98 m'dir. Toplam kazı alanı 205,07 m^2, toplam dolgu alanı 126,77 m^2 hesaplanmıştır. Ortalama kazı / dolgu alanı sırasıyla 2,41 m^2 / 1,49 m^2 dir. En fazla kazı alanı 12,79 m^2, en fazla dolgu alanı 10,61 m^2, en az kazı alanı 0,22 m^2, en az dolgu alanı 0,02 m^2 bulunmuştur. 1-13, 20-23, 29 ve 54-60 numaralı kazıklarda kazı yokken, 17, 18, 62, 63, 70-72, 78, 79 ve 83 numaralı kazıklarda da dolgu yoktur. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 0,49 m^2/m, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 0,30 m^2/m'dir (Tablo 4.28, Ek 42, Ek 43).

Yöntem 3Br5m85A'ya göre kümülatif kazı hacmi 1009,41m^3, kümülatif dolgu hacmi 617,04 m^3, net hacim ise 392,37 m^3'tür. Yani 392,37 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 64,12 m^3, en fazla dolgu hacmi 42,80 m^3, en az kazı hacmi 0,59 m^3, en az dolgu hacmi 0,05 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 11,88 m^3, ortalama dolgu hacmi 7,26 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az

net hacim sırasıyla 4,62 m^3 / 64,12 m^3 / 1,04 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,41 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,47 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,94 m^3/m'dir (Tablo 4.28, Ek 42).

Yöntem 3Br5m85P'ye göre kümülatif kazı hacmi 997,14 m^3, kümülatif dolgu hacmi 609,47 m^3, net hacim ise 387,67 m^3'tür. Yani 387,67 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 63,27 m^3, en fazla dolgu hacmi 45,28 m^3, en az kazı hacmi 0,37 m^3, en az dolgu hacmi 0,03 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 11,73 m^3, ortalama dolgu hacmi 7,17 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 4,56 m^3 / 63,27 m^3 / 0,77 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,38 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,46 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,93 m^3/m'dir (Tablo 4.28, Ek 43).

4.2.2.5. 1 m Sabit Aralıklarla Oluşturulan Enkesitlerin Hacimleri

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı dokuzuncu yöntemde (3Br1m420A) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 1 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Average End Area" yöntemi uygulanmıştır. 3Br1m420A'ya göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.29'da, detayı Ek 44'te verilmiştir.

Hacim hesaplarının bilgisayar destekli olarak yapıldığı onuncu yöntemde (3Br1m420P) enkesitlerin oluşturulmasında, "By range of stations" fonksiyonu kullanılarak, kesitler arasında 1 m sabit aralık dikkate alınmıştır. Hacim hesaplamasında ise Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntem uygulanmıştır. 3Br1m420P'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.29'da, detayı Ek 45'te verilmiştir.

Son olarak 1 m enkesit aralıkları ile hesaplanan, 3Br1m420A ve 3Br1m420P yöntemlerinin ortalaması alınarak 3Br1m420K (kontrol) yöntemi oluşturulmuştur. 3Br1m420K'ye göre hesaplanan hacimlerin özeti Tablo 4.29'da, detayı Ek 46'da verilmiştir.

Tablo 4.29: By range of stations fonksiyonu ile 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average En Area (3Br1m420A), Prismoidal (3Br1m420P) ve Kontrol (3Br1m420K) yöntemleriyle hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br1m420A / 3Br1m420P / 3Br1m420K												
Kazık S:420	**Ara Mesafe m**	**Kazı Alanı m²**	**Dolgu Alanı m²**	**Kazı Hacmi m³**			**Dolgu Hacmi m³**			**Net Hacim m³**		
				3Br1m 420A	**3Br1m 420P**	**3Br1m 420K**	**3Br1m 420A**	**3Br1m 420P**	**3Br1m 420K**	**3Br1m 420A**	**3Br1m 420P**	**3Br1m 420K**
Toplam	418,64	1006,95	633,71	995,10	1003,36	999,23	623,78	630,92	627,35	371,32	372,44	371,88
Ortalama	1,00	2,40	1,51	2,37	2,39	2,38	1,49	1,50	1,49	0,88	0,89	0,89
En Fazla	1,00	13,83	10,98	13,82	13,82	13,82	10,15	10,79	10,47	13,82	13,82	13,82
En Az	0,64	0,22	0,01	0,11	0,07	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Birim (1m)		2,41	1,51	2,38	2,40	2,39	1,49	1,51	1,50	0,89	0,89	0,89

Yöntem 3Br1m420A, 3Br1m420P ve 3Br1m420K'ye göre 420 kazık noktası oluşturulmuştur. Bu kazıklardaki enkesitlerin arasındaki en fazla mesafe 1,00 m, en az mesafe 0,64 m ve enkesitler arasındaki ortalama mesafe ise 1,00 m'dir. Toplam kazı alanı 1006,95 m^2, toplam dolgu alanı 633,71 m^2 hesaplanmıştır. Ortalama kazı / dolgu alanı sırasıyla 2,40 m^2 / 1,51 m^2 dir. En fazla kazı alanı 13,83 m^2, en fazla dolgu alanı 10,98 m^2, en az kazı alanı 0,22 m^2, en az dolgu alanı 0,01 m^2 bulunmuştur. 1-65, 95-114, 140-144 ve 263-300 numaralı kazıklarda kazı yokken, 77-88, 178, 179, 302-313, 345-356, 382-395 ve 407-412 numaralı kazıklarda da dolgu yoktur. Birim uzunluğa düşen kazı-dolgu miktarlarına bakıldığında her 1 metre için (toplam alan/yol uzunluğu), toplam kazı alanının yol uzunluğuna oranı 2,41 m^2/m, yine toplam dolgu alanının yol uzunluğuna oranı ise 1,51 m^2/m'dir (Tablo 4.29, Ek 44, Ek 45, Ek 46).

Yöntem 3Br1m420A'ya göre kümülatif kazı hacmi 995,10 m^3, kümülatif dolgu hacmi 623,78 m^3, net hacim ise 371,32 m^3'tür. Yani 371,32 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 13,82 m^3, en fazla dolgu hacmi 10,15 m^3, en az kazı hacmi 0,11 m^3, en az dolgu hacmi 0,01 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 2,37 m^3, ortalama dolgu hacmi 1,49 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 0,88 m^3 / 13,82 m^3 / 0,01 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,38 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,49 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,89 m^3/m'dir (Tablo 4.29, Ek 44).

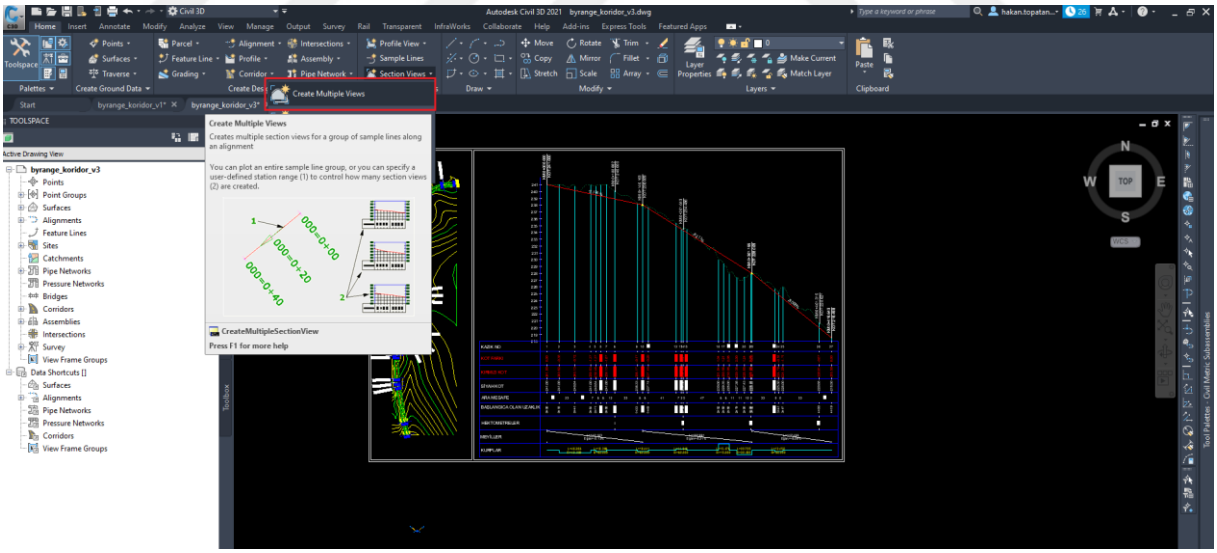
Yöntem 3Br1m420P'ye göre kümülatif kazı hacmi 1003,36 m^3, kümülatif dolgu hacmi 630,92 m^3, net hacim ise 372,44 m^3'tür. Yani 372,44 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 13,82

m^3, en fazla dolgu hacmi 10,79 m^3, en az kazı hacmi 0,07 m^3, en az dolgu hacmi 0,01 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 2,39 m^3, ortalama dolgu hacmi 1,50 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 0,89 m^3 / 13,82 m^3 / 0,01 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,40 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,51 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,89 m^3/m'dir (Tablo 4.29, Ek 45).

Kontrol yöntemi olan 3Br1m420K'ye göre kümülatif kazı hacmi 999,23 m^3, kümülatif dolgu hacmi 627,35 m^3, net hacim ise 371,88 m^3'tür. Yani 371,88 m^3 kazı fazlası vardır. En fazla kazı hacmi 13,82 m^3, en fazla dolgu hacmi 10,47 m^3, en az kazı hacmi 0,09 m^3, en az dolgu hacmi 0,01 m^3'tür. Ortalama kazı hacmi 2,38 m^3, ortalama dolgu hacmi 1,49 m^3' tür. Ortalama / en fazla / en az net hacim sırasıyla 0,89 m^3 / 13,82 m^3 / 0,01 m^3'tür. Toplam kazı hacminin yol uzunluğuna oranı 2,39 m^3/m, toplam dolgu hacminin yol uzunluğuna oranı 1,50 m^3/m'dir. Net hacmin yol uzunluğuna oranı ise 0,89 m^3/m'dir (Tablo 4.29, Ek 46).

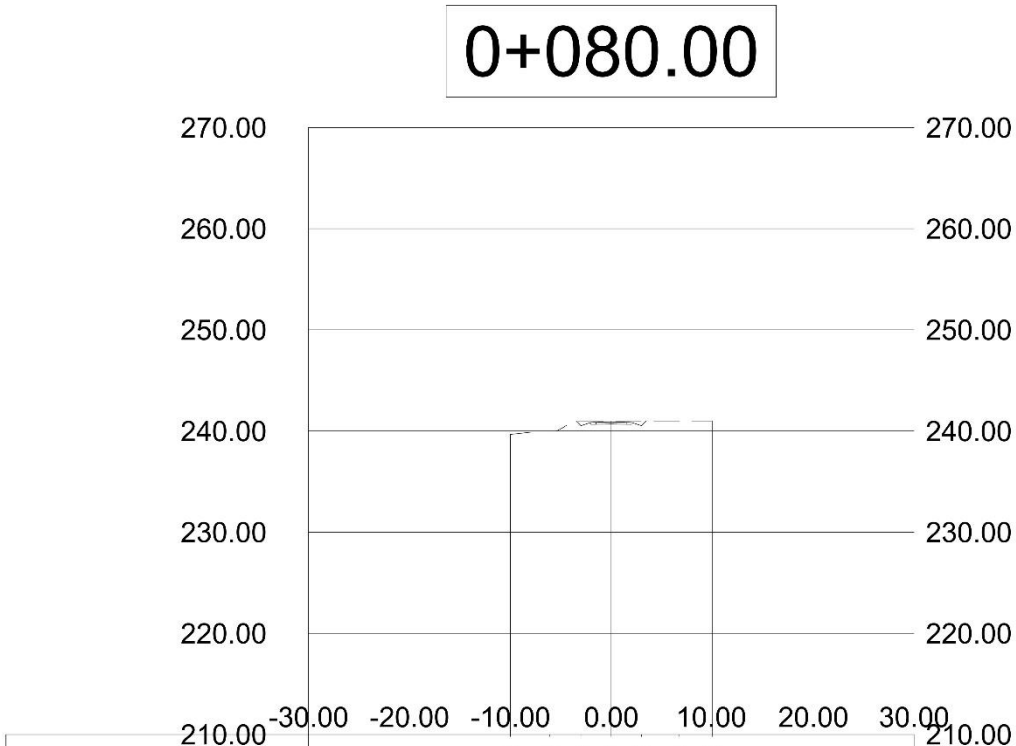
4.2.3. Enkesitlerin Çizdirilmesi

Kübaj hesaplarından sonra enkesitlerin çizdirilmesi aşamasına geçilir. Bunun için "Home/Section Views/Create Multiple Views" fonksiyonu kullanılır (Şekil 4.33).



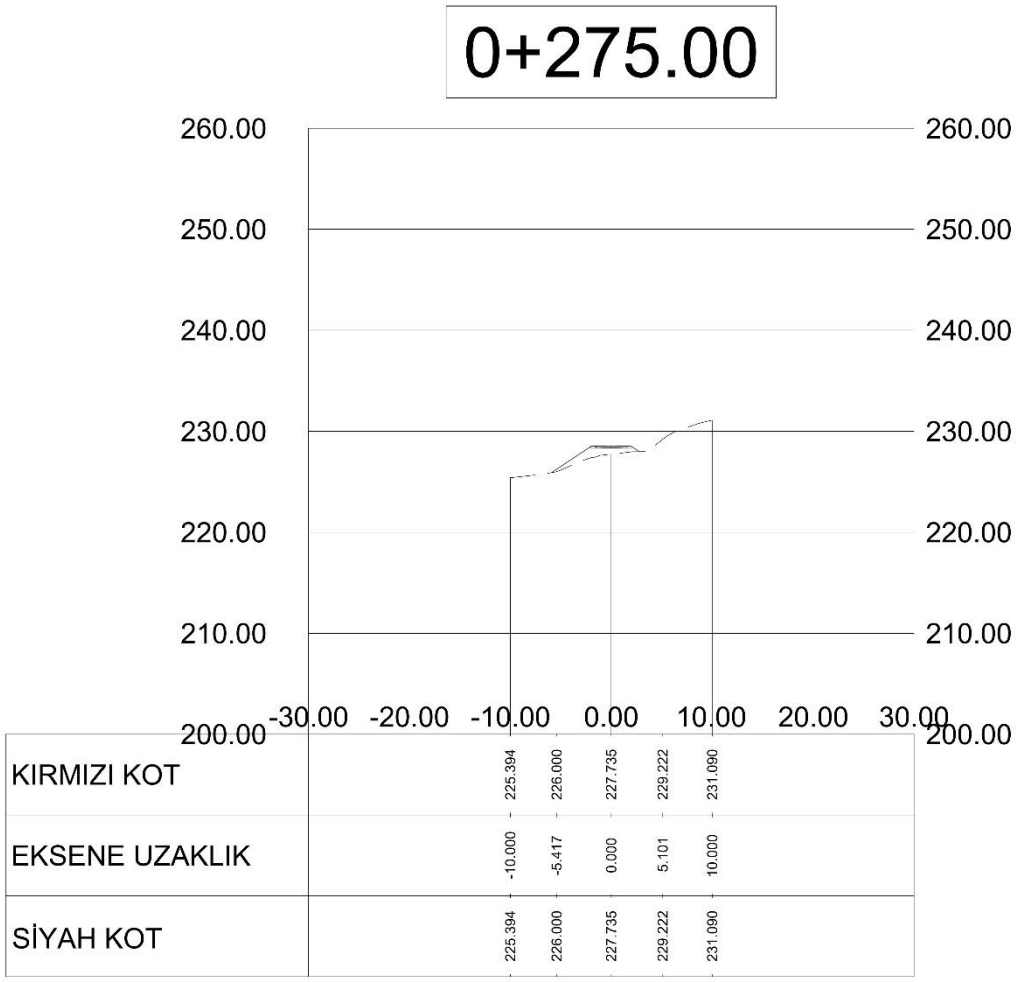
Şekil 4.33: Enkesitlerin çizdirilmesi.

Açılan pencerede gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra enkesitlerin hepsi otomatik olarak oluşturulur. Bu tez çalışmasında ölçülen 28 istasyona ait enkesitler Ek 47-Ek 59'da verilmiştir. Şekil 4.34'te kazı, Şekil 4.35'te dolgu ve Şekil 4.36'da karışık enkesite örnek enkesit görselleri verilmiştir.

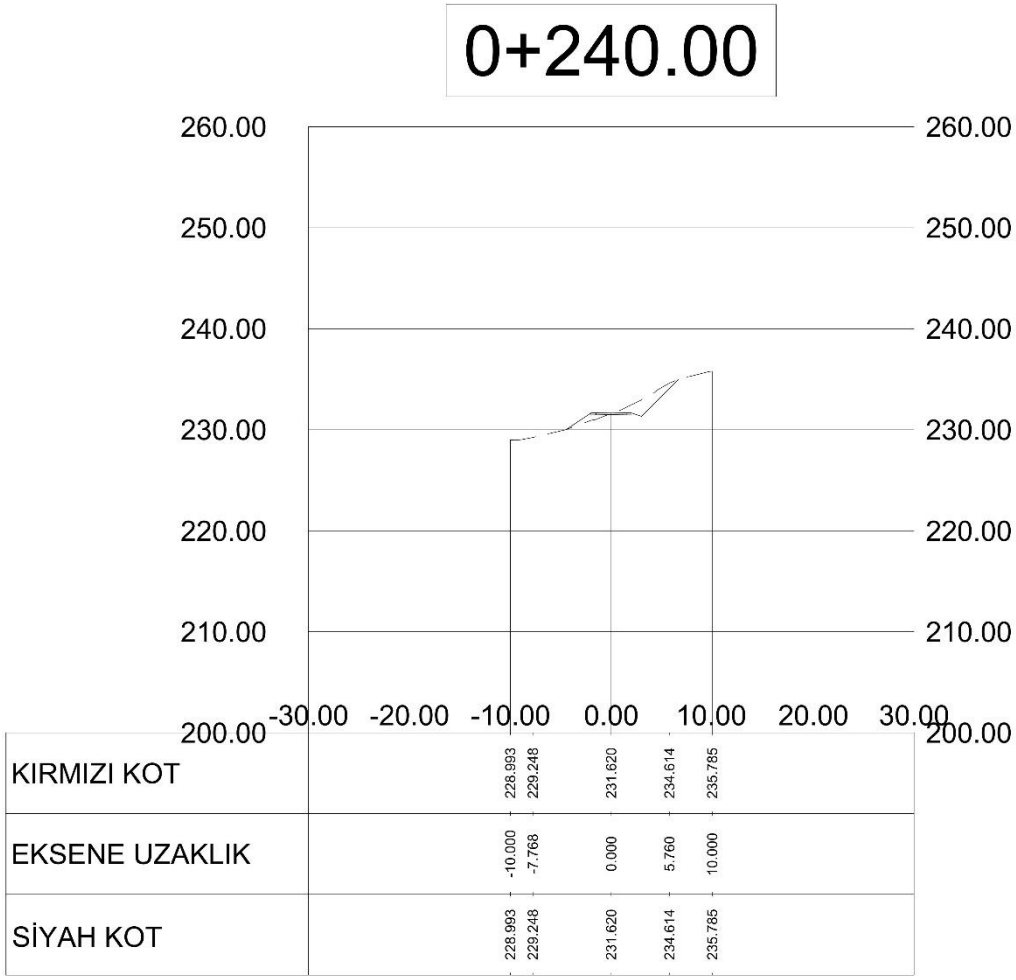


KIRMIZI KOT	239.673	239.996	241.000	241.000	241.000	241.000	241.000
EKSENE UZAKLIK	-10.000	-6.073	-3.012	0.000	3.014	6.758	10.000
SİYAH KOT	239.673	239.996	241.000	241.000	241.000	241.000	241.000

Şekil 4.34: Kazı enkesit görünümü.



Şekil 4.35: Dolgu enkesit görünümü.



Şekil 4.36: Karışık enkesit görünümü.

4.3. HACİMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu kısımda geleneksel yöntemlerle bilgisayar destekli olarak hesaplanan hacimlerin istatiksel olarak analizleri SPSS yazılımında yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle geleneksel yöntemlerin kendi aralarındaki ilişki incelenmiş ve kontrol yönteminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacimler ile kontrol yöntemi arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Son olarak da bilgisayar destekli olarak hesaplanan hacim değerlerinin kendi aralarındaki istatiksel analizleri yapılmış ve kontrol yöntemi ile karşılaştırılmıştır .

İstatiksel analizler kapsamında ilk olarak geleneksel yöntemlerin net hacim değerlerine göre normal dağılıma uygun olup olmadığını kontrol etmek için normallik testi yapılmıştır (Tablo 4.30).

Tablo 4.30: Geleneksel yöntemlere uygulanan normallik testi.

	Yöntemler	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Test istatistiği	Sersbestlik Derecesi	p	Test İstatistiği	Sersbestlik Derecesi	p
Net Hacim	GOayÖ	,099	27	,200*	,970	27	,608
	GOayT	,213	27	,003	,910	27	,023
	GPriÖ	,103	27	,200*	,969	27	,579
	GPriT	,132	27	,200*	,963	27	,424
	GBuyÖ	,099	28	,200*	,986	27	,958
	GBuyT	,219	28	,001	,911	27	,021
	GPapÖ	,111	27	,200*	,965	27	,485
	GPapT	,218	27	,002	,897	27	,011

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Grupların normal dağılım gösterebilmesi için p > 0,05 olması gerekmektedir. Yöntemler arasında GOayT, GBuyT, GPapT verileri normal dağılmadığı için ln dönüşümleri yapılarak normal dağılıma dönüştürülmüştür. Bütün yöntemlerde normal dağılım sağlandıktan sonra Anova testi uygulanmıştır. Test sonucunda geleneksel yöntemler arasında fark olduğu görülmüştür (Tablo 4.31).

Tablo 4.31: Geleneksel yöntemler arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi.

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p.
Gruplar arası	435241,307	7	62177,330	18,468	,000
Gruplar içi	700291,263	208	3366,785		
Toplam	1135532,570	215			

Geleneksel yöntemlerin kendi aralarındaki ilişki incelendikten sonra, bilgisayar destekli yöntemler ile hesaplanan kontrol yöntemi ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Geleneksel yöntemler ile kontrol yöntemi arasındaki ilişki de Anova testi ile analiz edilmiştir. Anova testi (Tablo 4.33) ile gruplar arasında fark olduğu belirlenmiştir. p<0,05 ve varyanslar homojen olmadığından (Tablo 4.32) gruplar arasındaki (geleneksel yöntemler ile kontrol yöntemi) farklılıkları tespit etmek için Tamhane's T2 testi uygulanmıştır (Tablo 4.34).

Tablo 4.32: Varyansların homojenlik testi.

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
155,539	8	627	,000

Tablo 4.33: Geleneksel yöntemler ve kontrol yöntemi arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi.

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p.
Gruplar arası	926586,201	8	115823,275	103,300	,000
Gruplar içi	703015,870	627	1121,237		
Toplam	1629602,071	635			

Tablo 4.34: Geleneksel yöntemler ile kontrol yöntemi arasında uygulanan Tamhane's T2 testi.

Bağımlı Değişken	(I) Yöntemler	(J) Yöntemler	Ortalama Farklar (I-J)	Standart hata	P değeri	95% güven aralığı	
Net Hacim						Alt sınır	Üst sınır
Tamhane	Kontrol	GOayÖ	-93,64628*	13,58057	,000	-142,1110	-45,1815
		GOayT	-,79995	,26071	,125	-1,6884	,0885
		GPriÖ	-95,46405*	13,67120	,000	-144,2522	-46,6759
		GPriT	-92,52702*	14,79709	,000	-145,3333	-39,7207
		GBuyÖ	-96,23924*	14,76473	,000	-148,9300	-43,5485
		GBuyT	-,88635*	,24562	,027	-1,7193	-,0534
		GPapÖ	-89,26813*	13,75516	,000	-138,3560	-40,1803
		GPapT	-,69564	,26897	,382	-1,6145	,2232

*. Ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Test sonucunda geleneksel yöntemlerden GOayT ve GPapT ile kontrol yöntemi arasında fark olmadığı, diğer geleneksel yöntemlerle ile kontrol yöntemi arasında fark olduğu tespit edilmiştir. Yani tip enkesit verileri kullanılarak Ortalama Alan yöntemi ve Pappus teoremiyle hesaplanan net hacim değerleri ile kontrol yöntemiyle hesaplanan net hacim değerleri arasında bir fark yoktur.

İstatiksel analizin son aşamasında kontrol yöntemi ile bilgisayar destekli yöntemler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Anova testi için bilgisayar destekli yöntemlerden 3AsM28A, 3AsM28P, 3Br10m43A, 3Br10m43P, 3Br5m85A ve 3Br5m85P yöntemlerine karekök (Tablo 4.35), 3BrO30A ve 3BrO30P yöntemlerine ln (Tablo 4.36) dönüşümü yapılarak normal dağılım sağlanmıştır.

Tablo 4.35: Bilgisayar destekli yöntemlerin net hacim değerlerinin karekök dönüşümü.

	Yöntemler	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Test istatistiği	Sersbestlik Derecesi	p.	Test istatistiği	Sersbestlik Derecesi	p.
	3AsM28A	**,088**	**28**	**,200***	**,979**	**28**	**,833**
	3AsM28P	**,135**	**28**	**,200***	**,976**	**28**	**,750**
	3BrO30A	,160	30	,049	,814	30	,000
Karekök Net	3BrO30P	,134	30	,181	,826	30	,000
Hacim	**3Br10m43A**	**,115**	**43**	**,181**	**,962**	**43**	**,162**
	3Br10m43P	**,097**	**43**	**,200***	**,974**	**43**	**,429**
	3Br5m85A	**,092**	**85**	**,072**	**,989**	**85**	**,694**
	3Br5m85P	**,090**	**85**	**,082**	**,989**	**85**	**,686**

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Tablo 4.36: Bilgisayar destekli yöntemlerin net hacim değerlerinin ln dönüşümü.

	Yöntemler	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Test istatistiği	Sersbestlik Derecesi	p.	Test istatistiği	Sersbestlik Derecesi	p.
	3AsM28A	,114	28	,200*	,898	28	,010
	3AsM28P	,135	28	,200*	,913	28	,024
	3BrO30A	**,128**	**30**	**,200***	**,976**	**30**	**,700**
Ln Net	**3BrO30P**	**,128**	**30**	**,200***	**,966**	**30**	**,443**
Hacim	3Br10m43A	,196	43	,000	,874	43	,000
	3Br10m43P	,184	43	,001	,854	43	,000
	3Br5m85A	,114	85	,008	,953	85	,004
	3Br5m85P	,126	85	,002	,952	85	,003

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Dönüşüm işleminden sonra bilgisayar destekli yöntemler ile kontrol yöntemi arasındaki ilişki için Anova testi uygulanmıştır. Anova testi (Tablo 4.38) ile gruplar arasında fark olduğu belirlenmiştir. $p<0,05$ ve varyanslar homojen olmadığından (Tablo 4.37) gruplar arasındaki (bilgisayar destekli yöntemler ile kontrol yöntemi) farklılıkları tespit etmek için Tamhane's T2 testi uygulanmıştır (Tablo 4.39).

Tablo 4.37: Varyansların homojenlik testi.

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,282	10	1621	,000

Tablo 4.38: Bilgisayar destekli yöntemler arasında net hacim değerleriyle yapılan Anova testi.

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p.
Gruplar arası	417,402	10	41,740	7,361	,000
Gruplar içi	9191,580	1621	5,670		
Toplam	9608,983	1631			

Tablo 4.39: Bilgisayar destekli yöntemler ile kontrol yöntemi arasında uygulanan Tamhane's T2 testi.

Bağımlı Değişken	(I) Yöntemler	(J) Yöntemler	Ortalama Farklar (I-J)	Standart hata	P değeri.	95% güven aralığı	
Net Hacim						Alt sınır	Üst sınır
Tamhane	Kontrol	3AsM28A	-1,74154*	,39354	,005	-3,1713	-,3118
		3AsM28P	-1,67459*	,40302	,012	-3,1403	-,2089
		3BrO30A	,50740	,32024	,999	-,6372	1,6520
		3BrO30P	,57445	,33500	,996	-,6258	1,7747
		3Br10m43A	-1,73753*	,30689	,000	-2,8065	-,6686
		3Br10m43P	-1,67028*	,30193	,000	-2,7213	-,6193
		3Br5m85A	-,46253	,20100	,712	-1,1377	,2127
		3Br5m85P	-,46776	,20070	,684	-1,1419	,2064
		3Br1m420A	,02429	,17556	1,000	-,5589	,6075
		3Br1m420P	-,02129	,17650	1,000	-,6076	,5651

*. Ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Test sonucunda kontrol yöntemi ile 3BrO30A, 3BrO30P, 3Br5m85A ve 3Br5m85P yöntemleri arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Diğer bilgisayar destekli hacimler ile kontrol yöntemi arasında fark bulunmuştur. Yani "By range of stations" fonksiyonu ile otomatik olarak oluşturulan, kurp esas noktalarını, hektometreleri ve düşey geometriyi dikkate alan ve 5 m sabit aralıkla enkesitlerin alındığı bilgisayar destekli yöntemlerle kontrol yöntemi arasında fark yoktur.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada orman yollarının kazı-dolgu hesaplarının analizi amacıyla hacim metotları irdelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu amaçla örnek seçilen bir yolun geleneksel hacim hesaplama metotlarıyla ve bilgisayar destekli olarak Civil 3D yazılımında kazı-dolgu hacimleri hesaplanmıştır. Çalışmaya altlık olan 001 kod numaralı yolun uzunluğu arazide yapılan ölçümler neticesinde 420 m, bilgisayar destekli yapılan hesaplamalar neticesinde 418,64 m bulunmuştur. İki değer arasındaki fark %0,32'dir. Bu fark arazi ölçümleri sırasında yapılan ölçüm hatalarından veya kullanılan cihazların hassasiyetinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında 001 kod numaralı yolun hacimleri arazide ölçülen enkesit verileri (4) ve tip enkesit verileri (4) olmak üzere toplam 8 farklı hacim değeri öncelikle geleneksel hacim hesaplama yöntemleriyle hesaplanmıştır. Daha sonra bilgisayar destekli olarak üç boyutlu hacim hesaplamaları araziden alınan istasyonlar sabit olacak şekilde (2), kurp esas noktalarını (kurp baş / orta / son) , hektometreleri ve düşey geometriyi (eğim değişim noktaları) dikkate alarak (2), 10 m, 5 m ve 1m sabit enkesit aralığıyla ikişer (6) yöntem olmak üzere toplam 10 farklı hacim hesabı (3D) yapılmıştır. Son olarak enkesit aralığı 1 m olan ve Civil 3D yazılımında "Average End Area" ve "Prismoidal" yöntemle hesaplanan iki hacim değerlerinin ortalaması alınarak bir kontrol yöntemi oluşturulmuştur. Tüm yöntemler (19) ile hesaplanan (geleneksel ve bilgisayar destekli) hacim değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

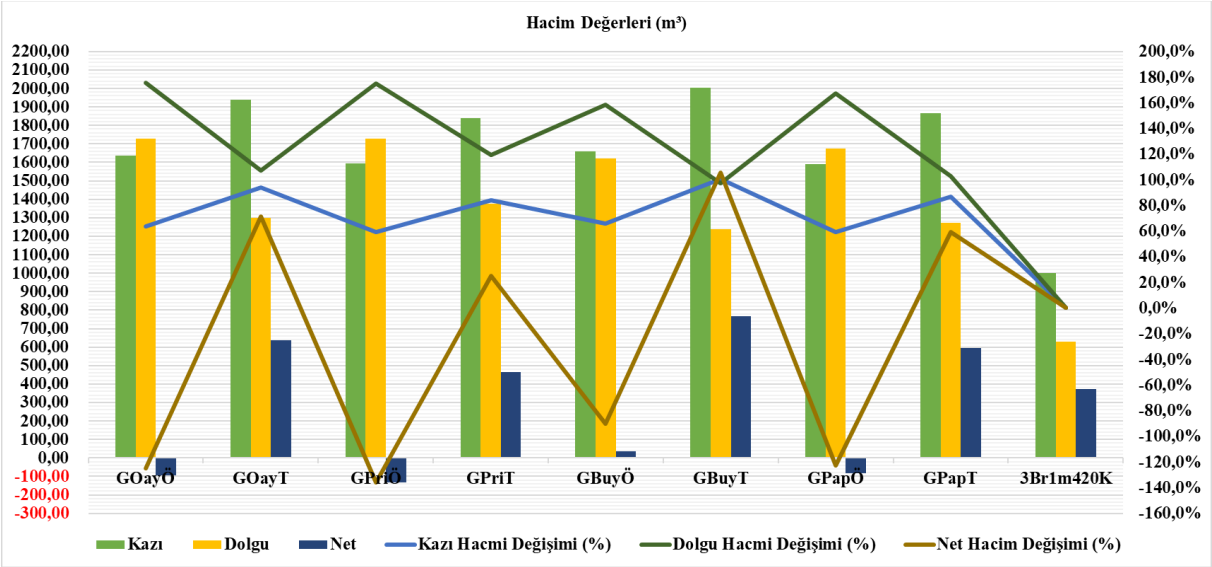
Bulgular bölümünde bu hacim hesaplarının karşılaştırılması amacıyla, istatiksel analizler yapılmış, Anova testleri ile geleneksel yöntemler ve bilgisayar destekli hesaplanan hacimlerin kendi içinde farkları olduğu, Tamhane's T2 testleri sonuçlarına göre de geleneksel yöntemlerden GOayT ve GpapT yöntemlerinin, bilgisayar destekli yöntemlerden 3BrO30A/T ve 3Br5m85A/T yöntemlerinin kontrol yöntemi ile farkının olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacim değerleri, yöntem değiştirerek ve enkesit verileri değiştirilerek (ölçülen/tip), bilgisayar destekli hacim yöntemleri ise enkesitlerin alınma şartları ve aralarındaki mesafeler değiştirilerek uygulanmıştır. Bu kısımda yöntemler arasındaki ilişkinin ve hesaplanan hacim değerlerindeki değişimin nedenleri açıklanmaya çalışılmıştır. Yöntemlerin kendi aralarındaki hacim değişimleri ve genel durum Şekil 5.1-3'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Kazı-dolgu hacim değerlerinin yöntemlere göre karşılaştırılması.

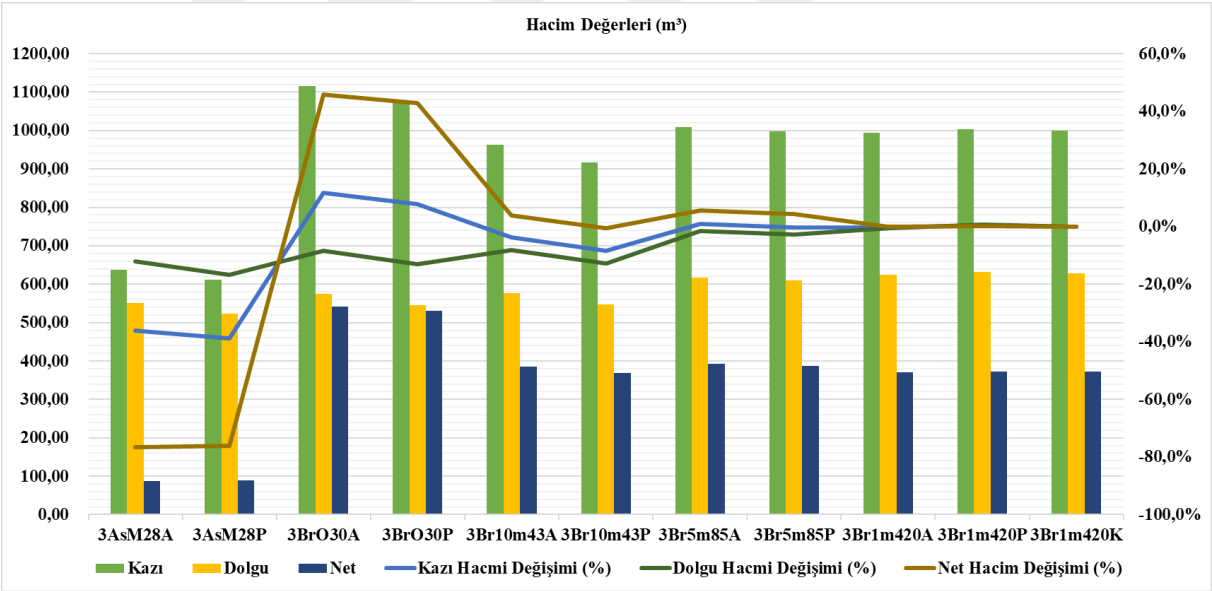
Yöntem	Ara Mesafe (m) Mak./Min./Ort. Enkesit Sayısı (ad)	Hacim Değerleri (m^3)														
		Toplam			En Fazla			En Az			Ortalama			Birim (1m)		
		Kazı	Dolgu	Net	Kazı	Dolgu	Net	Kazı	Dolgu	Net	Kazı	Dolgu	Net	Kazı	Dolgu	Net
GOayÖ	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1635,66	1729,08	-93,42	210,72	273,64	-230,66	1,05	0,15	1,45	60,58	64,04	-3,46	3,89	4,12	-0,22
GOayT	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1938,10	1300,60	637,50	363,53	169,61	363,53	0,11	2,89	-3,38	71,78	48,17	23,61	4,61	3,10	1,52
GPriÖ	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1593,88	1727,20	-133,32	212,31	268,88	-233,71	1,01	0,13	2,46	59,03	63,97	-4,94	3,79	4,11	-0,32
GPriT	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1838,84	1374,58	464,26	285,01	201,21	285,01	0,04	0,96	3,13	68,11	50,91	17,19	4,38	3,27	1,11
GBuyÖ	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1657,87	1621,30	36,57	242,47	285,15	-259,67	1,23	0,15	8,88	59,21	57,90	1,31	3,95	3,86	0,09
GBuyT	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	2003,06	1237,75	765,30	399,84	176,44	399,84	0,22	4,34	9,91	71,54	44,21	27,33	4,77	2,95	1,82
GPapÖ	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1591,86	1676,39	-84,54	215,91	263,78	215,91	1,25	0,15	1,45	58,96	62,09	-3,13	3,79	3,99	-0,20
GPapT	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	1866,23	1273,15	593,09	380,26	169,61	380,26	0,12	1,33	-3,39	69,12	47,15	21,97	4,44	3,03	1,41
3Br1m420K	**1,0/0,6/1,0 m 420 ad.**	999,23	627,35	371,88	13,82	10,47	371,88	0,09	0,01	0,01	2,38	1,49	0,89	2,39	1,50	0,89
3AsM28A	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	637,87	550,86	87,01	88,73	52,25	87,01	1,78	1,79	3,19	22,78	19,67	3,11	1,52	1,32	0,21
3AsM28P	20,0/5,0/15,5 m 28 ad.	612,40	523,08	89,32	88,57	51,94	89,32	1,04	1,59	3,49	21,87	18,68	3,19	1,46	1,25	0,21
3BrO30A	52,8/0,9/14,4 m 30 ad.	1116,46	574,01	542,45	495,61	101,35	542,45	1,07	0,01	0,50	37,22	19,13	18,08	2,67	1,37	1,30
3BrO30P	52,8/0,9/14,4 m 30 ad.	1077,25	545,77	531,48	475,61	101,18	531,48	0,88	0,04	0,49	35,91	18,19	17,72	2,57	1,30	1,27
3Br10m43A	10,0/8,6/9,9 m 43 ad.	962,08	575,94	386,14	71,48	60,83	386,14	1,62	0,04	2,67	22,37	13,39	8,98	2,30	1,38	0,92
3Br10m43P	10,0/8,64/9,9 m 43 ad.	916,41	547,01	369,40	70,28	64,63	369,40	1,04	0,08	1,11	21,31	12,72	8,59	2,19	1,31	0,88
3Br5m85A	5,0/3,6/4,9 m 85 ad.	1009,41	617,04	392,37	64,12	42,80	392,37	0,59	0,05	1,04	11,88	7,26	4,62	2,41	1,47	0,94
3Br5m85P	5,0/3,6/4,9 m 85 ad.	997,14	609,47	387,67	63,27	45,28	387,67	0,37	0,03	0,77	11,73	7,17	4,56	2,38	1,46	0,93
3Br1m420A	1,0/0,6/1,0 m 420 ad.	995,10	623,78	371,32	13,82	10,15	371,32	0,11	0,01	0,01	2,37	1,49	0,88	2,38	1,49	0,89
3Br1m420P	1,0/0,6/1,0 m 420 ad.	1003,36	630,92	372,44	13,82	10,79	372,44	0,07	0,01	0,01	2,39	1,50	0,89	2,40	1,51	0,89

Genel olarak yolun geometrik standartları, arazi yüzeyi değişimleri ve enkesitler arasındaki mesafeler hacim hesaplarını etkilemektedir.

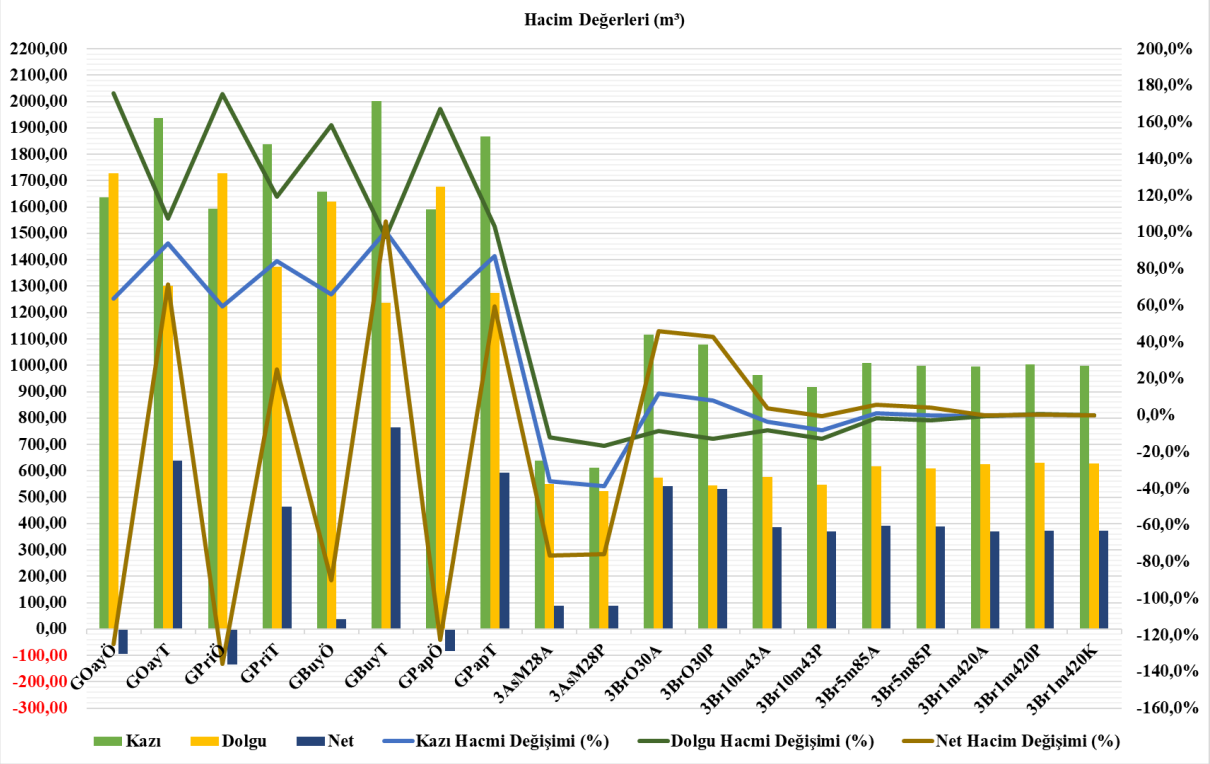
Geleneksel yöntemlerde ortak olan enkesit alanlarının ara mesafe ile ilişkilendirilmesiyle hacim hesabının yapılmasıdır. İstasyon noktalarının arazide alındığı yerler hacim hesaplarına oldukça fazla etki etmektedir. Geleneksel yöntemlerle yapılan hacim hesaplamalarındaki bir diğer husus ise boyuna eğimin ve yamaç eğiminin sabit varsayılmasıdır. Bu durumda da hacim değerleri gerçek hacim değerlerinden farklılık gösterebilmektedir. Easa (1988) yaptığı bir çalışmada zemini doğrusal kabul eden bir yöntemle, geliştirilmiş bir yöntemin hacim hesaplarını karşılaştırmış, zemini doğrusal kabul eden yöntemle hesaplanan hacim değerini %7 oranında daha az bulmuştur.



Şekil 5.1: Geleneksel hacim hesaplama yöntemlerine ve kontrol yöntemine ait hacim verileri ve değişim oranları.



Şekil 5.2: Bilgisayar destekli hesaplanan hacim değerleri ve değişim oranları.



Şekil 5.3: Tüm yöntemlere göre kazı, dolgu ve net hacim değerleri ve değişim oranları.

Geleneksel hacim yöntemlerinden Ortalama Alan yöntemi hacim hesaplarında en çok kullanılan yöntemdir (Hintz ve Vonderohe, 2011; Contreras ve diğ. 2012; Cheng ve Jiang, 2013; Pazhouhan ve diğ. 2017; Eliou, ve diğ., 2019; Aruga, ve diğ., 2005). Düz arazilerde dağlık alanlara oranla daha doğru sonuçlar verir (Aruga ve diğ. 2005; Cheng ve Jiang, 2013, Slattery ve diğ. 2012) ve yolun kurplu kısımlarında hacimleri yaklaşık olarak hesaplar (Easa, 1992a). Yöntem iki enkesit arasındaki hacmi bir prizma olarak kabul etmekte (Bayoğlu, 1997), enkesitler arasındaki alanların ortalamasının ara mesafeyle çarpılması ilkesine dayanmaktadır. Ancak bu ilke doğru değildir. Bu yöntem ölçülü olsa da; genellikle gerçek değerlerin biraz üzerinde değerler verir (Oloufa, 1991).

Epps ve Corey (1990) Ortalama Alan yönteminin modifikasyonu olarak geliştirdikleri yöntemle hesapladıkları hacimlerin Ortalama Alan yöntemiyle hesapladıkları hacimlerden %39 daha az olduğunu görmüşlerdir. Oloufa (1991) sadece tek bir enkesit için yaptığı hesapta Ortalama Alan yöntemi ile hesapladığı hacmi, gerçek hacim olarak tanımladığı hacimden %5,79 daha fazla hesaplamıştır. Easa (1992a) farklı eğimlerde Ortalama Alan yöntemi ile hesaplanan hacimlerde %26 oranında sapmaların olabileceğini belirtmiştir.

Literatürdeki çalışmalar Ortalama Alan yönteminin genellikle düz alanlar için sağlıklı sonuç verdiğini ve hacmi olduğundan fazla hesapladığını belirtmektedir. Bu çalışmada da literatüre uygun bir şekilde dolgu noksanı olan hacim hesaplarında Ortalama Alan yönteminin diğer yöntemlere oranla kazı-dolgu hacimlerini daha fazla hesapladığı tespit edilmiştir. Bu fazlalığın çalışma alanının düz bir arazi yapısının olmaması, ani eğim değişimlerinin fazla olması ve kurp sayısının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şentürk ve diğ. (2018) de yol güzergahındaki yatay geometrinin kazı-dolgu oranlarına etkisini vurgulamışlardır. Contreras ve diğ. (2012)'de yaptıkları çalışmada güzergah boyunca arazi değişimlerinin önemli hacim tahmin hatalarına neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada engebeli alanlarda ortalama alan yöntemi ile geliştirdikleri model arasındaki hacim farklarının bu tez çalışmasına benzer şekilde arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Prizmatik yöntem Ortalama Alan yöntemine göre daha doğru (Contreras ve diğ. 2012) ancak ek orta kesit hesaplamaları yapıldığı için zaman alan bir yöntemdir. Yöntem doğrusal profiller için daha kesin bir hacim hesaplaması sağlar (Oloufa, 1991; Easa, 1992a; Easa, 2003; Coulter ve diğ., 2002). Oloufa (1991) yaptığı araştırmada bir enkesit üzerinden verdiği örnekte prizmatik yöntemle yaptığı hesabın %0,87 oranında fazla olduğunu hesaplamıştır. Ardı ardına gelen enkesitler ara mesafelerle çarpıldığında aradaki fark mesafeye oranla artacaktır. Bu çalışmada da Prizmatik yöntem ile hesaplanan hacimlerin diğer geleneksel metotlara oranla kontrol yöntemine daha yakın değerler olduğu görülmüştür. Aruga ve diğ. (2005) tarafından yapılan çalışmada bu tez çalışmasıyla örtüşen şekilde Prizmatik yöntemin Ortalama alan yöntemine oranla daha hassas hacim hesapları yaptığı belirtilmiştir. Kazı ve dolgu hacim değerlerinin yaklaşık iki kat fazla olmasının ise yine yatay geometri ve arazideki ani eğim değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ek olarak ara kesitin üretilmesi aşamasında yapılan hatalar da hacim hesaplarındaki hassasiyeti azaltan nedenler arasında olabilir.

Aruga ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada Pappus tabanlı yöntemin, ortalama alan yöntemine göre daha doğru hacim hesabı yaptığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da tip enkesit verileri kullanılarak Pappus teoremi ile bulunan sonuçların, kontrol yönteminin sonuçlarına diğer geleneksel yöntemlere oranla daha yakın olduğu görülmüştür. Bu yakınlık bulgular bölümünde yapılan istatiksel analizde de doğrulanmıştır. Geleneksel yöntemlere en fazla kazı hacmi değerleri açısından bakıldığında, Pappus teoremi ile hesaplanan en fazla kazı hacminin diğerlerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin teoreme göre, kurplardaki

enkesitlerin döndürülmesinden kaynaklanan hacim değerlerinin dikkate alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Pappus teoremi ile ölçülen enkesit verileriyle yapılan hacim hesaplarının kontrol yönteminden farklı olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Easa (2003) yaptığı çalışmada simülasyon modeli ile hesaplanan hacimlerin Pappus teoremi ile hesaplanan hacimlerden farklı olduğunu belirtmiştir. Enkesit alanlarındaki değişim (Ö/T) hacim hesabında oluşan bu farkın sebebi olabilir.

Tablo 5.1'e göre Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemiyle hesaplanan hacim değerlerinin diğer geleneksel yöntemlerden fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin, Eliou ve diğ. (2019) tarafından klasik uygulanabilir uzunluklar yöntemin hesaplama eforu ve süresini azaltmak amacıyla, uygulanabilir uzunlukların öncesindeki ve sonrasındaki kesit tipini kontrol etmeden, mesafelerin ortalamasını baz alacak şekilde basitleştirilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle tip enkesit verileriyle yapılan hacim hesapları incelendiğinde, hepsinin kazı fazlası olduğu en fazla hacim değerinin Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemiyle hesaplandığı görülmüştür.

Geleneksel yöntemlerle ölçülen ve tip enkesit verilerine göre hesaplanan hacim değerleri ile kontrol yöntemi ile hesaplanan hacim değerleri Tablo 5.1 ve Şekil 5.1'de verilmiştir. Geleneksel yöntemlerle ölçülen enkesit verileriyle hesaplanan hacim değerleri ile tip enkesit verileriyle hesaplanan hacimler değerleri arasında dikkat çeken farkların olduğu görülmektedir. Bu farkların sebebinin toplam kazı-dolgu alanlarından olduğu düşünülmektedir. Zira iki enkesit verisi arasında ara mesafeler sabit olup kazı-dolgu alanları değişmektedir. Yöntemlere göre sırasıyla ölçülen (Ö) / tip (T) enkesit verilerine göre hacimler incelendiğinde, Ortalama Alan yönteminde kazı alanı %15,4 artmış, dolgu alanı %17,4 azalmıştır. Buna bağlı olarak kazı hacmi %18,5 artmış, dolgu hacmi %24,8 azalmış, net hacim ise 7,8 kat artarak, dolgu noksanından kazla fazlasına dönüşmüştür. Prizmatik yöntemde kazı alanı %14,5 artmış, dolgu alanı %18,0 azalmıştır. Buna bağlı olarak kazı hacmi %15,4 artmış, dolgu hacmi %20,4 azalmış, net hacim ise 4,5 kat artarak, dolgu noksanından kazla fazlasına dönüşmüştür. Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yönteminde kazı alanı %15,3 artmış, dolgu alanı %18,2 azalmıştır. Buna bağlı olarak kazı hacmi %20,8 artmış, dolgu hacmi %23,7 azalmış, net hacim ise 19,9 kat artmıştır. Pappus teoreminde kazı alanı %15,3, dolgu alanı %18,6 artmıştır. Buna bağlı olarak kazı hacmi %17,2 artmış, dolgu hacmi %24,8 azalmış, net hacim ise 8,0 kat artarak, dolgu noksanından kazla fazlasına dönüşmüştür. Enkesit verisinin değişmesiyle kazı hacimleri ve net hacimler artmış, dolgu hacimleri azalmıştır. Basitleştirilmiş Uygulanabilir

Uzunluklar yöntemi haricindeki geleneksel yöntemlerde dolgu noksanından, kazı fazlasına dönüşüm olmuştur. Kim ve Schonfeld (2001) yaptıkları çalışmada hacim tahminlerinde hassasiyeti yakalamada enkesit alanlarını doğru hesaplamanın önemini vurgulamışlardır. Bu kısımda dikkat çeken bir diğer nokta ise, Pappus teoreminde diğer yöntemlerin aksine dolgu alanında artış olmasına rağmen, dolgu hacmi ve net hacim azalmıştır. Bunun sebebinin ise yöntemin hesabında kullanılan eksantriklik mesafelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Tablo 5.2).

Enkesit verilerinin değişimiyle sonuçlarda bu denli farkın olması, standart enkesit ölçülerine uygun yol inşaatı yapımının önemini gösteren bir sonuç olmuştur. Çünkü uygulamada yol yapımından önce planlama aşamasında hacim tahminleri standart enkesit ölçülerine göre yapılmaktadır. Bu çalışmada yapılmış yol üzerinde ölçülen enkesitlerin standart ölçülere uymadığı, bunun sonucunda ise hacim değerlerinin birbirinden oldukça farklı çıktığı tespit edilmiştir. Gümüş ve diğ. (2015) bir araştırmalarında kazı miktarlarında ihale öncesi yapılan hesaplamalar ile inşaat bitiminde yapılan hesaplamalar sonucunda göze çarpan farklar olduğunu (%31), Acar ve Karabacak (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada da maliyet tekliflerine göre kazı-dolgu hakediş tutarlarının %4,88 oranında fazla olduğunu, ihale öncesi yapılan tespitlerin yetersiz kaldığını ve kazı miktarlarıyla hakedişlerin uyuşmadığını, bu çalışmaya benzer şekilde planlama öncesi ve sonrasında hacim değerlerinin farklı olduğunu belirtmişlerdir. Bulgular bölümünde yapılan geleneksel yöntemlerle bilgisayar destekli yöntemlerin karşılaştırıldığı istatistiksel analizlerin sonucunda da tip enkesit verileriyle hesaplanan geleneksel yöntemlerin (GOayT, GPapT) kontrol yöntemine göre farkı olmadığı bulunmuştur.

Tablo 5.2: Geleneksel yöntemlere ait kazı-dolgu alanlarına bağlı hacim değişimleri.

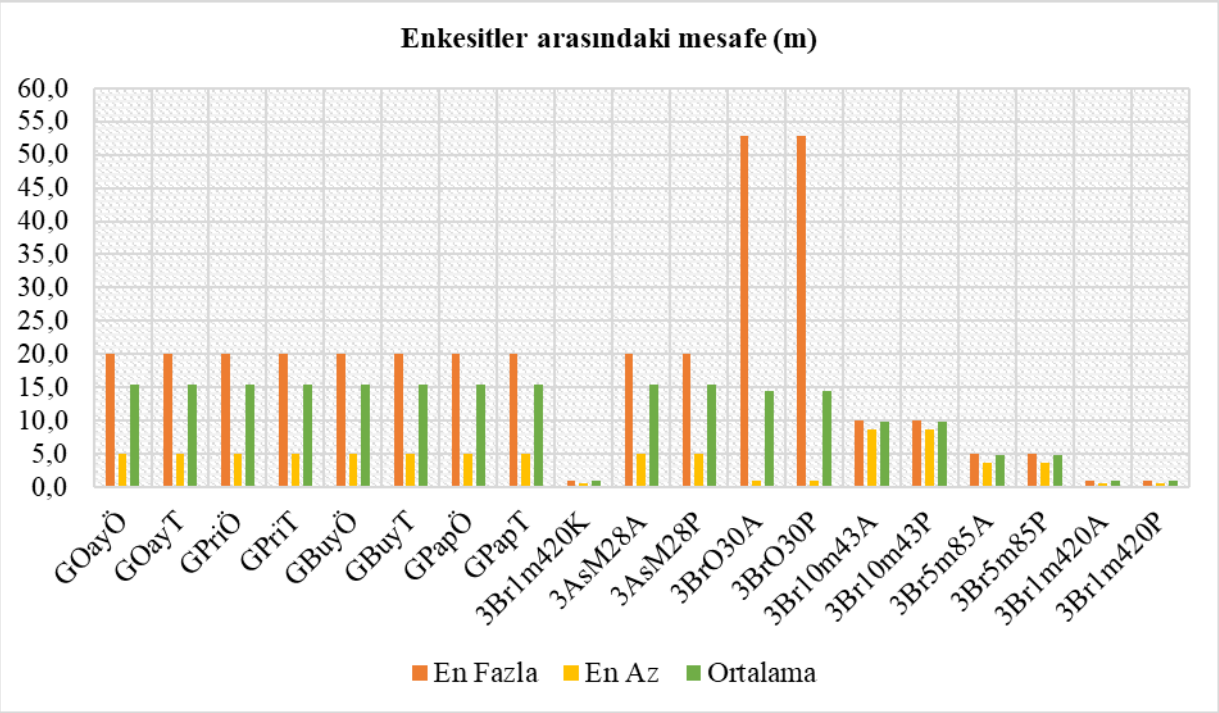
Yöntem	Toplam Kazı Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Alanı (m^2)	Kazı Hacmi (m^3)	Dolgu Hacmi (m^3)	Net Hacim (m^3)	Kazı Alanı Değişimi (%)	Dolgu Alanı Değişimi (%)	Kazı Hacmi Değişimi (%)	Dolgu Hacmi Değişimi (%)	Net Hacim Değişimi (kat)
GOayÖ	101,02	98,22	1635,66	1729,08	-93,42	15,4	-17,4	18,5	-24,8	7,8
GOayT	116,57	81,13	1938,10	1300,60	637,50					
GPriÖ	591,23	585,20	1593,88	1727,20	-133,32	14,5	-18,0	15,4	-20,4	4,5
GPriT	676,97	480,15	1838,84	1374,58	464,26					
GBuyÖ	103,90	101,04	1657,87	1621,30	36,57	15,3	-18,2	20,8	-23,7	19,9
GBuyT	119,81	82,62	2003,06	1237,75	765,30					
GPapÖ	103,90	101,04	1591,86	1676,39	-84,54	15,3	18,6	17,2	-24,1	8,0
GPapT	119,81	119,81	1866,23	1273,15	593,09					

Bu tez çalışmasında bilgisayar destekli hacim hesaplamalarında, geleneksel yöntemlerle aynı istasyonlarda enkesit alındığında (1-3AsM28A/P), kurp esas noktalarını, hektometreleri, eğim değişimlerini dikkate alan enkesitler alındığında (2-3BrO30A/P) ve son olarak sabit aralıklarla enkesitler alındığında (3-3Br10m43A/P, 3Br5m85A/P, 3Br1m420A/P) hacim değerlerindeki değişimler gözlemlenmiştir. Bu kısımda 3D hesaplanan hacim değerleri arasındaki farklar manuel eklenen enkesitler (1), yol geometrisini dikkate alarak eklenen enkesitler (2) ve aralık değiştirilmesiyle eklenen enkesitler (3) olarak üç farklı grupta açıklanmaya çalışılmıştır.

Siyam (1987) yaptığı araştırmasında düz, tepelik ve dağlık alanlar için toplam hacim değişimini incelemiş, sırasıyla %0,9, %4,0 ve %4,4 oranlarında fark bulmuştur. Bu farkın oluşmasındaki en büyük faktörlerden birinin enkesit aralıklarının değişmesi olarak belirtmiştir. Önceki yapılan araştırmalarda (Bayoğlu, 1997; Aruga ve diğ., 2005; Contreras ve diğ., 2012; Slattery ve diğ., 2012; Cheng ve Jiang, 2013) enkesit aralıklarının 25-30 m olması önerilmiştir. Pazhouhan ve diğ. (2017)'de yaptıkları çalışmada enkesit aralıklarını güzergah boyunca eşit aralıklarla değil, aliymanlar boyunca 20 m, kurplarda ise 10 m olarak ölçmüşlerdir. Melemez ve diğ. (2015) NetCad yazılımında kazı-dolgu hacimlerini hesaplamak amacıyla yaptıkları çalışmada aliymanlarda 10, kurplarda 5m aralıklarla enkesitleri oluşturmuşlardır. Akgül ve diğ. (2018) yaptıkları araştırmada, yolun tasarımı aşamasında AutoCAD Civil 3D 2015 yazılımını kullanarak üç farklı yol güzergahı oluşturmuş, enkesitleri de aliymanlarda 20 m, kurplarda 6 m aralıklarla yerleştirmişlerdir. Şentürk ve diğ. (2018) de yaptıkları başka bir çalışmada yine Civil 3D yazılımı ile hacim hesaplarını yapmış, enkesit aralıklılarını 5-10 m almışlardır. Bu çalışmada bilgisayar destekli yapılan hacim hesaplarında ise ortalama en fazla 15,5 m, en az 1,0 m arlıklarla enkesitler yerleştirilmiştir.

Contreras ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada dikkat çekilen bir hususun bu araştırmada da geçerli olduğu teyit edilmiştir. Yazara göre hacim hesaplamalarında sadece enkesitler arasındaki mesafenin azalması yetmez, arazinin değişim noktalarında enkesitler alınarak arazinin homojenliği hakkında bir varsayım yapılması gerekir. Nitekim araziden ölçülen enkesitlere göre Civil 3D yazılımında (1) numaralı grupta yer alan yöntemlerde kesitler arasındaki en fazla mesafe 20,0 m, en az mesafe 5,0 ve ortalama mesafe 15,5 m iken, (2) numaralı grupta yer alan yöntemlerde enkesitler arasındaki mesafe, en fazla 52,88 m, en az 0,90 m ve ortalama 14,4 m'dir. Bahsedilen iki grubun (1/2) enkesitleri arasındaki mesafelerin ortalamalarının farkı yalnızca 1,1 m'dir. Fakat (1) numaralı gruptaki yöntemlerle hesaplanan hacimler 3Br1m420K kontrol yönteminin sonuçlarından çok farklıdır. Bu fark özellikle kazı

hacimlerinde görülmektedir. Enkesitler arasında kabul edilebilir bir mesafe olmasına karşın bu farkın sebebinin yol güzergahının yatay/düşey geometrisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. (2) numaralı gruptaki yöntemlerde kurp esas noktaları, hektometreler, eğim değişim noktaları dikkate alınmış, dolayısıyla arazinin değişim noktaları daha iyi tespit edilmiştir. Bu sonuçta daha hassas hacim hesapları için sadece enkesit aralıklarını azaltmanın yeterli olmayacağına bir gösterge olarak görülmektedir (Tablo 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Enkesitler arasındaki mesafeler.

Contraras ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmaların sonuçlarında kesit aralığı arttıkça, arazi değişimlerini yakalama yeteneğinin azalması nedeniyle hafriyat hacmi tahmininin doğruluğunun düştüğünü belirtmişlerdir. Arazi engebeleriyle birlikte artan ve %2-21 arasında değişen hafriyat farklılıklarını tespit etmişlerdir. Yazara göre dağlık ve engebeli alanlarda enkesit aralıklarının düşürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada (3) numaralı grupta yer alan (1 m sabit enkesit aralıklı yöntemler hariç) hacim hesaplarının kontrol yöntemine göre değişimi incelendiğinde, kesit aralıklarının 10 m olması durumunda Civil 3D yazılımında "Average End Area" (AEA) hacim hesaplama fonksiyonu kullanıldığında sırasıyla kazı /dolgu hacmi değeri %3,72 azalmış / %8,19 azalmış, "Prismoidal" (P) hacim hesaplama fonksiyonu kullanıldığında sırasıyla kazı / dolgu hacmi değeri %8,27 azalmış / %12,81 azalmıştır. Enkesit aralıkları 5 m'ye düşürüldüğünde AEA hacim hesaplama

fonksiyonu kullanıldığında sırasıyla kazı / dolgu hacmi değeri %1,02 artmış / %1,64 azalmış, P hacim hesaplama fonksiyonu kullanıldığında sırasıyla kazı / dolgu hacmi değeri %0,21 azalmış / %2,85 azalmıştır (Tablo 5.1, Tablo 5.3, Şekil 5.2). Aralığın azaltılmasıyla kontrol yöntemine daha yakın kazı hacmi değerlerinin hesaplandığı tespit edilmiştir. Genel olarak en yakın hacim değerlerinin 5 m sabit aralıklı enkesitlerle Civil 3D yazılımında "Prismoidal" yöntemle bulunduğu görülmüştür. Yapılan istatiksel analizlerde de Tamhane's T2 testine göre 5m sabit enkesit aralıklarıyla hesaplanan net hacim değerlerinin kontrol yöntemiyle hesaplanan net hacim değerlerine göre farkının olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5.3: Bilgisayar destekli hesaplanan hacimler ve kontrol yöntemine göre değişim oranları.

Yöntem	Kazı Hacmi (m^3)	Dolgu Hacmi (m^3)	Net Hacim (m^3)	Kazı Hacmi Değişimi (%)	Dolgu Hacmi Değişimi (%)	Net Hacim Değişimi (%)
3Br1m420K	**999,23**	**627,35**	**371,88**	**-**	**-**	**-**
3AsM28A	637,87	550,86	87,01	-36,16	-12,19	-76,60
3AsM28P	612,40	523,08	89,32	-38,71	-16,62	-75,98
3BrO30A	1116,46	574,01	542,45	11,73	-8,50	45,87
3BrO30P	1077,25	545,77	531,48	7,81	-13,00	42,92
3Br10m43A	962,08	575,94	386,14	-3,72	-8,19	3,83
3Br10m43P	916,41	547,01	369,40	-8,29	-12,81	-0,67
3Br5m85A	1009,41	617,04	392,37	1,02	-1,64	5,51
3Br5m85P	997,14	609,47	387,67	-0,21	-2,85	4,25
3Br1m420A	995,10	623,78	371,32	-0,41	-0,57	-0,15
3Br1m420P	1003,36	630,92	372,44	0,41	0,57	0,15

Akgül ve diğ., (2018) yaptıkları araştırmada ortalama kazı-dolgu hacmini bulmak için toplam hacimleri yol uzunluğuna bölerek hacim karşılaştırmaları yapmışlardır. Tablo 5.1'de aynı şekilde hesaplanan, birim uzunluğa düşen (1m) hacim değerleri kontrol yöntemine göre kıyaslandığında, kazı hacmi değerlerinde en yakın değerin geleneksel yöntemlerden Pappus teoremi (%58,6 artma) ve Prizmatik yöntem ile hesaplanan kazı hacimleri (%58,6 artma), 3D yöntemlerde 5 m sabit aralıklı enkesitlerle hesaplanan kazı hacmi (%0,8 azalma), dolgu hacmi değerlerinde en yakın değerin geleneksel yöntemlerden basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemi ile hesaplanan dolgu hacmi (%96,4 artma), 3D yöntemlerde 5 m sabit aralıklı enkesitlerle hesaplanan kazı hacmi (%2,0 azalma), net hacim değerlerinde ise Prizmatik yöntem ile hesaplanan net hacim (%24,7 artma), 3D yöntemlerde 10 m sabit aralıklı enkesitlerle hesaplanan net hacim (%1,1 azalma) olduğu görülmektedir. 1 m uzunluğa düşen hacim

değerlerine göre geleneksel yöntemlerden Prizmatik yöntem ve Pappus teoreminin, bilgisayar destekli yöntemlerde ise 5 m sabit aralıkla enkesit alınan yöntemin ön plana çıktığı söylenebilir. Daha önce de değerlendirildiği üzere, Prizmatik yöntemde ve Pappus teoreminde ek verilerle daha hassas hesapların yapılması, 5 m sabit aralıklı enkesit verilerini kullanan bilgisayar destekli yöntemin ise istatiksel olarak da desteklenen yeterli aralık mesafeye sahip olması ile açıklanabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hafriyat işlerinde hacim tahminleri yapılırken birçok yöntemden faydalanılmaktadır. Faydalanılan bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları vardır. Orman yolları genellikle yüksek eğimli dağlık alanlarda yapılan yollar olduğu için orman yollarının projelendirilmesinde kazı-dolgu hacminin tahmini, dolayısıyla kullanılan yöntem oldukça önemlidir. Bu çalışmada geleneksel yöntemlerin sonuçlarına bakıldığında, yapılmış yol üzerinden ölçülen enkesit verileri ile hacim hesapları dört farklı yöntemle yapılmış, yine aynı dört yöntemle tip enkesit verileri kullanılarak da hacimler hesaplanmaya çalışılmıştır. Ölçülen enkesit verileri kullanıldığında bulunan sonuçlara bakıldığında, genel olarak dolgu noksanı bulunurken, tip enkesit verileri kullanıldığında sonuçların kazı fazlası olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, orman yollarının inşaatı aşamasında tip enkesit ölçü ve oranlarına uymaya dikkat edilmelidir. Hem hacim hesabı hem de yol yapımının çevreye olan etkileri konusunda da tip enkesit ölçü ve oranlarının uygulanması gerekir. OGM tarafından belirlenmiş kazı-dolgu oranları / yükseklikleri / genişlikleri hem hacim hesaplarında hem de yol inşaatının çevreye etkilerinde önemli bir kriterdir. Çalışma kapsamında ölçülen yolda bu ölçü ve oranlara uyulmadığı görülmüş, yüksek / dik kazı ve geniş / dik dolgu şevlerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle standartlara uymayan kazı-dolgu şevlerinin hem hacim hesaplarındaki tutarsızlığa, hem de yolun yapıldığı çevreye olan etkisinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Bu araştırma kapsamında Ortalama Alan yöntemi, Prizmatik yöntem, Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemi ve Pappus teoremi ile hacim tahminleri yapılmaya çalışılmıştır. Kontrol yöntemi ile karşılaştırılan sonuçlara göre, Ortalama Alan Yöntemi ve Basitleştirilmiş Uygulanabilir Uzunluklar yöntemlerinin sonuçlarının diğer geleneksel yöntemlere göre daha uzak olduğu görülmüştür. Prizmatik yöntem ve Pappus teoremlerinin sonuçları bilgisayar destekli olarak yapılan hacim hesabına daha yakın bulunmuştur. Prizmatik yöntemin hesabında ara kesit değerinin bulunması, Pappus teoreminde ise enkesitlerin eksantrikliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu değerlerin bulunması ise bu iki yöntemde harcanması gereken eforu artıran girdilerdir.

Geleneksel yöntemler arasında kurpları dikkate alan tek yöntem Pappus teoremidir. Diğer yöntemlerde enkesitin kurba denk gelmesi önemsenmemektedir. Bu karayolları gibi doğrusal

projelere oranla, dağlık arazi koşullarında inşa edilen düşük hacimli orman yollarında çok daha etkili olan bir noktadır. Dağlık arazi şartları nedeniyle orman yollarında daha sık ve daha küçük yarıçaplı kurpların uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle karayollarına oranla daha fazla kurplu olan orman yollarında Pappus teoreminin kullanılması daha hassas hacim tahminleri yapma imkanı verebilir.

Bilgisayar destekli olarak yapılan hacim hesaplarında, manuel eklenen enkesitler, kurp esas noktaları, hektometreler, eğim değişim noktaları dikkate alınarak otomatik olarak eklenen enkesitler, 10, 5 ve 1 m sabit aralıkla alınan enkesitler ile hacim hesaplamaları yapılmıştır. Bu farklı alternatiflerin değerlendirilmesindeki amaç, orman yollarının yatay ve düşey geometrileri ile enkesitler arasındaki mesafelerin hacim hesaplarına olan etkilerini incelemektir. Yapılan çalışmada yolun yatay ve düşey geometrisi ile enkesitler arasındaki mesafelerin hacim hesaplarına olan etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Çalışmada oluşturulan araştırma hipotezleri ile ilgili olarak;

1) Anova testi sonuçlarına göre orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacim değerleri ile bilgisayar destekli olarak hesaplanan hacim değerleri arasında fark olduğu (H_A);

   Tamhane's T2 testi sonuçlarına göre orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel yöntemlerden Ortalama Alan yöntemi ve Pappus teoremiyle tip enkesit verileri kullanılarak hesaplanan hacim değerleri ile bilgisayar destekli olarak hesaplanan hacim değerleri arasında fark olmadığı (H_0),

2) Anova testi sonuçlarına göre orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerlerinde fark olduğu (H_A),

3) Anova testi sonuçlarına göre orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemlerinin kendi aralarında hesaplanan hacim değerlerinde fark olduğu (H_A),

   Tamhane's T2 testi sonuçlarına göre orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında yararlanılan bilgisayar destekli hacim hesaplama yöntemlerinden "By range of stations" fonksiyonuyla kurp esas noktalarını, hektometreleri, eğim değişim noktalarını ve 5 m

sabit enkesit aralığını dikkate alan yöntemlerle hesaplanan hacim değerleri ile kontrol yöntemiyle hesaplanan hacim değerleri arasında fark olmadığı (H_0) sonuçlarına ulaşılmıştır.

Orman yollarının kazı-dolgu hacimlerinin hesaplarında kullanılacak geleneksel yöntemlerin olumlu ve olumsuz özellikleri aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır. Bu özellikler;

- Ortalama alan yöntemi hacmi olduğundan daha fazla hesaplama eğilimindedir. Çoğunlukla aliymanlardan oluşan yollar ve daha çok düz araziler için uygundur. Eğim değişiminin ani olduğu, çoğunlukla dağlık araziler için ve kurp sayısı fazla olan yollarda yapılan hacim hesaplarında farklı sonuçlar verebilmektedir. Yöntemin uygulanması ise ekstra veri gerektiren Prizmatik yöntem ve Pappus teoremine oranla daha pratiktir.

- Prizmatik yöntem hesabında girdi olan ara kesit verisi nedeniyle Ortalama alan yöntemine kıyasla daha hassas sonuçlar vermektedir. Ara kesit verisinin hesaplanması ise yöntemin uygulanması için gereken süreyi ve eforu artırmaktadır.

- Basitleştirilmiş uygulanabilir uzunluklar yöntemi uygulama açısından oldukça pratiktir. Fakat yöntem enkesitler arasındaki mesafelere odaklandığı için, orman yolları gibi dağlık bölgelerde inşa edilen yolların hacim hesaplarında gerçek değerden sapabilir.

- Pappus teoremi bu çalışmada anlatılan geleneksel yöntemler arasında kurpların eksantriklik değerlerini girdi olarak alan tek yöntemdir. Dağlık arazi şartlarında inşa edilen düşük hacimli orman yolları için her zaman uzun mesafeler boyunca aliymanlardan oluşan bir yol yapmak mümkün değildir. Zorlu arazi şartları sık sık kurp yapmayı gerektirmekte, düşük çaplı ardı ardına gelen kurpların ve bazen laselerin uygulanmasına mecbur kalınmaktadır. Bu şartlarda kurbun özelliklerini dikkate alan Pappus teoremi orman yollarının kazı-dolgu hesaplarında daha hassas sonuçlar elde edilmesi imkanı sunabilir. Enkesitlerin ağırlık merkezlerinin ve eksantriklik mesafelerinin hesaplanması ise yöntemin uygulanması için gereken zamanı ve çabayı artırmaktadır.

Sonuç olarak buraya kadar ifade edilmeye çalışılan tüm yöntemler birlikte değerlendirildiğinde, orman yollarının kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanmasında, geleneksel hacim hesaplama yöntemlerinden kurpların dikkate alınarak hesaplama yapıldığı Pappus teoreminin

uygulanmasının sonuçların hassasiyeti için önemli olduğu düşünülmektedir. Bilgisayar destekli hacim hesaplamaları yapılırken de, çok kısa aralıklı sabit enkesitler alarak hesaplama yapmak yerine, yolun kurp esas noktalarını (yatay geometri), eğim değişimlerini (düşey geometri) ve arazide hacim hesaplarına etki edecek şartları dikkate alan, 5 m ara mesafe ile enkesitlerin alınmasının yeterli olacağı düşünülmektedir. Bütün bunlara ek olarak tip enkesit kullanılarak planlanan orman yollarının yapımı aşamasında, enkesitlerin standart ölçülerinin mümkün olduğu kadar uygulanmasına özen gösterilmesinin faydalı olacağı öngörülmektedir.

Orman yollarının planlanması aşamasında hassas hacim tahminlerinin yapılabilmesi için, kurplarda ve aliymanlarda kullanılacak yöntemlerin tespitine ek olarak detay planlama gerektiren alanlarda, zeminin yapısını, toprak tiplerini, yamaç eğimlerini ve yol inşaatı sırasında kullanılacak makinelerin seçimini dikkate alan bütünleşik bir planlamanın yapılması hacim tahminlerindeki doğruluğu artıracaktır. Bu bütünleşik planlama orman yol yapım çalışmalarında yaklaşık maliyetin hesaplanması açısından azami doğruluğu sağlayacaktır.

Çalışmada üretilen veri ve sonuçların, orman yollarının kazı-dolgu hesaplamalarında kullanılan yöntemlerin daha etkin bir biçimde uygulanması ve değerlendirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdi, E. ve diğerleri, 2009. A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science,* 55(4), pp. 171-176.

Abdi, E., Sisakht, S. R., Goushbor, L. & Soufi, H., 2012. Accuracy assessment of GPS and surveying technique in forest road mapping. *Annals of Forest Research,* 55(2), pp. 309-317.

Acar, H. H., Dursun, E., Gülci, S. & Gümüş, S., 2017. Assessment of road network planning by using GIS-based multi-criteria evaluation for conversion of coppice forest to high forest. *Fresenius Environmental Bulletin,* 26(3), pp. 2380-2388.

Acar, H. H. & Karabacak, M., 2012. Göller Bölgesi Orman Yolu İnşaatlarında Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin İrdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry,* 13(1), pp. 21-27.

Akay, A. E., 2004. A New Method of Designing Forest Roads. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 28(4), pp. 273-279.

Akay, A. E. ve diğerleri, 2007. *Bilgisayar Destekli Orman Yolu Planlama Modeli.* Trabzon, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.

Akay, A. E., Oğuz, H., Karas, İ. R. & Aruga, K., 2009. Using LiDAR technology in forestry activities. *Environmental Monitoring and Assessment,* 151(1), pp. 117-125.

Akay, A. E. & Session, J., 2005. Applying the Decision Support System, TRACER, to Forest Road Design. *Western Journal of Applied Forestry,* 20(3), pp. 184-191.

Akburak, S., 2013. *Meşe ve Gürgen Meşcerelerinde Aralamanın Toprak Solunumu ve Mikrobiyal Solunum Üzerine Etkileri.* İstanbul: Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akgül, M., 2007. *Kullanım Fonksiyonlarına Göre Orman Yollarının Planlanması ve Tasarımı Üzerine İncelemeler: Kanlıca Devlet Orman İşletmesi Örneği..* İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü.

Akgül, M., 2012. *Üretim Ormanlarında Tampon Zon Belirleme Kriterleri.* İstanbul: Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akgül, M. ve diğerleri, 2016. Investigation of Recreational Vehicles Maneuverability on Forest Roads by Computer-Aided Driving Analysis. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering,* pp. 111-119.

Akgül, M., Esin, A. İ. & Özmen, M., 2012. *Orman Yollarının Dinamik Modelli CAD Programları İle Planlanması.* Kahramanmaraş, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, pp. 115-121.

Akgül, M., Hüseyin, Y., Gülci, S. & Akay, A. E., 2018. Evaluation of UAV- and GNSS-Based DEMs for Earthwork Volume. *Arabian Journal for Science and Engineering,* 43(4), pp. 1893-1909.

Akgül, M. ve diğerleri, 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 66(1), pp. 104-118.

Anon., tarih yok [Çevrimiçi] Available at: www.tumas.dmi.gov.tr

Arıcak, B. & Acar, H. H., 2008. Orman Yolu İnşaatlarında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının QuickBird Uydu Görüntüsü Kullanarak Modellenmesi. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 8(2), pp. 144-156.

Arıoğlu, E. & Tokgöz, N., 2005. *Çözümlü Problemlerle Şev Stabilite Analizi.* İstanbul: Evrim Yayınevi.

Artun, A., Badenko, V., Volkova, Y. & Radaev, A., 2020. *Minimizing earthwork volumes by optimizing vertical alignment with linear programming algorithm.* Moscow, Russia, E3S Web of Conferences.

Aruga, K., 2005. Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads. *Journal of Forest Research,* 10(4), pp. 275-284.

Aruga, K., Sessions, J. & Akay, A. E., 2005. Application of an airborne laser scanner to forest road design with accurate earthwork volumes. *Journal of Forest Research,* 10(2), pp. 113-123.

Aruga, K., Sessions, J. & Akay, A. E., 2005. Heuristic planning techniques applied to forest road profiles. *Journal of Forest Research,* 10(2), pp. 83-92.

Aruga, K., Sessions, J., Akay, A. E. & Chung, W., 2005. Simultaneous Optimization of Horizontal and Vertical Alignments of Forest Roads Using Tabu Search. *International Journal of Forest Engineering,* 16(2), pp. 137-151.

Aslan, Ş. T. A., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemi Olanakları ile Bazı Havza Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi,* 8(2), pp. 128-134.

Aykut , T. & Demir, M., 2005. Türkiye'de Orman Yollarının Durumu, Değerlendirilmesi ve Önemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 55(1), pp. 37-51.

Babapour, R., Naghdi, R., Ghajar, I. & Ghodsi, R., 2018. New strategies for estimation of cut and fill areas in road design with different ground cross-section offsets. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 33(2), pp. 178-187.

Bayoğlu, S., 1980. Orman Yollarının Sıfır Hattına Göre İnşa Edilmeleri Durumunda Uygulanacak Standart Enkesitler ve Hacim Tabloları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 30(2), pp. 1-29.

Bayoğlu, S., 1996. *Orman Nakliyatının Planlanması.* İstanbul: İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bayoğlu, S., 1997. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, ISBN:975-404-430-9.

Baytekin, 2022. *Genel Ürün Katoloğu.* İstanbul: Baytekin.

Bilge, S. & Özmen, M., 2018. *Autodesk AutoCad Civil 3D Eğitim Notları.* İstanbul: Prota.

Boston, K., 2016. The Potential Effects of Forest Roads on the Environment and Mitigating their Impacts. *Current Forestry Reports,* 2(4), pp. 215-222.

Buğday, E., 2018. Capabilities of using UAVs in Forest Road Construction Activities. *European Journal of Forest Engineering,* 4(2), pp. 56-62.

Cheng, J. & Jiang, L., 2013. Accuracy Comparison of Roadway Earthwork Computation between 3D and 2D Methods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* Cilt 96, pp. 1277-1285.

Contreras, M., Aracena, P. & Chung, W., 2012. Improving Accuracy in Earthwork Volume Estimation for Proposed Forest Roads Using a High-Resolution Digital Elevation Model. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering,* 33(1), pp. 125-142.

Coulter, E. D., Chung, W. & Akay, A. E. S. J., 2002. *Forest Road Earthwork Calculations for Linear Road Segment Using a High Resulation Digital Terrain Model Generated from LIDAR Data.* Seattle, Washington, Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium.

Çağlarer, B., 1986. *Yol Yapım Tekniği.* Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.

Demir, M., 2002. Bolu Mıntıkasında Orman Yol Şebeke ve Nakliyat Planlarının Bilgisayar Ortamında Düzenlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 52(2), pp. 125-158.

Demir, M., 2007. Impacts, Management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 41(1), pp. 56-68.

Dewberry, S. O., 2008. *Land development handbook: planning, engineering, and surveying.* 3. dü. .: McGraw-Hill Education.

Easa, S. M., 1988. Estimating Pit Excavation Volume Using Nonlinear Ground Profile. *Journal of Surveying Engineering,* 114(2), pp. 71-83.

Easa, S. M., 1988. Selection of Roadway Grades That Minimize Earthwork Cost Using Linear Programming. *Transportation Research Part A: General,* 22(2), pp. 121-136.

Easa, S. M., 1989. Simplifying roadway cross sections without reducing volume accuracy. *Canadian Journal of Civil Engineering,* 16(4), pp. 483-488.

Easa, S. M., 1992a. Estimating Earthwork Volumes of Curved Roadways: Mathematical Model. *Journal of Transportation Engineering,* 118(6), pp. 834-849.

Easa, S. M., 1992b. Modified prismoidal method for nonlinear ground profiles. *J Survey Land Inform Syst,* Cilt 52, pp. 13-19.

Easa, S. M., 1992c. Discussion of "Cut and Fill Calculations by Modified Average-End-Area Method" by James W. Epps and Marion W. Corey. *Journal of Transportation Engineering,* 118(4), pp. 600-601.

Easa, S. M., 2003. Estimating Earthwork Volumes of Curved Roadways: Simulation Model. *Journal of Surveying Engineering,* 129(1), pp. 19-27.

Eker, M. & Çoban, H. O., 2010. Impact of road network on the structure of a multifunctional forest landscape unit in southern Turkey. *Journal of environmental biology / Academy of Environmental Biology, India,* Cilt 31, pp. 157-168.

Eliou, N. ve diğerleri, 2019. *Calculation of road projects earthwork: A comparison of methods.* Zagreb, Croatia, 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure.

Epps, J. W. & Corey, M. W., 1990. Cut and Fill Calculations by Modified Average-end-Area Method. *Journal of Transportation Egineering,* 116(5), pp. 683-689.

Erdaş, O., 1980. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları II.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Erdaş, O., 1986. *Orman Yollarında Proje ve Yapım Tekniğine Bağlı Olarak Kazı ve Taşıma Makinelerinin Rasyonel Kullanımı.* Ankara, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Milli Prodüktivite Merkezi Yayın,, pp. 110-128.

Erdaş, O., 1988. *Orman Transport Tesis ve Taşıtları I-II.* Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi.

Erdaş, O., 1997. *Orman Yolları.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, ISBN:975 6983-02-7.

Evren, G., 1994. *Toprak İşleri.* 2. dü. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası.

Giannoulas, V., Sarantis-Angelos, L., Stamatiou, C. & Vasileios, D., 2020. *Determination of culverts on low-volume roads using GIS and remote sensing.* Paphos, International Society for Optics and Photonics.

Gizas, I., 2016. *Earthworks Calculation Method Comparison.* Volos: Yüksek Lisans Tezi, Department of Civil Engineering, University of Thessaly.

Gkoutzini, A., 2017. *An Investigation of Earthwork Calculation Methods.* Volos: Yüksek Lisans Tezi, Department of Civil Engineering, University of Thessaly.

Göktepe, A. B. & Lav, A. H., 2004. Method for Optimizing Earthwork Considering Soil Properties in the Geometric Design of Highways. *Journal of Surveying Engineering,* 130(4), pp. 183-190.

Görcelioğlu, E., 2003. *Sel ve Çığ Kontrolu.* 1. dü. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Görcelioğlu, E., 2004. *Orman Yolları Erozyon İlişkileri.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, ISBN:975-404-707-3.

Gülci, N., Akay, A. E., Erdaş, O. & Gülci, S., 2015. Üretim işlerinin planlanmasında RTK-GPS tabanlı sayısal yükseklik modelinin kullanılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 65(2), pp. 59-68.

Gülci, S., Akay, A. E., Oğuz, H. & Gülci, N., 2017. Assessment of the Road Impacts on Coniferous Species within the Road-Effect Zone Using NDVI Analysis Approach. *Fresenius Environmental Bulletin,* 26(2a), pp. 1654-1662.

Gülci, S., Akgül, M., Gülci, N. & Demir, M., 2021. Orman Yolu Güzergahlarının Belirlenmesinde Farklı Tekniklerle Üretilmiş Sayısal Arazi Modellerinin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 23(2), pp. 1-14.

Gümüş, S., Acar, H. H. & Toksoy, D., 2008. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Environmental Monitoring and Assessment,* 142(1), pp. 109-116.

Gümüş, S., Acar, H. H., Tunay, M. & Ateşoğlu, A., 2003. *Calculation of Cut and Fill Volumes By GIS in Forest Roads Projecting.* Kanada, XII World Forestry Congress.

Gümüş, S., Türk, Y. & Arıcak, B., 2015. Orman Yolu İnşaat Sürecinde Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin Araştırılması. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 15(1), pp. 6-14.

Hanzhi, H., 2009. *Research on Optimization Analysis of Engineering Earthwork Calculation Method.* .: Hunan University.

Hasdemir, M. & Demir, M., 2000. Türkiye'de Orman Yollarını Kara Yollarından Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 50(2), pp. 85-96.

Hasdemir, M. & Demir, M., 2005. Ormancılıkta Gelişmelere Bağlı Olarak Orman Yol Şebekelerinin Fonksiyonel Planlama Esasları ve Orman Yol Yoğunluğu. *İstanbul Üniversitesi Orman Faküktesi Dergisi,* 55(2), pp. 1-13.

Hasdemir, M. & Demir, M., 2009. *Ormancılıkta İnşaat Bilgisi.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, ISBN:978-975-404-846-9.

Hayati, E. ve diğerleri, 2013. An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment,* 185(2), pp. 1767-1776.

Heinimann, H. R., 2017. Forest Road Network and Transportation Engineering – State and Perspectives. *Croatian Journal of Forest Engineering,* 38(2), pp. 155-173.

Hickerson, T. F., 1967. *Route location and design.* .: McGraw-Hill College.

Hintz, C. & Vonderohe, A. P., 2011. Comparison of Earthwork Computation Methods. *Transportation Research Record,* 2215(1), pp. 100-104.

İcîfer, O. B., 1984. Fliyosen'de Ankara ile Etimesgut-Batıkent Havzaları Arasında Uzanan Paleosırt. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi,* 8(3), pp. 33-38.

Japan Forest Road Association, 2003. *Forest road handbook (in Japanese).* Tokyo: Japan Forest Road Association.

Karakikes, I., 2012. *Road projects Earthworks Calculation – Method Comparison.* Volos: Yüksek Lisans Tezi, Department of Civil Engineering, University of Thessaly.

Kavanagh, B. F., 2010. *Surveying with Construction Applications.* 7. dü. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Kim, E. & Schonfeld, P., 2001. Estimating Highway Earthwork Cross Sections by Using Vector and Parametric Representation. *Transportation Research Record,* 1772(1), pp. 48-54.

Kök, B. V., 2020. *Karayolu Mühendisliği ve Tasarımı.* 2. dü. Ankara: Nobel.

Liu, Q. ve diğerleri, 2021. Summary of calculation methods of engineering earthwork. *Journal of Physics: Conference Series,* 1802(3), pp. 1-8.

Lugo, A. E. & Gucinski, H., 2000. Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and Management,* 133(3), pp. 249-262.

Makineci, E., 1999. *İ.Ü. Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Değişimine Etkileri.* İstanbul: Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Matinnia, B., Parsakhoo, A., Mohamadi, J. & Jouibary, S. S., 2018. Study of the LiDAR accuracy in mapping forest road alignments and estimating the earthwork volume. *Journal of Forest Science,* 64(11), pp. 469-477.

Melemez, K., Ateşoğlu, A., Özkan, C. & Tunay, M., 2015. Orman Yollarının Bilgisayar Destekli Tasarım Metodu ile Projelendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 17(25-26), pp. 29-41.

Meyer, C. F. & Gibson, D. W., 1980. *Route surveying and design.* New York: Series in Civil Engineering-Untraced Series.

MGM, 2022. *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.*[Çevrimiçi] Available at:https://mgm.gov.tr [Erişildi: 25 Mart 2022].

Mooney, C. Z., 1997. *Monte Carlo Simulation.* United States of America: SAGE.

Nelson, A., Reuter, H. I. & Gessler, P., 2009. DEM Production Methods and Sources. %1 içindeT. Hengl & H. I. Reuter, düz. *Developments in Soil Science.* Amsterdam: Elsevier, pp. 65-85.

NZFOA, 2020. *New Zealand Forest Road Engineering Manual 2020.* Yeni Zellenda: New Zealand Forest Owners' Association.

OGM, 2008. *Orman Yolları Planlanması, Yapımı ve Bakımı Tebliğ No:292.* Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı.

OGM, 2022. *Orman Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu,* Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.

Oloufa, A. A., 1991. Triangulation Applications in Volume Calculation. *Journal of Computing in Civil Engineering,* 5(1), pp. 103-119.

Öztürk, T., 2009. Orman Yolu Planlarının Oluşturulmasında Netpro Yol Modülünün Kullanılması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 3(11-19), p. 22.

Öztürk, T., 2010. *Orman yollarında drenaj yapılarının boyutlandırılmasıu ve konumlandırılmasında coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması,* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Rektörliği Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi.

Öztürk, T. & Hasdemir, M., 2021. *Orman Yolları Sanat Yapıları.* 1. dü. Ankara: Gece Kitağlığı.

Pazhouhan, I., Najafi, A., Rouhani Kamkar, A. & Vahidi, J., 2017. Effect of Subsurface Materials on Earthwork Operation Costs of Forest Road. *European Journal of Forest Engineering,* 3(2), pp. 44-51.

Reutebuch, S. E., McGaughey, R. J., Andersen, H.-E. & Carson, W. W., 2003. Accuracy of a high-resolution digital terrain modelunder a conifer forest canopy. *Canadian Journal of Remote Sensing,* 29(5), pp. 527-535.

Seçkin, Ö. B., 1982. Orman Yolları Genel Planlama Esasları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 32(1), pp. 85-98.

Seçkin, Ö. B., 1984. Türkiye'de Orman Yol Şebeke Planlarının Düzenlenmesi ve Etüd Aplikasyonu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 34(1), pp. 112-125.

Seçkin, Ö. B., 1986. Karayolu ve Peyzajı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 36(4), pp. 45-53.

Seçkin, Ö. B., 1990. Peyzajda Toprak İşleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 40(4), pp. 17-32.

Seçkin, Ö. B., 1997. *Peyzaj Yapıları II.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, ISBN:975-404-464-3.

Seçkin, Ö. B., 2003. *Peyzaj Uygulama Tekniği.* 2. dü. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

Siebert, S. & Teizer, J., 2014. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction,* Cilt 41, pp. 1-14.

Silva, E. F. ve diğerleri, 2020. Optimized forest planning: allocation of log storage yards in the Amazonian sustainable forest management area. *Forest Ecology and Management,* Cilt 472.

Siyam, Y. M., 1987. Precision in Cross-Sectional Area Calculations on Earthwork Determination. *Journal of Surveying Engineering,* 113(3), pp. 139-151.

Slattery, K. T., Slattery, D. K. & Peterson, J. P., 2012. Road Construction Earthwork Volume Calculation Using Three-Dimensional Laser Scanning. *Journal of Surveying Engineering,* 138(2), pp. 96-99.

Smith, S. D. & Wood, G. S. G. M., 2000. A new earthworks estimating methodology. *Construction Management and Economics,* 18(2), pp. 219-228.

Stückelberger, J. A., Heinimann, H. R. & Burlet, E. C., 2006. Modeling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. *European Journal of Forest Research,* 125(4), pp. 377-390.

Sulistyo, T., 2007. Application of GIS to improve accuracy and save time in Cut and Fill Calculation: A case study of Bunga Club Project PT. Tanjung Pura Resorts Balikpapan. *JIP (Jurnal Ilmiah Politeknik),* 5 10, 1(1), pp. 57-62.

Şentürk, N., 1992. *Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları.* İstanbul: Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şentürk, N., Akgül, M., Öztürk, T. & Akay, A. O., 2018. Orman Yollarında Kazı-Dolgu Miktarlarının Hesaplanmasında Topoğrafik Harita Tabanlı Geleneksel Yöntem ile Bilgisayar Destekli Yöntemin Karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 20(3), pp. 618-625.

T.C. Resmî Gazete, 2005. *Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği.* Ankara: T.C. Resmî Gazete.

Tampekis, S. ve diğerleri, 2015. Mapping the optimal forest road network based on the multicriteria evaluation technique: the case study of Mediterranean Island of Thassos in Greece. *Environmental monitoring and assessment,* 187(11), pp. 1-17.

Tavşanoğlu, F., 1971. Ormanlarda Sürütme Yolları ve Bu Yollar Üzerinde Taşıma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 21(2), pp. 21-41.

Tavşanoğlu, F., 1973. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları.* 3. dü. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

Thuresson, T., 1995. *Forest Road Optimization Using Gridbased Geographical Informatıon System.* Umea: Swedish University of Agricultural Sciences Section of Forest Measureation And Management.

Tunay, M., 2006. The assessment of environmentally sensitive forest road construction in Calabrian pine forest areas of Turkey. *Journal of Environmental Biology,* 27(3), pp. 529-535.

Tunay, M., Acar, H. H. & Ateşoğlu, A., 2001. Orman Yolları Projelendirmede Kazı-Dolduru Hacimlerinin Bilgisayar Ortamında Hesabı. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 3(3), pp. 45-58.

Tunay, M. & Melemez, K., 2004. Dik Eğimli Arazide Orman Yol İnşaatının Çevresel Etkileri. *Ekoloji*, 13(52), pp. 33-37.

Türk, Y., 2019. Forest Road Design with Cad Software: A Case Study in the Western Black Sea Region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin,* 28(3), pp. 1743-1751.

Umar, F. & Yayla, N., 1986. *Yol İnşaatı.* İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yayınları.

Umeda, S., Suzuki, H. & Yamaguchi, S., 2007. Considerations in the construction of a spur road network. *Journal of the Japan Forest Engineering Society (Japan),* 22(3), pp. 143-152.

Wanasinghe, G. I., De Silva, H., Thennakoon, P. G. & Kalugamuwa, K., 2019. *Modification for End Area Rule Used in Volume Calculation of Highway Pavements.* Sri Lanka, KDU.

Wilson, J. P., 2012. Digital terrain modeling. *Digital terrain modeling,* 137(1), pp. 107-121.

Winkler, N., 1999. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).* [Çevrimiçi] Available at: https://www.fao.org/3/w9380E/w9380e00.htm#TopOfPage [Erişildi: 15 Şubat 2022].

Yiğit, B. & Çalışkanelli, S. P., 2017. *Investigation of Multilane Urban Highway Performance under Heavy Vehicle Effect.* Elazığ, 8th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Turkey.

Yongxiao, W. ve diğerleri, 2021. *Research on Earthwork Calculation Based on TIN Model.* Online-Hangzhou, China, E3S Web of Conferences.

Yorulmaz, G., 2011. *Orman Yolu Dolgu Şevlerinde Zamana Bağlı Doğal Bitkilenme ve Erozyonun Azalmasındaki Etkileri.* Trabzon: Yüksek Lİsans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yurtseven, H., 2019. Comparison of GNSS-, TLS-and different altitude UAV-generated datasets on the basis of spatial differences. *ISPRS International Journal of Geo-Information,* 8(4), p. 175.

Zhang, H. ve diğerleri, 2014. Testing of GPS Accuracy for Precision Forestry Applications. *Arabian Journal for Science and Engineering,* 39(1), pp. 237-245.

Zhang, W., Hu, B. & Quist, L., 2016. *Automatic identification and extraction of forest road through advanced LoG matching techniques.* Beijing, China, 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).

EKLER

Ek 1: İstasyonlara ait koordinat verileri.

İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ (UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC ED-50 TÜRKİYE (7 Param)					
SIRA NO	**İSTASYON ADI**	**NOKTA ADI**	**Y**	**X**	**Z**
1	**İ1**	**AK1**	416688,433	4561272,811	241,647
2		**KB1**	416688,688	4561271,084	241,350
3		**KS1**	416689,146	4561267,991	240,841
4		**YPK1**	416689,534	4561265,373	241,670
5		**YPO1**	416690,068	4561261,764	241,654
6		**YPD1**	416690,401	4561259,516	241,612
7		**DS1**	416690,763	4561257,075	240,817
8		**AD1**	416691,255	4561253,745	240,452
9	**İ2**	**AK2**	416668,139	4561268,742	240,824
10		**KB2**	416668,805	4561266,073	240,569
11		**KS2**	416669,411	4561263,643	240,565
12		**YPK2**	416670,001	4561261,279	241,249
13		**YPO2**	416670,471	4561259,398	241,069
14		**YPD2**	416670,862	4561257,826	241,064
15		**DS2**	416671,401	4561255,656	240,536
16		**AD2**	416672,072	4561252,972	240,085
17	**İ3**	**AK3**	416648,321	4561256,570	241,357
18		**KB3**	416648,867	4561255,725	241,159
19		**KS3**	416649,323	4561255,019	240,591
20		**YPK3**	416650,466	4561253,249	241,011
21		**YPO3**	416651,718	4561251,310	240,998
22		**YPD3**	416652,638	4561249,885	240,987
23		**DS3**	416654,085	4561247,645	239,964
24		**DA3**	416656,496	4561243,912	238,362
25	**İ4**	**AK4**	416635,028	4561238,337	241,786
26		**KB4**	416635,932	4561237,761	241,394
27		**KS4**	416637,213	4561236,945	241,413
28		**YPK4**	416638,561	4561236,086	241,423
29		**YPO4**	416639,983	4561235,180	241,448
30		**YPD4**	416641,421	4561234,263	241,338
31		**DS4**	416643,822	4561232,733	240,584
32		**DA4**	416645,504	4561231,661	239,390

Ek 1(devam): İstasyonlara ait koordinat verileri.

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
33	**İ5**	**AK5**	416626,563	4561217,990	241,674
34		**KB5**	416630,219	4561217,385	241,201
35		**KS5**	416631,147	4561217,232	241,083
36		**YPK5**	416632,604	4561216,991	241,325
37		**YPO5**	416634,394	4561216,695	241,340
38		**YPD5**	416636,145	4561216,406	241,272
39		**DS5**	416638,275	4561216,054	241,188
40		**DA5**	416639,718	4561215,815	239,986
41	**İ6**	**AK6**	416623,597	4561198,614	241,602
42		**KB6**	416626,113	4561198,083	240,931
43		**KS6**	416627,854	4561197,716	240,039
44		**YPK6**	416629,406	4561197,388	240,638
45		**YPO6**	416631,382	4561196,971	240,708
46		**YPD6**	416633,581	4561196,507	240,594
47		**DS6**	416637,908	4561195,594	237,889
48		**AD6**	416639,808	4561195,193	237,304
49	**İ7**	**AK7**	416619,518	4561179,588	240,616
50		**KB7**	416624,948	4561178,335	239,185
51		**KS7**	416625,799	4561178,139	238,777
52		**YPK7**	416627,447	4561177,758	239,091
53		**YPO7**	416629,592	4561177,264	239,230
54		**YPD7**	416631,669	4561176,785	239,189
55		**DS7**	416637,686	4561175,396	236,320
56		**AD7**	416640,294	4561174,795	235,162
57	**İ8**	**AK8**	416616,593	4561155,342	241,675
58		**KB8**	416619,128	4561155,411	240,770
59		**KS8**	416624,440	4561155,557	237,708
60		**YPK8**	416626,283	4561155,608	238,215
61		**YPO8**	416628,841	4561155,678	238,249
62		**YPD8**	416632,379	4561155,776	237,950
63		**DS8**	416637,451	4561155,915	235,013
64		**AD8**	416640,445	4561155,998	233,162
65	**İ9**	**AK9**	416614,350	4561135,930	241,774
66		**KB9**	416625,630	4561137,359	238,536
67		**KS9**	416627,461	4561137,591	237,097
68		**YPK9**	416628,658	4561137,743	237,415
69		**YPO9**	416630,683	4561137,999	237,432
70		**YPD9**	416632,937	4561138,285	237,372
71		**DS9**	416639,920	4561139,169	234,838
72		**AD9**	416643,560	4561139,631	233,386

Ek 1(devam): İstasyonlara ait koordinat verileri.

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
73	**İ10**	**AK10**	416624,894	4561118,146	239,051
74		**KB10**	416627,784	4561118,309	237,962
75		**KS10**	416629,595	4561118,411	235,952
76		**YPK10**	416631,317	4561118,508	236,061
77		**YPO10**	416632,686	4561118,585	236,083
78		**YPD10**	416634,378	4561118,680	236,011
79		**DS10**	416636,580	4561118,804	235,761
80		**AD10**	416643,276	4561119,181	232,129
81	**İ11**	**AK11**	416627,704	4561098,269	237,810
82		**KB11**	416630,203	4561098,490	237,006
83		**KS11**	416631,574	4561098,612	234,671
84		**YPK11**	416633,739	4561098,804	234,641
85		**YPO11**	416635,418	4561098,952	234,675
86		**YPD11**	416636,727	4561099,068	234,625
87		**DS11**	416638,468	4561099,222	234,446
88		**AD11**	416641,031	4561099,449	233,166
89	**İ12**	**AK12**	416628,173	4561080,995	236,495
90		**KB12**	416629,553	4561080,837	235,979
91		**KS12**	416631,918	4561080,562	233,003
92		**YPK12**	416632,483	4561080,497	233,180
93		**YPO12**	416634,385	4561080,272	233,130
94		**YPD12**	416636,345	4561080,046	233,105
95		**DS12**	416637,494	4561079,912	232,922
96		**AD12**	416641,554	4561079,437	230,989
97	**İ13**	**AK13**	416624,695	4561059,919	235,835
98		**KB13**	416629,209	4561059,883	233,504
99		**KS13**	416630,462	4561059,873	231,485
100		**YPK13**	416631,592	4561059,864	231,693
101		**YPO13**	416633,255	4561059,850	231,708
102		**YPD13**	416634,935	4561059,837	231,664
103		**DS13**	416636,304	4561059,826	230,405
104		**AD13**	416637,398	4561059,817	229,123
105	**İ14**	**AK14**	416626,118	4561046,482	233,825
106		**KB14**	416627,823	4561046,158	232,952
107		**KS14**	416629,735	4561045,794	230,005
108		**YPK14**	416630,354	4561045,676	230,201
109		**YPO14**	416631,838	4561045,394	230,248
110		**YPD14**	416633,527	4561045,073	230,288
111		**DS14**	416634,550	4561044,878	230,270
112		**AD14**	416636,359	4561044,534	229,125

Ek 1(devam): İstasyonlara ait koordinat verileri.

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
113	**İ15**	**AK15**	416624,412	4561041,773	233,163
114		**KB15**	416626,429	4561040,357	232,141
115		**KS15**	416627,712	4561039,456	229,117
116		**YPK15**	416628,248	4561039,080	229,511
117		**YPO15**	416629,663	4561038,086	229,689
118		**YPD15**	416631,011	4561037,140	229,748
119		**DS15**	416632,948	4561035,780	229,012
120		**AD15**	416634,745	4561034,518	227,823
121	**İ16**	**AK16**	416622,935	4561040,401	232,023
122		**KB16**	416624,392	4561037,719	230,988
123		**KS16**	416625,362	4561035,934	228,467
124		**YPK16**	416625,652	4561035,400	228,813
125		**YPO16**	416626,495	4561033,847	228,957
126		**YPD16**	416627,243	4561032,471	228,998
127		**DS16**	416627,853	4561031,347	228,511
128		**AD16**	416628,826	4561029,557	227,821
129	**İ17**	**AK17**	416619,040	4561037,780	231,716
130		**KB17**	416620,124	4561035,480	230,723
131		**KS17**	416620,773	4561034,102	228,118
132		**YPK17**	416621,180	4561033,239	228,614
133		**YPO17**	416621,893	4561031,726	228,662
134		**YPD17**	416622,600	4561030,224	228,497
135		**DS17**	416623,108	4561029,147	227,987
136		**AD17**	416623,878	4561027,513	227,294
137	**İ18**	**AK18**	416614,296	4561036,273	230,847
138		**KB18**	416615,260	4561034,171	229,998
139		**KS18**	416616,211	4561032,095	227,575
140		**YPK18**	416616,538	4561031,384	227,799
141		**YPO18**	416617,319	4561029,680	227,895
142		**YPD18**	416618,044	4561028,098	227,795
143		**DS18**	416618,412	4561027,297	227,365
144		**AD18**	416619,540	4561024,836	226,214
145	**İ19**	**AK19**	416608,630	4561032,611	228,745
146		**KB19**	416609,427	4561031,705	228,516
147		**KS19**	416610,725	4561030,227	227,588
148		**YPK19**	416611,896	4561028,894	227,718
149		**YPO19**	416613,091	4561027,534	227,846
150		**YPD19**	416614,197	4561026,274	227,772
151		**DS19**	416615,366	4561024,944	226,903
152		**AD19**	416616,591	4561023,550	226,003

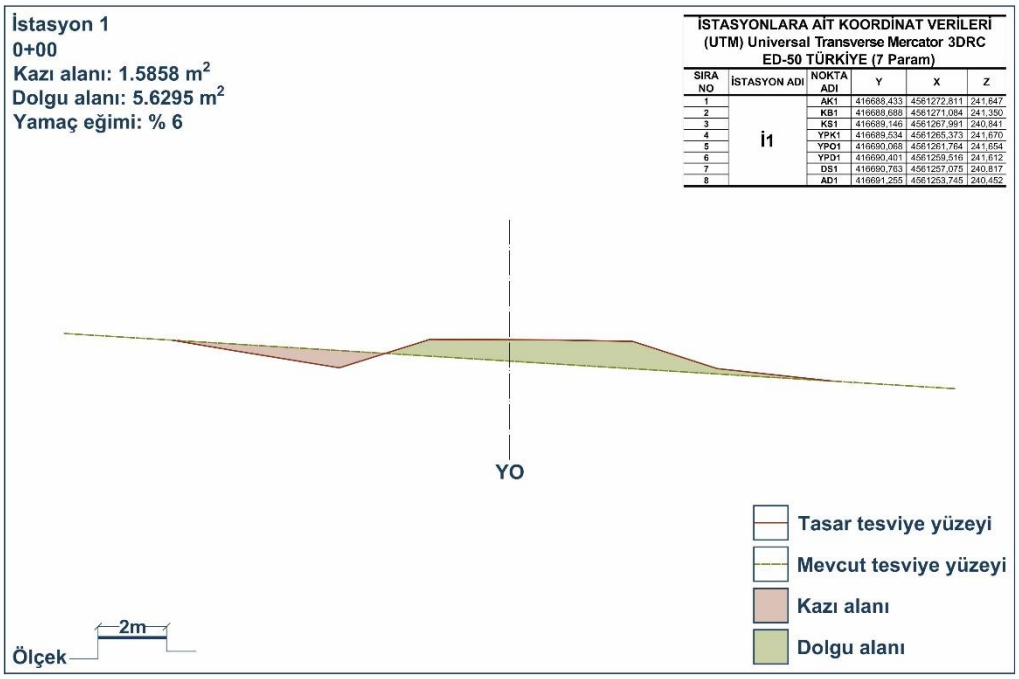
Ek 1(devam): İstasyonlara ait koordinat verileri.

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
153	**İ20**	**AK20**	416605,117	4561029,035	228,518
154		**KB20**	416605,656	4561028,421	228,292
155		**KS20**	416606,795	4561027,125	227,614
156		**YPK20**	416607,817	4561025,962	227,701
157		**YPO20**	416608,758	4561024,890	227,745
158		**YPD20**	416609,996	4561023,481	227,648
159		**DS20**	416611,388	4561021,896	226,288
160		**AD20**	416612,592	4561020,526	225,415
161	**İ21**	**AK21**	416601,376	4561023,612	228,423
162		**KB21**	416601,890	4561023,285	228,255
163		**KS21**	416602,646	4561022,805	227,754
164		**YPK21**	416604,307	4561021,750	227,769
165		**YPO21**	416605,573	4561020,945	227,780
166		**YPD21**	416607,248	4561019,881	227,589
167		**DS21**	416609,586	4561018,395	226,018
168		**AD21**	416610,936	4561017,538	225,023
169	**İ22**	**AK22**	416596,784	4561010,934	228,779
170		**KB22**	416597,765	4561010,971	228,637
171		**KS22**	416598,508	4561010,999	228,297
172		**YPK22**	416599,809	4561011,048	227,962
173		**YPO22**	416601,754	4561011,121	228,034
174		**YPD22**	416603,124	4561011,173	228,023
175		**DS22**	416604,286	4561011,217	227,924
176		**AD22**	416605,919	4561011,278	227,516
177	**İ23**	**AK23**	416596,847	4560991,338	229,849
178		**KB23**	416598,004	4560991,370	229,414
179		**KS23**	416599,361	4560991,409	226,473
180		**YPK23**	416600,052	4560991,428	226,602
181		**YPO23**	416601,460	4560991,468	226,668
182		**YPD23**	416603,055	4560991,513	226,631
183		**DS23**	416604,318	4560991,549	226,608
184		**AD23**	416606,800	4560991,619	226,126
185	**İ24**	**AK24**	416596,622	4560971,089	230,150
186		**KB24**	416597,611	4560971,153	229,640
187		**KS24**	416600,255	4560971,325	225,319
188		**YPK24**	416601,526	4560971,408	225,412
189		**YPO24**	416603,109	4560971,511	225,426
190		**YPD24**	416604,626	4560971,610	225,364
191		**DS24**	416606,143	4560971,709	225,246
192		**AD24**	416607,591	4560971,803	224,500

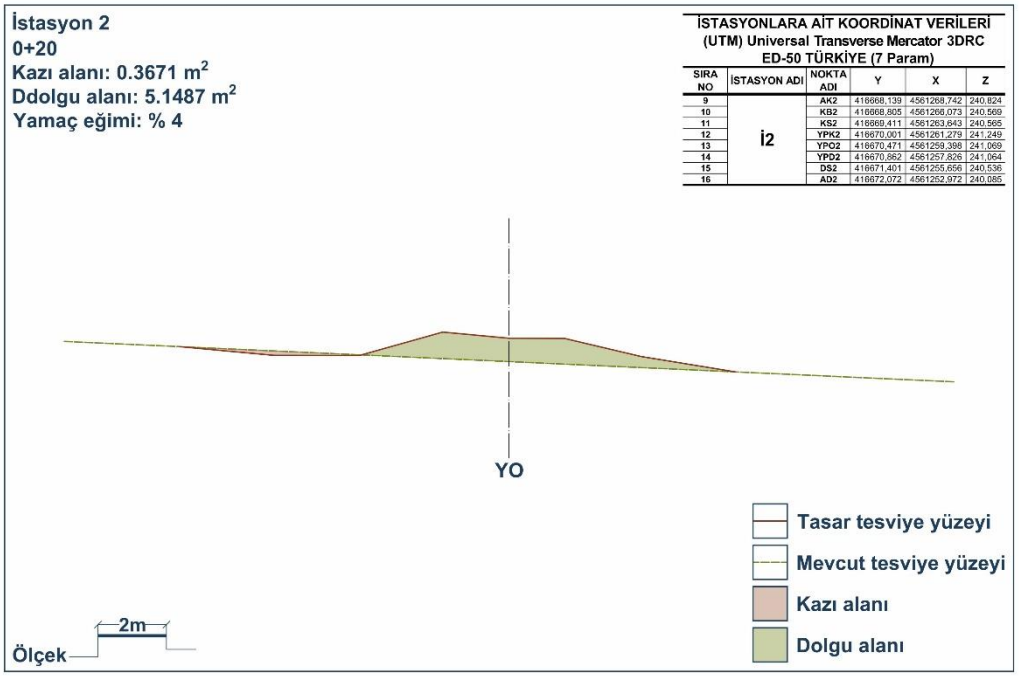
Ek 1(devam): İstasyonlara ait koordinat verileri.

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
193	**İ25**	**AK25**	416599,506	4560950,891	227,270
194		**KB25**	416600,955	4560951,081	226,716
195		**KS25**	416603,283	4560951,387	223,842
196		**YPK25**	416603,926	4560951,472	223,930
197		**YPO25**	416605,843	4560951,723	223,952
198		**YPD25**	416607,721	4560951,970	223,978
199		**DS25**	416608,191	4560952,032	223,903
200		**AD25**	416610,229	4560952,299	223,169
201	**İ26**	**AK26**	416606,142	4560931,640	224,554
202		**KB26**	416606,857	4560931,776	224,320
203		**KS26**	416607,579	4560931,913	222,416
204		**YPK26**	416608,470	4560932,082	222,489
205		**YPO26**	416610,155	4560932,403	222,498
206		**YPD26**	416611,985	4560932,751	222,443
207		**DS26**	416613,515	4560933,042	222,099
208		**AD26**	416614,271	4560933,185	221,903
209	**İ27**	**AK27**	416608,385	4560910,925	224,453
210		**KB27**	416609,402	4560911,149	224,051
211		**KS27**	416611,915	4560911,701	220,431
212		**YPK27**	416613,332	4560912,012	220,591
213		**YPO27**	416615,028	4560912,385	220,679
214		**YPD27**	416616,584	4560912,727	220,592
215		**DS27**	416618,881	4560913,232	220,073
216		**AD27**	416620,576	4560913,604	219,648
217	**İ28**	**AK28**	416613,201	4560892,380	220,424
218		**KB28**	416613,926	4560892,494	220,196
219		**KS28**	416615,481	4560892,741	218,374
220		**YPK28**	416616,113	4560892,841	218,304
221		**YPO28**	416617,977	4560893,136	218,348
222		**YPD28**	416619,836	4560893,430	218,286
223		**DS28**	416621,517	4560893,697	217,807
224		**AD28**	416622,449	4560893,844	217,516

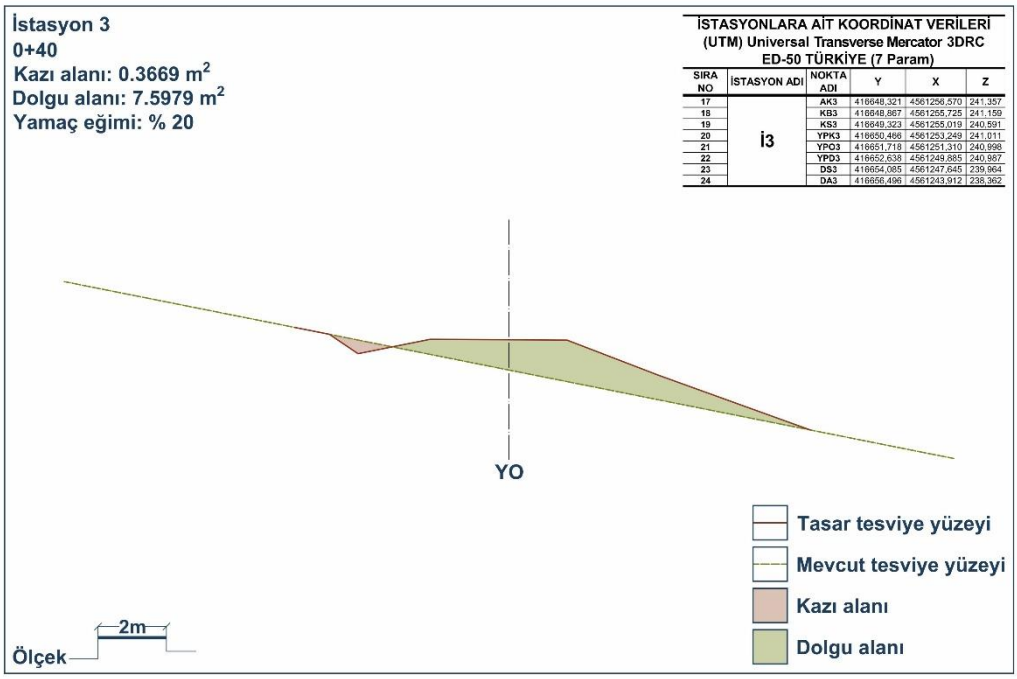
Ek 2: 1 numaralı istasyonun enkesiti.



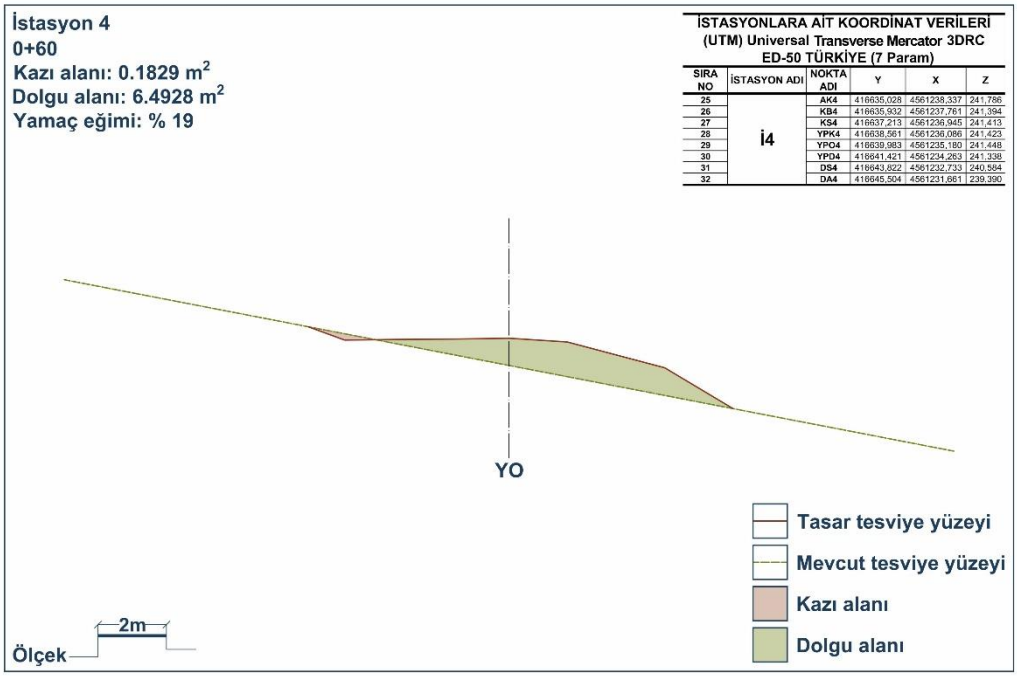
Ek 3: 2 numaralı istasyonun enkesiti.



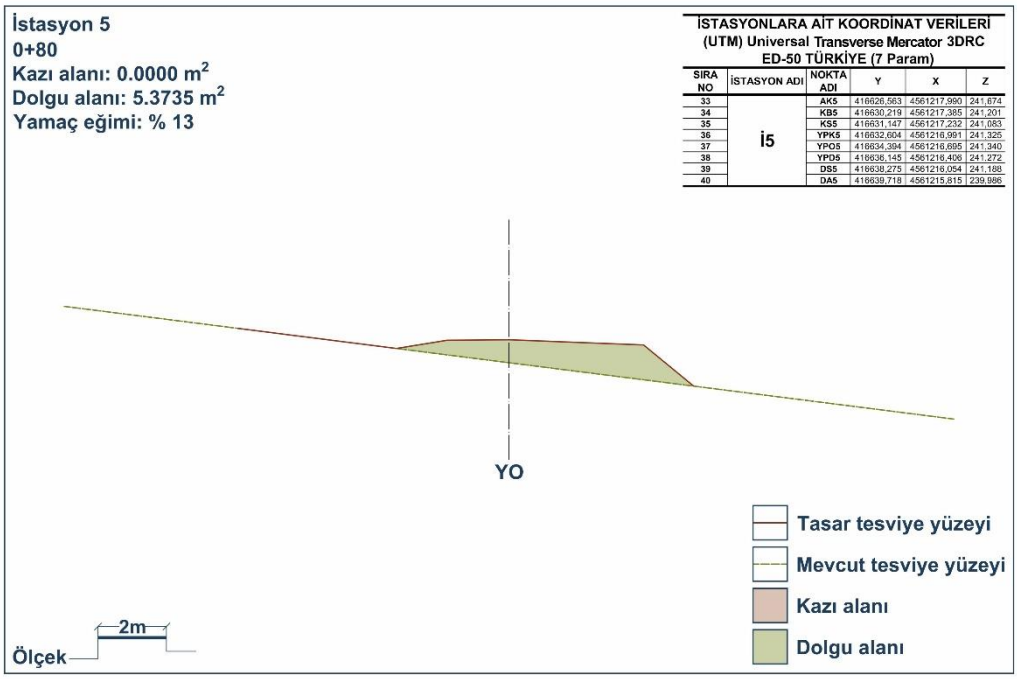
Ek 4: 3 numaralı istasyonun enkesiti.



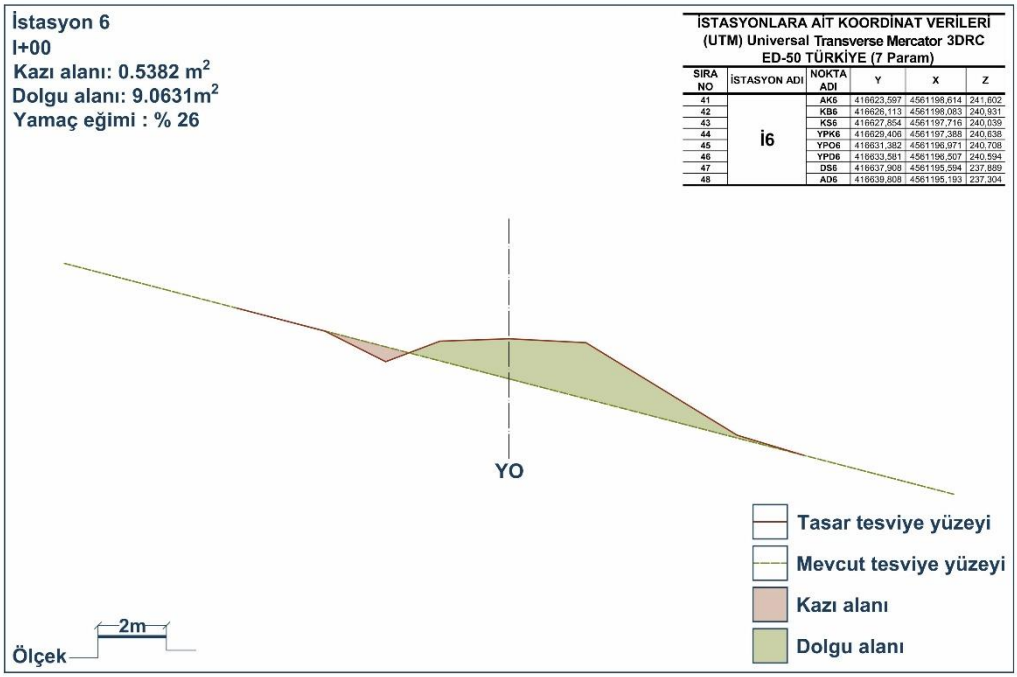
Ek 5: 4 numaralı istasyonun enkesiti.



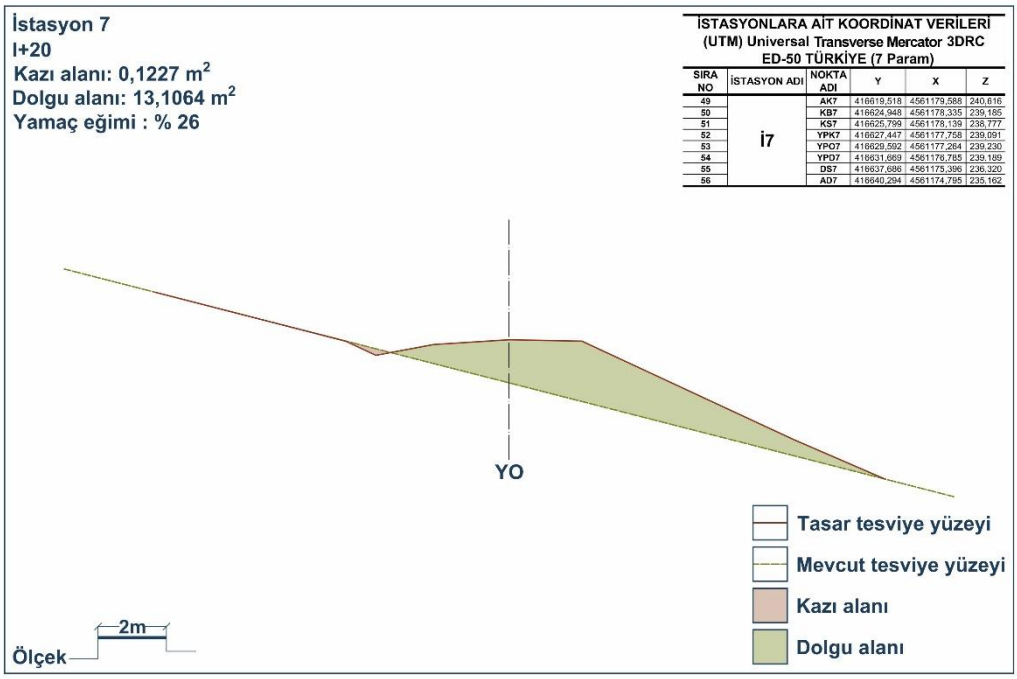
Ek 6: 5 numaralı istasyonun enkesiti.



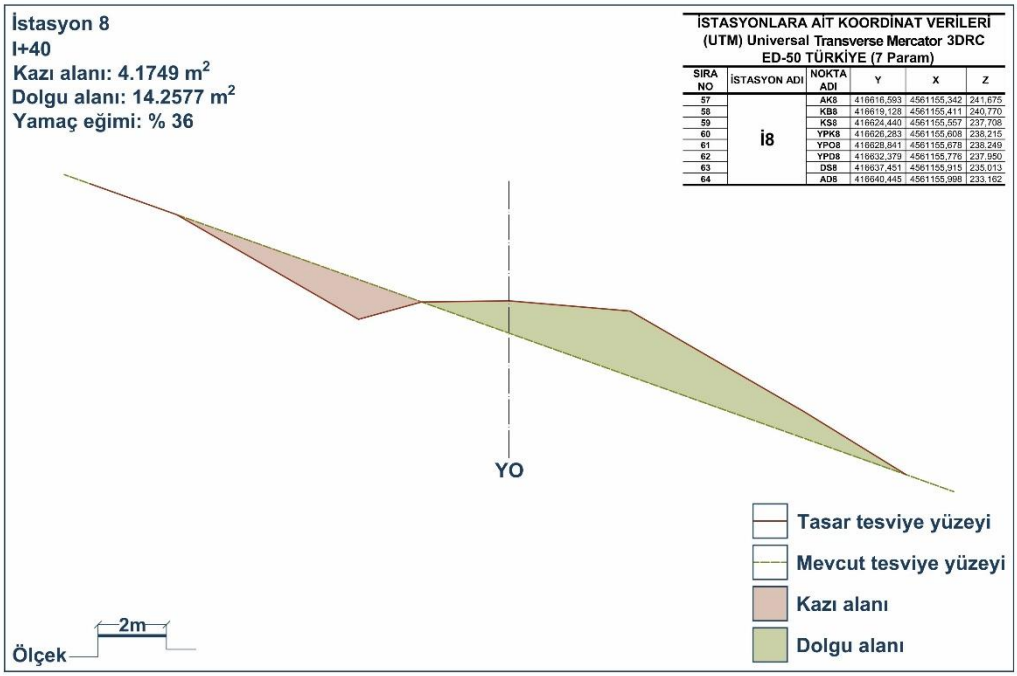
Ek 7: 6 numaralı istasyonun enkesiti.



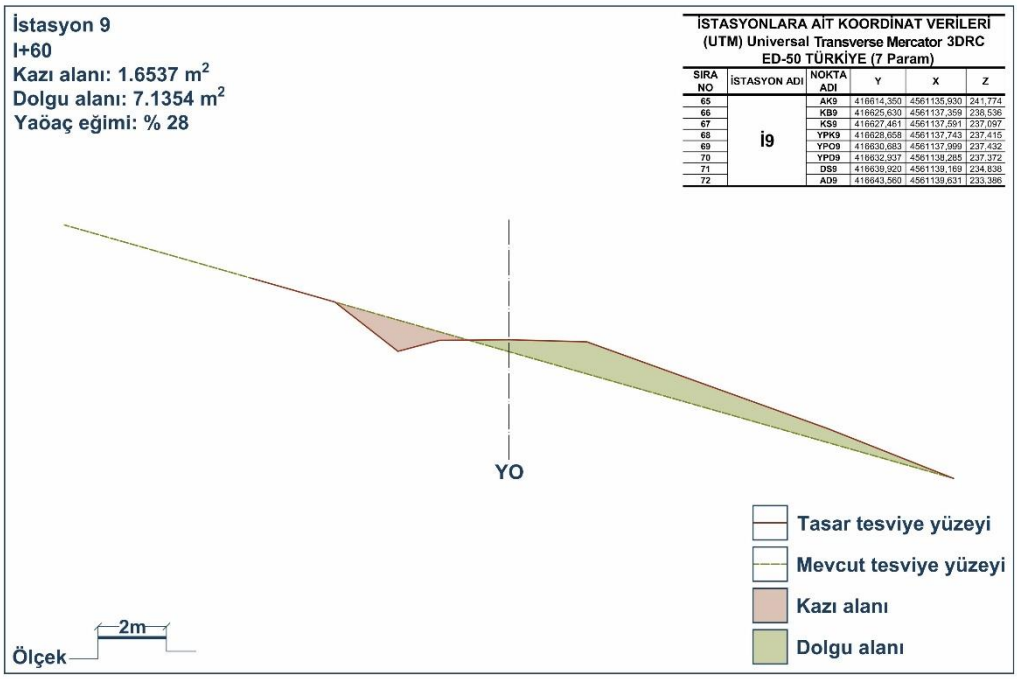
Ek 8: 7 numaralı istasyonun enkesiti.



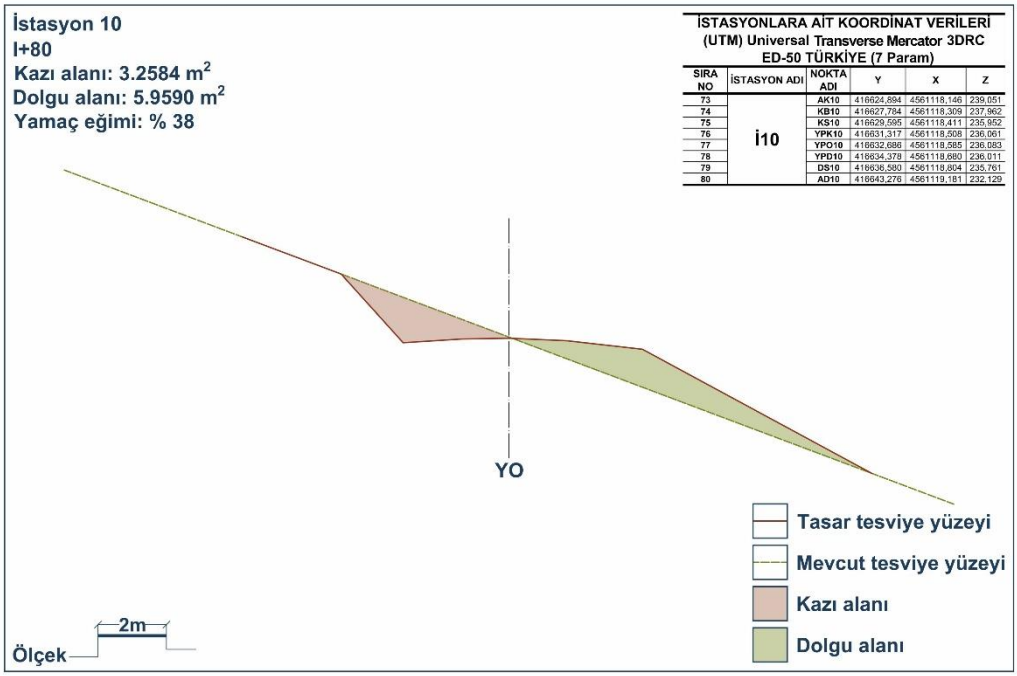
Ek 9: 8 numaralı istasyonun enkesiti.



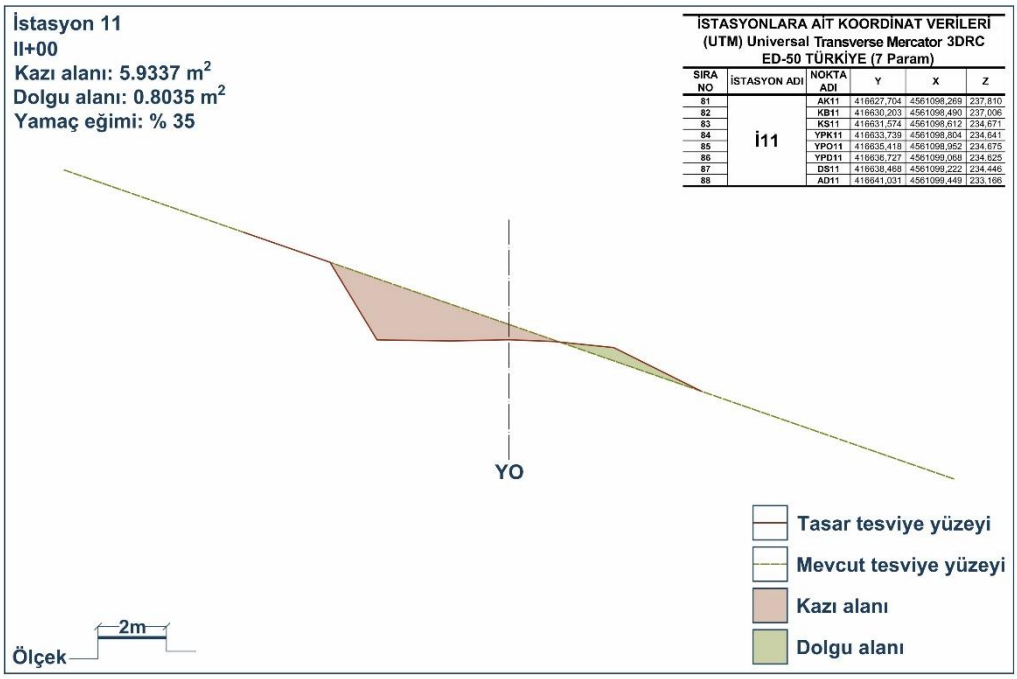
Ek 10: 9 numaralı istasyonun enkesiti.



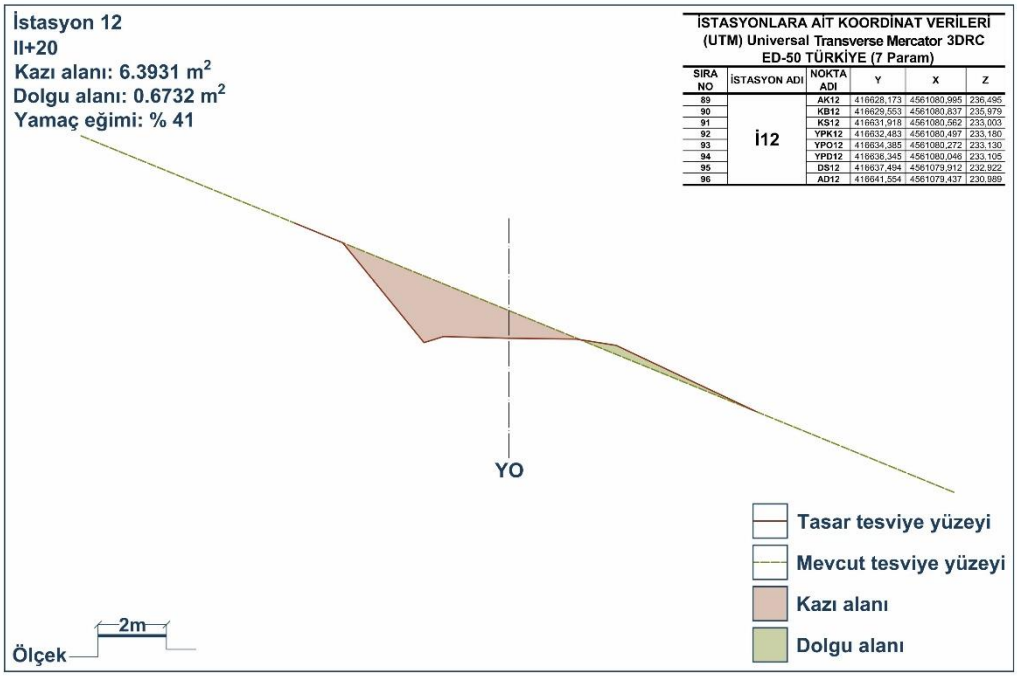
Ek 11: 10 numaralı istasyonun enkesiti.



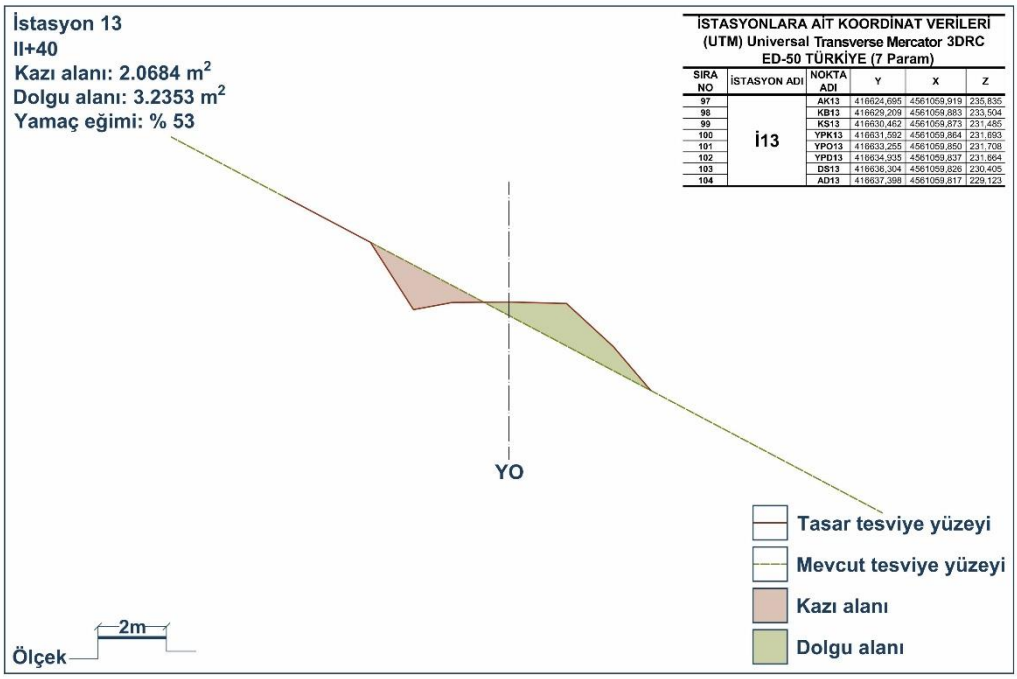
Ek 12: 11 numaralı istasyonun enkesiti.



Ek 13: 12 numaralı istasyonun enkesiti.



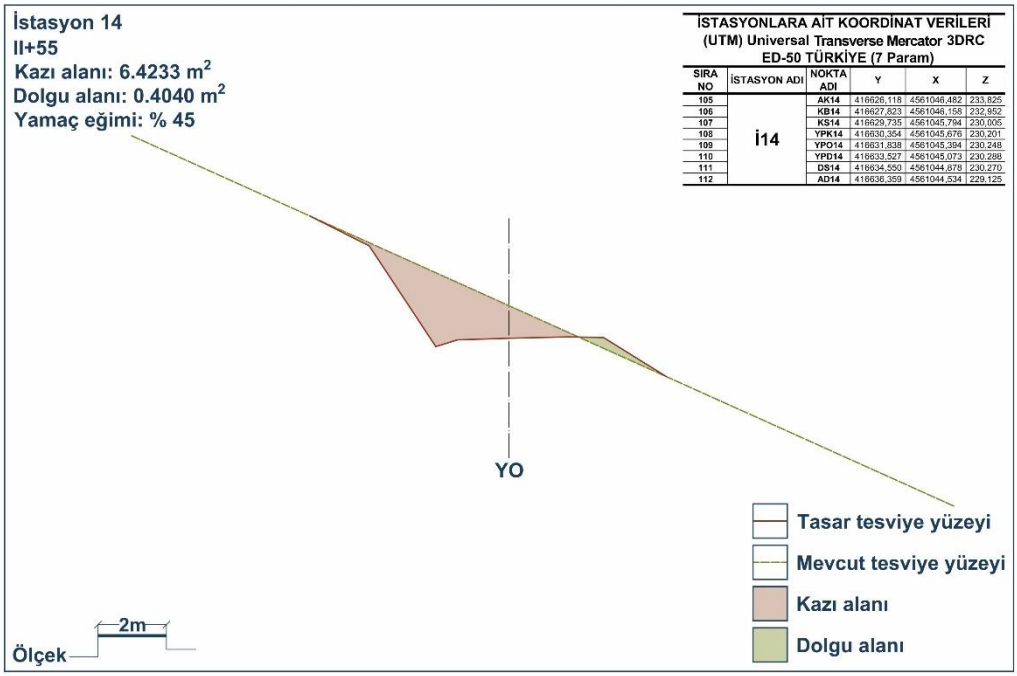
Ek 14: 13 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
97	İ13	AK13	416624,695	4561059,919	235,835
98		KB13	416629,209	4561059,883	233,504
99		KS13	416630,462	4561059,873	231,485
100		YPK13	416631,592	4561059,864	231,693
101		YPO13	416633,255	4561059,850	231,708
102		YPD13	416634,935	4561059,837	231,864
103		DS13	416636,304	4561059,826	230,405
104		AD13	416637,398	4561059,817	229,123

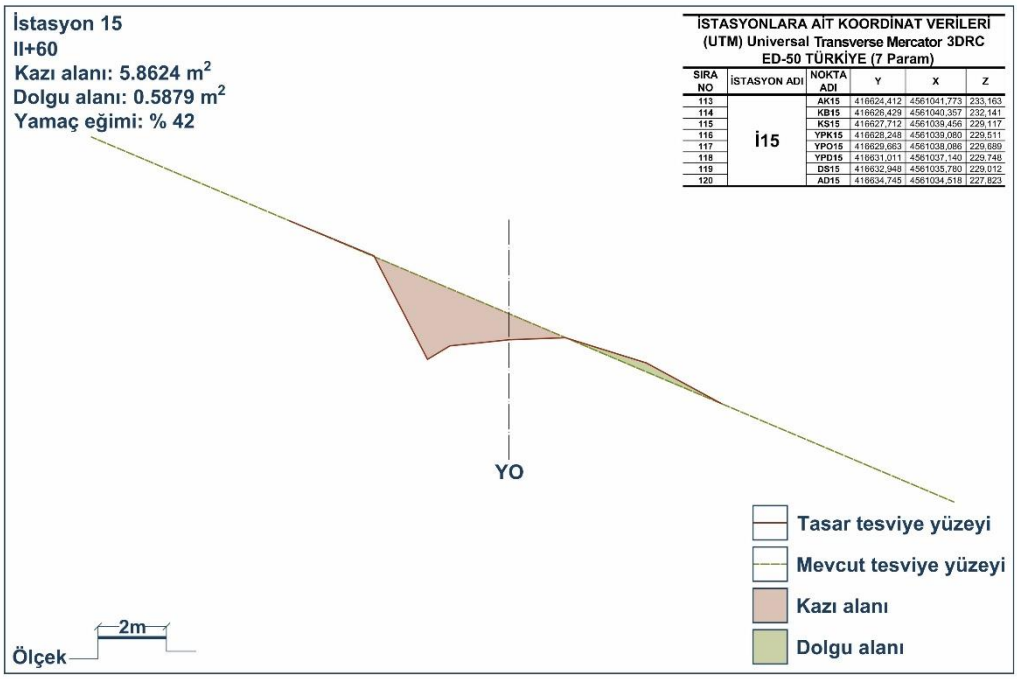
Ek 15: 14 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
105	İ14	AK14	416626,118	4561046,482	233,825
106		KB14	416627,823	4561046,158	232,952
107		KS14	416629,735	4561045,794	230,005
108		YPK14	416630,354	4561045,676	230,201
109		YPO14	416631,838	4561045,394	230,248
110		YPD14	416633,527	4561045,073	230,288
111		DS14	416634,550	4561044,878	230,270
112		AD14	416636,359	4561044,534	229,125

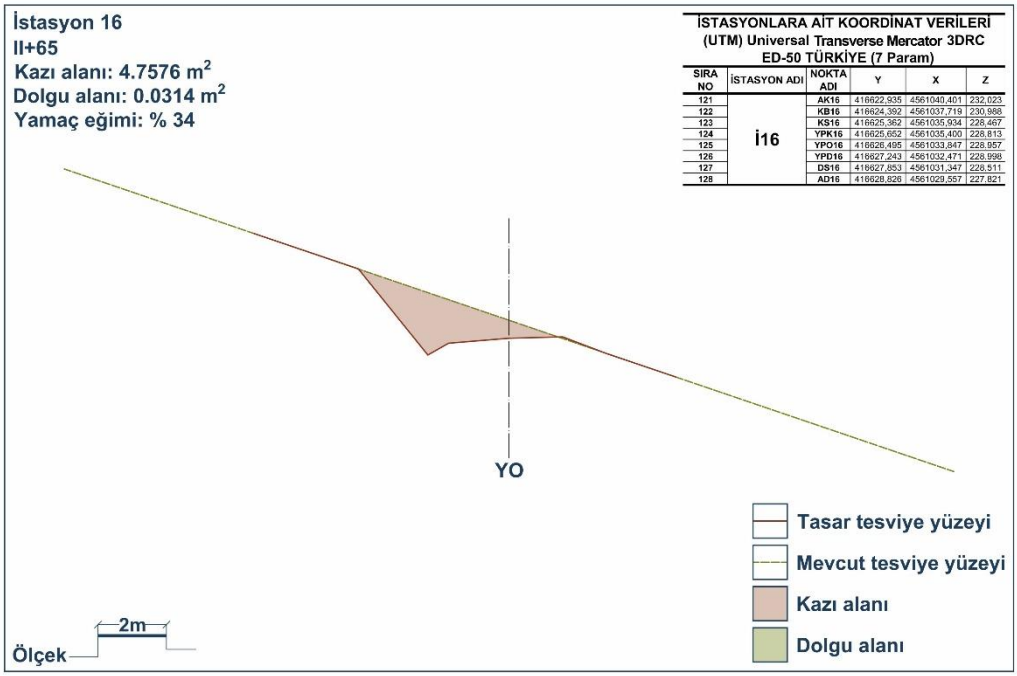
Ek 16: 15 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
113	İ15	AK15	416624,412	4561041,773	233,163
114		KB15	416626,429	4561040,357	232,141
115		KS15	416627,712	4561039,456	229,117
116		YPK15	416628,248	4561039,080	229,511
117		YPO15	416629,663	4561038,086	229,689
118		YPD15	416631,011	4561037,140	229,748
119		DS15	416632,948	4561035,780	229,012
120		AD15	416634,745	4561034,518	227,823

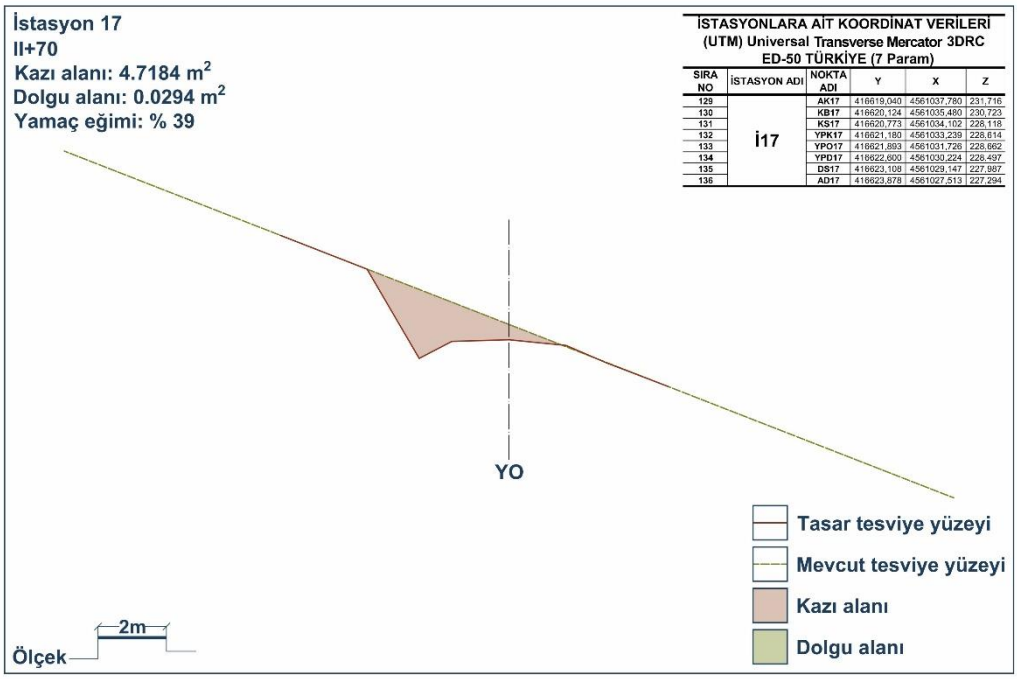
Ek 17: 16 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
121	İ16	AK16	416622,935	4561040,401	232,023
122		KB16	416624,392	4561037,719	230,988
123		KS16	416625,362	4561035,934	228,467
124		YPK16	416625,652	4561035,400	228,813
125		YPO16	416626,495	4561033,847	228,957
126		YPD16	416627,243	4561032,471	228,998
127		DS16	416627,853	4561031,347	228,511
128		AD16	416628,826	4561029,557	227,821

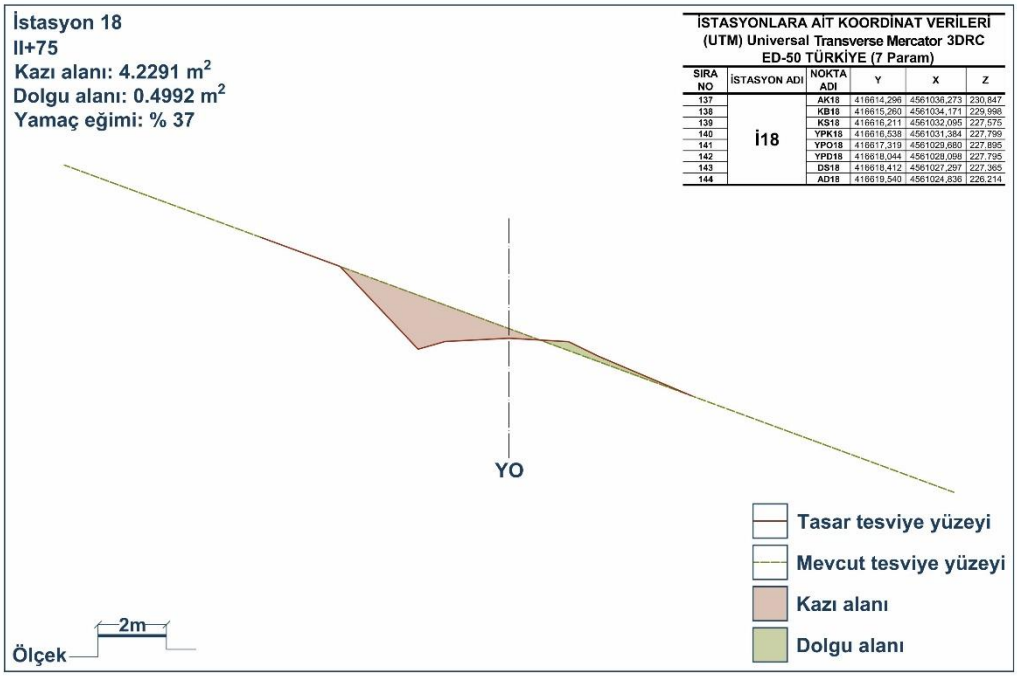
Ek 18: 17 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
129	İ17	AK17	416619,040	4561037,780	231,716
130		KB17	416620,124	4561035,480	230,723
131		KS17	416620,773	4561034,102	228,118
132		YPK17	416621,180	4561033,239	228,614
133		YPO17	416621,893	4561031,726	228,662
134		YPD17	416622,600	4561030,224	228,497
135		DS17	416623,108	4561029,147	227,867
136		AD17	416623,878	4561027,513	227,294

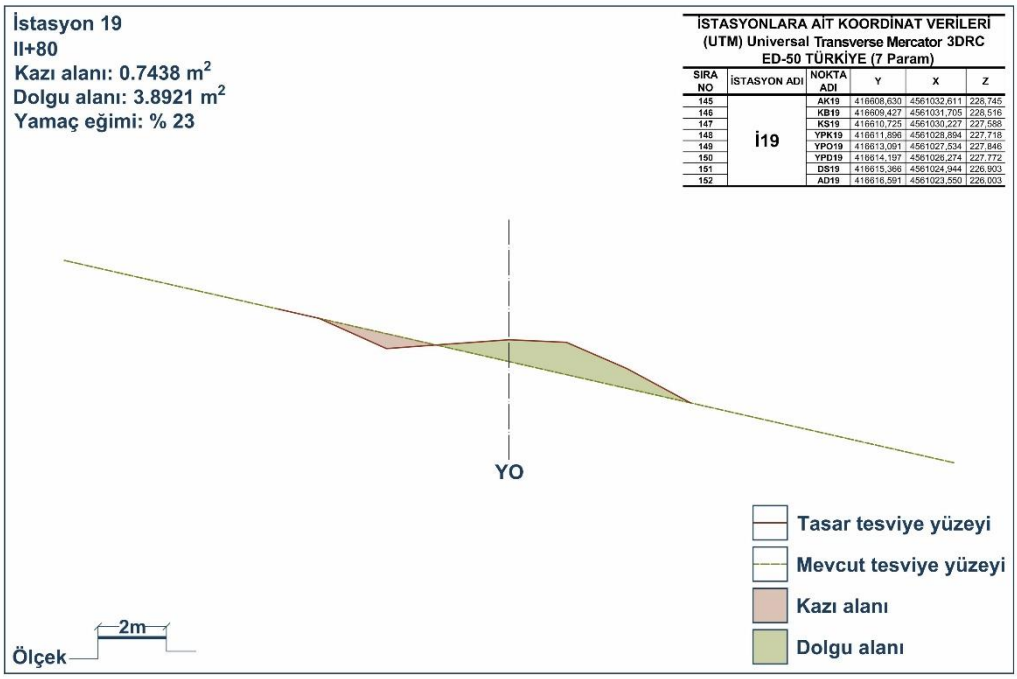
Ek 19: 18 numaralı istasyonun enkesiti.



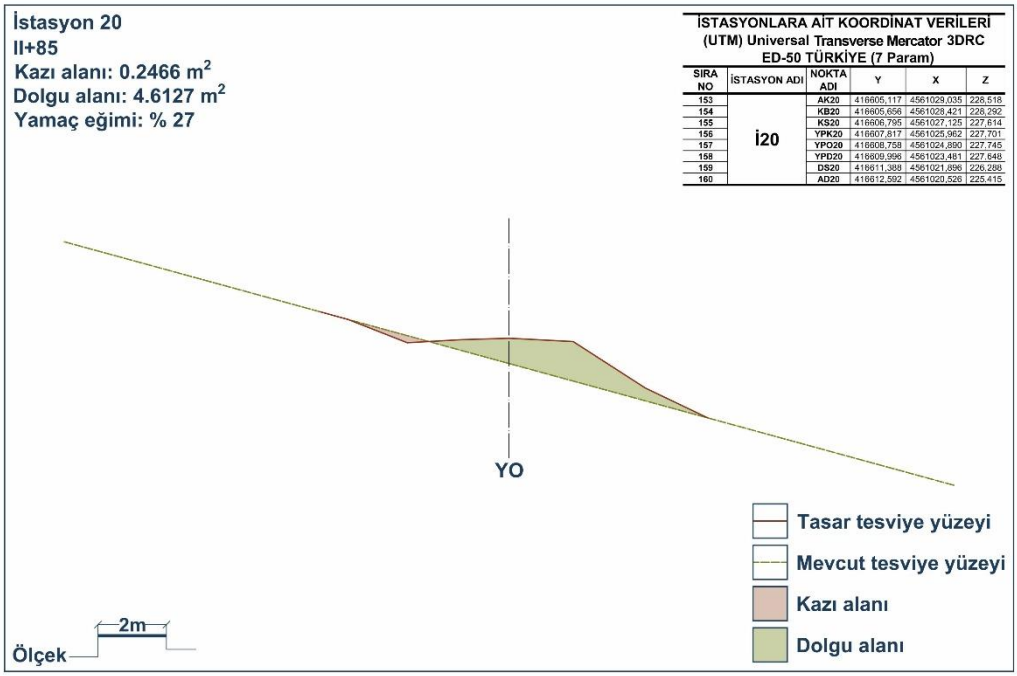
İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
137	İ18	AK18	416614,296	4561036,273	230,847
138		KB18	416615,260	4561034,171	229,998
139		KS18	416616,211	4561032,095	227,575
140		YPK18	416616,538	4561031,384	227,799
141		YPO18	416617,319	4561029,680	227,895
142		YPD18	416618,044	4561028,098	227,795
143		DS18	416618,412	4561027,297	227,365
144		AD18	416619,540	4561024,836	226,214

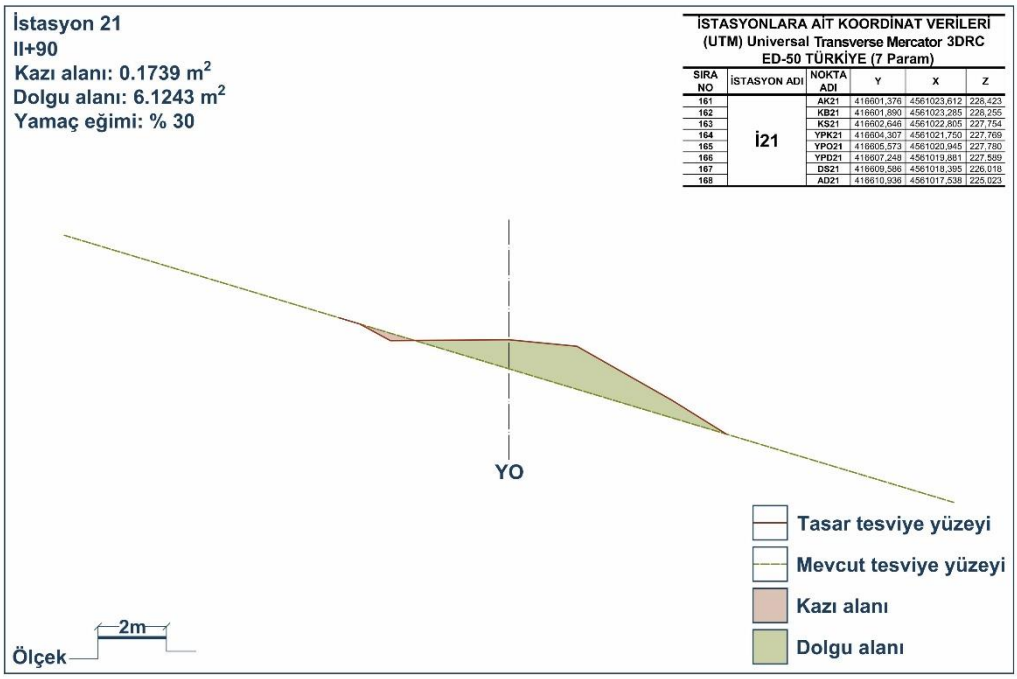
Ek 20: 19 numaralı istasyonun enkesiti.



Ek 21: 20 numaralı istasyonun enkesiti.



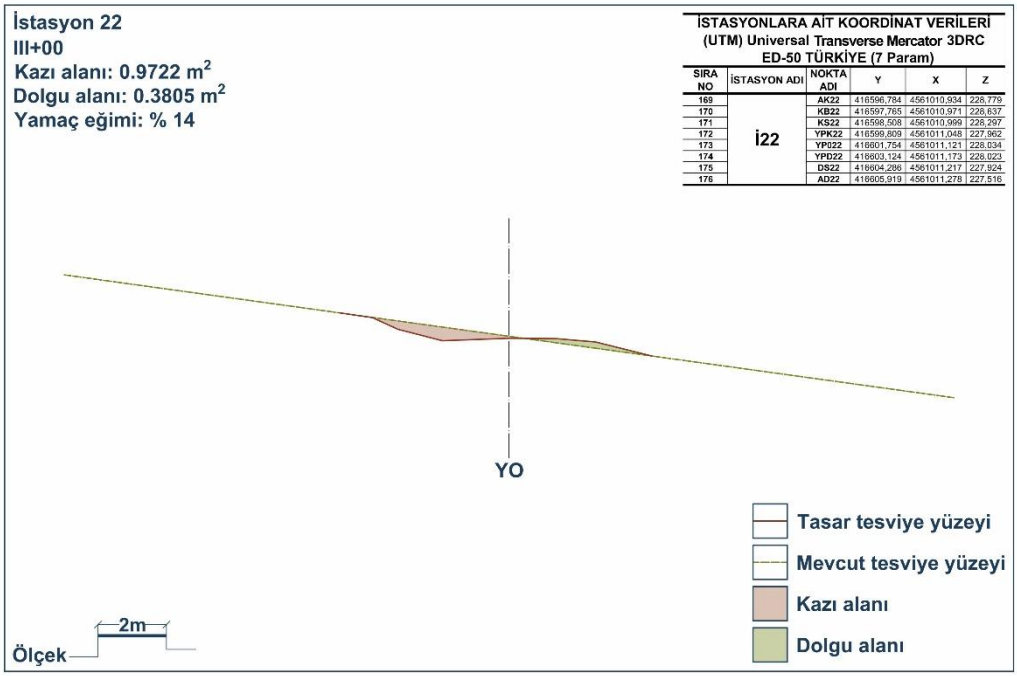
Ek 22: 21 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
161	İ21	AK21	416601,376	4561023,612	228,423
162		KB21	416601,890	4561023,285	228,255
163		KS21	416602,646	4561022,805	227,754
164		YPK21	416604,307	4561021,750	227,769
165		YPO21	416605,573	4561020,945	227,780
166		YPD21	416607,248	4561019,881	227,599
167		DS21	416609,586	4561018,395	226,018
168		AD21	416610,936	4561017,538	225,023

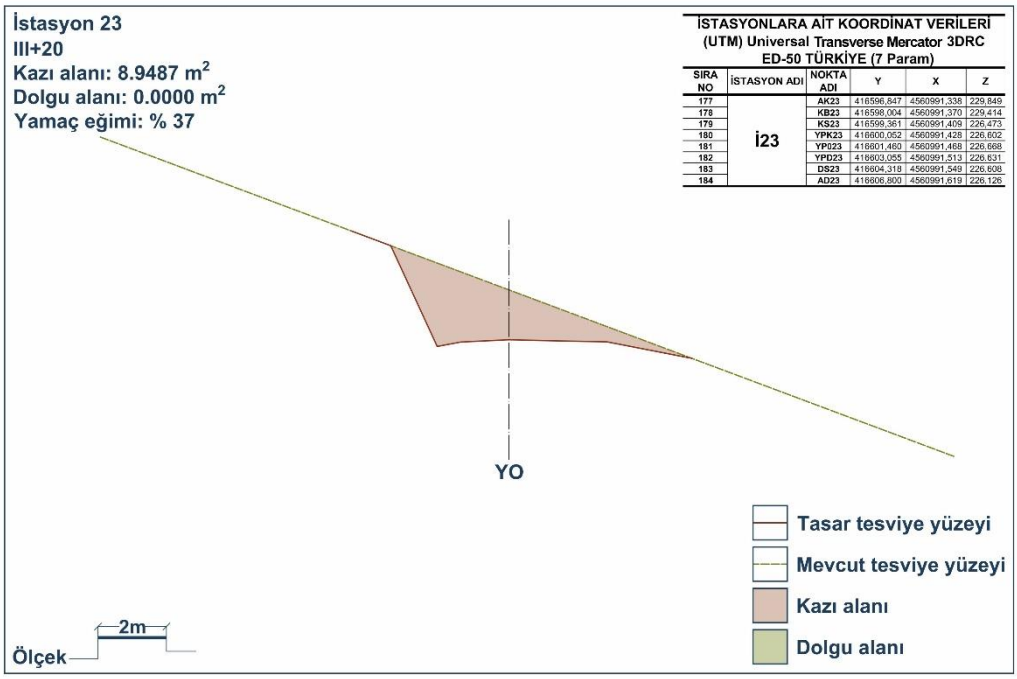
Ek 23: 22 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
169	İ22	AK22	416596,784	4561010,934	228,779
170		KB22	416597,765	4561010,971	228,637
171		KS22	416598,508	4561010,999	228,297
172		YPK22	416599,809	4561011,048	227,962
173		YPD22	416601,754	4561011,121	228,034
174		YPD22	416603,124	4561011,173	228,023
175		DS22	416604,286	4561011,217	227,924
176		AD22	416605,919	4561011,278	227,516

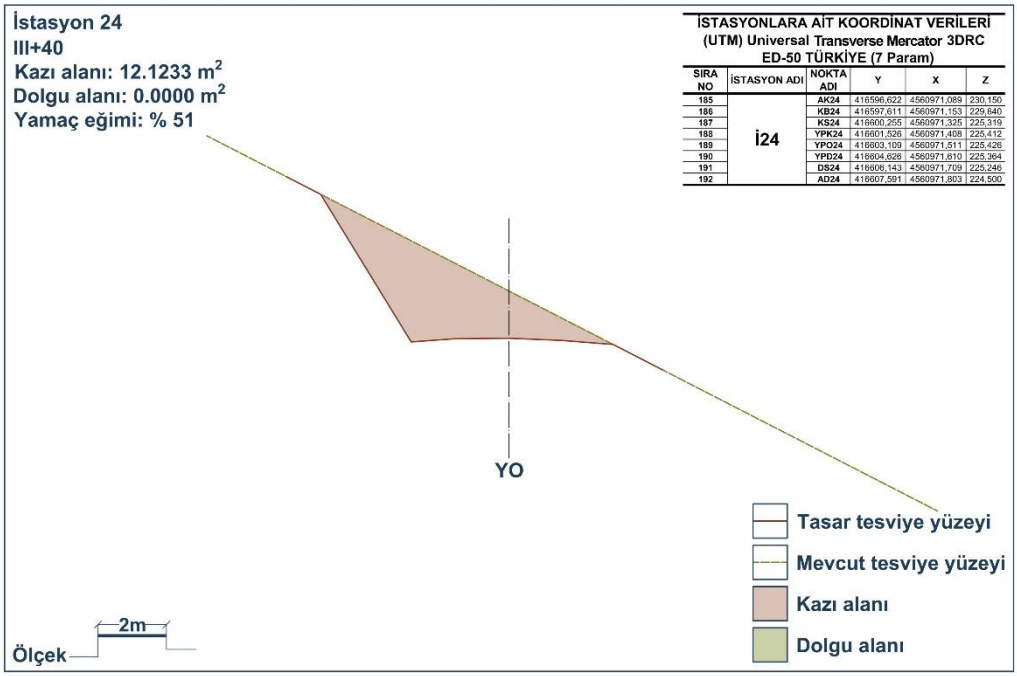
Ek 24: 23 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
177	İ23	AK23	416596,847	4560991,338	229,849
178		KB23	416598,004	4560991,370	229,414
179		KS23	416599,361	4560991,409	226,473
180		YPK23	416600,052	4560991,428	226,602
181		YPO23	416601,460	4560991,468	226,668
182		YPD23	416603,055	4560991,513	226,631
183		DS23	416604,318	4560991,549	226,608
184		AD23	416606,800	4560991,619	226,126

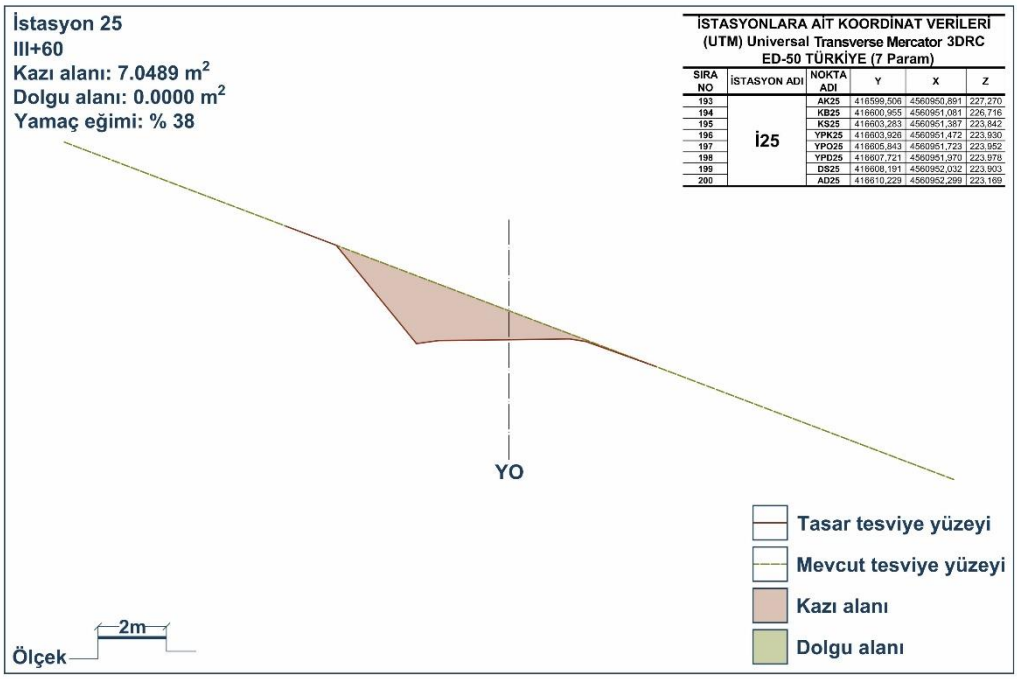
Ek 25: 24 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
185	İ24	AK24	416596,622	4560971,089	230,150
186		KB24	416597,611	4560971,153	229,840
187		KS24	416600,255	4560971,325	225,319
188		YPK24	416601,526	4560971,408	225,412
189		YPO24	416603,109	4560971,511	225,426
190		YPD24	416604,626	4560971,610	225,364
191		DS24	416606,143	4560971,709	225,246
192		AD24	416607,591	4560971,803	224,500

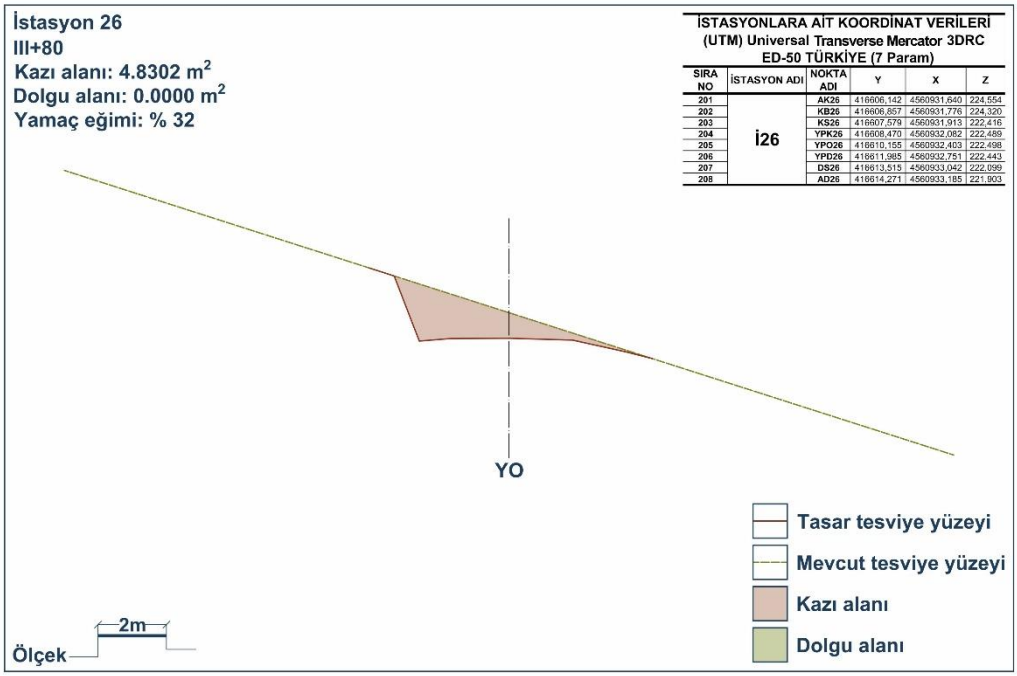
Ek 26: 25 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
193	İ25	AK25	416599,506	4560950,891	227,270
194		KB25	416600,955	4560951,081	226,716
195		KS25	416603,283	4560951,387	223,842
196		YPK25	416603,926	4560951,472	223,930
197		YPO25	416605,843	4560951,723	223,952
198		YPD25	416607,721	4560951,970	223,978
199		DS25	416608,191	4560952,032	223,903
200		AD25	416610,229	4560952,299	223,169

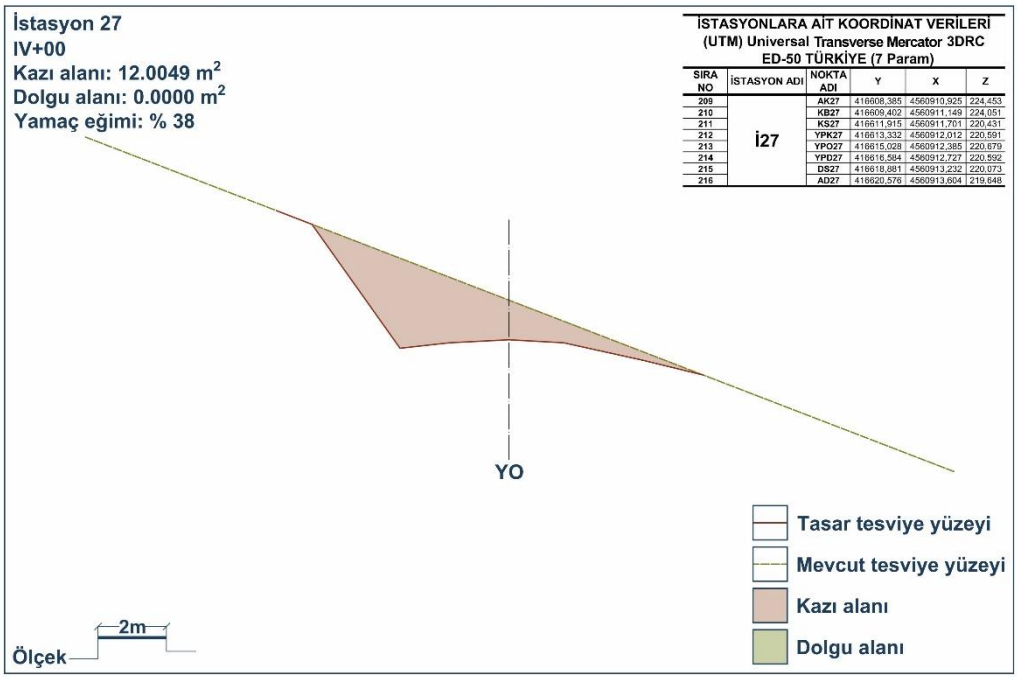
Ek 27: 26 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
201	İ26	AK26	416606,142	4560931,640	224,554
202		KB26	416606,857	4560931,776	224,320
203		KS26	416607,579	4560931,913	222,416
204		YPK26	416608,470	4560932,082	222,489
205		YPO26	416610,155	4560932,403	222,498
206		YPD26	416611,985	4560932,751	222,443
207		DS26	416613,515	4560933,042	222,099
208		AD26	416614,271	4560933,185	221,903

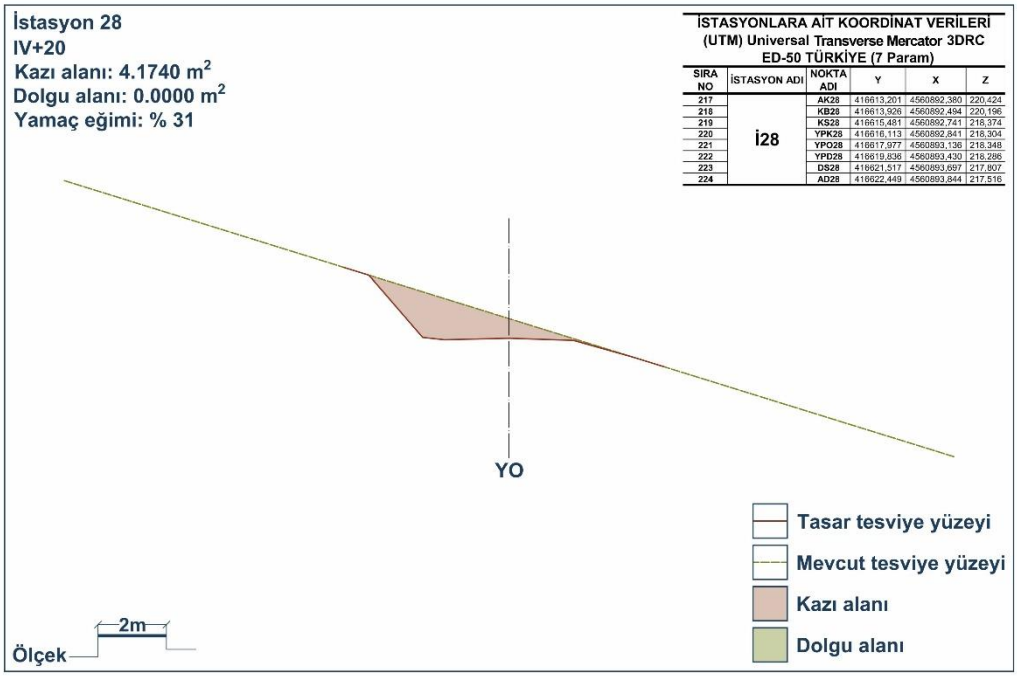
Ek 28: 27 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
209	İ27	AK27	416608,385	4560910,925	224,453
210		KB27	416609,402	4560911,149	224,051
211		KS27	416611,915	4560911,701	220,431
212		YPK27	416613,332	4560912,012	220,591
213		YPO27	416615,028	4560912,385	220,879
214		YPD27	416616,584	4560912,727	220,592
215		DS27	416618,881	4560913,232	220,073
216		AD27	416620,576	4560913,604	219,848

Ek 29: 28 numaralı istasyonun enkesiti.



İSTASYONLARA AİT KOORDİNAT VERİLERİ
(UTM) Universal Transverse Mercator 3DRC
ED-50 TÜRKİYE (7 Param)

SIRA NO	İSTASYON ADI	NOKTA ADI	Y	X	Z
217	İ28	AK28	416613,201	4560892,380	220,424
218		KB28	416613,926	4560892,494	220,196
219		KS28	416615,481	4560892,741	218,374
220		YPK28	416616,113	4560892,841	218,304
221		YPO28	416617,977	4560893,136	218,348
222		YPD28	416619,836	4560893,430	218,286
223		DS28	416621,517	4560893,697	217,807
224		AD28	416622,449	4560893,844	217,516

Ek 30: Civil 3D yazılımında "At a station" yöntemi ile manuel olarak eklenen enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
1	241,00	241,65	0,65	20	0+00		-0,95
2	241,00	241,47	0,47	20	0+20		-0,95
3	241,00	241,28	0,28	20	0+40		-0,95
4	241,00	241,09	0,09	20	0+60		-0,95
5	241,00	240,90	-0,10	20	0+80		-0,95
6	240,06	240,71	0,65	20	1+00	I	-6,03
7	239,31	239,50	0,19	20	1+20		-6,03
8	238,01	238,29	0,28	20	1+40		-6,03
9	237,15	237,09	-0,06	20	1+60		-6,03
10	235,70	235,88	0,18	20	1+80		-6,03
11	234,56	234,68	0,12	20	2+00	II	-7,42
12	232,98	233,19	0,21	20	2+20		-7,42
13	231,62	231,71	0,09	20	2+40		-7,42
14	229,97	230,19	0,21	15	2+55		-10,15
15	229,36	229,68	0,31	5	2+60		-10,15
16	228,63	229,17	0,54	5	2+65		-10,15
17	228,20	228,66	0,46	5	2+70		-10,15
18	227,74	228,56	0,82	5	2+75		-2,09
19	227,37	228,45	1,08	5	2+80		-2,09
20	227,00	228,35	1,35	5	2+85		-2,09
21	227,40	228,24	0,84	5	2+90		-2,09
22	228,01	228,03	0,03	10	3+00	III	-6,52
23	226,57	226,73	0,16	20	3+20		-6,52
24	225,31	225,43	0,11	20	3+40		-6,52
25	223,89	223,84	0,05	20	3+60		-7,91
26	222,52	222,26	-0,26	20	3+80		-7,91
27	220,68	220,68	0,00	20	4+00	IV	-7,91
28	218,50	218,35	-0,15	19	4+19		-12,5
Top./Ort.	**231,63**	**231,93**	**0,31**	**419,00/15,51**	**419,00**	**IV+19**	**-5,57**
En fazla	241,00	241,65	1,35	20,00			-12,50
En az	218,50	218,35	0,03	5,00			-0,95

Ek 31: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
1	241,00	241,65	0,65	18	0+00		-0,95
2	241,00	241,49	0,49	23	0+18		-0,95
3	240,84	241,27	0,43	23	0+41		-0,95
4	241,00	241,05	0,05	7	0+64		-0,95
5	240,84	240,98	0,13	8	0+71		-0,95
6	241,00	240,90	-0,10	8	0+80		-0,95
7	241,00	240,82	-0,18	12	0+88		-0,95
8	240,06	240,71	0,65	33	1+00	I	-6,03
9	238,33	238,73	0,40	8	1+33		-6,03
10	238,00	238,24	0,23	8	1+41		-6,03
11	237,74	237,74	0,00	41	1+49		-6,03
12	235,31	235,26	-0,05	7	1+90		-6,03
13	234,63	234,81	0,18	2	1+98		-6,03
14	234,56	234,68	0,12	5	2+00	II	-7,42
15	234,50	234,28	-0,21	35	2+05		-7,42
16	231,62	231,71	0,09	12	2+40		-10,15
17	230,00	230,46	0,46	8	2+52		-10,15
18	229,35	229,67	0,32	8	2+60		-10,15
19	228,00	228,89	0,88	2	2+68		-10,15
20	228,20	228,66	0,46	9	2+70		-2,09
21	227,38	228,47	1,09	11	2+79		-2,09
22	227,43	228,24	0,80	10	2+90		-2,09
23	228,01	228,03	0,03	2	3+00	III	-6,52
24	228,01	227,92	-0,09	33	3+02		-6,52
25	225,82	225,77	-0,04	5	3+35		-6,52
26	225,31	225,43	0,11	1	3+40		-7,91
27	225,30	225,36	0,06	6	3+41		-7,91
28	226,00	224,86	-1,13	53	3+47		-7,91
29	220,68	220,68	0,00	19	4+00	IV	-7,91
30	218,50	218,35	-0,15		4+19		-12,5
Top./Ort.	**232,65**	**232,84**	**0,26**	**419,00/14,44**	**419,00**	**IV+19**	**-5,57**
En fazla	241,00	241,65	1,13	52,88			-12,50
En az	218,50	218,35	0,03	1,00			-0,95

Ek 32: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 10 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
1	241,00	241,65	0,65	10	0+00		-0,95
2	241,00	241,56	0,56	10	0+10		-0,95
3	241,00	241,47	0,47	10	0+20		-0,95
4	240,65	241,37	0,72	10	0+30		-0,95
5	241,00	241,28	0,28	10	0+40		-0,95
6	240,31	241,18	0,87	10	0+50		-0,95
7	241,00	241,09	0,09	10	0+60		-0,95
8	240,76	240,99	0,23	10	0+70		-0,95
9	241,00	240,90	-0,10	10	0+80		-0,95
10	240,82	240,80	-0,02	10	0+90		-0,95
11	240,06	240,71	0,65	10	0+100	I	-6,03
12	239,42	240,10	0,68	10	0+110		-6,03
13	239,31	239,50	0,19	10	0+120		-6,03
14	238,48	238,90	0,41	10	0+130		-6,03
15	238,01	238,29	0,28	10	0+140		-6,03
16	237,69	237,69	0,00	10	0+150		-6,03
17	237,15	237,09	-0,06	10	0+160		-6,03
18	236,71	236,48	-0,22	10	0+170		-6,03
19	235,70	235,88	0,18	10	0+180		-6,03
20	235,34	235,28	-0,06	10	0+190		-6,03
21	234,56	234,68	0,12	10	0+200	II	-7,42
22	234,19	233,93	-0,25	10	0+210		-7,42
23	232,98	233,19	0,21	10	0+220		-7,42
24	232,48	232,45	-0,03	10	0+230		-7,42
25	231,62	231,71	0,09	10	0+240		-10,15
26	230,56	230,69	0,13	10	0+250		-10,15
27	229,36	229,68	0,32	10	0+260		-10,15
28	228,20	228,66	0,46	10	0+270		-2,09
29	227,37	228,45	1,08	10	0+280		-2,09
30	227,40	228,24	0,84	10	0+290		-2,09
31	228,01	228,03	0,03	10	0+300	III	-6,52
32	227,75	227,38	-0,37	10	0+310		-6,52
33	226,57	226,73	0,16	10	0+320		-6,52
34	226,39	226,08	-0,31	10	0+330		-6,52
35	225,31	225,43	0,10	10	0+340		-7,91
36	225,74	224,64	-1,10	10	0+350		-7,91
37	223,89	223,84	-0,05	10	0+360		-7,91
38	222,94	223,05	0,12	10	0+370		-7,91
39	222,52	222,26	-0,26	10	0+380		-7,91
40	222,30	221,47	-0,83	10	0+390		-7,91
41	220,68	220,68	0,00	10	0+400	IV	-12,50
42	219,84	219,43	-0,41	10	0+410		-12,50
43	218,50	218,35	-0,15	9	0+419		-12,50
Top./Ort.	**232,69**	**232,82**	**0,13**	**9,97**	**419,00**	**IV+19**	**-5,57**
En fazla	241,00	241,65	1,08	10,00			-12,50
En az	218,50	218,35	0,02	8,64			-0,95

Ek 33: Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 5 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
1	241,00	241,65	0,65	5	0+00		-0,95
2	241,00	241,61	0,61	5	0+05		-0,95
3	241,00	241,56	0,56	5	0+10		-0,95
4	240,97	241,51	0,55	5	0+15		-0,95
5	241,00	241,47	0,47	5	0+20		-0,95
6	240,81	241,42	0,60	5	0+25		-0,95
7	240,65	241,37	0,72	5	0+30		-0,95
8	240,80	241,32	0,53	5	0+35		-0,95
9	241,00	241,28	0,28	5	0+40		-0,95
10	240,00	241,23	1,23	5	0+45		-0,95
11	240,31	241,19	0,87	5	0+50		-0,95
12	240,79	241,13	0,35	5	0+55		-0,95
13	241,00	241,09	0,09	5	0+60		-0,95
14	241,00	241,04	0,04	5	0+65		-0,95
15	240,76	240,99	0,23	5	0+70		-0,95
16	241,00	240,94	-0,06	5	0+75		-0,95
17	241,00	240,90	-0,10	5	0+80		-0,95
18	241,00	240,85	-0,15	5	0+85		-0,95
19	240,82	240,80	-0,02	5	0+90		-0,95
20	240,40	240,76	0,36	5	0+95		-0,95
21	240,06	240,71	0,65	5	0+100	I	-6,03
22	239,66	240,41	0,75	5	0+105		-6,03
23	239,42	240,10	0,68	5	0+110		-6,03
24	239,46	239,80	0,34	5	0+115		-6,03
25	239,31	239,50	0,19	5	0+120		-6,03
26	238,93	239,20	0,27	5	0+125		-6,03
27	238,48	238,90	0,41	5	0+130		-6,03
28	238,34	238,60	0,25	5	0+135		-6,03
29	238,01	238,29	0,28	5	0+140		-6,03
30	237,68	237,99	0,32	5	0+145		-6,03
31	237,69	237,69	0,00	5	0+150		-6,03
32	237,57	237,39	-0,18	5	0+155		-6,03
33	237,15	237,09	-0,06	5	0+160		-6,03
34	236,90	236,79	-0,12	5	0+165		-6,03
35	236,71	236,48	-0,22	5	0+170		-6,03
36	236,34	236,18	-0,16	5	0+175		-6,03
37	235,70	235,88	0,18	5	0+180		-6,03
38	235,76	235,58	-0,18	5	0+185		-6,03
39	235,34	235,28	-0,06	5	0+190		-6,03
40	234,89	234,98	0,09	5	0+195		-6,03
41	234,56	234,68	0,12	5	0+200	II	-7,42
42	234,52	234,30	-0,21	5	0+205		-7,42

Ek 34 (devam): Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 5 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
43	234,19	233,93	-0,25	5	0+210		-7,42
44	233,48	233,56	0,08	5	0+215		-7,42
45	232,98	233,19	0,21	5	0+220		-7,42
46	232,94	232,82	-0,12	5	0+225		-7,42
47	232,48	232,45	-0,03	5	0+230		-7,42
48	231,85	232,08	0,23	5	0+235		-7,42
49	231,62	231,71	0,09	5	0+240		-10,15
50	231,72	231,20	-0,52	5	0+245		-10,15
51	230,56	230,69	0,13	5	0+250		-10,15
52	229,97	230,19	0,21	5	0+255		-10,15
53	229,36	229,68	0,31	5	0+260		-10,15
54	228,63	229,17	0,54	5	0+265		-10,15
55	228,20	228,66	0,46	5	0+270		-2,09
56	227,74	228,56	0,82	5	0+275		-2,09
57	227,37	228,45	1,08	5	0+280		-2,09
58	227,00	228,35	1,35	5	0+285		-2,09
59	227,40	228,24	0,84	5	0+290		-2,09
60	227,48	228,14	0,66	5	0+295		-2,09
61	228,01	228,03	0,03	5	0+300	III	-6,52
62	228,01	227,71	-0,30	5	0+305		-6,52
63	227,75	227,38	-0,37	5	0+310		-6,52
64	227,16	227,06	-0,10	5	0+315		-6,52
65	226,57	226,73	0,16	5	0+320		-6,52
66	226,72	226,41	-0,32	5	0+325		-6,52
67	226,39	226,08	-0,31	5	0+330		-6,52
68	225,79	225,75	-0,04	5	0+335		-6,52
69	225,31	225,43	0,11	5	0+340		-7,91
70	225,97	225,03	-0,94	5	0+345		-7,91
71	225,74	224,64	-1,10	5	0+350		-7,91
72	224,67	224,24	-0,43	5	0+355		-7,91
73	223,89	223,84	-0,05	5	0+360		-7,91
74	223,32	223,45	0,13	5	0+365		-7,91
75	222,94	223,05	0,12	5	0+370		-7,91
76	222,77	222,66	-0,11	5	0+375		-7,91
77	222,52	222,26	-0,26	5	0+380		-7,91
78	222,70	221,87	-0,83	5	0+385		-7,91
79	222,30	221,47	-0,83	5	0+390		-7,91
80	221,39	221,07	-0,32	5	0+395		-7,91
81	220,68	220,68	0,00	5	0+400	IV	-12,50
82	220,47	220,05	-0,41	5	0+405		-12,50
83	219,84	219,43	-0,41	5	0+410		-12,50

Ek 35 (devam): Civil 3D yazılımında "By range of stations" yöntemi ile otomatik olarak eklenen 5 m sabit aralıklı enkesitlere ait veriler.

Kazık No	Siyah Kot (m)	Kırmızı Kot (m)	Kot Farkı (m)	Ara Mesafe (m)	Başlangıca Olan Uzaklık (m)	Hektometre	Meyiller (%)
84	218,91	218,80	-0,11		0+415		-12,50
85	218,50	218,35	-0,15	4	0+419		-12,50
Top./Ort.	**232,73**	**232,85**	**0,12**	**4,98**	**419,00**	**IV+19**	**-5,57**
En fazla	241,00	241,65	1,35	5,00			-12,50
En az	218,50	218,35	0,02	3,64			-0,95

Ek 36: At a station fonksiyonu ile ölçümü yapılan istasyon noktaları dikkate alınarak eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3AsM28A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+020,00	20,00	0,00	2,12	0,00	52,25	0,00	52,25	-52,25
3	0+040,00	20,00	0,00	1,55	0,00	36,37	0,00	88,62	-88,62
4	0+060,00	20,00	0,00	0,27	0,00	17,93	0,00	106,55	-106,55
5	0+080,00	20,00	1,34	0,00	13,35	2,70	13,35	109,25	-95,90
6	0+100,00	20,00	0,00	3,41	13,35	33,94	26,71	143,20	-116,49
7	0+120,00	20,00	0,59	1,06	5,88	44,70	32,59	187,90	-155,31
8	0+140,00	20,00	0,00	1,14	5,95	21,95	38,54	209,84	-171,30
9	0+160,00	20,00	2,29	0,04	23,31	11,75	61,85	221,60	-159,75
10	0+180,00	20,00	1,43	0,95	37,28	9,91	99,13	231,51	-132,38
11	0+200,00	20,00	1,75	0,73	31,26	16,94	130,39	248,44	-118,05
12	0+220,00	20,00	3,38	1,34	50,83	20,82	181,22	269,26	-88,04
13	0+240,00	20,00	5,04	1,81	84,24	31,52	265,46	300,79	-35,33
14	0+255,00	15,00	5,32	1,24	74,39	23,34	339,84	324,13	15,71
15	0+260,00	5,00	3,10	1,33	15,73	6,88	355,57	331,00	24,57
16	0+265,00	5,00	0,00	2,16	5,71	8,90	361,28	339,90	21,38
17	0+270,00	5,00	0,00	1,84	0,00	10,13	361,28	350,03	11,25
18	0+275,00	5,00	0,00	5,80	0,00	19,09	361,28	369,12	-7,84
19	0+280,00	5,00	0,00	7,58	0,00	33,03	361,28	402,15	-40,87
20	0+285,00	5,00	0,00	10,61	0,00	42,80	361,28	444,95	-83,67
21	0+290,00	5,00	0,00	5,40	0,00	37,64	361,28	482,58	-121,30
22	0+300,00	10,00	0,31	0,06	1,78	25,56	363,06	508,14	-145,08
23	0+320,00	20,00	2,16	0,85	25,15	9,09	388,21	517,23	-129,02
24	0+340,00	20,00	1,01	0,68	32,10	15,27	420,31	532,50	-112,19
25	0+360,00	20,00	0,94	0,16	19,75	8,33	440,06	540,83	-100,77
26	0+380,00	20,00	3,97	0,02	49,15	1,79	489,21	542,62	-53,41
27	0+400,00	20,00	4,90	0,38	88,73	4,03	577,94	546,65	31,29
28	0+418,64	18,64	1,53	0,07	59,93	4,21	637,87	550,86	87,01
	Toplam	418,64	39,06	55,71	637,87	550,86			
	Ortalama	15,51	1,40	1,99	22,78	19,67			
	En Fazla	20,00	5,32	10,61	88,73	52,25			
	En Az	5,00	0,31	0,02	1,78	1,79			

Ek 37: At a station fonksiyonu ile ölçümü yapılan istasyon noktaları dikkate alınarak eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Prismoidal yöntem ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3AsM28P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+020,00	20,00	0,00	2,12	0,00	51,94	0,00	51,94	-51,94
3	0+040,00	20,00	0,00	1,55	0,00	36,54	0,00	88,48	-88,48
4	0+060,00	20,00	0,00	0,27	0,00	16,46	0,00	104,94	-104,94
5	0+080,00	20,00	1,34	0,00	8,90	1,80	8,90	106,74	-97,84
6	0+100,00	20,00	0,00	3,41	8,90	22,70	17,81	129,44	-111,63
7	0+120,00	20,00	0,59	1,06	3,92	42,49	21,73	171,93	-150,20
8	0+140,00	20,00	0,00	1,14	3,92	22,02	25,65	193,96	-168,31
9	0+160,00	20,00	2,29	0,04	15,30	9,22	40,94	203,18	-162,24
10	0+180,00	20,00	1,43	0,95	36,94	7,87	77,89	211,05	-133,16
11	0+200,00	20,00	1,75	0,73	31,82	16,75	109,71	227,80	-118,09
12	0+220,00	20,00	3,38	1,34	50,49	20,41	160,20	248,21	-88,01
13	0+240,00	20,00	5,04	1,81	83,69	31,41	243,89	279,62	-35,73
14	0+255,00	15,00	5,32	1,24	77,73	22,71	321,62	302,33	19,29
15	0+260,00	5,00	3,10	1,33	20,81	6,43	342,44	308,76	33,68
16	0+265,00	5,00	0,00	2,16	5,17	8,66	347,61	317,42	30,19
17	0+270,00	5,00	0,00	1,84	0,00	9,99	347,61	327,41	20,20
18	0+275,00	5,00	0,00	5,80	0,00	18,17	347,61	345,58	2,03
19	0+280,00	5,00	0,00	7,58	0,00	33,35	347,61	378,93	-31,32
20	0+285,00	5,00	0,00	10,61	0,00	45,28	347,61	424,22	-76,61
21	0+290,00	5,00	0,00	5,40	0,00	39,32	347,61	463,53	-115,92
22	0+300,00	10,00	0,31	0,06	1,04	20,14	348,64	483,67	-135,03
23	0+320,00	20,00	2,16	0,85	21,98	7,62	370,62	491,29	-120,67
24	0+340,00	20,00	1,01	0,68	31,03	15,30	401,66	506,59	-104,93
25	0+360,00	20,00	0,94	0,16	19,55	7,77	421,21	514,36	-93,15
26	0+380,00	20,00	3,97	0,02	45,67	1,59	466,88	515,95	-49,07
27	0+400,00	20,00	4,90	0,38	88,57	3,30	555,45	519,25	36,20
28	0+418,64	18,64	1,53	0,07	56,95	3,83	612,40	523,08	89,32
	Toplam	418,64	39,06	55,71	612,40	523,08			
	Ortalama	15,51	1,40	1,99	21,87	18,68			
	En Fazla	20,00	5,32	10,61	88,57	51,94			
	En Az	5,00	0,31	0,02	1,04	1,59			

Ek 38: By range of stations fonksiyonu ile kurp baş, kurp orta, kurp son, hektometreler ve eğim değişim noktaları dikkate alınarak otomatik eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3BrO30A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+017,85	17,85	0,00	2,41	0,00	49,25	0,00	49,25	-49,25
3	0+040,98	23,13	0,00	2,22	0,00	53,13	0,00	102,38	-102,38
4	0+064,12	23,13	0,00	0,25	0,00	28,24	0,00	130,62	-130,62
5	0+071,40	7,28	0,36	0,79	1,32	3,79	1,32	134,41	-133,09
6	0+079,54	8,14	1,31	0,00	6,84	3,16	8,16	137,56	-129,40
7	0+087,69	8,14	1,13	0,00	9,99	0,01	18,16	137,57	-119,41
8	0+100,00	12,31	0,00	3,41	6,94	20,98	25,10	158,55	-133,45
9	0+132,76	32,76	0,89	2,78	14,58	101,35	39,68	259,89	-220,21
10	0+140,98	8,22	0,00	0,93	3,79	15,01	43,47	274,90	-231,43
11	0+149,20	8,22	2,38	0,78	10,09	6,94	53,56	281,84	-228,28
12	0+190,33	41,13	2,97	0,58	109,92	27,80	163,48	309,64	-146,16
13	0+197,80	7,47	1,09	0,79	14,61	5,20	178,09	314,85	-136,76
14	0+200,00	2,20	1,75	0,73	2,99	1,70	181,09	316,54	-135,45
15	0+205,28	5,28	4,43	0,34	15,73	2,87	196,82	319,42	-122,60
16	0+240,00	34,72	5,04	1,81	164,43	37,31	361,25	356,73	4,52
17	0+252,30	12,30	4,71	1,42	59,97	19,87	421,22	376,60	44,62
18	0+260,04	7,74	3,08	1,35	22,16	11,20	443,38	387,80	55,58
19	0+267,78	7,74	0,00	3,89	8,78	21,01	452,15	408,80	43,35
20	0+270,00	2,22	0,00	1,84	0,00	6,36	452,15	415,16	36,99
21	0+279,03	9,03	0,00	7,43	0,00	41,85	452,15	457,01	-4,86
22	0+290,38	11,35	0,00	4,96	0,00	65,86	452,15	522,87	-70,72
23	0+300,00	9,62	0,31	0,06	1,71	22,66	453,87	545,53	-91,66
24	0+301,73	1,73	1,11	0,00	1,33	0,05	455,19	545,58	-90,39
25	0+334,67	32,94	1,81	0,52	48,15	8,64	503,34	554,22	-50,88
26	0+340,00	5,33	1,01	0,68	7,72	3,15	511,06	557,38	-46,32
27	0+340,90	0,90	1,37	0,59	1,07	0,57	512,13	557,95	-45,82
28	0+347,12	6,22	13,84	0,00	48,79	1,80	560,92	559,75	1,17
29	0+400,00	52,88	4,90	0,38	495,61	10,05	1056,53	569,80	486,73
30	0+418,64	18,64	1,53	0,07	59,93	4,21	1116,46	574,01	542,45
	Toplam	418,64	55,02	44,12	1116,46	574,01			
	Ortalama	14,44	1,83	1,47	37,22	19,13			
	En Fazla	52,88	13,84	7,43	495,61	101,35			
	En Az	0,90	0,31	0,06	1,07	0,01			

Ek 39: By range of stations fonksiyonu ile kurp baş, kurp orta, kurp son, hektometreler ve eğim değişim noktaları dikkate alınarak otomatik eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Prismoidal yöntem ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3BrO30P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+017,85	17,85	0,00	2,41	0,00	49,12	0,00	49,12	-49,12
3	0+040,98	23,13	0,00	2,22	0,00	53,60	0,00	102,72	-102,72
4	0+064,12	23,13	0,00	0,25	0,00	24,87	0,00	127,58	-127,58
5	0+071,40	7,28	0,36	0,79	0,88	3,61	0,88	131,19	-130,31
6	0+079,54	8,14	1,31	0,00	6,40	2,14	7,28	133,33	-126,05
7	0+087,69	8,14	1,13	0,00	9,90	0,00	17,18	133,33	-116,15
8	0+100,00	12,31	0,00	3,41	4,63	14,27	21,80	147,60	-125,80
9	0+132,76	32,76	0,89	2,78	9,72	101,18	31,52	248,77	-217,25
10	0+140,98	8,22	0,00	0,93	2,44	14,58	33,96	263,35	-229,39
11	0+149,20	8,22	2,38	0,78	6,51	7,00	40,47	270,35	-229,88
12	0+190,33	41,13	2,97	0,58	109,69	27,70	150,17	298,05	-147,88
13	0+197,80	7,47	1,09	0,79	14,60	5,09	164,76	303,14	-138,38
14	0+200,00	2,20	1,75	0,73	3,09	1,67	167,86	304,81	-136,95
15	0+205,28	5,28	4,43	0,34	15,78	2,76	183,64	307,57	-123,93
16	0+240,00	34,72	5,04	1,81	164,32	33,96	347,96	341,53	6,43
17	0+252,30	12,30	4,71	1,42	59,96	19,83	407,92	361,36	46,56
18	0+260,04	7,74	3,08	1,35	29,90	10,74	437,82	372,09	65,73
19	0+267,78	7,74	0,00	3,89	7,94	19,44	445,76	391,54	54,22
20	0+270,00	2,22	0,00	1,84	0,00	6,22	445,76	397,75	48,01
21	0+279,03	9,03	0,00	7,43	0,00	39,03	445,76	436,78	8,98
22	0+290,38	11,35	0,00	4,96	0,00	69,81	445,76	506,59	-60,83
23	0+300,00	9,62	0,31	0,06	1,00	17,86	446,76	524,45	-77,69
24	0+301,73	1,73	1,11	0,00	1,16	0,04	447,92	524,49	-76,57
25	0+334,67	32,94	1,81	0,52	47,68	5,76	495,60	530,25	-34,65
26	0+340,00	5,33	1,01	0,68	7,42	3,20	503,02	533,45	-30,43
27	0+340,90	0,90	1,37	0,59	1,07	0,57	504,08	534,02	-29,94
28	0+347,12	6,22	13,84	0,00	40,61	1,22	544,69	535,24	9,45
29	0+400,00	52,88	4,90	0,38	475,61	6,70	1020,30	541,94	478,36
30	0+418,64	18,64	1,53	0,07	56,95	3,83	1077,25	545,77	531,48
	Toplam	418,64	55,02	44,12	1077,26	545,80			
	Ortalama	14,44	1,83	1,47	35,91	18,19			
	En Fazla	52,88	13,84	7,43	475,61	101,18			
	En Az	0,90	0,31	0,06	0,88	0,04			

Ek 40: By range of stations fonksiyonu ile 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br10m43A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+010,00	10,00	0,00	2,57	0,00	28,37	0,00	28,37	-28,37
3	0+020,00	10,00	0,00	2,12	0,00	23,42	0,00	51,80	-51,80
4	0+030,00	10,00	0,00	3,77	0,00	29,07	0,00	80,87	-80,87
5	0+040,00	10,00	0,00	1,55	0,00	26,11	0,00	106,99	-106,99
6	0+050,00	10,00	0,00	4,78	0,00	31,01	0,00	137,99	-137,99
7	0+060,00	10,00	0,00	0,27	0,00	24,75	0,00	162,74	-162,74
8	0+070,00	10,00	0,31	1,14	1,62	6,98	1,62	169,73	-168,11
9	0+080,00	10,00	1,34	0,00	8,30	5,63	9,91	175,35	-165,44
10	0+090,00	10,00	0,86	0,17	11,06	0,85	20,97	176,20	-155,23
11	0+100,00	10,00	0,00	3,41	4,29	17,89	25,26	194,09	-168,83
12	0+110,00	10,00	0,00	3,77	0,00	35,86	25,26	229,95	-204,69
13	0+120,00	10,00	0,59	1,06	2,94	24,15	28,20	254,10	-225,90
14	0+130,00	10,00	1,02	3,12	8,03	20,92	36,23	275,03	-238,80
15	0+140,00	10,00	0,00	1,14	5,22	21,02	41,45	296,05	-254,60
16	0+150,00	10,00	2,40	0,70	12,36	9,13	53,82	305,18	-251,36
17	0+160,00	10,00	2,29	0,04	23,47	3,70	77,29	308,87	-231,58
18	0+170,00	10,00	3,78	0,26	30,39	1,47	107,68	310,35	-202,67
19	0+180,00	10,00	1,43	0,95	26,08	6,05	133,76	316,39	-182,63
20	0+190,00	10,00	2,98	0,56	22,07	7,54	155,84	323,93	-168,09
21	0+200,00	10,00	1,75	0,73	22,85	6,53	178,69	330,46	-151,77
22	0+210,00	10,00	5,30	0,32	34,61	5,27	213,30	335,73	-122,43
23	0+220,00	10,00	3,38	1,34	43,43	8,30	256,73	344,04	-87,31
24	0+230,00	10,00	4,30	1,54	38,43	14,41	295,17	358,44	-63,27
25	0+240,00	10,00	5,04	1,81	46,73	16,72	341,89	375,17	-33,28
26	0+250,00	10,00	5,58	0,48	53,10	11,43	394,99	386,59	8,40
27	0+260,00	10,00	3,10	1,33	34,50	9,42	429,49	396,02	33,47
28	0+270,00	10,00	0,00	1,84	12,32	16,41	441,81	412,42	29,39
29	0+280,00	10,00	0,00	7,58	0,00	46,87	441,81	459,29	-17,48
30	0+290,00	10,00	0,00	5,40	0,00	60,83	441,81	520,13	-78,32
31	0+300,00	10,00	0,31	0,06	1,78	25,56	443,59	545,69	-102,10
32	0+310,00	10,00	3,67	0,00	20,23	0,31	463,82	545,99	-82,17
33	0+320,00	10,00	2,16	0,85	29,17	4,26	492,99	550,25	-57,26
34	0+330,00	10,00	5,70	0,22	39,34	5,38	532,33	555,63	-23,30
35	0+340,00	10,00	1,01	0,68	34,19	4,48	566,52	560,11	6,41
36	0+350,00	10,00	12,79	0,00	70,45	3,37	636,97	563,48	73,49
37	0+360,00	10,00	0,94	0,16	68,70	0,78	705,66	564,26	141,40
38	0+370,00	10,00	1,39	0,66	11,67	4,06	717,33	568,32	149,01
39	0+380,00	10,00	3,97	0,02	26,80	3,39	744,14	571,71	172,43
40	0+390,00	10,00	9,39	0,00	66,82	0,11	810,96	571,83	239,13

Ek 40 (devam): By range of stations fonksiyonu ile 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br10m43A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
41	0+400,00	10,00	4,90	0,38	71,48	1,90	882,44	573,73	308,71
42	0+410,00	10,00	5,21	0,00	50,54	1,90	932,99	575,63	357,36
43	0+418,64	8,64	1,53	0,07	29,09	0,31	962,08	575,94	386,14
	Toplam	418,64	98,42	59,96	962,08	575,94			
	Ortalama	9,97	2,29	1,39	22,37	13,39			
	En Fazla	10,00	12,79	7,58	71,48	60,83			
	En Az	8,64	0,31	0,02	1,62	0,11			

Ek 41: By range of stations fonksiyonu ile 10 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Prismoidal yöntem ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br10m43P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+010,00	10,00	0,00	2,57	0,00	28,33	0,00	28,33	-28,33
3	0+020,00	10,00	0,00	2,12	0,00	23,39	0,00	51,72	-51,72
4	0+030,00	10,00	0,00	3,77	0,00	29,04	0,00	80,76	-80,76
5	0+040,00	10,00	0,00	1,55	0,00	25,78	0,00	106,55	-106,55
6	0+050,00	10,00	0,00	4,78	0,00	30,17	0,00	136,72	-136,72
7	0+060,00	10,00	0,00	0,27	0,00	20,62	0,00	157,34	-157,34
8	0+070,00	10,00	0,31	1,14	1,05	6,55	1,05	163,89	-162,84
9	0+080,00	10,00	1,34	0,00	7,66	3,80	8,71	167,69	-158,98
10	0+090,00	10,00	0,86	0,17	10,88	0,57	19,59	168,26	-148,67
11	0+100,00	10,00	0,00	3,41	2,86	14,48	22,45	182,74	-160,29
12	0+110,00	10,00	0,00	3,77	0,00	35,85	22,45	218,59	-196,14
13	0+120,00	10,00	0,59	1,06	1,96	22,78	24,41	241,36	-216,95
14	0+130,00	10,00	1,02	3,12	7,93	20,02	32,34	261,38	-229,04
15	0+140,00	10,00	0,00	1,14	3,40	20,48	35,74	281,86	-246,12
16	0+150,00	10,00	2,40	0,70	8,00	9,11	43,73	290,98	-247,25
17	0+160,00	10,00	2,29	0,04	23,46	3,01	67,20	293,98	-226,78
18	0+170,00	10,00	3,78	0,26	30,09	1,31	97,28	295,29	-198,01
19	0+180,00	10,00	1,43	0,95	25,15	5,68	122,43	300,97	-178,54
20	0+190,00	10,00	2,98	0,56	21,61	7,45	144,04	308,42	-164,38
21	0+200,00	10,00	1,75	0,73	23,41	6,39	167,45	314,81	-147,36
22	0+210,00	10,00	5,30	0,32	33,70	5,08	201,15	319,89	-118,74
23	0+220,00	10,00	3,38	1,34	43,08	7,71	244,22	327,60	-83,38
24	0+230,00	10,00	4,30	1,54	38,34	14,40	282,57	342,00	-59,43
25	0+240,00	10,00	5,04	1,81	46,68	16,70	329,24	358,70	-29,46
26	0+250,00	10,00	5,58	0,48	53,07	10,72	382,32	369,42	12,90
27	0+260,00	10,00	3,10	1,33	42,79	8,70	425,11	378,12	46,99
28	0+270,00	10,00	0,00	1,84	10,34	15,81	435,45	393,93	41,52
29	0+280,00	10,00	0,00	7,58	0,00	43,87	435,45	437,80	-2,35
30	0+290,00	10,00	0,00	5,40	0,00	64,63	435,45	502,43	-66,98
31	0+300,00	10,00	0,31	0,06	1,04	20,14	436,48	522,56	-86,08
32	0+310,00	10,00	3,67	0,00	16,83	0,21	453,32	522,77	-69,45
33	0+320,00	10,00	2,16	0,85	28,84	2,84	482,16	525,61	-43,45
34	0+330,00	10,00	5,70	0,22	37,94	5,04	520,09	530,65	-10,56
35	0+340,00	10,00	1,01	0,68	30,39	4,31	550,48	534,96	15,52
36	0+350,00	10,00	12,79	0,00	58,01	2,27	608,49	537,23	71,26
37	0+360,00	10,00	0,94	0,16	57,38	0,52	665,87	537,75	128,12
38	0+370,00	10,00	1,39	0,66	11,60	3,78	677,47	541,53	135,94
39	0+380,00	10,00	3,97	0,02	25,70	2,67	703,17	544,20	158,97
40	0+390,00	10,00	9,39	0,00	64,91	0,08	768,08	544,27	223,81
41	0+400,00	10,00	4,90	0,38	70,28	1,27	838,35	545,54	292,81
42	0+410,00	10,00	5,21	0,00	50,54	1,27	888,89	546,81	342,08
43	0+418,64	8,64	1,53	0,07	27,52	0,21	916,41	547,01	369,40

YÖNTEM 3Br10m43P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
	Toplam	418,64	98,42	59,96	916,41	547,01			
	Ortalama	9,97	2,29	1,39	21,31	12,72			
	En Fazla	10,00	12,79	7,58	70,28	64,63			
	En Az	8,64	0,31	0,02	1,04	0,08			

Ek 42: By range of stations fonksiyonu ile 5 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br5m85A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+005,00	5,00	0,00	2,83	0,00	14,85	0,00	14,85	-14,85
3	0+010,00	5,00	0,00	2,57	0,00	13,50	0,00	28,36	-28,36
4	0+015,00	5,00	0,00	2,74	0,00	13,28	0,00	41,63	-41,63
5	0+020,00	5,00	0,00	2,12	0,00	12,13	0,00	53,76	-53,76
6	0+025,00	5,00	0,00	2,99	0,00	12,65	0,00	66,42	-66,42
7	0+030,00	5,00	0,00	3,77	0,00	16,62	0,00	83,03	-83,03
8	0+035,00	5,00	0,00	2,76	0,00	16,03	0,00	99,06	-99,06
9	0+040,00	5,00	0,00	1,55	0,00	10,58	0,00	109,64	-109,64
10	0+045,00	5,00	0,00	7,15	0,00	21,44	0,00	131,08	-131,08
11	0+050,00	5,00	0,00	4,78	0,00	29,33	0,00	160,41	-160,41
12	0+055,00	5,00	0,00	1,83	0,00	16,15	0,00	176,56	-176,56
13	0+060,00	5,00	0,00	0,27	0,00	5,13	0,00	181,69	-181,69
14	0+065,00	5,00	0,22	0,40	0,59	1,65	0,59	183,34	-182,75
15	0+070,00	5,00	0,31	1,14	1,34	3,86	1,93	187,20	-185,27
16	0+075,00	5,00	0,53	0,15	2,16	3,20	4,09	190,40	-186,31
17	0+080,00	5,00	1,34	0,00	4,70	0,38	8,79	190,78	-181,99
18	0+085,00	5,00	1,49	0,00	7,09	0,00	15,88	190,78	-174,90
19	0+090,00	5,00	0,86	0,17	5,92	0,43	21,80	191,20	-169,40
20	0+095,00	5,00	0,00	1,62	2,14	4,48	23,94	195,69	-171,75
21	0+100,00	5,00	0,00	3,41	0,00	12,57	23,94	208,26	-184,32
22	0+105,00	5,00	0,00	4,00	0,00	18,52	23,94	226,78	-202,84
23	0+110,00	5,00	0,00	3,77	0,00	19,43	23,94	246,21	-222,27
24	0+115,00	5,00	0,53	1,96	1,33	14,32	25,27	260,53	-235,26
25	0+120,00	5,00	0,59	1,06	2,80	7,57	28,07	268,10	-240,03
26	0+125,00	5,00	0,97	2,51	3,89	8,92	31,96	277,02	-245,06
27	0+130,00	5,00	1,02	3,12	4,97	14,07	36,93	291,09	-254,16
28	0+135,00	5,00	0,78	1,96	4,56	12,58	41,49	303,66	-262,17
29	0+140,00	5,00	0,00	1,14	2,01	7,65	43,50	311,31	-267,81
30	0+145,00	5,00	1,45	2,75	3,74	9,56	47,24	320,87	-273,63
31	0+150,00	5,00	2,40	0,70	9,88	8,46	57,12	329,33	-272,21
32	0+155,00	5,00	2,85	0,07	13,13	1,94	70,24	331,27	-261,03
33	0+160,00	5,00	2,29	0,04	12,87	0,28	83,11	331,55	-248,44
34	0+165,00	5,00	3,36	0,48	14,14	1,30	97,25	332,85	-235,60
35	0+170,00	5,00	3,78	0,26	17,86	1,85	115,10	334,70	-219,60
36	0+175,00	5,00	2,54	0,10	15,81	0,88	130,91	335,58	-204,67
37	0+180,00	5,00	1,43	0,95	9,93	2,62	140,84	338,20	-197,36
38	0+185,00	5,00	3,44	0,40	12,19	3,39	153,03	341,59	-188,56
39	0+190,00	5,00	2,98	0,56	16,06	2,39	169,09	343,98	-174,89
40	0+195,00	5,00	1,95	0,76	11,92	3,35	181,02	347,33	-166,31
41	0+200,00	5,00	1,75	0,73	8,91	3,78	189,92	351,11	-161,19
42	0+205,00	5,00	4,39	0,34	14,80	2,72	204,73	353,83	-149,10
43	0+210,00	5,00	5,30	0,32	24,23	1,64	228,95	355,47	-126,52
44	0+215,00	5,00	3,62	0,60	22,32	2,30	251,27	357,77	-106,50

YÖNTEM 3Br5m85A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Net Hacim m³
45	0+220,00	5,00	3,38	1,34	17,52	4,87	268,79	362,64	-93,85
46	0+225,00	5,00	4,11	0,69	18,74	5,10	287,53	367,74	-80,21
47	0+230,00	5,00	4,30	1,54	21,05	5,58	308,58	373,32	-64,74
48	0+235,00	5,00	3,83	2,74	20,33	10,69	328,90	384,01	-55,11
49	0+240,00	5,00	5,04	1,81	22,17	11,37	351,07	395,39	-44,32
50	0+245,00	5,00	8,02	0,08	32,66	4,73	383,73	400,11	-16,38
51	0+250,00	5,00	5,58	0,48	34,00	1,40	417,73	401,52	16,21
52	0+255,00	5,00	5,32	1,24	23,47	4,50	441,20	406,02	35,18
53	0+260,00	5,00	3,10	1,33	15,73	6,88	456,94	412,90	44,04
54	0+265,00	5,00	0,00	2,16	5,71	8,90	462,64	421,80	40,84
55	0+270,00	5,00	0,00	1,84	0,00	10,13	462,64	431,92	30,72
56	0+275,00	5,00	0,00	5,80	0,00	19,09	462,64	451,02	11,62
57	0+280,00	5,00	0,00	7,58	0,00	33,03	462,64	484,04	-21,40
58	0+285,00	5,00	0,00	10,61	0,00	42,80	462,64	526,84	-64,20
59	0+290,00	5,00	0,00	5,40	0,00	37,64	462,64	564,48	-101,84
60	0+295,00	5,00	0,00	3,29	0,00	20,54	462,64	585,01	-122,37
61	0+300,00	5,00	0,31	0,06	0,89	8,06	463,53	593,07	-129,54
62	0+305,00	5,00	2,41	0,00	6,95	0,15	470,49	593,23	-122,74
63	0+310,00	5,00	3,67	0,00	15,19	0,00	485,67	593,23	-107,56
64	0+315,00	5,00	2,85	0,13	16,29	0,32	501,96	593,55	-91,59
65	0+320,00	5,00	2,16	0,85	12,52	2,45	514,48	596,00	-81,52
66	0+325,00	5,00	5,06	0,11	18,06	2,39	532,54	598,39	-65,85
67	0+330,00	5,00	5,70	0,22	26,91	0,82	559,45	599,22	-39,77
68	0+335,00	5,00	1,74	0,54	18,61	1,90	578,06	601,11	-23,05
69	0+340,00	5,00	1,01	0,68	7,06	2,99	585,12	604,10	-18,98
70	0+345,00	5,00	12,51	0,00	34,95	1,68	620,07	605,78	14,29
71	0+350,00	5,00	12,79	0,00	64,12	0,00	684,18	605,78	78,40
72	0+355,00	5,00	5,90	0,00	46,74	0,00	730,92	605,78	125,14
73	0+360,00	5,00	0,94	0,16	17,11	0,40	748,03	606,18	141,85
74	0+365,00	5,00	1,08	0,64	5,07	2,00	753,10	608,18	144,92
75	0+370,00	5,00	1,39	0,66	6,18	3,25	759,28	611,43	147,85
76	0+375,00	5,00	2,81	0,18	10,51	2,10	769,79	613,53	156,26
77	0+380,00	5,00	3,97	0,02	16,96	0,51	786,75	614,04	172,71
78	0+385,00	5,00	8,78	0,00	31,86	0,06	818,61	614,10	204,51
79	0+390,00	5,00	9,39	0,00	45,42	0,00	864,04	614,10	249,94
80	0+395,00	5,00	5,34	0,05	36,83	0,12	900,87	614,22	286,65
81	0+400,00	5,00	4,90	0,38	25,61	1,07	926,47	615,30	311,17
82	0+405,00	5,00	5,86	0,02	26,91	1,00	953,39	616,30	337,09
83	0+410,00	5,00	5,21	0,00	27,67	0,05	981,06	616,34	364,72
84	0+415,00	5,00	2,91	0,13	20,28	0,33	1001,34	616,67	384,67
85	0+418,64	3,64	1,53	0,07	8,08	0,37	1009,41	617,04	392,37
	Toplam	418,64	205,07	126,77	1009,41	617,04			
	Ortalama	4,98	2,41	1,49	11,88	7,26			
	En Fazla	5,00	12,79	10,61	64,12	42,80			
	En Az	3,64	0,22	0,02	0,59	0,05			

Ek 43: By range of stations fonksiyonu ile 5 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Prismoidal yöntem ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br5m85P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0+005,00	5,00	0,00	2,83	0,00	14,85	0,00	14,85	-14,85
3	0+010,00	5,00	0,00	2,57	0,00	13,50	0,00	28,35	-28,35
4	0+015,00	5,00	0,00	2,74	0,00	13,27	0,00	41,62	-41,62
5	0+020,00	5,00	0,00	2,12	0,00	12,12	0,00	53,74	-53,74
6	0+025,00	5,00	0,00	2,99	0,00	12,71	0,00	66,44	-66,44
7	0+030,00	5,00	0,00	3,77	0,00	16,86	0,00	83,30	-83,30
8	0+035,00	5,00	0,00	2,76	0,00	16,27	0,00	99,57	-99,57
9	0+040,00	5,00	0,00	1,55	0,00	10,64	0,00	110,21	-110,21
10	0+045,00	5,00	0,00	7,15	0,00	20,05	0,00	130,26	-130,26
11	0+050,00	5,00	0,00	4,78	0,00	29,62	0,00	159,88	-159,88
12	0+055,00	5,00	0,00	1,83	0,00	15,93	0,00	175,82	-175,82
13	0+060,00	5,00	0,00	0,27	0,00	4,67	0,00	180,48	-180,48
14	0+065,00	5,00	0,22	0,40	0,37	1,67	0,37	182,15	-181,78
15	0+070,00	5,00	0,31	1,14	1,34	3,70	1,71	185,85	-184,14
16	0+075,00	5,00	0,53	0,15	2,09	2,86	3,80	188,71	-184,91
17	0+080,00	5,00	1,34	0,00	4,51	0,26	8,31	188,97	-180,66
18	0+085,00	5,00	1,49	0,00	7,07	0,00	15,38	188,97	-173,59
19	0+090,00	5,00	0,86	0,17	5,81	0,29	21,19	189,25	-168,06
20	0+095,00	5,00	0,00	1,62	1,43	3,87	22,62	193,12	-170,50
21	0+100,00	5,00	0,00	3,41	0,00	12,30	22,62	205,42	-182,80
22	0+105,00	5,00	0,00	4,00	0,00	18,50	22,62	223,92	-201,30
23	0+110,00	5,00	0,00	3,77	0,00	19,42	22,62	243,34	-220,72
24	0+115,00	5,00	0,53	1,96	0,89	14,08	23,50	257,42	-233,92
25	0+120,00	5,00	0,59	1,06	2,80	7,45	26,30	264,88	-238,58
26	0+125,00	5,00	0,97	2,51	3,85	8,67	30,15	273,55	-243,40
27	0+130,00	5,00	1,02	3,12	4,97	14,04	35,12	287,59	-252,47
28	0+135,00	5,00	0,78	1,96	4,48	12,59	39,59	300,18	-260,59
29	0+140,00	5,00	0,00	1,14	1,30	7,66	40,89	307,84	-266,95
30	0+145,00	5,00	1,45	2,75	2,41	9,42	43,30	317,26	-273,96
31	0+150,00	5,00	2,40	0,70	9,51	8,06	52,81	325,32	-272,51
32	0+155,00	5,00	2,85	0,07	13,11	1,67	65,92	326,99	-261,07
33	0+160,00	5,00	2,29	0,04	12,84	0,27	78,76	327,27	-248,51
34	0+165,00	5,00	3,36	0,48	14,05	1,09	92,81	328,36	-235,55
35	0+170,00	5,00	3,78	0,26	17,85	1,82	110,66	330,17	-219,51
36	0+175,00	5,00	2,54	0,10	15,71	0,85	126,36	331,03	-204,67
37	0+180,00	5,00	1,43	0,95	9,80	2,25	136,16	333,28	-197,12
38	0+185,00	5,00	3,44	0,40	11,83	3,29	147,99	336,57	-188,58
39	0+190,00	5,00	2,98	0,56	16,05	2,38	164,04	338,95	-174,91
40	0+195,00	5,00	1,95	0,76	12,24	3,27	176,28	342,22	-165,94
41	0+200,00	5,00	1,75	0,73	9,26	3,72	185,54	345,94	-160,40
42	0+205,00	5,00	4,39	0,34	14,86	2,61	200,40	348,55	-148,15
43	0+210,00	5,00	5,30	0,32	24,19	1,64	224,59	350,19	-125,60

YÖNTEM 3Br5m85P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
44	0+215,00	5,00	3,62	0,60	22,19	2,26	246,78	352,45	-105,67
45	0+220,00	5,00	3,38	1,34	17,51	4,75	264,29	357,20	-92,91
46	0+225,00	5,00	4,11	0,69	18,71	5,01	283,00	362,21	-79,21
47	0+230,00	5,00	4,30	1,54	21,04	5,44	304,05	367,65	-63,60
48	0+235,00	5,00	3,83	2,74	20,31	10,55	324,36	378,20	-53,84
49	0+240,00	5,00	5,04	1,81	22,10	11,29	346,46	389,49	-43,03
50	0+245,00	5,00	8,02	0,08	32,37	3,80	378,84	393,29	-14,45
51	0+250,00	5,00	5,58	0,48	33,82	1,27	412,65	394,56	18,09
52	0+255,00	5,00	5,32	1,24	27,25	4,14	439,90	398,70	41,20
53	0+260,00	5,00	3,10	1,33	20,81	6,43	460,72	405,13	55,59
54	0+265,00	5,00	0,00	2,16	5,17	8,66	465,89	413,79	52,10
55	0+270,00	5,00	0,00	1,84	0,00	9,99	465,89	423,78	42,11
56	0+275,00	5,00	0,00	5,80	0,00	18,17	465,89	441,95	23,94
57	0+280,00	5,00	0,00	7,58	0,00	33,35	465,89	475,31	-9,42
58	0+285,00	5,00	0,00	10,61	0,00	45,28	465,89	520,59	-54,70
59	0+290,00	5,00	0,00	5,40	0,00	39,32	465,89	559,90	-94,01
60	0+295,00	5,00	0,00	3,29	0,00	21,50	465,89	581,41	-115,52
61	0+300,00	5,00	0,31	0,06	0,52	6,33	466,41	587,74	-121,33
62	0+305,00	5,00	2,41	0,00	5,97	0,10	472,38	587,84	-115,46
63	0+310,00	5,00	3,67	0,00	15,08	0,00	487,45	587,84	-100,39
64	0+315,00	5,00	2,85	0,13	16,24	0,21	503,69	588,06	-84,37
65	0+320,00	5,00	2,16	0,85	12,49	2,19	516,18	590,24	-74,06
66	0+325,00	5,00	5,06	0,11	17,56	2,10	533,74	592,34	-58,60
67	0+330,00	5,00	5,70	0,22	26,89	0,80	560,63	593,14	-32,51
68	0+335,00	5,00	1,74	0,54	17,65	1,84	578,28	594,98	-16,70
69	0+340,00	5,00	1,01	0,68	6,80	3,04	585,08	598,02	-12,94
70	0+345,00	5,00	12,51	0,00	28,47	1,14	613,55	599,16	14,39
71	0+350,00	5,00	12,79	0,00	63,27	0,00	676,82	599,16	77,66
72	0+355,00	5,00	5,90	0,00	45,64	0,00	722,46	599,16	123,30
73	0+360,00	5,00	0,94	0,16	15,34	0,29	737,80	599,45	138,35
74	0+365,00	5,00	1,08	0,64	5,06	1,86	742,86	601,31	141,55
75	0+370,00	5,00	1,39	0,66	6,16	3,25	749,02	604,56	144,46
76	0+375,00	5,00	2,81	0,18	10,30	1,98	759,33	606,54	152,79
77	0+380,00	5,00	3,97	0,02	16,88	0,45	776,21	606,99	169,22
78	0+385,00	5,00	8,78	0,00	31,08	0,04	807,29	607,03	200,26
79	0+390,00	5,00	9,39	0,00	45,41	0,00	852,70	607,03	245,67
80	0+395,00	5,00	5,34	0,05	36,36	0,08	889,06	607,11	281,95
81	0+400,00	5,00	4,90	0,38	25,60	0,95	914,66	608,05	306,61
82	0+405,00	5,00	5,86	0,02	26,88	0,81	941,53	608,86	332,67
83	0+410,00	5,00	5,21	0,00	27,65	0,03	969,19	608,89	360,30
84	0+415,00	5,00	2,91	0,13	20,01	0,22	989,19	609,11	380,08
85	0+418,64	3,64	1,53	0,07	7,94	0,36	997,14	609,47	387,67
	Toplam	418,64	205,07	126,77	997,14	609,47			
	Ortalama	4,98	2,41	1,49	11,73	7,17			
	En Fazla	5,00	12,79	10,61	63,27	45,28			
	En Az	5,00	0,22	0,02	0,37	0,03			

Ek 44: By range of stations fonksiyonu ile 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area yöntemi ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
2	0+001,00	1,00	0,00	3,05	0,00	3,08	0,00	3,08	**-3,08**
3	0+002,00	1,00	0,00	3,00	0,00	3,02	0,00	6,10	**-6,10**
4	0+003,00	1,00	0,00	2,94	0,00	2,97	0,00	9,07	**-9,07**
5	0+004,00	1,00	0,00	2,89	0,00	2,92	0,00	11,99	**-11,99**
6	0+005,00	1,00	0,00	2,83	0,00	2,86	0,00	14,85	**-14,85**
7	0+006,00	1,00	0,00	2,78	0,00	2,81	0,00	17,66	**-17,66**
8	0+007,00	1,00	0,00	2,73	0,00	2,75	0,00	20,41	**-20,41**
9	0+008,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,70	0,00	23,11	**-23,11**
10	0+009,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,65	0,00	25,76	**-25,76**
11	0+010,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,59	0,00	28,35	**-28,35**
12	0+011,00	1,00	0,00	2,54	0,00	2,56	0,00	30,91	**-30,91**
13	0+012,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,56	0,00	33,46	**-33,46**
14	0+013,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,59	0,00	36,05	**-36,05**
15	0+014,00	1,00	0,00	2,70	0,00	2,66	0,00	38,71	**-38,71**
16	0+015,00	1,00	0,00	2,74	0,00	2,72	0,00	41,44	**-41,44**
17	0+016,00	1,00	0,00	2,61	0,00	2,68	0,00	44,11	**-44,11**
18	0+017,00	1,00	0,00	2,53	0,00	2,57	0,00	46,68	**-46,68**
19	0+018,00	1,00	0,00	2,37	0,00	2,45	0,00	49,13	**-49,13**
20	0+019,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,27	0,00	51,40	**-51,40**
21	0+020,00	1,00	0,00	2,12	0,00	2,15	0,00	53,55	**-53,55**
22	0+021,00	1,00	0,00	2,13	0,00	2,12	0,00	55,66	**-55,66**
23	0+022,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,15	0,00	57,81	**-57,81**
24	0+023,00	1,00	0,00	2,34	0,00	2,25	0,00	60,06	**-60,06**
25	0+024,00	1,00	0,00	2,69	0,00	2,48	0,00	62,54	**-62,54**
26	0+025,00	1,00	0,00	2,99	0,00	2,80	0,00	65,34	**-65,34**
27	0+026,00	1,00	0,00	3,19	0,00	3,04	0,00	68,38	**-68,38**
28	0+027,00	1,00	0,00	3,36	0,00	3,22	0,00	71,61	**-71,61**
29	0+028,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,39	0,00	75,00	**-75,00**
30	0+029,00	1,00	0,00	3,71	0,00	3,56	0,00	78,56	**-78,56**
31	0+030,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,67	0,00	82,23	**-82,23**
32	0+031,00	1,00	0,00	3,85	0,00	3,74	0,00	85,97	**-85,97**
33	0+032,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,82	0,00	89,79	**-89,79**
34	0+033,00	1,00	0,00	3,84	0,00	3,82	0,00	93,61	**-93,61**
35	0+034,00	1,00	0,00	3,31	0,00	3,52	0,00	97,13	**-97,13**
36	0+035,00	1,00	0,00	2,76	0,00	2,98	0,00	100,11	**-100,11**
37	0+036,00	1,00	0,00	2,30	0,00	2,48	0,00	102,59	**-102,59**
38	0+037,00	1,00	0,00	1,97	0,00	2,09	0,00	104,69	**-104,69**
39	0+038,00	1,00	0,00	1,88	0,00	1,89	0,00	106,58	**-106,58**
40	0+039,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,68	0,00	108,26	**-108,26**
41	0+040,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,52	0,00	109,78	**-109,78**
42	0+041,00	1,00	0,00	2,24	0,00	1,87	0,00	111,65	**-111,65**
43	0+042,00	1,00	0,00	3,46	0,00	2,82	0,00	114,47	**-114,47**
44	0+043,00	1,00	0,00	4,86	0,00	4,11	0,00	118,58	**-118,58**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
45	0+044,00	1,00	0,00	6,26	0,00	5,49	0,00	124,07	**-124,07**
46	0+045,00	1,00	0,00	7,15	0,00	6,62	0,00	130,69	**-130,69**
47	0+046,00	1,00	0,00	7,48	0,00	7,20	0,00	137,90	**-137,90**
48	0+047,00	1,00	0,00	7,17	0,00	7,20	0,00	145,10	**-145,10**
49	0+048,00	1,00	0,00	6,41	0,00	6,66	0,00	151,76	**-151,76**
50	0+049,00	1,00	0,00	5,55	0,00	5,86	0,00	157,62	**-157,62**
51	0+050,00	1,00	0,00	4,78	0,00	5,06	0,00	162,68	**-162,68**
52	0+051,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,33	0,00	167,01	**-167,01**
53	0+052,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,66	0,00	170,68	**-170,68**
54	0+053,00	1,00	0,00	2,80	0,00	3,03	0,00	173,71	**-173,71**
55	0+054,00	1,00	0,00	2,27	0,00	2,47	0,00	176,18	**-176,18**
56	0+055,00	1,00	0,00	1,83	0,00	2,00	0,00	178,18	**-178,18**
57	0+056,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,47	0,00	179,65	**-179,65**
58	0+057,00	1,00	0,00	0,62	0,00	0,89	0,00	180,53	**-180,53**
59	0+058,00	1,00	0,00	0,35	0,00	0,48	0,00	181,02	**-181,02**
60	0+059,00	1,00	0,00	0,31	0,00	0,33	0,00	181,35	**-181,35**
61	0+060,00	1,00	0,00	0,27	0,00	0,29	0,00	181,64	**-181,64**
62	0+061,00	1,00	0,00	0,23	0,00	0,25	0,00	181,89	**-181,89**
63	0+062,00	1,00	0,00	0,19	0,00	0,21	0,00	182,10	**-182,10**
64	0+063,00	1,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	182,28	**-182,28**
65	0+064,00	1,00	0,00	0,24	0,00	0,21	0,00	182,49	**-182,49**
66	0+065,00	1,00	0,22	0,40	0,11	0,32	0,11	182,81	**-182,70**
67	0+066,00	1,00	0,24	0,62	0,23	0,51	0,34	183,33	**-182,99**
68	0+067,00	1,00	0,26	0,73	0,25	0,68	0,59	184,01	**-183,42**
69	0+068,00	1,00	0,26	0,96	0,26	0,85	0,85	184,85	**-184,00**
70	0+069,00	1,00	0,29	1,17	0,27	1,07	1,13	185,92	**-184,79**
71	0+070,00	1,00	0,31	1,14	0,30	1,16	1,43	187,08	**-185,65**
72	0+071,00	1,00	0,35	0,89	0,33	1,01	1,76	188,09	**-186,33**
73	0+072,00	1,00	0,39	0,65	0,37	0,77	2,12	188,86	**-186,74**
74	0+073,00	1,00	0,43	0,46	0,41	0,55	2,53	189,41	**-186,88**
75	0+074,00	1,00	0,48	0,30	0,45	0,38	2,98	189,79	**-186,81**
76	0+075,00	1,00	0,53	0,15	0,50	0,23	3,49	190,01	**-186,52**
77	0+076,00	1,00	0,80	0,00	0,66	0,08	4,15	190,09	**-185,94**
78	0+077,00	1,00	1,09	0,00	0,94	0,00	5,09	190,09	**-185,00**
79	0+078,00	1,00	1,20	0,00	1,15	0,00	6,24	190,09	**-183,85**
80	0+079,00	1,00	1,27	0,00	1,24	0,00	7,47	190,09	**-182,62**
81	0+080,00	1,00	1,34	0,00	1,30	0,00	8,78	190,09	**-181,31**
82	0+081,00	1,00	1,39	0,00	1,36	0,00	10,14	190,09	**-179,95**
83	0+082,00	1,00	1,42	0,00	1,40	0,00	11,55	190,09	**-178,54**
84	0+083,00	1,00	1,47	0,00	1,44	0,00	12,99	190,09	**-177,10**
85	0+084,00	1,00	1,51	0,00	1,49	0,00	14,48	190,09	**-175,61**
86	0+085,00	1,00	1,49	0,00	1,50	0,00	15,98	190,09	**-174,11**
87	0+086,00	1,00	1,42	0,00	1,46	0,00	17,44	190,09	**-172,65**
88	0+087,00	1,00	1,30	0,00	1,36	0,00	18,80	190,09	**-171,29**
89	0+088,00	1,00	1,11	0,01	1,20	0,00	20,00	190,09	**-170,09**
90	0+089,00	1,00	1,01	0,05	1,06	0,03	21,06	190,12	**-169,06**
91	0+090,00	1,00	0,86	0,17	0,93	0,11	21,99	190,23	**-168,24**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
92	0+091,00	1,00	0,69	0,43	0,77	0,30	22,76	190,53	**-167,77**
93	0+092,00	1,00	0,48	0,78	0,59	0,60	23,35	191,13	**-167,78**
94	0+093,00	1,00	0,35	1,05	0,42	0,92	23,77	192,05	**-168,28**
95	0+094,00	1,00	0,00	1,33	0,17	1,19	23,94	193,24	**-169,30**
96	0+095,00	1,00	0,00	1,62	0,00	1,48	23,94	194,72	**-170,78**
97	0+096,00	1,00	0,00	1,92	0,00	1,77	23,94	196,49	**-172,55**
98	0+097,00	1,00	0,00	2,24	0,00	2,08	23,94	198,57	**-174,63**
99	0+098,00	1,00	0,00	2,60	0,00	2,42	23,94	200,99	**-177,05**
100	0+099,00	1,00	0,00	2,98	0,00	2,79	23,94	203,78	**-179,84**
101	0+100,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,19	23,94	206,98	**-183,04**
102	0+101,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,47	23,94	210,45	**-186,51**
103	0+102,00	1,00	0,00	3,70	0,00	3,62	23,94	214,07	**-190,13**
104	0+103,00	1,00	0,00	3,86	0,00	3,78	23,94	217,84	**-193,90**
105	0+104,00	1,00	0,00	3,94	0,00	3,90	23,94	221,75	**-197,81**
106	0+105,00	1,00	0,00	4,00	0,00	3,97	23,94	225,72	**-201,78**
107	0+106,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,04	23,94	229,76	**-205,82**
108	0+107,00	1,00	0,00	4,06	0,00	4,06	23,94	233,82	**-209,88**
109	0+108,00	1,00	0,00	4,02	0,00	4,04	23,94	237,86	**-213,92**
110	0+109,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,97	23,94	241,83	**-217,89**
111	0+110,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,84	23,94	245,67	**-221,73**
112	0+111,00	1,00	0,00	3,49	0,00	3,63	23,94	249,30	**-225,36**
113	0+112,00	1,00	0,00	3,17	0,00	3,33	23,94	252,63	**-228,69**
114	0+113,00	1,00	0,00	2,79	0,00	2,98	23,94	255,61	**-231,67**
115	0+114,00	1,00	0,41	2,37	0,21	2,58	24,15	258,19	**-234,04**
116	0+115,00	1,00	0,53	1,96	0,47	2,16	24,62	260,36	**-235,74**
117	0+116,00	1,00	0,62	1,63	0,58	1,80	25,19	262,15	**-236,96**
118	0+117,00	1,00	0,63	1,25	0,62	1,44	25,82	263,59	**-237,77**
119	0+118,00	1,00	0,61	1,05	0,62	1,15	26,44	264,74	**-238,30**
120	0+119,00	1,00	0,58	0,99	0,60	1,02	27,04	265,76	**-238,72**
121	0+120,00	1,00	0,59	1,06	0,59	1,03	27,63	266,79	**-239,16**
122	0+121,00	1,00	0,59	1,41	0,59	1,24	28,22	268,02	**-239,80**
123	0+122,00	1,00	0,69	1,92	0,64	1,66	28,86	269,68	**-240,82**
124	0+123,00	1,00	0,67	2,21	0,68	2,06	29,54	271,74	**-242,20**
125	0+124,00	1,00	0,77	2,42	0,72	2,32	30,26	274,06	**-243,80**
126	0+125,00	1,00	0,97	2,51	0,87	2,47	31,13	276,52	**-245,39**
127	0+126,00	1,00	1,09	2,62	1,03	2,56	32,15	279,09	**-246,94**
128	0+127,00	1,00	1,12	2,75	1,10	2,69	33,26	281,77	**-248,51**
129	0+128,00	1,00	1,11	2,88	1,12	2,82	34,37	284,59	**-250,22**
130	0+129,00	1,00	1,07	3,01	1,09	2,95	35,46	287,54	**-252,08**
131	0+130,00	1,00	1,02	3,12	1,04	3,07	36,50	290,60	**-254,10**
132	0+131,00	1,00	0,97	3,12	0,99	3,12	37,50	293,72	**-256,22**
133	0+132,00	1,00	0,92	2,98	0,94	3,05	38,44	296,78	**-258,34**
134	0+133,00	1,00	0,89	2,71	0,90	2,85	39,34	299,62	**-260,28**
135	0+134,00	1,00	0,89	2,37	0,89	2,54	40,23	302,16	**-261,93**
136	0+135,00	1,00	0,78	1,96	0,84	2,17	41,07	304,33	**-263,26**
137	0+136,00	1,00	0,69	1,72	0,73	1,84	41,80	306,17	**-264,37**
138	0+137,00	1,00	0,61	1,34	0,65	1,53	42,45	307,70	**-265,25**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
139	0+138,00	1,00	0,50	1,24	0,55	1,29	43,00	308,99	**-265,99**
140	0+139,00	1,00	0,00	1,22	0,25	1,23	43,25	310,22	**-266,97**
141	0+140,00	1,00	0,00	1,14	0,00	1,18	43,25	311,40	**-268,15**
142	0+141,00	1,00	0,00	0,93	0,00	1,03	43,25	312,43	**-269,18**
143	0+142,00	1,00	0,00	1,18	0,00	1,05	43,25	313,49	**-270,24**
144	0+143,00	1,00	0,00	1,82	0,00	1,50	43,25	314,99	**-271,74**
145	0+144,00	1,00	0,85	2,54	0,43	2,18	43,68	317,17	**-273,49**
146	0+145,00	1,00	1,45	2,75	1,15	2,65	44,83	319,82	**-274,99**
147	0+146,00	1,00	1,69	2,72	1,57	2,73	46,40	322,55	**-276,15**
148	0+147,00	1,00	1,86	1,98	1,78	2,35	48,17	324,90	**-276,73**
149	0+148,00	1,00	2,11	1,01	1,99	1,49	50,16	326,39	**-276,23**
150	0+149,00	1,00	2,32	0,81	2,21	0,91	52,37	327,30	**-274,93**
151	0+150,00	1,00	2,40	0,70	2,36	0,76	54,73	328,06	**-273,33**
152	0+151,00	1,00	2,53	0,56	2,47	0,63	57,20	328,69	**-271,49**
153	0+152,00	1,00	2,61	0,46	2,57	0,51	59,77	329,20	**-269,43**
154	0+153,00	1,00	2,66	0,39	2,63	0,43	62,40	329,63	**-267,23**
155	0+154,00	1,00	2,84	0,19	2,75	0,29	65,16	329,92	**-264,76**
156	0+155,00	1,00	2,85	0,07	2,85	0,13	68,00	330,05	**-262,05**
157	0+156,00	1,00	3,03	0,01	2,94	0,04	70,94	330,09	**-259,15**
158	0+157,00	1,00	2,82	0,01	2,92	0,01	73,86	330,09	**-256,23**
159	0+158,00	1,00	2,55	0,01	2,69	0,01	76,55	330,10	**-253,55**
160	0+159,00	1,00	2,47	0,03	2,51	0,02	79,06	330,12	**-251,06**
161	0+160,00	1,00	2,29	0,04	2,38	0,03	81,44	330,16	**-248,72**
162	0+161,00	1,00	2,16	0,21	2,23	0,13	83,67	330,28	**-246,61**
163	0+162,00	1,00	2,40	0,46	2,28	0,34	85,95	330,62	**-244,67**
164	0+163,00	1,00	2,72	0,68	2,56	0,57	88,50	331,19	**-242,69**
165	0+164,00	1,00	3,02	0,67	2,87	0,67	91,37	331,86	**-240,49**
166	0+165,00	1,00	3,36	0,48	3,19	0,57	94,57	332,43	**-237,86**
167	0+166,00	1,00	3,58	0,42	3,47	0,45	98,04	332,89	**-234,85**
168	0+167,00	1,00	3,73	0,34	3,66	0,38	101,70	333,26	**-231,56**
169	0+168,00	1,00	3,85	0,27	3,79	0,30	105,49	333,57	**-228,08**
170	0+169,00	1,00	3,81	0,25	3,83	0,26	109,32	333,83	**-224,51**
171	0+170,00	1,00	3,78	0,26	3,80	0,25	113,12	334,08	**-220,96**
172	0+171,00	1,00	3,78	0,26	3,78	0,26	116,90	334,34	**-217,44**
173	0+172,00	1,00	3,75	0,28	3,77	0,27	120,66	334,61	**-213,95**
174	0+173,00	1,00	3,53	0,25	3,64	0,27	124,31	334,88	**-210,57**
175	0+174,00	1,00	3,29	0,18	3,41	0,22	127,72	335,10	**-207,38**
176	0+175,00	1,00	2,54	0,10	2,92	0,14	130,63	335,23	**-204,60**
177	0+176,00	1,00	1,64	0,03	2,09	0,07	132,72	335,30	**-202,58**
178	0+177,00	1,00	0,94	0,00	1,29	0,02	134,01	335,32	**-201,31**
179	0+178,00	1,00	0,51	0,00	0,72	0,00	134,73	335,32	**-200,59**
180	0+179,00	1,00	0,74	0,44	0,62	0,22	135,36	335,53	**-200,17**
181	0+180,00	1,00	1,43	0,95	1,09	0,69	136,44	336,23	**-199,79**
182	0+181,00	1,00	2,12	1,35	1,78	1,15	138,22	337,38	**-199,16**
183	0+182,00	1,00	2,50	1,21	2,31	1,28	140,53	338,66	**-198,13**
184	0+183,00	1,00	3,04	0,94	2,77	1,08	143,30	339,74	**-196,44**
185	0+184,00	1,00	3,34	0,59	3,19	0,76	146,49	340,50	**-194,01**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
186	0+185,00	1,00	3,44	0,40	3,39	0,50	149,88	341,00	**-191,12**
187	0+186,00	1,00	3,41	0,34	3,42	0,37	153,31	341,37	**-188,06**
188	0+187,00	1,00	3,23	0,38	3,32	0,36	156,62	341,73	**-185,11**
189	0+188,00	1,00	3,11	0,43	3,17	0,41	159,79	342,13	**-182,34**
190	0+189,00	1,00	3,03	0,49	3,07	0,46	162,86	342,60	**-179,74**
191	0+190,00	1,00	2,98	0,56	3,01	0,52	165,86	343,12	**-177,26**
192	0+191,00	1,00	2,96	0,62	2,97	0,59	168,84	343,71	**-174,87**
193	0+192,00	1,00	2,88	0,68	2,92	0,65	171,75	344,36	**-172,61**
194	0+193,00	1,00	2,63	0,72	2,75	0,70	174,51	345,05	**-170,54**
195	0+194,00	1,00	2,29	0,75	2,46	0,73	176,96	345,78	**-168,82**
196	0+195,00	1,00	1,95	0,76	2,12	0,75	179,08	346,53	**-167,45**
197	0+196,00	1,00	1,34	0,70	1,65	0,73	180,73	347,26	**-166,53**
198	0+197,00	1,00	0,98	0,76	1,16	0,73	181,89	347,99	**-166,10**
199	0+198,00	1,00	1,16	0,80	1,07	0,78	182,96	348,77	**-165,81**
200	0+199,00	1,00	1,61	0,81	1,39	0,80	184,35	349,58	**-165,23**
201	0+200,00	1,00	1,75	0,73	1,68	0,77	186,03	350,34	**-164,31**
202	0+201,00	1,00	2,15	0,73	1,95	0,73	187,98	351,07	**-163,09**
203	0+202,00	1,00	2,90	0,62	2,53	0,67	190,51	351,74	**-161,23**
204	0+203,00	1,00	3,70	0,42	3,30	0,52	193,81	352,26	**-158,45**
205	0+204,00	1,00	4,20	0,33	3,95	0,38	197,76	352,64	**-154,88**
206	0+205,00	1,00	4,39	0,34	4,29	0,34	202,05	352,97	**-150,92**
207	0+206,00	1,00	4,56	0,34	4,47	0,34	206,52	353,31	**-146,79**
208	0+207,00	1,00	4,75	0,33	4,66	0,34	211,18	353,65	**-142,47**
209	0+208,00	1,00	4,96	0,33	4,86	0,33	216,04	353,98	**-137,94**
210	0+209,00	1,00	5,17	0,32	5,07	0,32	221,11	354,30	**-133,19**
211	0+210,00	1,00	5,30	0,32	5,24	0,32	226,34	354,62	**-128,28**
212	0+211,00	1,00	5,21	0,36	5,26	0,34	231,60	354,96	**-123,36**
213	0+212,00	1,00	4,94	0,35	5,07	0,36	236,67	355,32	**-118,65**
214	0+213,00	1,00	4,51	0,35	4,72	0,35	241,39	355,66	**-114,27**
215	0+214,00	1,00	3,97	0,40	4,24	0,37	245,63	356,04	**-110,41**
216	0+215,00	1,00	3,62	0,60	3,79	0,50	249,42	356,54	**-107,12**
217	0+216,00	1,00	3,48	0,95	3,55	0,78	252,97	357,32	**-104,35**
218	0+217,00	1,00	3,21	1,44	3,35	1,20	256,32	358,52	**-102,20**
219	0+218,00	1,00	3,05	1,66	3,13	1,55	259,45	360,07	**-100,62**
220	0+219,00	1,00	3,16	1,64	3,10	1,65	262,55	361,72	**-99,17**
221	0+220,00	1,00	3,38	1,34	3,27	1,49	265,82	363,22	**-97,40**
222	0+221,00	1,00	3,64	1,07	3,51	1,21	269,34	364,42	**-95,08**
223	0+222,00	1,00	3,91	0,81	3,78	0,94	273,11	365,36	**-92,25**
224	0+223,00	1,00	4,02	0,74	3,97	0,78	277,08	366,14	**-89,06**
225	0+224,00	1,00	4,07	0,68	4,04	0,71	281,12	366,85	**-85,73**
226	0+225,00	1,00	4,11	0,69	4,09	0,69	285,21	367,54	**-82,33**
227	0+226,00	1,00	4,17	0,77	4,14	0,73	289,35	368,27	**-78,92**
228	0+227,00	1,00	4,23	0,90	4,20	0,84	293,55	369,11	**-75,56**
229	0+228,00	1,00	4,29	1,09	4,26	1,00	297,81	370,11	**-72,30**
230	0+229,00	1,00	4,31	1,31	4,30	1,20	302,11	371,31	**-69,20**
231	0+230,00	1,00	4,30	1,54	4,31	1,42	306,42	372,73	**-66,31**
232	0+231,00	1,00	4,26	1,80	4,28	1,67	310,70	374,40	**-63,70**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
233	0+232,00	1,00	4,19	2,18	4,23	1,99	314,93	376,39	**-61,46**
234	0+233,00	1,00	4,10	2,53	4,14	2,35	319,08	378,74	**-59,66**
235	0+234,00	1,00	3,97	2,75	4,03	2,64	323,11	381,38	**-58,27**
236	0+235,00	1,00	3,83	2,74	3,90	2,74	327,00	384,12	**-57,12**
237	0+236,00	1,00	3,53	2,86	3,68	2,80	330,68	386,92	**-56,24**
238	0+237,00	1,00	3,55	2,72	3,54	2,79	334,22	389,71	**-55,49**
239	0+238,00	1,00	3,72	2,37	3,63	2,55	337,86	392,26	**-54,40**
240	0+239,00	1,00	4,19	2,24	3,96	2,31	341,81	394,56	**-52,75**
241	0+240,00	1,00	5,04	1,81	4,62	2,02	346,43	396,59	**-50,16**
242	0+241,00	1,00	5,85	1,03	5,45	1,42	351,88	398,00	**-46,12**
243	0+242,00	1,00	6,47	0,55	6,16	0,79	358,04	398,79	**-40,75**
244	0+243,00	1,00	7,14	0,33	6,81	0,44	364,85	399,23	**-34,38**
245	0+244,00	1,00	7,69	0,18	7,41	0,26	372,26	399,49	**-27,23**
246	0+245,00	1,00	8,02	0,08	7,86	0,13	380,12	399,62	**-19,50**
247	0+246,00	1,00	7,99	0,06	8,01	0,07	388,12	399,69	**-11,57**
248	0+247,00	1,00	7,74	0,07	7,86	0,06	395,99	399,75	**-3,76**
249	0+248,00	1,00	7,01	0,14	7,37	0,10	403,36	399,86	**3,50**
250	0+249,00	1,00	6,40	0,23	6,70	0,18	410,07	400,04	**10,03**
251	0+250,00	1,00	5,58	0,48	5,99	0,36	416,05	400,40	**15,65**
252	0+251,00	1,00	5,14	0,98	5,36	0,73	421,41	401,13	**20,28**
253	0+252,00	1,00	4,77	1,44	4,95	1,21	426,36	402,34	**24,02**
254	0+253,00	1,00	4,84	1,22	3,92	1,37	430,29	403,71	**26,58**
255	0+254,00	1,00	5,15	1,17	3,73	1,27	434,02	404,98	**29,04**
256	0+255,00	1,00	5,32	1,24	3,94	1,31	437,96	406,30	**31,66**
257	0+256,00	1,00	5,15	1,12	3,92	1,29	441,88	407,59	**34,29**
258	0+257,00	1,00	4,80	1,05	3,68	1,18	445,56	408,77	**36,79**
259	0+258,00	1,00	4,26	0,91	3,30	1,06	448,86	409,82	**39,04**
260	0+259,00	1,00	3,72	0,97	2,89	1,00	451,74	410,83	**40,91**
261	0+260,00	1,00	3,16	1,33	2,51	1,21	454,25	412,03	**42,22**
262	0+261,00	1,00	2,69	1,68	2,17	1,57	456,42	413,60	**42,82**
263	0+262,00	1,00	0,00	1,69	1,01	1,74	457,43	415,34	**42,09**
264	0+263,00	1,00	0,00	1,59	0,00	1,67	457,43	417,01	**40,42**
265	0+264,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,39	457,43	418,40	**39,03**
266	0+265,00	1,00	0,00	2,16	0,00	1,68	457,43	420,08	**37,35**
267	0+266,00	1,00	0,00	3,70	0,00	2,99	457,43	423,07	**34,36**
268	0+267,00	1,00	0,00	4,32	0,00	4,14	457,43	427,21	**30,22**
269	0+268,00	1,00	0,00	3,67	0,00	4,10	457,43	431,31	**26,12**
270	0+269,00	1,00	0,00	2,63	0,00	3,15	457,43	434,46	**22,97**
271	0+270,00	1,00	0,00	1,84	0,00	2,24	457,43	436,69	**20,74**
272	0+271,00	1,00	0,00	2,05	0,00	1,95	457,43	438,64	**18,79**
273	0+272,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,36	457,43	441,00	**16,43**
274	0+273,00	1,00	0,00	3,81	0,00	3,24	457,43	444,24	**13,19**
275	0+274,00	1,00	0,00	4,93	0,00	4,37	457,43	448,61	**8,82**
276	0+275,00	1,00	0,00	5,80	0,00	5,36	457,43	453,98	**3,45**
277	0+276,00	1,00	0,00	6,60	0,00	6,20	457,43	460,17	**-2,74**
278	0+277,00	1,00	0,00	7,35	0,00	6,97	457,43	467,15	**-9,72**
279	0+278,00	1,00	0,00	7,54	0,00	7,44	457,43	474,59	**-17,16**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
280	0+279,00	1,00	0,00	7,43	0,00	7,48	457,43	482,07	**-24,64**
281	0+280,00	1,00	0,00	7,58	0,00	7,05	457,43	489,12	**-31,69**
282	0+281,00	1,00	0,00	8,28	0,00	7,47	457,43	496,60	**-39,17**
283	0+282,00	1,00	0,00	9,10	0,00	8,24	457,43	504,84	**-47,41**
284	0+283,00	1,00	0,00	9,88	0,00	9,03	457,43	513,87	**-56,44**
285	0+284,00	1,00	0,00	10,16	0,00	9,51	457,43	523,38	**-65,95**
286	0+285,00	1,00	0,00	10,61	0,00	9,81	457,43	533,18	**-75,75**
287	0+286,00	1,00	0,00	10,98	0,00	10,15	457,43	543,34	**-85,91**
288	0+287,00	1,00	0,00	10,34	0,00	9,98	457,43	553,31	**-95,88**
289	0+288,00	1,00	0,00	8,60	0,00	8,81	457,43	562,12	**-104,69**
290	0+289,00	1,00	0,00	6,81	0,00	7,15	457,43	569,27	**-111,84**
291	0+290,00	1,00	0,00	5,43	0,00	5,70	457,43	574,97	**-117,54**
292	0+291,00	1,00	0,00	4,55	0,00	4,68	457,43	579,65	**-122,22**
293	0+292,00	1,00	0,00	4,18	0,00	4,13	457,43	583,79	**-126,36**
294	0+293,00	1,00	0,00	3,95	0,00	3,87	457,43	587,65	**-130,22**
295	0+294,00	1,00	0,00	3,73	0,00	3,66	457,43	591,32	**-133,89**
296	0+295,00	1,00	0,00	3,29	0,00	3,37	457,43	594,68	**-137,25**
297	0+296,00	1,00	0,00	2,38	0,00	2,73	457,43	597,41	**-139,98**
298	0+297,00	1,00	0,00	1,51	0,00	1,87	457,43	599,28	**-141,85**
299	0+298,00	1,00	0,00	0,80	0,00	1,10	457,43	600,38	**-142,95**
300	0+299,00	1,00	0,00	0,26	0,00	0,51	457,43	600,89	**-143,46**
301	0+300,00	1,00	0,31	0,06	0,18	0,15	457,60	601,04	**-143,44**
302	0+301,00	1,00	0,75	0,00	0,58	0,03	458,19	601,07	**-142,88**
303	0+302,00	1,00	1,24	0,00	1,04	0,00	459,23	601,07	**-141,84**
304	0+303,00	1,00	1,69	0,00	1,47	0,00	460,69	601,07	**-140,38**
305	0+304,00	1,00	2,08	0,00	1,88	0,00	462,58	601,07	**-138,49**
306	0+305,00	1,00	2,41	0,00	2,24	0,00	464,82	601,07	**-136,25**
307	0+306,00	1,00	2,71	0,00	2,56	0,00	467,38	601,07	**-133,69**
308	0+307,00	1,00	2,98	0,00	2,85	0,00	470,22	601,07	**-130,85**
309	0+308,00	1,00	3,24	0,00	3,11	0,00	473,33	601,07	**-127,74**
310	0+309,00	1,00	3,46	0,00	3,35	0,00	476,68	601,07	**-124,39**
311	0+310,00	1,00	3,67	0,00	3,57	0,00	480,25	601,07	**-120,82**
312	0+311,00	1,00	3,79	0,00	3,73	0,00	483,98	601,07	**-117,09**
313	0+312,00	1,00	3,65	0,00	3,72	0,00	487,70	601,07	**-113,37**
314	0+313,00	1,00	3,43	0,03	3,54	0,02	491,24	601,09	**-109,85**
315	0+314,00	1,00	3,12	0,06	3,27	0,05	494,51	601,13	**-106,62**
316	0+315,00	1,00	2,85	0,13	2,98	0,10	497,49	601,23	**-103,74**
317	0+316,00	1,00	2,93	0,23	2,89	0,18	500,38	601,41	**-101,03**
318	0+317,00	1,00	2,05	0,41	2,49	0,32	502,87	601,73	**-98,86**
319	0+318,00	1,00	1,76	0,61	1,90	0,51	504,78	602,23	**-97,45**
320	0+319,00	1,00	1,79	0,75	1,77	0,68	506,55	602,91	**-96,36**
321	0+320,00	1,00	2,16	0,85	1,98	0,80	508,52	603,72	**-95,20**
322	0+321,00	1,00	2,78	0,80	2,47	0,83	511,00	604,54	**-93,54**
323	0+322,00	1,00	3,48	0,50	3,13	0,65	514,13	605,20	**-91,07**
324	0+323,00	1,00	4,09	0,31	3,78	0,41	517,91	605,60	**-87,69**
325	0+324,00	1,00	4,62	0,17	4,36	0,24	522,27	605,84	**-83,57**
326	0+325,00	1,00	5,06	0,11	4,84	0,14	527,11	605,98	**-78,87**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
327	0+326,00	1,00	5,31	0,09	5,19	0,10	532,30	606,08	**-73,78**
328	0+327,00	1,00	5,47	0,09	5,39	0,09	537,69	606,17	**-68,48**
329	0+328,00	1,00	5,61	0,14	5,54	0,11	543,23	606,28	**-63,05**
330	0+329,00	1,00	5,69	0,18	5,65	0,16	548,88	606,44	**-57,56**
331	0+330,00	1,00	5,70	0,22	5,70	0,20	554,58	606,64	**-52,06**
332	0+331,00	1,00	5,65	0,26	5,68	0,24	560,25	606,89	**-46,64**
333	0+332,00	1,00	5,52	0,30	5,59	0,28	565,84	607,17	**-41,33**
334	0+333,00	1,00	5,31	0,41	5,41	0,36	571,26	607,53	**-36,27**
335	0+334,00	1,00	1,98	0,46	3,64	0,44	574,90	607,97	**-33,07**
336	0+335,00	1,00	1,74	0,54	1,86	0,50	576,76	608,47	**-31,71**
337	0+336,00	1,00	1,52	0,50	1,63	0,52	578,39	608,98	**-30,59**
338	0+337,00	1,00	1,04	0,39	1,28	0,45	579,68	609,43	**-29,75**
339	0+338,00	1,00	0,86	0,44	0,95	0,42	580,63	609,85	**-29,22**
340	0+339,00	1,00	0,91	0,58	0,88	0,51	581,51	610,36	**-28,85**
341	0+340,00	1,00	1,01	0,68	0,96	0,63	582,47	610,99	**-28,52**
342	0+341,00	1,00	1,46	0,56	1,24	0,62	583,71	611,61	**-27,90**
343	0+342,00	1,00	2,53	0,25	1,99	0,40	585,70	612,02	**-26,32**
344	0+343,00	1,00	3,85	0,04	3,19	0,14	588,89	612,16	**-23,27**
345	0+344,00	1,00	5,38	0,00	4,61	0,02	593,50	612,18	**-18,68**
346	0+345,00	1,00	12,51	0,00	8,95	0,00	602,45	612,18	**-9,73**
347	0+346,00	1,00	13,37	0,00	12,94	0,00	615,39	612,18	**3,21**
348	0+347,00	1,00	13,82	0,00	13,59	0,00	628,99	612,18	**16,81**
349	0+348,00	1,00	13,83	0,00	13,82	0,00	642,81	612,18	**30,63**
350	0+349,00	1,00	13,48	0,00	13,66	0,00	656,47	612,18	**44,29**
351	0+350,00	1,00	12,79	0,00	13,14	0,00	669,60	612,18	**57,42**
352	0+351,00	1,00	11,75	0,00	12,27	0,00	681,88	612,18	**69,70**
353	0+352,00	1,00	10,49	0,00	11,12	0,00	693,00	612,18	**80,82**
354	0+353,00	1,00	9,07	0,00	9,78	0,00	702,77	612,18	**90,59**
355	0+354,00	1,00	7,44	0,00	8,26	0,00	711,03	612,18	**98,85**
356	0+355,00	1,00	5,90	0,00	6,67	0,00	717,70	612,18	**105,52**
357	0+356,00	1,00	4,49	0,05	5,20	0,03	722,90	612,20	**110,70**
358	0+357,00	1,00	2,96	0,11	3,72	0,08	726,62	612,28	**114,34**
359	0+358,00	1,00	1,08	0,13	2,02	0,12	728,64	612,40	**116,24**
360	0+359,00	1,00	0,62	0,14	0,85	0,13	729,49	612,53	**116,96**
361	0+360,00	1,00	0,94	0,16	0,78	0,15	730,27	612,68	**117,59**
362	0+361,00	1,00	1,21	0,25	1,08	0,20	731,35	612,88	**118,47**
363	0+362,00	1,00	1,19	0,36	1,20	0,30	732,54	613,18	**119,36**
364	0+363,00	1,00	1,10	0,48	1,14	0,42	733,69	613,60	**120,09**
365	0+364,00	1,00	1,07	0,53	1,09	0,50	734,77	614,10	**120,67**
366	0+365,00	1,00	1,08	0,64	1,08	0,59	735,85	614,69	**121,16**
367	0+366,00	1,00	1,13	0,75	1,11	0,70	736,96	615,39	**121,57**
368	0+367,00	1,00	1,20	0,83	1,16	0,79	738,12	616,18	**121,94**
369	0+368,00	1,00	1,27	0,84	1,23	0,83	739,35	617,01	**122,34**
370	0+369,00	1,00	1,29	0,80	1,28	0,82	740,63	617,84	**122,79**
371	0+370,00	1,00	1,39	0,66	1,34	0,73	741,97	618,56	**123,41**
372	0+371,00	1,00	1,52	0,50	1,46	0,58	743,43	619,14	**124,29**
373	0+372,00	1,00	1,73	0,42	1,63	0,46	745,06	619,60	**125,46**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
374	0+373,00	1,00	2,06	0,37	1,90	0,40	746,95	620,00	**126,95**
375	0+374,00	1,00	2,31	0,28	2,18	0,33	749,14	620,33	**128,81**
376	0+375,00	1,00	2,81	0,18	2,56	0,23	751,70	620,56	**131,14**
377	0+376,00	1,00	3,16	0,13	2,99	0,16	754,68	620,72	**133,96**
378	0+377,00	1,00	3,30	0,07	3,23	0,10	757,91	620,82	**137,09**
379	0+378,00	1,00	3,27	0,04	3,29	0,06	761,20	620,87	**140,33**
380	0+379,00	1,00	3,48	0,03	3,38	0,03	764,58	620,91	**143,67**
381	0+380,00	1,00	3,97	0,02	3,73	0,03	768,31	620,93	**147,38**
382	0+381,00	1,00	5,00	0,00	4,48	0,01	772,79	620,95	**151,84**
383	0+382,00	1,00	6,13	0,00	5,56	0,00	778,35	620,95	**157,40**
384	0+383,00	1,00	7,12	0,00	6,62	0,00	784,97	620,95	**164,02**
385	0+384,00	1,00	8,07	0,00	7,60	0,00	792,57	620,95	**171,62**
386	0+385,00	1,00	8,78	0,00	8,42	0,00	800,99	620,95	**180,04**
387	0+386,00	1,00	9,49	0,00	9,13	0,00	810,13	620,95	**189,18**
388	0+387,00	1,00	9,86	0,00	9,67	0,00	819,80	620,95	**198,85**
389	0+388,00	1,00	9,95	0,00	9,91	0,00	829,71	620,95	**208,76**
390	0+389,00	1,00	9,82	0,00	9,89	0,00	839,60	620,95	**218,65**
391	0+390,00	1,00	9,39	0,00	9,61	0,00	849,21	620,95	**228,26**
392	0+391,00	1,00	8,72	0,00	9,06	0,00	858,26	620,95	**237,31**
393	0+392,00	1,00	7,91	0,00	8,32	0,00	866,58	620,95	**245,63**
394	0+393,00	1,00	7,02	0,00	7,46	0,00	874,04	620,95	**253,09**
395	0+394,00	1,00	6,06	0,00	6,54	0,00	880,58	620,95	**259,63**
396	0+395,00	1,00	5,34	0,05	5,70	0,03	886,28	620,97	**265,31**
397	0+396,00	1,00	4,46	0,13	4,90	0,09	891,18	621,06	**270,12**
398	0+397,00	1,00	3,96	0,23	4,21	0,18	895,39	621,25	**274,14**
399	0+398,00	1,00	4,04	0,33	4,00	0,28	899,39	621,53	**277,86**
400	0+399,00	1,00	4,40	0,38	4,22	0,35	903,60	621,88	**281,72**
401	0+400,00	1,00	4,90	0,38	4,65	0,38	908,26	622,26	**286,00**
402	0+401,00	1,00	5,56	0,23	5,23	0,30	913,49	622,56	**290,93**
403	0+402,00	1,00	5,80	0,14	5,68	0,18	919,17	622,75	**296,42**
404	0+403,00	1,00	5,80	0,10	5,80	0,12	924,97	622,86	**302,11**
405	0+404,00	1,00	5,86	0,05	5,83	0,07	930,80	622,94	**307,86**
406	0+405,00	1,00	5,86	0,02	5,86	0,04	936,66	622,97	**313,69**
407	0+406,00	1,00	5,82	0,00	5,84	0,01	942,51	622,98	**319,53**
408	0+407,00	1,00	5,98	0,00	5,90	0,00	948,41	622,98	**325,43**
409	0+408,00	1,00	5,86	0,00	5,92	0,00	954,33	622,98	**331,35**
410	0+409,00	1,00	5,73	0,00	5,80	0,00	960,13	622,98	**337,15**
411	0+410,00	1,00	5,21	0,00	5,47	0,00	965,60	622,98	**342,62**
412	0+411,00	1,00	4,66	0,00	4,93	0,00	970,53	622,98	**347,55**
413	0+412,00	1,00	4,08	0,01	4,37	0,00	974,90	622,99	**351,91**
414	0+413,00	1,00	3,62	0,04	3,85	0,02	978,75	623,01	**355,74**
415	0+414,00	1,00	3,18	0,08	3,40	0,06	982,15	623,07	**359,08**
416	0+415,00	1,00	2,91	0,13	3,04	0,10	985,19	623,17	**362,02**
417	0+416,00	1,00	2,75	0,20	2,83	0,16	988,02	623,34	**364,68**
418	0+417,00	1,00	2,74	0,23	2,75	0,21	990,76	623,55	**367,21**
419	0+418,00	1,00	3,01	0,12	2,88	0,17	993,64	623,72	**369,92**
420	0+418,64	0,64	1,53	0,07	1,46	0,06	995,10	623,78	**371,32**

YÖNTEM 3Br1m420A

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
	Toplam	**418,64**	**1006,95**	**633,71**	**995,10**	**623,78**			
	Ortalama	**1,00**	**2,40**	**1,51**	**2,37**	**1,49**			
	En Fazla	**1,00**	**13,83**	**10,98**	**13,82**	**10,15**			
	En Az	**0,64**	**0,22**	**0,01**	**0,11**	**0,01**			

Ek 45: By range of stations fonksiyonu ile 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Prismoidal yöntem ile hesaplanan hacimleri.

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
2	0+001,00	1,00	0,00	3,05	0,00	3,08	0,00	3,08	**-3,08**
3	0+002,00	1,00	0,00	3,00	0,00	3,02	0,00	6,10	**-6,10**
4	0+003,00	1,00	0,00	2,94	0,00	2,97	0,00	9,07	**-9,07**
5	0+004,00	1,00	0,00	2,89	0,00	2,92	0,00	11,99	**-11,99**
6	0+005,00	1,00	0,00	2,83	0,00	2,86	0,00	14,85	**-14,85**
7	0+006,00	1,00	0,00	2,78	0,00	2,81	0,00	17,66	**-17,66**
8	0+007,00	1,00	0,00	2,73	0,00	2,75	0,00	20,41	**-20,41**
9	0+008,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,70	0,00	23,11	**-23,11**
10	0+009,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,65	0,00	25,76	**-25,76**
11	0+010,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,59	0,00	28,35	**-28,35**
12	0+011,00	1,00	0,00	2,54	0,00	2,56	0,00	30,90	**-30,90**
13	0+012,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,56	0,00	33,46	**-33,46**
14	0+013,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,59	0,00	36,05	**-36,05**
15	0+014,00	1,00	0,00	2,70	0,00	2,66	0,00	38,71	**-38,71**
16	0+015,00	1,00	0,00	2,74	0,00	2,72	0,00	41,43	**-41,43**
17	0+016,00	1,00	0,00	2,61	0,00	2,68	0,00	44,11	**-44,11**
18	0+017,00	1,00	0,00	2,53	0,00	2,57	0,00	46,68	**-46,68**
19	0+018,00	1,00	0,00	2,37	0,00	2,45	0,00	49,13	**-49,13**
20	0+019,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,28	0,00	51,40	**-51,40**
21	0+020,00	1,00	0,00	2,12	0,00	2,15	0,00	53,56	**-53,56**
22	0+021,00	1,00	0,00	2,13	0,00	2,12	0,00	55,68	**-55,68**
23	0+022,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,16	0,00	57,84	**-57,84**
24	0+023,00	1,00	0,00	2,34	0,00	2,26	0,00	60,10	**-60,10**
25	0+024,00	1,00	0,00	2,69	0,00	2,51	0,00	62,61	**-62,61**
26	0+025,00	1,00	0,00	2,99	0,00	2,84	0,00	65,45	**-65,45**
27	0+026,00	1,00	0,00	3,19	0,00	3,09	0,00	68,53	**-68,53**
28	0+027,00	1,00	0,00	3,36	0,00	3,28	0,00	71,81	**-71,81**
29	0+028,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,45	0,00	75,26	**-75,26**
30	0+029,00	1,00	0,00	3,71	0,00	3,63	0,00	78,89	**-78,89**
31	0+030,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,74	0,00	82,63	**-82,63**
32	0+031,00	1,00	0,00	3,85	0,00	3,81	0,00	86,44	**-86,44**
33	0+032,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,89	0,00	90,33	**-90,33**
34	0+033,00	1,00	0,00	3,84	0,00	3,88	0,00	94,21	**-94,21**
35	0+034,00	1,00	0,00	3,31	0,00	3,57	0,00	97,78	**-97,78**
36	0+035,00	1,00	0,00	2,76	0,00	3,03	0,00	100,81	**-100,81**
37	0+036,00	1,00	0,00	2,30	0,00	2,53	0,00	103,34	**-103,34**
38	0+037,00	1,00	0,00	1,97	0,00	2,13	0,00	105,47	**-105,47**
39	0+038,00	1,00	0,00	1,88	0,00	1,93	0,00	107,40	**-107,40**
40	0+039,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,71	0,00	109,11	**-109,11**
41	0+040,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,55	0,00	110,66	**-110,66**
42	0+041,00	1,00	0,00	2,24	0,00	1,89	0,00	112,55	**-112,55**
43	0+042,00	1,00	0,00	3,46	0,00	2,83	0,00	115,37	**-115,37**
44	0+043,00	1,00	0,00	4,86	0,00	4,14	0,00	119,51	**-119,51**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
45	0+044,00	1,00	0,00	6,26	0,00	5,54	0,00	125,05	**-125,05**
46	0+045,00	1,00	0,00	7,15	0,00	6,70	0,00	131,75	**-131,75**
47	0+046,00	1,00	0,00	7,48	0,00	7,32	0,00	139,06	**-139,06**
48	0+047,00	1,00	0,00	7,17	0,00	7,33	0,00	146,39	**-146,39**
49	0+048,00	1,00	0,00	6,41	0,00	6,79	0,00	153,18	**-153,18**
50	0+049,00	1,00	0,00	5,55	0,00	5,97	0,00	159,15	**-159,15**
51	0+050,00	1,00	0,00	4,78	0,00	5,16	0,00	164,31	**-164,31**
52	0+051,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,42	0,00	168,73	**-168,73**
53	0+052,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,74	0,00	172,47	**-172,47**
54	0+053,00	1,00	0,00	2,80	0,00	3,10	0,00	175,57	**-175,57**
55	0+054,00	1,00	0,00	2,27	0,00	2,53	0,00	178,10	**-178,10**
56	0+055,00	1,00	0,00	1,83	0,00	2,04	0,00	180,14	**-180,14**
57	0+056,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,49	0,00	181,64	**-181,64**
58	0+057,00	1,00	0,00	0,62	0,00	0,89	0,00	182,53	**-182,53**
59	0+058,00	1,00	0,00	0,35	0,00	0,48	0,00	183,01	**-183,01**
60	0+059,00	1,00	0,00	0,31	0,00	0,33	0,00	183,34	**-183,34**
61	0+060,00	1,00	0,00	0,27	0,00	0,29	0,00	183,63	**-183,63**
62	0+061,00	1,00	0,00	0,23	0,00	0,25	0,00	183,88	**-183,88**
63	0+062,00	1,00	0,00	0,19	0,00	0,21	0,00	184,09	**-184,09**
64	0+063,00	1,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	184,27	**-184,27**
65	0+064,00	1,00	0,00	0,24	0,00	0,21	0,00	184,48	**-184,48**
66	0+065,00	1,00	0,22	0,40	0,07	0,32	0,07	184,80	**-184,73**
67	0+066,00	1,00	0,24	0,62	0,23	0,51	0,30	185,31	**-185,01**
68	0+067,00	1,00	0,26	0,73	0,25	0,68	0,55	185,99	**-185,44**
69	0+068,00	1,00	0,26	0,96	0,26	0,85	0,81	186,84	**-186,03**
70	0+069,00	1,00	0,29	1,17	0,27	1,07	1,09	187,90	**-186,81**
71	0+070,00	1,00	0,31	1,14	0,30	1,16	1,39	189,06	**-187,67**
72	0+071,00	1,00	0,35	0,89	0,33	1,01	1,72	190,07	**-188,35**
73	0+072,00	1,00	0,39	0,65	0,37	0,77	2,09	190,84	**-188,75**
74	0+073,00	1,00	0,43	0,46	0,41	0,55	2,49	191,39	**-188,90**
75	0+074,00	1,00	0,48	0,30	0,45	0,37	2,95	191,76	**-188,81**
76	0+075,00	1,00	0,53	0,15	0,50	0,22	3,45	191,98	**-188,53**
77	0+076,00	1,00	0,80	0,00	0,66	0,05	4,11	192,03	**-187,92**
78	0+077,00	1,00	1,09	0,00	0,94	0,00	5,04	192,03	**-186,99**
79	0+078,00	1,00	1,20	0,00	1,15	0,00	6,19	192,03	**-185,84**
80	0+079,00	1,00	1,27	0,00	1,24	0,00	7,43	192,03	**-184,60**
81	0+080,00	1,00	1,34	0,00	1,30	0,00	8,73	192,03	**-183,30**
82	0+081,00	1,00	1,39	0,00	1,36	0,00	10,09	192,03	**-181,94**
83	0+082,00	1,00	1,42	0,00	1,40	0,00	11,50	192,03	**-180,53**
84	0+083,00	1,00	1,47	0,00	1,44	0,00	12,94	192,03	**-179,09**
85	0+084,00	1,00	1,51	0,00	1,49	0,00	14,43	192,03	**-177,60**
86	0+085,00	1,00	1,49	0,00	1,50	0,00	15,93	192,03	**-176,10**
87	0+086,00	1,00	1,42	0,00	1,46	0,00	17,39	192,03	**-174,64**
88	0+087,00	1,00	1,30	0,00	1,36	0,00	18,75	192,03	**-173,28**
89	0+088,00	1,00	1,11	0,01	1,20	0,00	19,95	192,03	**-172,08**
90	0+089,00	1,00	1,01	0,05	1,06	0,02	21,01	192,06	**-171,05**
91	0+090,00	1,00	0,86	0,17	0,93	0,10	21,94	192,16	**-170,22**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
92	0+091,00	1,00	0,69	0,43	0,77	0,29	22,71	192,45	**-169,74**
93	0+092,00	1,00	0,48	0,78	0,58	0,59	23,29	193,04	**-169,75**
94	0+093,00	1,00	0,35	1,05	0,41	0,91	23,71	193,96	**-170,25**
95	0+094,00	1,00	0,00	1,33	0,12	1,19	23,83	195,15	**-171,32**
96	0+095,00	1,00	0,00	1,62	0,00	1,47	23,83	196,62	**-172,79**
97	0+096,00	1,00	0,00	1,92	0,00	1,77	23,83	198,39	**-174,56**
98	0+097,00	1,00	0,00	2,24	0,00	2,08	23,83	200,47	**-176,64**
99	0+098,00	1,00	0,00	2,60	0,00	2,42	23,83	202,89	**-179,06**
100	0+099,00	1,00	0,00	2,98	0,00	2,79	23,83	205,68	**-181,85**
101	0+100,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,19	23,83	208,87	**-185,04**
102	0+101,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,47	23,83	212,34	**-188,51**
103	0+102,00	1,00	0,00	3,70	0,00	3,62	23,83	215,96	**-192,13**
104	0+103,00	1,00	0,00	3,86	0,00	3,78	23,83	219,74	**-195,91**
105	0+104,00	1,00	0,00	3,94	0,00	3,90	23,83	223,64	**-199,81**
106	0+105,00	1,00	0,00	4,00	0,00	3,97	23,83	227,61	**-203,78**
107	0+106,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,04	23,83	231,65	**-207,82**
108	0+107,00	1,00	0,00	4,06	0,00	4,06	23,83	235,71	**-211,88**
109	0+108,00	1,00	0,00	4,02	0,00	4,04	23,83	239,75	**-215,92**
110	0+109,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,97	23,83	243,72	**-219,89**
111	0+110,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,84	23,83	247,56	**-223,73**
112	0+111,00	1,00	0,00	3,49	0,00	3,63	23,83	251,19	**-227,36**
113	0+112,00	1,00	0,00	3,17	0,00	3,33	23,83	254,52	**-230,69**
114	0+113,00	1,00	0,00	2,79	0,00	2,98	23,83	257,50	**-233,67**
115	0+114,00	1,00	0,41	2,37	0,14	2,58	23,96	260,08	**-236,12**
116	0+115,00	1,00	0,53	1,96	0,47	2,16	24,43	262,24	**-237,81**
117	0+116,00	1,00	0,62	1,63	0,57	1,79	25,01	264,03	**-239,02**
118	0+117,00	1,00	0,63	1,25	0,62	1,43	25,63	265,46	**-239,83**
119	0+118,00	1,00	0,61	1,05	0,62	1,15	26,25	266,61	**-240,36**
120	0+119,00	1,00	0,58	0,99	0,60	1,02	26,85	267,63	**-240,78**
121	0+120,00	1,00	0,59	1,06	0,59	1,03	27,44	268,66	**-241,22**
122	0+121,00	1,00	0,59	1,41	0,59	1,23	28,03	269,89	**-241,86**
123	0+122,00	1,00	0,69	1,92	0,64	1,66	28,67	271,54	**-242,87**
124	0+123,00	1,00	0,67	2,21	0,68	2,06	29,35	273,60	**-244,25**
125	0+124,00	1,00	0,77	2,42	0,72	2,31	30,07	275,92	**-245,85**
126	0+125,00	1,00	0,97	2,51	0,87	2,47	30,94	278,38	**-247,44**
127	0+126,00	1,00	1,09	2,62	1,03	2,56	31,96	280,95	**-248,99**
128	0+127,00	1,00	1,12	2,75	1,10	2,69	33,07	283,63	**-250,56**
129	0+128,00	1,00	1,11	2,88	1,12	2,82	34,18	286,45	**-252,27**
130	0+129,00	1,00	1,07	3,01	1,09	2,95	35,27	289,39	**-254,12**
131	0+130,00	1,00	1,02	3,12	1,04	3,07	36,31	292,46	**-256,15**
132	0+131,00	1,00	0,97	3,12	0,99	3,12	37,31	295,58	**-258,27**
133	0+132,00	1,00	0,92	2,98	0,94	3,05	38,25	298,63	**-260,38**
134	0+133,00	1,00	0,89	2,71	0,90	2,85	39,15	301,48	**-262,33**
135	0+134,00	1,00	0,89	2,37	0,89	2,54	40,04	304,02	**-263,98**
136	0+135,00	1,00	0,78	1,96	0,84	2,16	40,88	306,18	**-265,30**
137	0+136,00	1,00	0,69	1,72	0,73	1,84	41,61	308,02	**-266,41**
138	0+137,00	1,00	0,61	1,34	0,65	1,53	42,26	309,54	**-267,28**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
139	0+138,00	1,00	0,50	1,24	0,55	1,29	42,81	310,84	**-268,03**
140	0+139,00	1,00	0,00	1,22	0,17	1,23	42,98	312,07	**-269,09**
141	0+140,00	1,00	0,00	1,14	0,00	1,18	42,98	313,25	**-270,27**
142	0+141,00	1,00	0,00	0,93	0,00	1,03	42,98	314,28	**-271,30**
143	0+142,00	1,00	0,00	1,18	0,00	1,05	42,98	315,33	**-272,35**
144	0+143,00	1,00	0,00	1,82	0,00	1,49	42,98	316,82	**-273,84**
145	0+144,00	1,00	0,85	2,54	0,28	2,17	43,26	318,99	**-275,73**
146	0+145,00	1,00	1,45	2,75	1,13	2,64	44,40	321,63	**-277,23**
147	0+146,00	1,00	1,69	2,72	1,57	2,73	45,96	324,37	**-278,41**
148	0+147,00	1,00	1,86	1,98	1,78	2,34	47,74	326,71	**-278,97**
149	0+148,00	1,00	2,11	1,01	1,98	1,47	49,73	328,17	**-278,44**
150	0+149,00	1,00	2,32	0,81	2,21	0,91	51,94	329,08	**-277,14**
151	0+150,00	1,00	2,40	0,70	2,36	0,75	54,30	329,84	**-275,54**
152	0+151,00	1,00	2,53	0,56	2,47	0,63	56,77	330,47	**-273,70**
153	0+152,00	1,00	2,61	0,46	2,57	0,51	59,33	330,98	**-271,65**
154	0+153,00	1,00	2,66	0,39	2,63	0,43	61,97	331,40	**-269,43**
155	0+154,00	1,00	2,84	0,19	2,75	0,28	64,72	331,69	**-266,97**
156	0+155,00	1,00	2,85	0,07	2,85	0,13	67,57	331,82	**-264,25**
157	0+156,00	1,00	3,03	0,01	2,94	0,03	70,50	331,85	**-261,35**
158	0+157,00	1,00	2,82	0,01	2,92	0,01	73,43	331,85	**-258,42**
159	0+158,00	1,00	2,55	0,01	2,68	0,01	76,11	331,86	**-255,75**
160	0+159,00	1,00	2,47	0,03	2,51	0,02	78,62	331,88	**-253,26**
161	0+160,00	1,00	2,29	0,04	2,38	0,03	81,00	331,92	**-250,92**
162	0+161,00	1,00	2,16	0,21	2,23	0,11	83,23	332,03	**-248,80**
163	0+162,00	1,00	2,40	0,46	2,28	0,33	85,51	332,36	**-246,85**
164	0+163,00	1,00	2,72	0,68	2,55	0,57	88,06	332,92	**-244,86**
165	0+164,00	1,00	3,02	0,67	2,87	0,67	90,93	333,60	**-242,67**
166	0+165,00	1,00	3,36	0,48	3,19	0,57	94,12	334,17	**-240,05**
167	0+166,00	1,00	3,58	0,42	3,47	0,45	97,59	334,62	**-237,03**
168	0+167,00	1,00	3,73	0,34	3,66	0,38	101,25	335,00	**-233,75**
169	0+168,00	1,00	3,85	0,27	3,79	0,30	105,04	335,30	**-230,26**
170	0+169,00	1,00	3,81	0,25	3,83	0,26	108,87	335,56	**-226,69**
171	0+170,00	1,00	3,78	0,26	3,80	0,25	112,67	335,81	**-223,14**
172	0+171,00	1,00	3,78	0,26	3,78	0,26	116,45	336,07	**-219,62**
173	0+172,00	1,00	3,75	0,28	3,77	0,27	120,22	336,34	**-216,12**
174	0+173,00	1,00	3,53	0,25	3,64	0,27	123,86	336,61	**-212,75**
175	0+174,00	1,00	3,29	0,18	3,41	0,21	127,27	336,83	**-209,56**
176	0+175,00	1,00	2,54	0,10	2,91	0,13	130,18	336,96	**-206,78**
177	0+176,00	1,00	1,64	0,03	2,07	0,06	132,25	337,02	**-204,77**
178	0+177,00	1,00	0,94	0,00	1,27	0,01	133,52	337,04	**-203,52**
179	0+178,00	1,00	0,51	0,00	0,71	0,00	134,23	337,04	**-202,81**
180	0+179,00	1,00	0,74	0,44	0,62	0,15	134,86	337,18	**-202,32**
181	0+180,00	1,00	1,43	0,95	1,07	0,68	135,92	337,86	**-201,94**
182	0+181,00	1,00	2,12	1,35	1,77	1,15	137,69	339,00	**-201,31**
183	0+182,00	1,00	2,50	1,21	2,31	1,28	140,00	340,29	**-200,29**
184	0+183,00	1,00	3,04	0,94	2,76	1,07	142,76	341,36	**-198,60**
185	0+184,00	1,00	3,34	0,59	3,19	0,76	145,95	342,12	**-196,17**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
186	0+185,00	1,00	3,44	0,40	3,39	0,49	149,34	342,61	**-193,27**
187	0+186,00	1,00	3,41	0,34	3,42	0,37	152,77	342,98	**-190,21**
188	0+187,00	1,00	3,23	0,38	3,32	0,36	156,08	343,34	**-187,26**
189	0+188,00	1,00	3,11	0,43	3,17	0,40	159,25	343,74	**-184,49**
190	0+189,00	1,00	3,03	0,49	3,07	0,46	162,32	344,21	**-181,89**
191	0+190,00	1,00	2,98	0,56	3,01	0,52	165,32	344,73	**-179,41**
192	0+191,00	1,00	2,96	0,62	2,97	0,59	168,29	345,32	**-177,03**
193	0+192,00	1,00	2,88	0,68	2,92	0,65	171,21	345,96	**-174,75**
194	0+193,00	1,00	2,63	0,72	2,75	0,70	173,96	346,66	**-172,70**
195	0+194,00	1,00	2,29	0,75	2,46	0,73	176,42	347,39	**-170,97**
196	0+195,00	1,00	1,95	0,76	2,12	0,75	178,54	348,14	**-169,60**
197	0+196,00	1,00	1,34	0,70	1,64	0,73	180,17	348,87	**-168,70**
198	0+197,00	1,00	0,98	0,76	1,16	0,73	181,33	349,60	**-168,27**
199	0+198,00	1,00	1,16	0,80	1,07	0,78	182,40	350,38	**-167,98**
200	0+199,00	1,00	1,61	0,81	1,38	0,80	183,78	351,18	**-167,40**
201	0+200,00	1,00	1,75	0,73	1,68	0,77	185,46	351,95	**-166,49**
202	0+201,00	1,00	2,15	0,73	1,95	0,73	187,41	352,68	**-165,27**
203	0+202,00	1,00	2,90	0,62	2,52	0,67	189,93	353,35	**-163,42**
204	0+203,00	1,00	3,70	0,42	3,29	0,51	193,22	353,86	**-160,64**
205	0+204,00	1,00	4,20	0,33	3,95	0,38	197,17	354,24	**-157,07**
206	0+205,00	1,00	4,39	0,34	4,29	0,34	201,46	354,58	**-153,12**
207	0+206,00	1,00	4,56	0,34	4,47	0,34	205,93	354,92	**-148,99**
208	0+207,00	1,00	4,75	0,33	4,65	0,34	210,59	355,25	**-144,66**
209	0+208,00	1,00	4,96	0,33	4,86	0,33	215,45	355,58	**-140,13**
210	0+209,00	1,00	5,17	0,32	5,07	0,32	220,51	355,90	**-135,39**
211	0+210,00	1,00	5,30	0,32	5,24	0,32	225,75	356,22	**-130,47**
212	0+211,00	1,00	5,21	0,36	5,25	0,34	231,00	356,56	**-125,56**
213	0+212,00	1,00	4,94	0,35	5,07	0,36	236,07	356,92	**-120,85**
214	0+213,00	1,00	4,51	0,35	4,72	0,35	240,79	357,27	**-116,48**
215	0+214,00	1,00	3,97	0,40	4,23	0,37	245,03	357,64	**-112,61**
216	0+215,00	1,00	3,62	0,60	3,79	0,50	248,82	358,14	**-109,32**
217	0+216,00	1,00	3,48	0,95	3,55	0,77	252,37	358,91	**-106,54**
218	0+217,00	1,00	3,21	1,44	3,35	1,19	255,72	360,10	**-104,38**
219	0+218,00	1,00	3,05	1,66	3,13	1,55	258,85	361,65	**-102,80**
220	0+219,00	1,00	3,16	1,64	3,10	1,65	261,95	363,31	**-101,36**
221	0+220,00	1,00	3,38	1,34	3,27	1,49	265,22	364,80	**-99,58**
222	0+221,00	1,00	3,64	1,07	3,51	1,20	268,73	366,00	**-97,27**
223	0+222,00	1,00	3,91	0,81	3,78	0,94	272,51	366,94	**-94,43**
224	0+223,00	1,00	4,02	0,74	3,97	0,78	276,47	367,72	**-91,25**
225	0+224,00	1,00	4,07	0,68	4,04	0,71	280,52	368,43	**-87,91**
226	0+225,00	1,00	4,11	0,69	4,09	0,69	284,61	369,11	**-84,50**
227	0+226,00	1,00	4,17	0,77	4,14	0,73	288,75	369,85	**-81,10**
228	0+227,00	1,00	4,23	0,90	4,20	0,84	292,95	370,68	**-77,73**
229	0+228,00	1,00	4,29	1,09	4,26	1,00	297,21	371,68	**-74,47**
230	0+229,00	1,00	4,31	1,31	4,30	1,20	301,51	372,88	**-71,37**
231	0+230,00	1,00	4,30	1,54	4,31	1,42	305,81	374,30	**-68,49**
232	0+231,00	1,00	4,26	1,80	4,28	1,67	310,10	375,96	**-65,86**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
233	0+232,00	1,00	4,19	2,18	4,23	1,99	314,33	377,95	**-63,62**
234	0+233,00	1,00	4,10	2,53	4,14	2,35	318,47	380,30	**-61,83**
235	0+234,00	1,00	3,97	2,75	4,03	2,64	322,50	382,94	**-60,44**
236	0+235,00	1,00	3,83	2,74	3,90	2,74	326,40	385,68	**-59,28**
237	0+236,00	1,00	3,53	2,86	3,68	2,80	330,08	388,48	**-58,40**
238	0+237,00	1,00	3,55	2,72	3,54	2,79	333,62	391,27	**-57,65**
239	0+238,00	1,00	3,72	2,37	3,63	2,54	337,25	393,82	**-56,57**
240	0+239,00	1,00	4,19	2,24	3,95	2,31	341,20	396,12	**-54,92**
241	0+240,00	1,00	5,04	1,81	4,61	2,02	345,82	398,14	**-52,32**
242	0+241,00	1,00	5,85	1,03	5,44	1,40	351,26	399,54	**-48,28**
243	0+242,00	1,00	6,47	0,55	6,16	0,78	357,42	400,31	**-42,89**
244	0+243,00	1,00	7,14	0,33	6,80	0,44	364,22	400,75	**-36,53**
245	0+244,00	1,00	7,69	0,18	7,41	0,25	371,63	401,00	**-29,37**
246	0+245,00	1,00	8,02	0,08	7,85	0,13	379,49	401,13	**-21,64**
247	0+246,00	1,00	7,99	0,06	8,01	0,07	387,50	401,20	**-13,70**
248	0+247,00	1,00	7,74	0,07	7,86	0,06	395,36	401,26	**-5,90**
249	0+248,00	1,00	7,01	0,14	7,37	0,10	402,73	401,37	**1,36**
250	0+249,00	1,00	6,40	0,23	6,70	0,18	409,43	401,55	**7,88**
251	0+250,00	1,00	5,58	0,48	5,98	0,35	415,42	401,90	**13,52**
252	0+251,00	1,00	5,14	0,98	5,36	0,72	420,77	402,61	**18,16**
253	0+252,00	1,00	4,77	1,44	4,95	1,20	425,72	403,82	**21,90**
254	0+253,00	1,00	4,84	1,22	4,81	1,33	430,53	405,14	**25,39**
255	0+254,00	1,00	5,15	1,17	4,99	1,19	435,52	406,34	**29,18**
256	0+255,00	1,00	5,32	1,24	5,24	1,20	440,76	407,54	**33,22**
257	0+256,00	1,00	5,15	1,12	5,24	1,18	445,99	408,72	**37,27**
258	0+257,00	1,00	4,80	1,05	4,97	1,08	450,97	409,80	**41,17**
259	0+258,00	1,00	4,26	0,91	4,53	0,98	455,49	410,78	**44,71**
260	0+259,00	1,00	3,72	0,97	3,99	0,94	459,48	411,72	**47,76**
261	0+260,00	1,00	3,16	1,33	3,44	1,15	462,92	412,87	**50,05**
262	0+261,00	1,00	2,69	1,68	2,92	1,50	465,84	414,37	**51,47**
263	0+262,00	1,00	0,00	1,69	0,90	1,69	466,73	416,05	**50,68**
264	0+263,00	1,00	0,00	1,59	0,00	1,64	466,73	417,70	**49,03**
265	0+264,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,39	466,73	419,09	**47,64**
266	0+265,00	1,00	0,00	2,16	0,00	1,65	466,73	420,74	**45,99**
267	0+266,00	1,00	0,00	3,70	0,00	2,90	466,73	423,63	**43,10**
268	0+267,00	1,00	0,00	4,32	0,00	4,00	466,73	427,64	**39,09**
269	0+268,00	1,00	0,00	3,67	0,00	3,99	466,73	431,63	**35,10**
270	0+269,00	1,00	0,00	2,63	0,00	3,14	466,73	434,76	**31,97**
271	0+270,00	1,00	0,00	1,84	0,00	2,23	466,73	436,99	**29,74**
272	0+271,00	1,00	0,00	2,05	0,00	1,95	466,73	438,93	**27,80**
273	0+272,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,35	466,73	441,29	**25,44**
274	0+273,00	1,00	0,00	3,81	0,00	3,22	466,73	444,51	**22,22**
275	0+274,00	1,00	0,00	4,93	0,00	4,36	466,73	448,87	**17,86**
276	0+275,00	1,00	0,00	5,80	0,00	5,36	466,73	454,23	**12,50**
277	0+276,00	1,00	0,00	6,60	0,00	6,19	466,73	460,42	**6,31**
278	0+277,00	1,00	0,00	7,35	0,00	6,97	466,73	467,39	**-0,66**
279	0+278,00	1,00	0,00	7,54	0,00	7,44	466,73	474,83	**-8,10**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
280	0+279,00	1,00	0,00	7,43	0,00	7,48	466,73	482,32	**-15,59**
281	0+280,00	1,00	0,00	7,58	0,00	7,51	466,73	489,82	**-23,09**
282	0+281,00	1,00	0,00	8,28	0,00	7,93	466,73	497,75	**-31,02**
283	0+282,00	1,00	0,00	9,10	0,00	8,69	466,73	506,44	**-39,71**
284	0+283,00	1,00	0,00	9,88	0,00	9,49	466,73	515,93	**-49,20**
285	0+284,00	1,00	0,00	10,16	0,00	10,02	466,73	525,94	**-59,21**
286	0+285,00	1,00	0,00	10,61	0,00	10,38	466,73	536,33	**-69,60**
287	0+286,00	1,00	0,00	10,98	0,00	10,79	466,73	547,12	**-80,39**
288	0+287,00	1,00	0,00	10,34	0,00	10,66	466,73	557,78	**-91,05**
289	0+288,00	1,00	0,00	8,60	0,00	9,46	466,73	567,24	**-100,51**
290	0+289,00	1,00	0,00	6,81	0,00	7,69	466,73	574,93	**-108,20**
291	0+290,00	1,00	0,00	5,43	0,00	6,11	466,73	581,03	**-114,30**
292	0+291,00	1,00	0,00	4,55	0,00	4,98	466,73	586,02	**-119,29**
293	0+292,00	1,00	0,00	4,18	0,00	4,36	466,73	590,38	**-123,65**
294	0+293,00	1,00	0,00	3,95	0,00	4,06	466,73	594,44	**-127,71**
295	0+294,00	1,00	0,00	3,73	0,00	3,84	466,73	598,28	**-131,55**
296	0+295,00	1,00	0,00	3,29	0,00	3,51	466,73	601,79	**-135,06**
297	0+296,00	1,00	0,00	2,38	0,00	2,82	466,73	604,61	**-137,88**
298	0+297,00	1,00	0,00	1,51	0,00	1,93	466,73	606,54	**-139,81**
299	0+298,00	1,00	0,00	0,80	0,00	1,14	466,73	607,68	**-140,95**
300	0+299,00	1,00	0,00	0,26	0,00	0,50	466,73	608,18	**-141,45**
301	0+300,00	1,00	0,31	0,06	0,10	0,15	466,84	608,33	**-141,49**
302	0+301,00	1,00	0,75	0,00	0,51	0,02	467,35	608,35	**-141,00**
303	0+302,00	1,00	1,24	0,00	0,99	0,00	468,34	608,35	**-140,01**
304	0+303,00	1,00	1,69	0,00	1,46	0,00	469,80	608,35	**-138,55**
305	0+304,00	1,00	2,08	0,00	1,88	0,00	471,68	608,35	**-136,67**
306	0+305,00	1,00	2,41	0,00	2,24	0,00	473,92	608,35	**-134,43**
307	0+306,00	1,00	2,71	0,00	2,55	0,00	476,47	608,35	**-131,88**
308	0+307,00	1,00	2,98	0,00	2,84	0,00	479,32	608,35	**-129,03**
309	0+308,00	1,00	3,24	0,00	3,11	0,00	482,43	608,35	**-125,92**
310	0+309,00	1,00	3,46	0,00	3,35	0,00	485,78	608,35	**-122,57**
311	0+310,00	1,00	3,67	0,00	3,57	0,00	489,34	608,35	**-119,01**
312	0+311,00	1,00	3,79	0,00	3,73	0,00	493,07	608,35	**-115,28**
313	0+312,00	1,00	3,65	0,00	3,72	0,00	496,79	608,35	**-111,56**
314	0+313,00	1,00	3,43	0,03	3,54	0,01	500,34	608,36	**-108,02**
315	0+314,00	1,00	3,12	0,06	3,27	0,04	503,60	608,41	**-104,81**
316	0+315,00	1,00	2,85	0,13	2,98	0,10	506,58	608,50	**-101,92**
317	0+316,00	1,00	2,93	0,23	2,89	0,18	509,47	608,68	**-99,21**
318	0+317,00	1,00	2,05	0,41	2,48	0,31	511,95	608,99	**-97,04**
319	0+318,00	1,00	1,76	0,61	1,90	0,50	513,85	609,50	**-95,65**
320	0+319,00	1,00	1,79	0,75	1,77	0,68	515,63	610,18	**-94,55**
321	0+320,00	1,00	2,16	0,85	1,97	0,80	517,60	610,98	**-93,38**
322	0+321,00	1,00	2,78	0,80	2,47	0,83	520,07	611,81	**-91,74**
323	0+322,00	1,00	3,48	0,50	3,13	0,65	523,19	612,45	**-89,26**
324	0+323,00	1,00	4,09	0,31	3,78	0,40	526,97	612,85	**-85,88**
325	0+324,00	1,00	4,62	0,17	4,35	0,24	531,32	613,09	**-81,77**
326	0+325,00	1,00	5,06	0,11	4,84	0,14	536,16	613,23	**-77,07**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
327	0+326,00	1,00	5,31	0,09	5,19	0,10	541,35	613,33	**-71,98**
328	0+327,00	1,00	5,47	0,09	5,39	0,09	546,74	613,42	**-66,68**
329	0+328,00	1,00	5,61	0,14	5,54	0,11	552,28	613,53	**-61,25**
330	0+329,00	1,00	5,69	0,18	5,65	0,16	557,93	613,69	**-55,76**
331	0+330,00	1,00	5,70	0,22	5,70	0,20	563,63	613,89	**-50,26**
332	0+331,00	1,00	5,65	0,26	5,68	0,24	569,31	614,13	**-44,82**
333	0+332,00	1,00	5,52	0,30	5,59	0,28	574,89	614,41	**-39,52**
334	0+333,00	1,00	5,31	0,41	5,41	0,36	580,31	614,77	**-34,46**
335	0+334,00	1,00	1,98	0,46	3,51	0,44	583,82	615,21	**-31,39**
336	0+335,00	1,00	1,74	0,54	1,86	0,50	585,68	615,71	**-30,03**
337	0+336,00	1,00	1,52	0,50	1,63	0,52	587,31	616,23	**-28,92**
338	0+337,00	1,00	1,04	0,39	1,28	0,44	588,58	616,67	**-28,09**
339	0+338,00	1,00	0,86	0,44	0,95	0,42	589,53	617,09	**-27,56**
340	0+339,00	1,00	0,91	0,58	0,88	0,51	590,42	617,60	**-27,18**
341	0+340,00	1,00	1,01	0,68	0,96	0,63	591,38	618,23	**-26,85**
342	0+341,00	1,00	1,46	0,56	1,23	0,62	592,61	618,85	**-26,24**
343	0+342,00	1,00	2,53	0,25	1,97	0,39	594,58	619,24	**-24,66**
344	0+343,00	1,00	3,85	0,04	3,16	0,13	597,74	619,37	**-21,63**
345	0+344,00	1,00	5,38	0,00	4,59	0,01	602,33	619,38	**-17,05**
346	0+345,00	1,00	12,51	0,00	8,70	0,00	611,03	619,38	**-8,35**
347	0+346,00	1,00	13,37	0,00	12,94	0,00	623,97	619,38	**4,59**
348	0+347,00	1,00	13,82	0,00	13,59	0,00	637,57	619,38	**18,19**
349	0+348,00	1,00	13,83	0,00	13,82	0,00	651,39	619,38	**32,01**
350	0+349,00	1,00	13,48	0,00	13,66	0,00	665,05	619,38	**45,67**
351	0+350,00	1,00	12,79	0,00	13,14	0,00	678,18	619,38	**58,80**
352	0+351,00	1,00	11,75	0,00	12,27	0,00	690,45	619,38	**71,07**
353	0+352,00	1,00	10,49	0,00	11,11	0,00	701,56	619,38	**82,18**
354	0+353,00	1,00	9,07	0,00	9,77	0,00	711,33	619,38	**91,95**
355	0+354,00	1,00	7,44	0,00	8,24	0,00	719,58	619,38	**100,20**
356	0+355,00	1,00	5,90	0,00	6,66	0,00	726,23	619,38	**106,85**
357	0+356,00	1,00	4,49	0,05	5,18	0,02	731,41	619,40	**112,01**
358	0+357,00	1,00	2,96	0,11	3,70	0,08	735,11	619,48	**115,63**
359	0+358,00	1,00	1,08	0,13	1,94	0,12	737,05	619,60	**117,45**
360	0+359,00	1,00	0,62	0,14	0,84	0,13	737,89	619,73	**118,16**
361	0+360,00	1,00	0,94	0,16	0,78	0,15	738,67	619,87	**118,80**
362	0+361,00	1,00	1,21	0,25	1,07	0,20	739,74	620,07	**119,67**
363	0+362,00	1,00	1,19	0,36	1,20	0,30	740,94	620,38	**120,56**
364	0+363,00	1,00	1,10	0,48	1,14	0,42	742,08	620,79	**121,29**
365	0+364,00	1,00	1,07	0,53	1,09	0,50	743,17	621,30	**121,87**
366	0+365,00	1,00	1,08	0,64	1,08	0,59	744,24	621,88	**122,36**
367	0+366,00	1,00	1,13	0,75	1,11	0,70	745,35	622,58	**122,77**
368	0+367,00	1,00	1,20	0,83	1,16	0,79	746,51	623,37	**123,14**
369	0+368,00	1,00	1,27	0,84	1,23	0,83	747,74	624,20	**123,54**
370	0+369,00	1,00	1,29	0,80	1,28	0,82	749,02	625,03	**123,99**
371	0+370,00	1,00	1,39	0,66	1,34	0,73	750,36	625,75	**124,61**
372	0+371,00	1,00	1,52	0,50	1,46	0,58	751,82	626,33	**125,49**
373	0+372,00	1,00	1,73	0,42	1,63	0,46	753,45	626,79	**126,66**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
374	0+373,00	1,00	2,06	0,37	1,89	0,40	755,34	627,18	**128,16**
375	0+374,00	1,00	2,31	0,28	2,18	0,33	757,52	627,51	**130,01**
376	0+375,00	1,00	2,81	0,18	2,56	0,23	760,08	627,74	**132,34**
377	0+376,00	1,00	3,16	0,13	2,98	0,16	763,06	627,90	**135,16**
378	0+377,00	1,00	3,30	0,07	3,23	0,10	766,29	628,00	**138,29**
379	0+378,00	1,00	3,27	0,04	3,29	0,05	769,58	628,05	**141,53**
380	0+379,00	1,00	3,48	0,03	3,38	0,03	772,96	628,09	**144,87**
381	0+380,00	1,00	3,97	0,02	3,72	0,03	776,69	628,12	**148,57**
382	0+381,00	1,00	5,00	0,00	4,47	0,01	781,16	628,12	**153,04**
383	0+382,00	1,00	6,13	0,00	5,55	0,00	786,71	628,12	**158,59**
384	0+383,00	1,00	7,12	0,00	6,62	0,00	793,33	628,12	**165,21**
385	0+384,00	1,00	8,07	0,00	7,59	0,00	800,92	628,12	**172,80**
386	0+385,00	1,00	8,78	0,00	8,42	0,00	809,34	628,12	**181,22**
387	0+386,00	1,00	9,49	0,00	9,13	0,00	818,47	628,12	**190,35**
388	0+387,00	1,00	9,86	0,00	9,67	0,00	828,14	628,12	**200,02**
389	0+388,00	1,00	9,95	0,00	9,91	0,00	838,05	628,12	**209,93**
390	0+389,00	1,00	9,82	0,00	9,89	0,00	847,94	628,12	**219,82**
391	0+390,00	1,00	9,39	0,00	9,61	0,00	857,55	628,12	**229,43**
392	0+391,00	1,00	8,72	0,00	9,06	0,00	866,60	628,12	**238,48**
393	0+392,00	1,00	7,91	0,00	8,31	0,00	874,91	628,12	**246,79**
394	0+393,00	1,00	7,02	0,00	7,46	0,00	882,37	628,12	**254,25**
395	0+394,00	1,00	6,06	0,00	6,53	0,00	888,90	628,12	**260,78**
396	0+395,00	1,00	5,34	0,05	5,69	0,02	894,60	628,14	**266,46**
397	0+396,00	1,00	4,46	0,13	4,89	0,09	899,49	628,23	**271,26**
398	0+397,00	1,00	3,96	0,23	4,21	0,18	903,70	628,41	**275,29**
399	0+398,00	1,00	4,04	0,33	4,00	0,28	907,70	628,69	**279,01**
400	0+399,00	1,00	4,40	0,38	4,22	0,35	911,92	629,04	**282,88**
401	0+400,00	1,00	4,90	0,38	4,65	0,38	916,56	629,42	**287,14**
402	0+401,00	1,00	5,56	0,23	5,23	0,30	921,79	629,72	**292,07**
403	0+402,00	1,00	5,80	0,14	5,68	0,18	927,47	629,90	**297,57**
404	0+403,00	1,00	5,80	0,10	5,80	0,12	933,27	630,02	**303,25**
405	0+404,00	1,00	5,86	0,05	5,83	0,07	939,11	630,10	**309,01**
406	0+405,00	1,00	5,86	0,02	5,86	0,03	944,97	630,13	**314,84**
407	0+406,00	1,00	5,82	0,00	5,84	0,01	950,81	630,14	**320,67**
408	0+407,00	1,00	5,98	0,00	5,90	0,00	956,71	630,14	**326,57**
409	0+408,00	1,00	5,86	0,00	5,92	0,00	962,63	630,14	**332,49**
410	0+409,00	1,00	5,73	0,00	5,80	0,00	968,43	630,14	**338,29**
411	0+410,00	1,00	5,21	0,00	5,47	0,00	973,90	630,14	**343,76**
412	0+411,00	1,00	4,66	0,00	4,93	0,00	978,83	630,14	**348,69**
413	0+412,00	1,00	4,08	0,01	4,37	0,00	983,20	630,14	**353,06**
414	0+413,00	1,00	3,62	0,04	3,85	0,02	987,04	630,16	**356,88**
415	0+414,00	1,00	3,18	0,08	3,40	0,06	990,44	630,22	**360,22**
416	0+415,00	1,00	2,91	0,13	3,04	0,10	993,48	630,32	**363,16**
417	0+416,00	1,00	2,75	0,20	2,83	0,16	996,31	630,48	**365,83**
418	0+417,00	1,00	2,74	0,23	2,75	0,21	999,05	630,69	**368,36**
419	0+418,00	1,00	3,01	0,12	2,87	0,17	1001,93	630,86	**371,07**
420	0+418,64	0,64	1,53	0,07	1,43	0,06	1003,36	630,92	**372,44**

YÖNTEM 3Br1m420P

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
	Toplam	418,64	1006,95	633,71	1003,36	630,92			
	Ortalama	1,00	2,40	1,51	2,39	1,50			
	En Fazla	1,00	13,83	10,98	13,82	10,79			
	En Az	0,64	0,22	0,01	0,07	0,01			

Ek 46: By range of stations fonksiyonu ile 1 m sabit aralıklarla eklenen enkesitlerin Civil 3D yazılımında Average End Area (3Br1m420A) ve Prismoidal (3Br1m420P) yöntemlerinin sonuçlarının ortalaması ile oluşturulan Kontrol (3Br1m420K) yöntemine göre hesaplanan hacimler.

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
1	0+000,00	0,00	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
2	0+001,00	1,00	0,00	3,05	0,00	3,08	0,00	3,08	**-3,08**
3	0+002,00	1,00	0,00	3,00	0,00	3,02	0,00	6,10	**-6,10**
4	0+003,00	1,00	0,00	2,94	0,00	2,97	0,00	9,07	**-9,07**
5	0+004,00	1,00	0,00	2,89	0,00	2,92	0,00	11,99	**-11,99**
6	0+005,00	1,00	0,00	2,83	0,00	2,86	0,00	14,85	**-14,85**
7	0+006,00	1,00	0,00	2,78	0,00	2,81	0,00	17,66	**-17,66**
8	0+007,00	1,00	0,00	2,73	0,00	2,75	0,00	20,41	**-20,41**
9	0+008,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,70	0,00	23,11	**-23,11**
10	0+009,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,65	0,00	25,76	**-25,76**
11	0+010,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,59	0,00	28,35	**-28,35**
12	0+011,00	1,00	0,00	2,54	0,00	2,56	0,00	30,91	**-30,91**
13	0+012,00	1,00	0,00	2,57	0,00	2,56	0,00	33,46	**-33,46**
14	0+013,00	1,00	0,00	2,62	0,00	2,59	0,00	36,05	**-36,05**
15	0+014,00	1,00	0,00	2,70	0,00	2,66	0,00	38,71	**-38,71**
16	0+015,00	1,00	0,00	2,74	0,00	2,72	0,00	41,44	**-41,44**
17	0+016,00	1,00	0,00	2,61	0,00	2,68	0,00	44,11	**-44,11**
18	0+017,00	1,00	0,00	2,53	0,00	2,57	0,00	46,68	**-46,68**
19	0+018,00	1,00	0,00	2,37	0,00	2,45	0,00	49,13	**-49,13**
20	0+019,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,28	0,00	51,40	**-51,40**
21	0+020,00	1,00	0,00	2,12	0,00	2,15	0,00	53,56	**-53,56**
22	0+021,00	1,00	0,00	2,13	0,00	2,12	0,00	55,67	**-55,67**
23	0+022,00	1,00	0,00	2,19	0,00	2,16	0,00	57,83	**-57,83**
24	0+023,00	1,00	0,00	2,34	0,00	2,26	0,00	60,08	**-60,08**
25	0+024,00	1,00	0,00	2,69	0,00	2,50	0,00	62,58	**-62,58**
26	0+025,00	1,00	0,00	2,99	0,00	2,82	0,00	65,40	**-65,40**
27	0+026,00	1,00	0,00	3,19	0,00	3,07	0,00	68,46	**-68,46**
28	0+027,00	1,00	0,00	3,36	0,00	3,25	0,00	71,71	**-71,71**
29	0+028,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,42	0,00	75,13	**-75,13**
30	0+029,00	1,00	0,00	3,71	0,00	3,60	0,00	78,73	**-78,73**
31	0+030,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,71	0,00	82,43	**-82,43**
32	0+031,00	1,00	0,00	3,85	0,00	3,78	0,00	86,21	**-86,21**
33	0+032,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,86	0,00	90,06	**-90,06**
34	0+033,00	1,00	0,00	3,84	0,00	3,85	0,00	93,91	**-93,91**
35	0+034,00	1,00	0,00	3,31	0,00	3,55	0,00	97,46	**-97,46**
36	0+035,00	1,00	0,00	2,76	0,00	3,01	0,00	100,46	**-100,46**
37	0+036,00	1,00	0,00	2,30	0,00	2,51	0,00	102,97	**-102,97**
38	0+037,00	1,00	0,00	1,97	0,00	2,11	0,00	105,08	**-105,08**
39	0+038,00	1,00	0,00	1,88	0,00	1,91	0,00	106,99	**-106,99**
40	0+039,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,70	0,00	108,69	**-108,69**
41	0+040,00	1,00	0,00	1,55	0,00	1,54	0,00	110,22	**-110,22**
42	0+041,00	1,00	0,00	2,24	0,00	1,88	0,00	112,10	**-112,10**
43	0+042,00	1,00	0,00	3,46	0,00	2,83	0,00	114,92	**-114,92**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
44	0+043,00	1,00	0,00	4,86	0,00	4,13	0,00	119,05	**-119,05**
45	0+044,00	1,00	0,00	6,26	0,00	5,52	0,00	124,56	**-124,56**
46	0+045,00	1,00	0,00	7,15	0,00	6,66	0,00	131,22	**-131,22**
47	0+046,00	1,00	0,00	7,48	0,00	7,26	0,00	138,48	**-138,48**
48	0+047,00	1,00	0,00	7,17	0,00	7,27	0,00	145,75	**-145,75**
49	0+048,00	1,00	0,00	6,41	0,00	6,73	0,00	152,47	**-152,47**
50	0+049,00	1,00	0,00	5,55	0,00	5,92	0,00	158,39	**-158,39**
51	0+050,00	1,00	0,00	4,78	0,00	5,11	0,00	163,50	**-163,50**
52	0+051,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,38	0,00	167,87	**-167,87**
53	0+052,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,70	0,00	171,58	**-171,58**
54	0+053,00	1,00	0,00	2,80	0,00	3,07	0,00	174,64	**-174,64**
55	0+054,00	1,00	0,00	2,27	0,00	2,50	0,00	177,14	**-177,14**
56	0+055,00	1,00	0,00	1,83	0,00	2,02	0,00	179,16	**-179,16**
57	0+056,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,48	0,00	180,65	**-180,65**
58	0+057,00	1,00	0,00	0,62	0,00	0,89	0,00	181,53	**-181,53**
59	0+058,00	1,00	0,00	0,35	0,00	0,48	0,00	182,02	**-182,02**
60	0+059,00	1,00	0,00	0,31	0,00	0,33	0,00	182,35	**-182,35**
61	0+060,00	1,00	0,00	0,27	0,00	0,29	0,00	182,64	**-182,64**
62	0+061,00	1,00	0,00	0,23	0,00	0,25	0,00	182,89	**-182,89**
63	0+062,00	1,00	0,00	0,19	0,00	0,21	0,00	183,10	**-183,10**
64	0+063,00	1,00	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	183,28	**-183,28**
65	0+064,00	1,00	0,00	0,24	0,00	0,21	0,00	183,49	**-183,49**
66	0+065,00	1,00	0,22	0,40	0,09	0,32	0,09	183,81	**-183,72**
67	0+066,00	1,00	0,24	0,62	0,23	0,51	0,32	184,32	**-184,00**
68	0+067,00	1,00	0,26	0,73	0,25	0,68	0,57	185,00	**-184,43**
69	0+068,00	1,00	0,26	0,96	0,26	0,85	0,83	185,85	**-185,02**
70	0+069,00	1,00	0,29	1,17	0,27	1,07	1,11	186,91	**-185,80**
71	0+070,00	1,00	0,31	1,14	0,30	1,16	1,41	188,07	**-186,66**
72	0+071,00	1,00	0,35	0,89	0,33	1,01	1,74	189,08	**-187,34**
73	0+072,00	1,00	0,39	0,65	0,37	0,77	2,11	189,85	**-187,75**
74	0+073,00	1,00	0,43	0,46	0,41	0,55	2,51	190,40	**-187,89**
75	0+074,00	1,00	0,48	0,30	0,45	0,38	2,97	190,78	**-187,81**
76	0+075,00	1,00	0,53	0,15	0,50	0,23	3,47	191,00	**-187,53**
77	0+076,00	1,00	0,80	0,00	0,66	0,07	4,13	191,06	**-186,93**
78	0+077,00	1,00	1,09	0,00	0,94	0,00	5,07	191,06	**-186,00**
79	0+078,00	1,00	1,20	0,00	1,15	0,00	6,22	191,06	**-184,85**
80	0+079,00	1,00	1,27	0,00	1,24	0,00	7,45	191,06	**-183,61**
81	0+080,00	1,00	1,34	0,00	1,30	0,00	8,76	191,06	**-182,31**
82	0+081,00	1,00	1,39	0,00	1,36	0,00	10,12	191,06	**-180,95**
83	0+082,00	1,00	1,42	0,00	1,40	0,00	11,53	191,06	**-179,54**
84	0+083,00	1,00	1,47	0,00	1,44	0,00	12,97	191,06	**-178,10**
85	0+084,00	1,00	1,51	0,00	1,49	0,00	14,46	191,06	**-176,61**
86	0+085,00	1,00	1,49	0,00	1,50	0,00	15,96	191,06	**-175,11**
87	0+086,00	1,00	1,42	0,00	1,46	0,00	17,42	191,06	**-173,65**
88	0+087,00	1,00	1,30	0,00	1,36	0,00	18,78	191,06	**-172,29**
89	0+088,00	1,00	1,11	0,01	1,20	0,00	19,98	191,06	**-171,09**
90	0+089,00	1,00	1,01	0,05	1,06	0,03	21,04	191,09	**-170,06**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
91	0+090,00	1,00	0,86	0,17	0,93	0,11	21,97	191,20	**-169,23**
92	0+091,00	1,00	0,69	0,43	0,77	0,30	22,74	191,49	**-168,76**
93	0+092,00	1,00	0,48	0,78	0,59	0,60	23,32	192,09	**-168,77**
94	0+093,00	1,00	0,35	1,05	0,42	0,92	23,74	193,01	**-169,27**
95	0+094,00	1,00	0,00	1,33	0,15	1,19	23,89	194,20	**-170,31**
96	0+095,00	1,00	0,00	1,62	0,00	1,48	23,89	195,67	**-171,79**
97	0+096,00	1,00	0,00	1,92	0,00	1,77	23,89	197,44	**-173,56**
98	0+097,00	1,00	0,00	2,24	0,00	2,08	23,89	199,52	**-175,64**
99	0+098,00	1,00	0,00	2,60	0,00	2,42	23,89	201,94	**-178,06**
100	0+099,00	1,00	0,00	2,98	0,00	2,79	23,89	204,73	**-180,85**
101	0+100,00	1,00	0,00	3,41	0,00	3,19	23,89	207,93	**-184,04**
102	0+101,00	1,00	0,00	3,54	0,00	3,47	23,89	211,40	**-187,51**
103	0+102,00	1,00	0,00	3,70	0,00	3,62	23,89	215,02	**-191,13**
104	0+103,00	1,00	0,00	3,86	0,00	3,78	23,89	218,79	**-194,91**
105	0+104,00	1,00	0,00	3,94	0,00	3,90	23,89	222,70	**-198,81**
106	0+105,00	1,00	0,00	4,00	0,00	3,97	23,89	226,67	**-202,78**
107	0+106,00	1,00	0,00	4,07	0,00	4,04	23,89	230,71	**-206,82**
108	0+107,00	1,00	0,00	4,06	0,00	4,06	23,89	234,77	**-210,88**
109	0+108,00	1,00	0,00	4,02	0,00	4,04	23,89	238,81	**-214,92**
110	0+109,00	1,00	0,00	3,92	0,00	3,97	23,89	242,78	**-218,89**
111	0+110,00	1,00	0,00	3,77	0,00	3,84	23,89	246,62	**-222,73**
112	0+111,00	1,00	0,00	3,49	0,00	3,63	23,89	250,25	**-226,36**
113	0+112,00	1,00	0,00	3,17	0,00	3,33	23,89	253,58	**-229,69**
114	0+113,00	1,00	0,00	2,79	0,00	2,98	23,89	256,56	**-232,67**
115	0+114,00	1,00	0,41	2,37	0,18	2,58	24,06	259,14	**-235,08**
116	0+115,00	1,00	0,53	1,96	0,47	2,16	24,53	261,30	**-236,78**
117	0+116,00	1,00	0,62	1,63	0,58	1,80	25,10	263,09	**-237,99**
118	0+117,00	1,00	0,63	1,25	0,62	1,44	25,73	264,53	**-238,80**
119	0+118,00	1,00	0,61	1,05	0,62	1,15	26,35	265,68	**-239,33**
120	0+119,00	1,00	0,58	0,99	0,60	1,02	26,95	266,70	**-239,75**
121	0+120,00	1,00	0,59	1,06	0,59	1,03	27,54	267,73	**-240,19**
122	0+121,00	1,00	0,59	1,41	0,59	1,24	28,13	268,96	**-240,83**
123	0+122,00	1,00	0,69	1,92	0,64	1,66	28,77	270,61	**-241,85**
124	0+123,00	1,00	0,67	2,21	0,68	2,06	29,45	272,67	**-243,23**
125	0+124,00	1,00	0,77	2,42	0,72	2,32	30,17	274,99	**-244,83**
126	0+125,00	1,00	0,97	2,51	0,87	2,47	31,04	277,45	**-246,42**
127	0+126,00	1,00	1,09	2,62	1,03	2,56	32,06	280,02	**-247,97**
128	0+127,00	1,00	1,12	2,75	1,10	2,69	33,17	282,70	**-249,54**
129	0+128,00	1,00	1,11	2,88	1,12	2,82	34,28	285,52	**-251,25**
130	0+129,00	1,00	1,07	3,01	1,09	2,95	35,37	288,47	**-253,10**
131	0+130,00	1,00	1,02	3,12	1,04	3,07	36,41	291,53	**-255,13**
132	0+131,00	1,00	0,97	3,12	0,99	3,12	37,41	294,65	**-257,25**
133	0+132,00	1,00	0,92	2,98	0,94	3,05	38,35	297,71	**-259,36**
134	0+133,00	1,00	0,89	2,71	0,90	2,85	39,25	300,55	**-261,31**
135	0+134,00	1,00	0,89	2,37	0,89	2,54	40,14	303,09	**-262,96**
136	0+135,00	1,00	0,78	1,96	0,84	2,17	40,98	305,26	**-264,28**
137	0+136,00	1,00	0,69	1,72	0,73	1,84	41,71	307,10	**-265,39**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
138	0+137,00	1,00	0,61	1,34	0,65	1,53	42,36	308,62	**-266,27**
139	0+138,00	1,00	0,50	1,24	0,55	1,29	42,91	309,92	**-267,01**
140	0+139,00	1,00	0,00	1,22	0,21	1,23	43,12	311,15	**-268,03**
141	0+140,00	1,00	0,00	1,14	0,00	1,18	43,12	312,33	**-269,21**
142	0+141,00	1,00	0,00	0,93	0,00	1,03	43,12	313,36	**-270,24**
143	0+142,00	1,00	0,00	1,18	0,00	1,05	43,12	314,41	**-271,30**
144	0+143,00	1,00	0,00	1,82	0,00	1,50	43,12	315,91	**-272,79**
145	0+144,00	1,00	0,85	2,54	0,36	2,18	43,47	318,08	**-274,61**
146	0+145,00	1,00	1,45	2,75	1,14	2,65	44,62	320,73	**-276,11**
147	0+146,00	1,00	1,69	2,72	1,57	2,73	46,18	323,46	**-277,28**
148	0+147,00	1,00	1,86	1,98	1,78	2,35	47,96	325,81	**-277,85**
149	0+148,00	1,00	2,11	1,01	1,99	1,48	49,95	327,28	**-277,34**
150	0+149,00	1,00	2,32	0,81	2,21	0,91	52,16	328,19	**-276,04**
151	0+150,00	1,00	2,40	0,70	2,36	0,76	54,52	328,95	**-274,44**
152	0+151,00	1,00	2,53	0,56	2,47	0,63	56,99	329,58	**-272,60**
153	0+152,00	1,00	2,61	0,46	2,57	0,51	59,55	330,09	**-270,54**
154	0+153,00	1,00	2,66	0,39	2,63	0,43	62,19	330,52	**-268,33**
155	0+154,00	1,00	2,84	0,19	2,75	0,29	64,94	330,81	**-265,87**
156	0+155,00	1,00	2,85	0,07	2,85	0,13	67,79	330,94	**-263,15**
157	0+156,00	1,00	3,03	0,01	2,94	0,04	70,72	330,97	**-260,25**
158	0+157,00	1,00	2,82	0,01	2,92	0,01	73,65	330,97	**-257,33**
159	0+158,00	1,00	2,55	0,01	2,69	0,01	76,33	330,98	**-254,65**
160	0+159,00	1,00	2,47	0,03	2,51	0,02	78,84	331,00	**-252,16**
161	0+160,00	1,00	2,29	0,04	2,38	0,03	81,22	331,04	**-249,82**
162	0+161,00	1,00	2,16	0,21	2,23	0,12	83,45	331,16	**-247,71**
163	0+162,00	1,00	2,40	0,46	2,28	0,34	85,73	331,49	**-245,76**
164	0+163,00	1,00	2,72	0,68	2,56	0,57	88,28	332,06	**-243,78**
165	0+164,00	1,00	3,02	0,67	2,87	0,67	91,15	332,73	**-241,58**
166	0+165,00	1,00	3,36	0,48	3,19	0,57	94,35	333,30	**-238,96**
167	0+166,00	1,00	3,58	0,42	3,47	0,45	97,82	333,76	**-235,94**
168	0+167,00	1,00	3,73	0,34	3,66	0,38	101,48	334,13	**-232,66**
169	0+168,00	1,00	3,85	0,27	3,79	0,30	105,27	334,44	**-229,17**
170	0+169,00	1,00	3,81	0,25	3,83	0,26	109,10	334,70	**-225,60**
171	0+170,00	1,00	3,78	0,26	3,80	0,25	112,90	334,95	**-222,05**
172	0+171,00	1,00	3,78	0,26	3,78	0,26	116,68	335,21	**-218,53**
173	0+172,00	1,00	3,75	0,28	3,77	0,27	120,44	335,48	**-215,04**
174	0+173,00	1,00	3,53	0,25	3,64	0,27	124,09	335,75	**-211,66**
175	0+174,00	1,00	3,29	0,18	3,41	0,22	127,50	335,97	**-208,47**
176	0+175,00	1,00	2,54	0,10	2,92	0,14	130,41	336,10	**-205,69**
177	0+176,00	1,00	1,64	0,03	2,08	0,07	132,49	336,16	**-203,68**
178	0+177,00	1,00	0,94	0,00	1,28	0,02	133,77	336,18	**-202,42**
179	0+178,00	1,00	0,51	0,00	0,72	0,00	134,48	336,18	**-201,70**
180	0+179,00	1,00	0,74	0,44	0,62	0,19	135,11	336,36	**-201,25**
181	0+180,00	1,00	1,43	0,95	1,08	0,69	136,18	337,05	**-200,87**
182	0+181,00	1,00	2,12	1,35	1,78	1,15	137,96	338,19	**-200,24**
183	0+182,00	1,00	2,50	1,21	2,31	1,28	140,27	339,48	**-199,21**
184	0+183,00	1,00	3,04	0,94	2,77	1,08	143,03	340,55	**-197,52**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
185	0+184,00	1,00	3,34	0,59	3,19	0,76	146,22	341,31	**-195,09**
186	0+185,00	1,00	3,44	0,40	3,39	0,50	149,61	341,81	**-192,20**
187	0+186,00	1,00	3,41	0,34	3,42	0,37	153,04	342,18	**-189,14**
188	0+187,00	1,00	3,23	0,38	3,32	0,36	156,35	342,54	**-186,19**
189	0+188,00	1,00	3,11	0,43	3,17	0,41	159,52	342,94	**-183,42**
190	0+189,00	1,00	3,03	0,49	3,07	0,46	162,59	343,41	**-180,82**
191	0+190,00	1,00	2,98	0,56	3,01	0,52	165,59	343,93	**-178,34**
192	0+191,00	1,00	2,96	0,62	2,97	0,59	168,57	344,52	**-175,95**
193	0+192,00	1,00	2,88	0,68	2,92	0,65	171,48	345,16	**-173,68**
194	0+193,00	1,00	2,63	0,72	2,75	0,70	174,24	345,86	**-171,62**
195	0+194,00	1,00	2,29	0,75	2,46	0,73	176,69	346,59	**-169,90**
196	0+195,00	1,00	1,95	0,76	2,12	0,75	178,81	347,34	**-168,53**
197	0+196,00	1,00	1,34	0,70	1,65	0,73	180,45	348,07	**-167,62**
198	0+197,00	1,00	0,98	0,76	1,16	0,73	181,61	348,80	**-167,19**
199	0+198,00	1,00	1,16	0,80	1,07	0,78	182,68	349,58	**-166,90**
200	0+199,00	1,00	1,61	0,81	1,39	0,80	184,07	350,38	**-166,32**
201	0+200,00	1,00	1,75	0,73	1,68	0,77	185,75	351,15	**-165,40**
202	0+201,00	1,00	2,15	0,73	1,95	0,73	187,70	351,88	**-164,18**
203	0+202,00	1,00	2,90	0,62	2,53	0,67	190,22	352,55	**-162,33**
204	0+203,00	1,00	3,70	0,42	3,30	0,52	193,52	353,06	**-159,55**
205	0+204,00	1,00	4,20	0,33	3,95	0,38	197,47	353,44	**-155,98**
206	0+205,00	1,00	4,39	0,34	4,29	0,34	201,76	353,78	**-152,02**
207	0+206,00	1,00	4,56	0,34	4,47	0,34	206,23	354,12	**-147,89**
208	0+207,00	1,00	4,75	0,33	4,66	0,34	210,89	354,45	**-143,57**
209	0+208,00	1,00	4,96	0,33	4,86	0,33	215,75	354,78	**-139,04**
210	0+209,00	1,00	5,17	0,32	5,07	0,32	220,81	355,10	**-134,29**
211	0+210,00	1,00	5,30	0,32	5,24	0,32	226,05	355,42	**-129,38**
212	0+211,00	1,00	5,21	0,36	5,26	0,34	231,30	355,76	**-124,46**
213	0+212,00	1,00	4,94	0,35	5,07	0,36	236,37	356,12	**-119,75**
214	0+213,00	1,00	4,51	0,35	4,72	0,35	241,09	356,47	**-115,38**
215	0+214,00	1,00	3,97	0,40	4,24	0,37	245,33	356,84	**-111,51**
216	0+215,00	1,00	3,62	0,60	3,79	0,50	249,12	357,34	**-108,22**
217	0+216,00	1,00	3,48	0,95	3,55	0,78	252,67	358,12	**-105,45**
218	0+217,00	1,00	3,21	1,44	3,35	1,20	256,02	359,31	**-103,29**
219	0+218,00	1,00	3,05	1,66	3,13	1,55	259,15	360,86	**-101,71**
220	0+219,00	1,00	3,16	1,64	3,10	1,65	262,25	362,52	**-100,27**
221	0+220,00	1,00	3,38	1,34	3,27	1,49	265,52	364,01	**-98,49**
222	0+221,00	1,00	3,64	1,07	3,51	1,21	269,04	365,21	**-96,18**
223	0+222,00	1,00	3,91	0,81	3,78	0,94	272,81	366,15	**-93,34**
224	0+223,00	1,00	4,02	0,74	3,97	0,78	276,78	366,93	**-90,16**
225	0+224,00	1,00	4,07	0,68	4,04	0,71	280,82	367,64	**-86,82**
226	0+225,00	1,00	4,11	0,69	4,09	0,69	284,91	368,33	**-83,42**
227	0+226,00	1,00	4,17	0,77	4,14	0,73	289,05	369,06	**-80,01**
228	0+227,00	1,00	4,23	0,90	4,20	0,84	293,25	369,90	**-76,65**
229	0+228,00	1,00	4,29	1,09	4,26	1,00	297,51	370,90	**-73,39**
230	0+229,00	1,00	4,31	1,31	4,30	1,20	301,81	372,10	**-70,29**
231	0+230,00	1,00	4,30	1,54	4,31	1,42	306,12	373,52	**-67,40**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
232	0+231,00	1,00	4,26	1,80	4,28	1,67	310,40	375,18	**-64,78**
233	0+232,00	1,00	4,19	2,18	4,23	1,99	314,63	377,17	**-62,54**
234	0+233,00	1,00	4,10	2,53	4,14	2,35	318,78	379,52	**-60,75**
235	0+234,00	1,00	3,97	2,75	4,03	2,64	322,81	382,16	**-59,36**
236	0+235,00	1,00	3,83	2,74	3,90	2,74	326,70	384,90	**-58,20**
237	0+236,00	1,00	3,53	2,86	3,68	2,80	330,38	387,70	**-57,32**
238	0+237,00	1,00	3,55	2,72	3,54	2,79	333,92	390,49	**-56,57**
239	0+238,00	1,00	3,72	2,37	3,63	2,55	337,56	393,04	**-55,49**
240	0+239,00	1,00	4,19	2,24	3,96	2,31	341,51	395,34	**-53,84**
241	0+240,00	1,00	5,04	1,81	4,62	2,02	346,13	397,37	**-51,24**
242	0+241,00	1,00	5,85	1,03	5,45	1,41	351,57	398,77	**-47,20**
243	0+242,00	1,00	6,47	0,55	6,16	0,79	357,73	399,55	**-41,82**
244	0+243,00	1,00	7,14	0,33	6,81	0,44	364,54	399,99	**-35,46**
245	0+244,00	1,00	7,69	0,18	7,41	0,26	371,95	400,25	**-28,30**
246	0+245,00	1,00	8,02	0,08	7,86	0,13	379,81	400,38	**-20,57**
247	0+246,00	1,00	7,99	0,06	8,01	0,07	387,81	400,45	**-12,64**
248	0+247,00	1,00	7,74	0,07	7,86	0,06	395,68	400,51	**-4,83**
249	0+248,00	1,00	7,01	0,14	7,37	0,10	403,05	400,62	**2,43**
250	0+249,00	1,00	6,40	0,23	6,70	0,18	409,75	400,80	**8,95**
251	0+250,00	1,00	5,58	0,48	5,99	0,36	415,74	401,15	**14,59**
252	0+251,00	1,00	5,14	0,98	5,36	0,73	421,09	401,87	**19,22**
253	0+252,00	1,00	4,77	1,44	4,95	1,21	426,04	403,08	**22,96**
254	0+253,00	1,00	4,84	1,22	4,37	1,35	430,41	404,43	**25,99**
255	0+254,00	1,00	5,15	1,17	4,36	1,23	434,77	405,66	**29,11**
256	0+255,00	1,00	5,32	1,24	4,59	1,26	439,36	406,92	**32,44**
257	0+256,00	1,00	5,15	1,12	4,58	1,24	443,94	408,16	**35,78**
258	0+257,00	1,00	4,80	1,05	4,33	1,13	448,27	409,29	**38,98**
259	0+258,00	1,00	4,26	0,91	3,92	1,02	452,18	410,30	**41,88**
260	0+259,00	1,00	3,72	0,97	3,44	0,97	455,61	411,28	**44,34**
261	0+260,00	1,00	3,16	1,33	2,98	1,18	458,59	412,45	**46,14**
262	0+261,00	1,00	2,69	1,68	2,55	1,54	461,13	413,99	**47,15**
263	0+262,00	1,00	0,00	1,69	0,96	1,72	462,08	415,70	**46,39**
264	0+263,00	1,00	0,00	1,59	0,00	1,66	462,08	417,36	**44,73**
265	0+264,00	1,00	0,00	1,19	0,00	1,39	462,08	418,75	**43,34**
266	0+265,00	1,00	0,00	2,16	0,00	1,67	462,08	420,41	**41,67**
267	0+266,00	1,00	0,00	3,70	0,00	2,95	462,08	423,35	**38,73**
268	0+267,00	1,00	0,00	4,32	0,00	4,07	462,08	427,43	**34,66**
269	0+268,00	1,00	0,00	3,67	0,00	4,05	462,08	431,47	**30,61**
270	0+269,00	1,00	0,00	2,63	0,00	3,15	462,08	434,61	**27,47**
271	0+270,00	1,00	0,00	1,84	0,00	2,24	462,08	436,84	**25,24**
272	0+271,00	1,00	0,00	2,05	0,00	1,95	462,08	438,79	**23,30**
273	0+272,00	1,00	0,00	2,67	0,00	2,36	462,08	441,15	**20,94**
274	0+273,00	1,00	0,00	3,81	0,00	3,23	462,08	444,38	**17,71**
275	0+274,00	1,00	0,00	4,93	0,00	4,37	462,08	448,74	**13,34**
276	0+275,00	1,00	0,00	5,80	0,00	5,36	462,08	454,11	**7,98**
277	0+276,00	1,00	0,00	6,60	0,00	6,20	462,08	460,30	**1,79**
278	0+277,00	1,00	0,00	7,35	0,00	6,97	462,08	467,27	**-5,19**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
279	0+278,00	1,00	0,00	7,54	0,00	7,44	462,08	474,71	**-12,63**
280	0+279,00	1,00	0,00	7,43	0,00	7,48	462,08	482,20	**-20,12**
281	0+280,00	1,00	0,00	7,58	0,00	7,28	462,08	489,47	**-27,39**
282	0+281,00	1,00	0,00	8,28	0,00	7,70	462,08	497,18	**-35,10**
283	0+282,00	1,00	0,00	9,10	0,00	8,47	462,08	505,64	**-43,56**
284	0+283,00	1,00	0,00	9,88	0,00	9,26	462,08	514,90	**-52,82**
285	0+284,00	1,00	0,00	10,16	0,00	9,77	462,08	524,66	**-62,58**
286	0+285,00	1,00	0,00	10,61	0,00	10,10	462,08	534,76	**-72,68**
287	0+286,00	1,00	0,00	10,98	0,00	10,47	462,08	545,23	**-83,15**
288	0+287,00	1,00	0,00	10,34	0,00	10,32	462,08	555,55	**-93,46**
289	0+288,00	1,00	0,00	8,60	0,00	9,14	462,08	564,68	**-102,60**
290	0+289,00	1,00	0,00	6,81	0,00	7,42	462,08	572,10	**-110,02**
291	0+290,00	1,00	0,00	5,43	0,00	5,91	462,08	578,00	**-115,92**
292	0+291,00	1,00	0,00	4,55	0,00	4,83	462,08	582,84	**-120,76**
293	0+292,00	1,00	0,00	4,18	0,00	4,25	462,08	587,09	**-125,01**
294	0+293,00	1,00	0,00	3,95	0,00	3,97	462,08	591,05	**-128,97**
295	0+294,00	1,00	0,00	3,73	0,00	3,75	462,08	594,80	**-132,72**
296	0+295,00	1,00	0,00	3,29	0,00	3,44	462,08	598,24	**-136,16**
297	0+296,00	1,00	0,00	2,38	0,00	2,78	462,08	601,01	**-138,93**
298	0+297,00	1,00	0,00	1,51	0,00	1,90	462,08	602,91	**-140,83**
299	0+298,00	1,00	0,00	0,80	0,00	1,12	462,08	604,03	**-141,95**
300	0+299,00	1,00	0,00	0,26	0,00	0,51	462,08	604,54	**-142,46**
301	0+300,00	1,00	0,31	0,06	0,14	0,15	462,22	604,69	**-142,47**
302	0+301,00	1,00	0,75	0,00	0,55	0,03	462,77	604,71	**-141,94**
303	0+302,00	1,00	1,24	0,00	1,02	0,00	463,79	604,71	**-140,93**
304	0+303,00	1,00	1,69	0,00	1,47	0,00	465,25	604,71	**-139,47**
305	0+304,00	1,00	2,08	0,00	1,88	0,00	467,13	604,71	**-137,58**
306	0+305,00	1,00	2,41	0,00	2,24	0,00	469,37	604,71	**-135,34**
307	0+306,00	1,00	2,71	0,00	2,56	0,00	471,93	604,71	**-132,79**
308	0+307,00	1,00	2,98	0,00	2,85	0,00	474,77	604,71	**-129,94**
309	0+308,00	1,00	3,24	0,00	3,11	0,00	477,88	604,71	**-126,83**
310	0+309,00	1,00	3,46	0,00	3,35	0,00	481,23	604,71	**-123,48**
311	0+310,00	1,00	3,67	0,00	3,57	0,00	484,80	604,71	**-119,92**
312	0+311,00	1,00	3,79	0,00	3,73	0,00	488,53	604,71	**-116,19**
313	0+312,00	1,00	3,65	0,00	3,72	0,00	492,25	604,71	**-112,47**
314	0+313,00	1,00	3,43	0,03	3,54	0,02	495,79	604,73	**-108,94**
315	0+314,00	1,00	3,12	0,06	3,27	0,05	499,06	604,77	**-105,72**
316	0+315,00	1,00	2,85	0,13	2,98	0,10	502,04	604,87	**-102,83**
317	0+316,00	1,00	2,93	0,23	2,89	0,18	504,93	605,05	**-100,12**
318	0+317,00	1,00	2,05	0,41	2,49	0,32	507,41	605,36	**-97,95**
319	0+318,00	1,00	1,76	0,61	1,90	0,51	509,32	605,87	**-96,55**
320	0+319,00	1,00	1,79	0,75	1,77	0,68	511,09	606,55	**-95,45**
321	0+320,00	1,00	2,16	0,85	1,98	0,80	513,06	607,35	**-94,29**
322	0+321,00	1,00	2,78	0,80	2,47	0,83	515,54	608,18	**-92,64**
323	0+322,00	1,00	3,48	0,50	3,13	0,65	518,66	608,83	**-90,17**
324	0+323,00	1,00	4,09	0,31	3,78	0,41	522,44	609,23	**-86,79**
325	0+324,00	1,00	4,62	0,17	4,36	0,24	526,80	609,47	**-82,67**

YÖNTEM 3Br1m420K

Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
326	0+325,00	1,00	5,06	0,11	4,84	0,14	531,64	609,61	**-77,97**
327	0+326,00	1,00	5,31	0,09	5,19	0,10	536,83	609,71	**-72,88**
328	0+327,00	1,00	5,47	0,09	5,39	0,09	542,22	609,80	**-67,58**
329	0+328,00	1,00	5,61	0,14	5,54	0,11	547,76	609,91	**-62,15**
330	0+329,00	1,00	5,69	0,18	5,65	0,16	553,41	610,07	**-56,66**
331	0+330,00	1,00	5,70	0,22	5,70	0,20	559,11	610,27	**-51,16**
332	0+331,00	1,00	5,65	0,26	5,68	0,24	564,78	610,51	**-45,73**
333	0+332,00	1,00	5,52	0,30	5,59	0,28	570,37	610,79	**-40,43**
334	0+333,00	1,00	5,31	0,41	5,41	0,36	575,79	611,15	**-35,37**
335	0+334,00	1,00	1,98	0,46	3,58	0,44	579,36	611,59	**-32,23**
336	0+335,00	1,00	1,74	0,54	1,86	0,50	581,22	612,09	**-30,87**
337	0+336,00	1,00	1,52	0,50	1,63	0,52	582,85	612,61	**-29,76**
338	0+337,00	1,00	1,04	0,39	1,28	0,45	584,13	613,05	**-28,92**
339	0+338,00	1,00	0,86	0,44	0,95	0,42	585,08	613,47	**-28,39**
340	0+339,00	1,00	0,91	0,58	0,88	0,51	585,97	613,98	**-28,02**
341	0+340,00	1,00	1,01	0,68	0,96	0,63	586,93	614,61	**-27,69**
342	0+341,00	1,00	1,46	0,56	1,24	0,62	588,16	615,23	**-27,07**
343	0+342,00	1,00	2,53	0,25	1,98	0,40	590,14	615,63	**-25,49**
344	0+343,00	1,00	3,85	0,04	3,18	0,14	593,32	615,77	**-22,45**
345	0+344,00	1,00	5,38	0,00	4,60	0,02	597,92	615,78	**-17,87**
346	0+345,00	1,00	12,51	0,00	8,83	0,00	606,74	615,78	**-9,04**
347	0+346,00	1,00	13,37	0,00	12,94	0,00	619,68	615,78	**3,90**
348	0+347,00	1,00	13,82	0,00	13,59	0,00	633,28	615,78	**17,50**
349	0+348,00	1,00	13,83	0,00	13,82	0,00	647,10	615,78	**31,32**
350	0+349,00	1,00	13,48	0,00	13,66	0,00	660,76	615,78	**44,98**
351	0+350,00	1,00	12,79	0,00	13,14	0,00	673,89	615,78	**58,11**
352	0+351,00	1,00	11,75	0,00	12,27	0,00	686,17	615,78	**70,39**
353	0+352,00	1,00	10,49	0,00	11,12	0,00	697,28	615,78	**81,50**
354	0+353,00	1,00	9,07	0,00	9,78	0,00	707,05	615,78	**91,27**
355	0+354,00	1,00	7,44	0,00	8,25	0,00	715,31	615,78	**99,53**
356	0+355,00	1,00	5,90	0,00	6,67	0,00	721,97	615,78	**106,19**
357	0+356,00	1,00	4,49	0,05	5,19	0,03	727,16	615,80	**111,36**
358	0+357,00	1,00	2,96	0,11	3,71	0,08	730,87	615,88	**114,99**
359	0+358,00	1,00	1,08	0,13	1,98	0,12	732,85	616,00	**116,85**
360	0+359,00	1,00	0,62	0,14	0,85	0,13	733,69	616,13	**117,56**
361	0+360,00	1,00	0,94	0,16	0,78	0,15	734,47	616,28	**118,20**
362	0+361,00	1,00	1,21	0,25	1,08	0,20	735,55	616,48	**119,07**
363	0+362,00	1,00	1,19	0,36	1,20	0,30	736,74	616,78	**119,96**
364	0+363,00	1,00	1,10	0,48	1,14	0,42	737,89	617,20	**120,69**
365	0+364,00	1,00	1,07	0,53	1,09	0,50	738,97	617,70	**121,27**
366	0+365,00	1,00	1,08	0,64	1,08	0,59	740,05	618,29	**121,76**
367	0+366,00	1,00	1,13	0,75	1,11	0,70	741,16	618,99	**122,17**
368	0+367,00	1,00	1,20	0,83	1,16	0,79	742,32	619,78	**122,54**
369	0+368,00	1,00	1,27	0,84	1,23	0,83	743,55	620,61	**122,94**
370	0+369,00	1,00	1,29	0,80	1,28	0,82	744,83	621,44	**123,39**
371	0+370,00	1,00	1,39	0,66	1,34	0,73	746,17	622,16	**124,01**
372	0+371,00	1,00	1,52	0,50	1,46	0,58	747,63	622,74	**124,89**

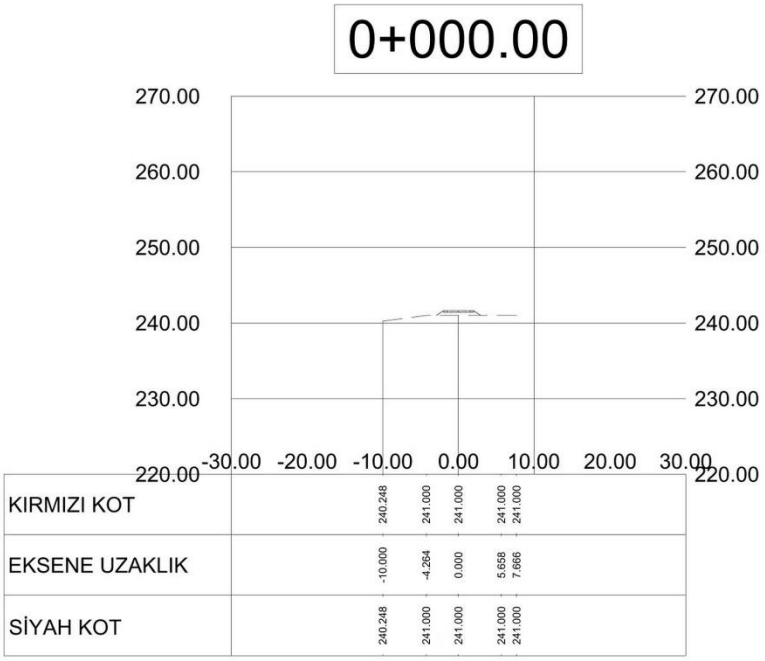
YÖNTEM 3Br1m420K

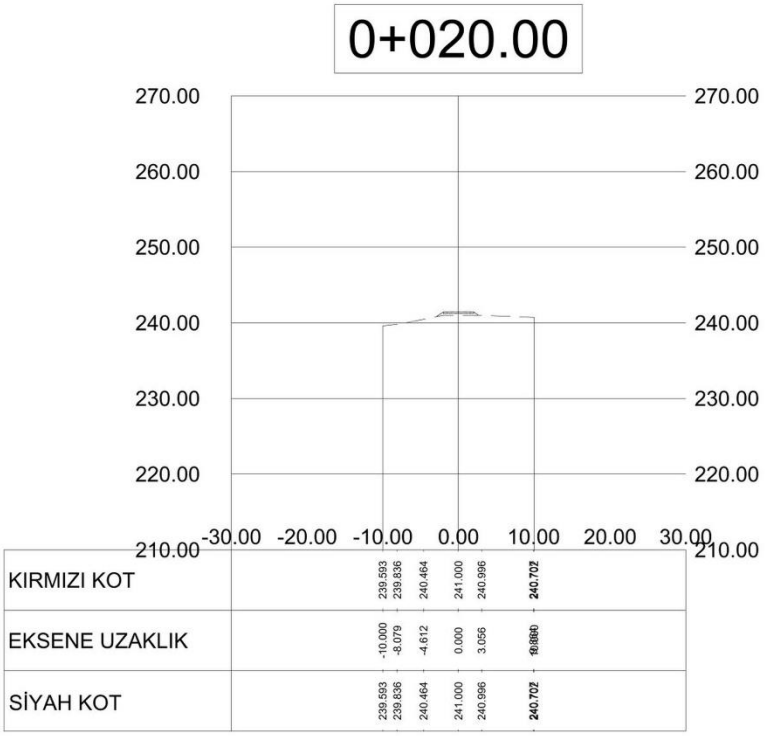
Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
373	0+372,00	1,00	1,73	0,42	1,63	0,46	749,26	623,20	**126,06**
374	0+373,00	1,00	2,06	0,37	1,90	0,40	751,15	623,59	**127,56**
375	0+374,00	1,00	2,31	0,28	2,18	0,33	753,33	623,92	**129,41**
376	0+375,00	1,00	2,81	0,18	2,56	0,23	755,89	624,15	**131,74**
377	0+376,00	1,00	3,16	0,13	2,99	0,16	758,87	624,31	**134,56**
378	0+377,00	1,00	3,30	0,07	3,23	0,10	762,10	624,41	**137,69**
379	0+378,00	1,00	3,27	0,04	3,29	0,06	765,39	624,46	**140,93**
380	0+379,00	1,00	3,48	0,03	3,38	0,03	768,77	624,50	**144,27**
381	0+380,00	1,00	3,97	0,02	3,73	0,03	772,50	624,53	**147,98**
382	0+381,00	1,00	5,00	0,00	4,48	0,01	776,98	624,54	**152,44**
383	0+382,00	1,00	6,13	0,00	5,56	0,00	782,53	624,54	**158,00**
384	0+383,00	1,00	7,12	0,00	6,62	0,00	789,15	624,54	**164,62**
385	0+384,00	1,00	8,07	0,00	7,60	0,00	796,75	624,54	**172,21**
386	0+385,00	1,00	8,78	0,00	8,42	0,00	805,17	624,54	**180,63**
387	0+386,00	1,00	9,49	0,00	9,13	0,00	814,30	624,54	**189,77**
388	0+387,00	1,00	9,86	0,00	9,67	0,00	823,97	624,54	**199,44**
389	0+388,00	1,00	9,95	0,00	9,91	0,00	833,88	624,54	**209,35**
390	0+389,00	1,00	9,82	0,00	9,89	0,00	843,77	624,54	**219,24**
391	0+390,00	1,00	9,39	0,00	9,61	0,00	853,38	624,54	**228,85**
392	0+391,00	1,00	8,72	0,00	9,06	0,00	862,43	624,54	**237,90**
393	0+392,00	1,00	7,91	0,00	8,32	0,00	870,75	624,54	**246,21**
394	0+393,00	1,00	7,02	0,00	7,46	0,00	878,21	624,54	**253,67**
395	0+394,00	1,00	6,06	0,00	6,54	0,00	884,74	624,54	**260,21**
396	0+395,00	1,00	5,34	0,05	5,70	0,03	890,44	624,56	**265,89**
397	0+396,00	1,00	4,46	0,13	4,90	0,09	895,34	624,65	**270,69**
398	0+397,00	1,00	3,96	0,23	4,21	0,18	899,55	624,83	**274,72**
399	0+398,00	1,00	4,04	0,33	4,00	0,28	903,55	625,11	**278,44**
400	0+399,00	1,00	4,40	0,38	4,22	0,35	907,76	625,46	**282,30**
401	0+400,00	1,00	4,90	0,38	4,65	0,38	912,41	625,84	**286,57**
402	0+401,00	1,00	5,56	0,23	5,23	0,30	917,64	626,14	**291,50**
403	0+402,00	1,00	5,80	0,14	5,68	0,18	923,32	626,33	**297,00**
404	0+403,00	1,00	5,80	0,10	5,80	0,12	929,12	626,44	**302,68**
405	0+404,00	1,00	5,86	0,05	5,83	0,07	934,96	626,52	**308,44**
406	0+405,00	1,00	5,86	0,02	5,86	0,04	940,82	626,55	**314,27**
407	0+406,00	1,00	5,82	0,00	5,84	0,01	946,66	626,56	**320,10**
408	0+407,00	1,00	5,98	0,00	5,90	0,00	952,56	626,56	**326,00**
409	0+408,00	1,00	5,86	0,00	5,92	0,00	958,48	626,56	**331,92**
410	0+409,00	1,00	5,73	0,00	5,80	0,00	964,28	626,56	**337,72**
411	0+410,00	1,00	5,21	0,00	5,47	0,00	969,75	626,56	**343,19**
412	0+411,00	1,00	4,66	0,00	4,93	0,00	974,68	626,56	**348,12**
413	0+412,00	1,00	4,08	0,01	4,37	0,00	979,05	626,57	**352,49**
414	0+413,00	1,00	3,62	0,04	3,85	0,02	982,90	626,59	**356,31**
415	0+414,00	1,00	3,18	0,08	3,40	0,06	986,30	626,65	**359,65**
416	0+415,00	1,00	2,91	0,13	3,04	0,10	989,34	626,75	**362,59**
417	0+416,00	1,00	2,75	0,20	2,83	0,16	992,17	626,91	**365,26**
418	0+417,00	1,00	2,74	0,23	2,75	0,21	994,91	627,12	**367,79**
419	0+418,00	1,00	3,01	0,12	2,88	0,17	997,79	627,29	**370,50**
420	0+418,64	0,64	1,53	0,07	1,45	0,06	999,23	627,35	**371,88**

YÖNTEM 3Br1m420K

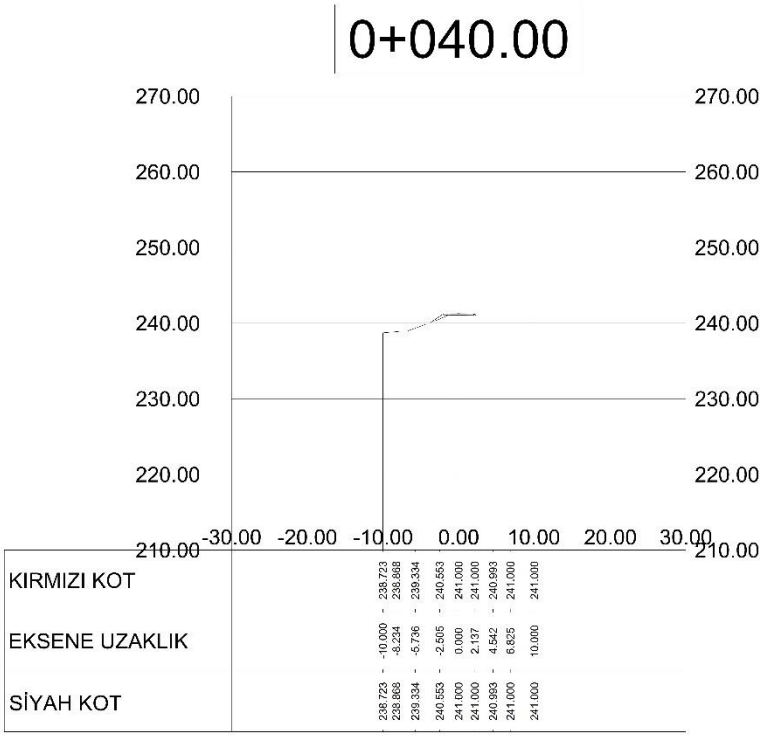
Kazık No	Kilometre	Ara Mesafe m	Kazı Alanı m²	Dolgu Alanı m²	Kazı Hacmi m³	Dolgu Hacmi m³	Kümülatif Kazı Hacmi m³	Kümülatif Dolgu Hacmi m³	Net Hacim m³
	Toplam	418,64	1006,95	633,71	999,23	627,35			
	Ortalama	1,00	2,40	1,51	2,38	1,49			
	En Fazla	1,00	13,83	10,98	13,82	10,47			
	En Az	0,64	0,22	0,01	0,09	0,01			

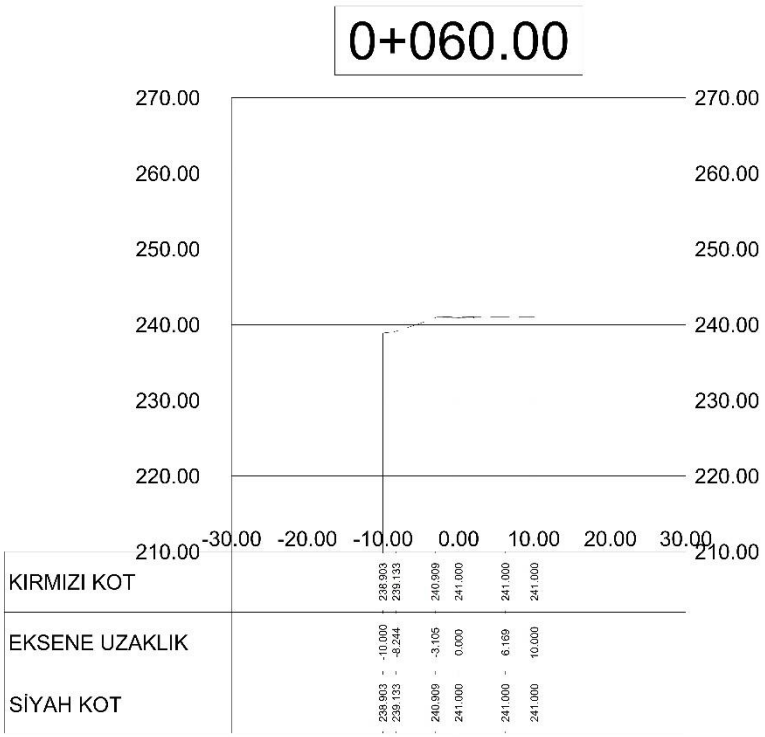
Ek 47: 0+00 ve 0+20 istasyonlarına ait enkesitler.



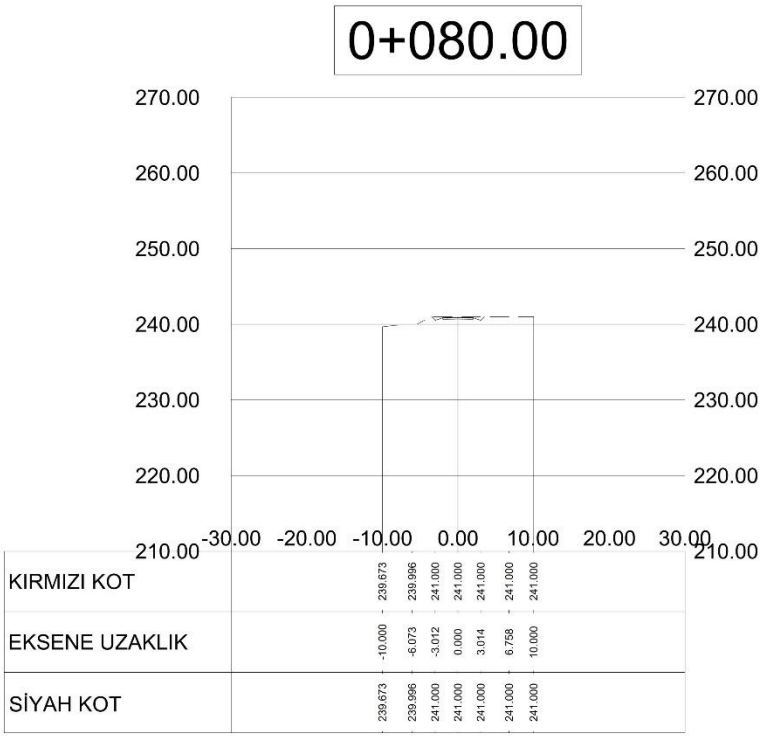


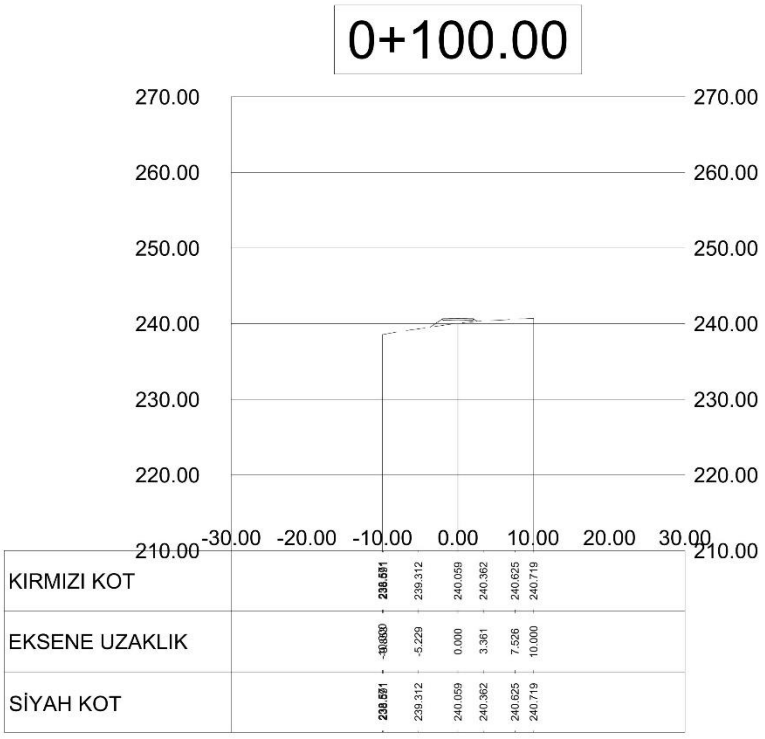
Ek 48: 0+40 ve 0+60 istasyonlarına ait enkesitler.



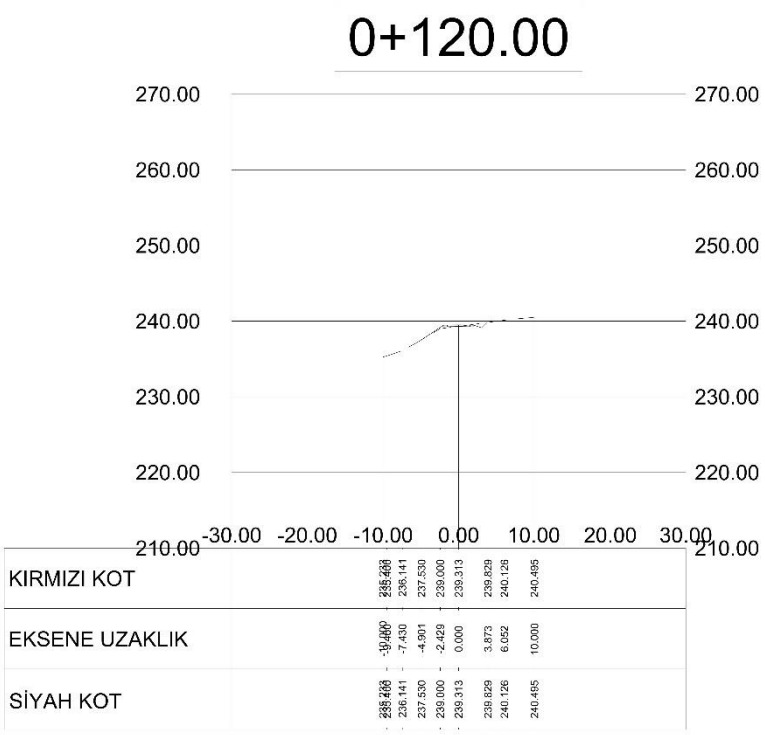


Ek 49: 0+80 ve 0+100 istasyonlarına ait enkesitler.

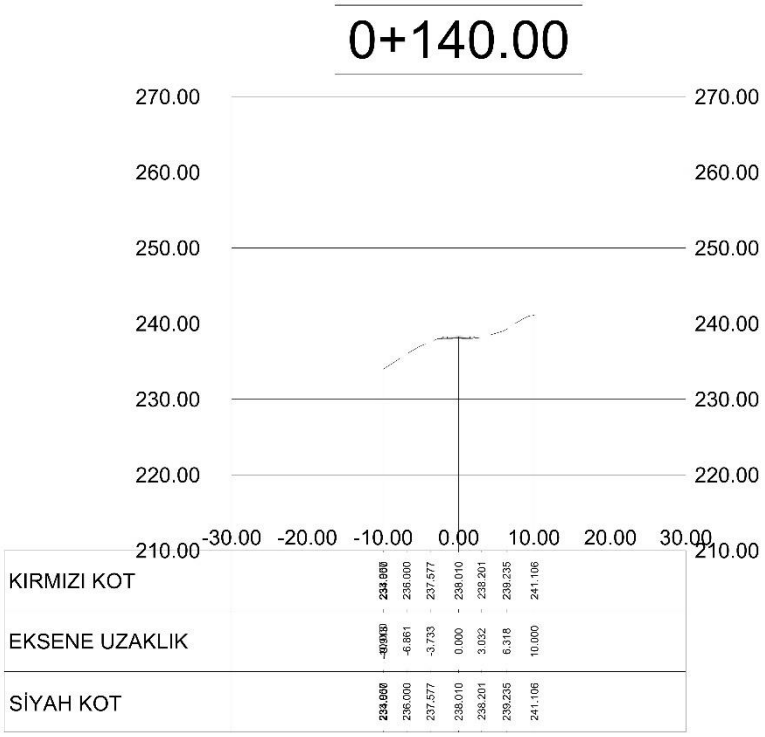




Ek 50: 0+120 ve 0+140 istasyonlarına ait enkesitler.

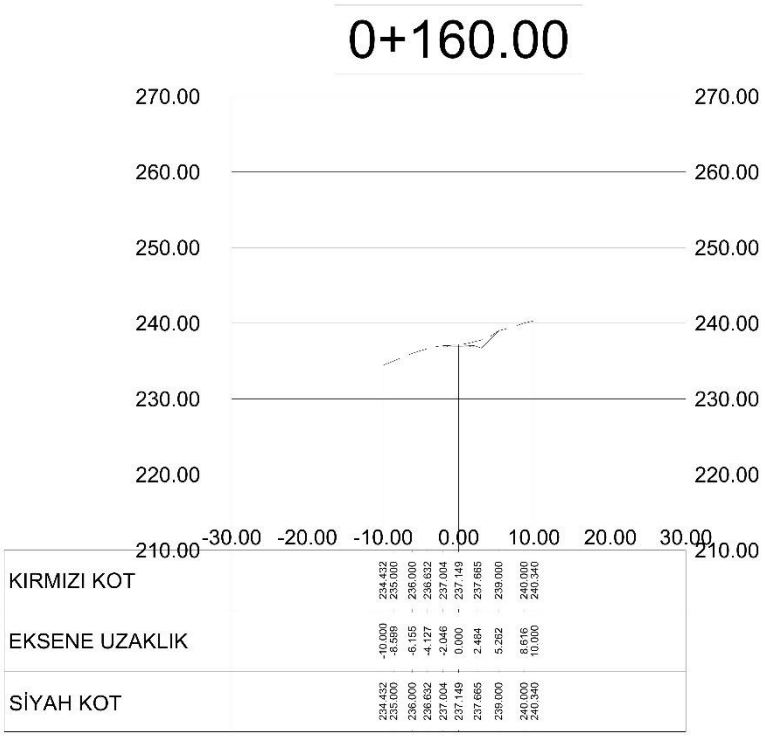


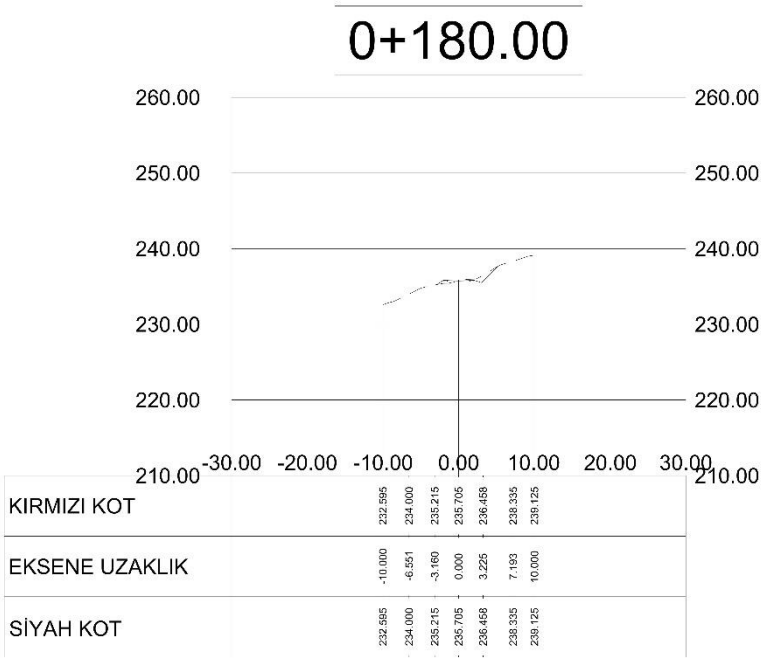
KIRMIZI KOT	235.233	235.466	236.141	237.530	239.000	239.313	239.829	240.126	240.495													
EKSENE UZAKLIK	-10.000	-9.480	-7.430	-4.901	-2.429	0.000	3.873	6.052	10.000													
SİYAH KOT	235.233	235.466	236.141	237.530	239.000	239.313	239.829	240.126	240.495													



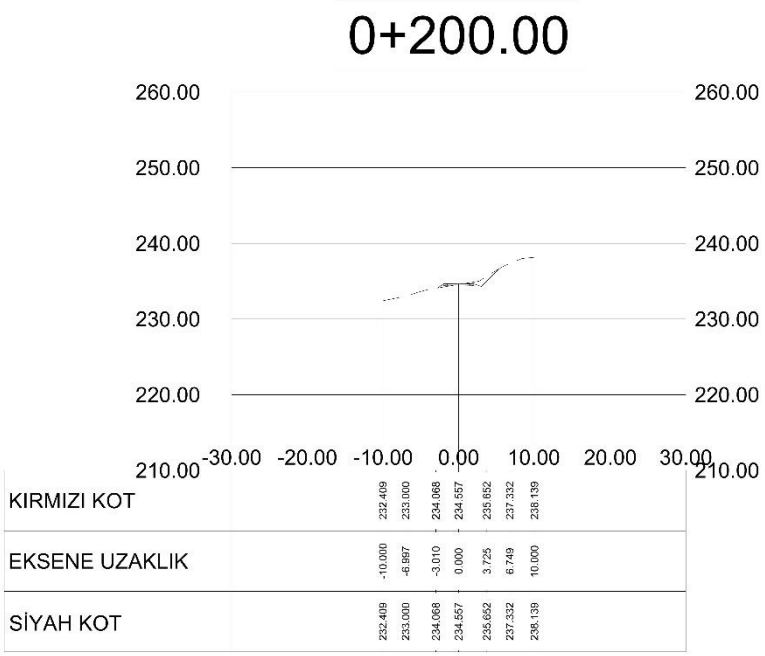
KIRMIZI KOT	233.968	234.000	236.000	237.577	238.010	238.201	239.235	241.106														
EKSENE UZAKLIK	-10.000	-9.968	-6.861	-3.733	0.000	3.032	6.318	10.000														
SİYAH KOT	233.968	234.000	236.000	237.577	238.010	238.201	239.235	241.106														

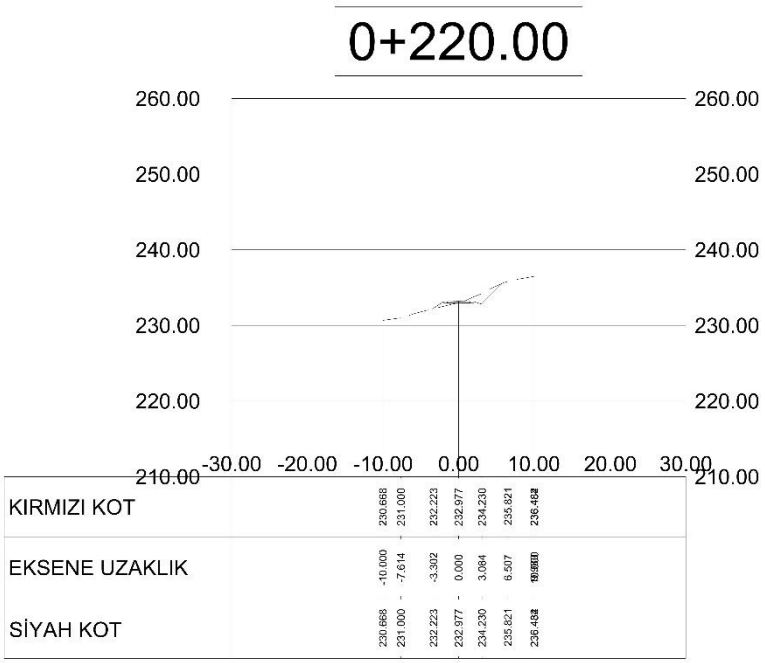
Ek 51: 0+160 ve 0+180 istasyonlarına ait enkesitler.



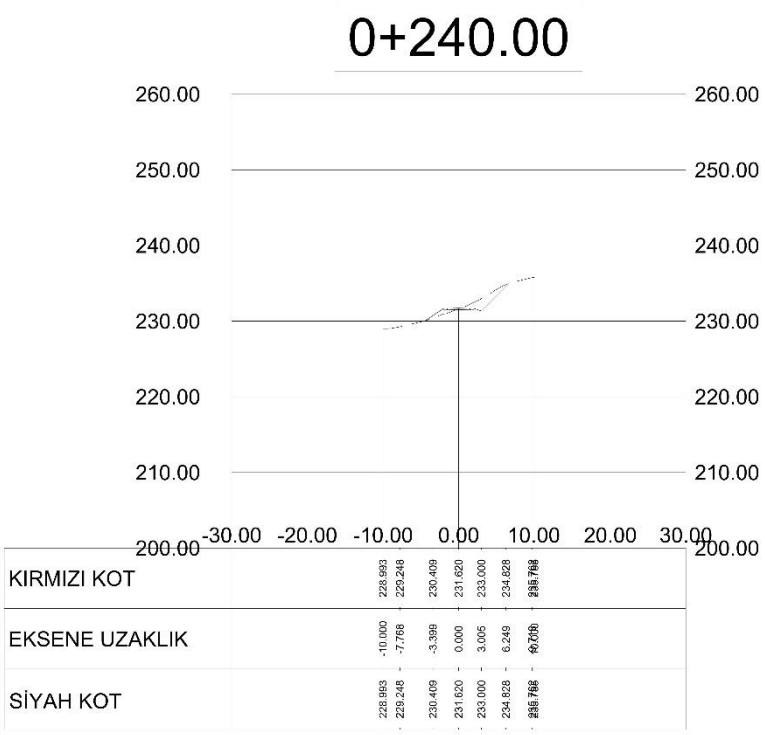


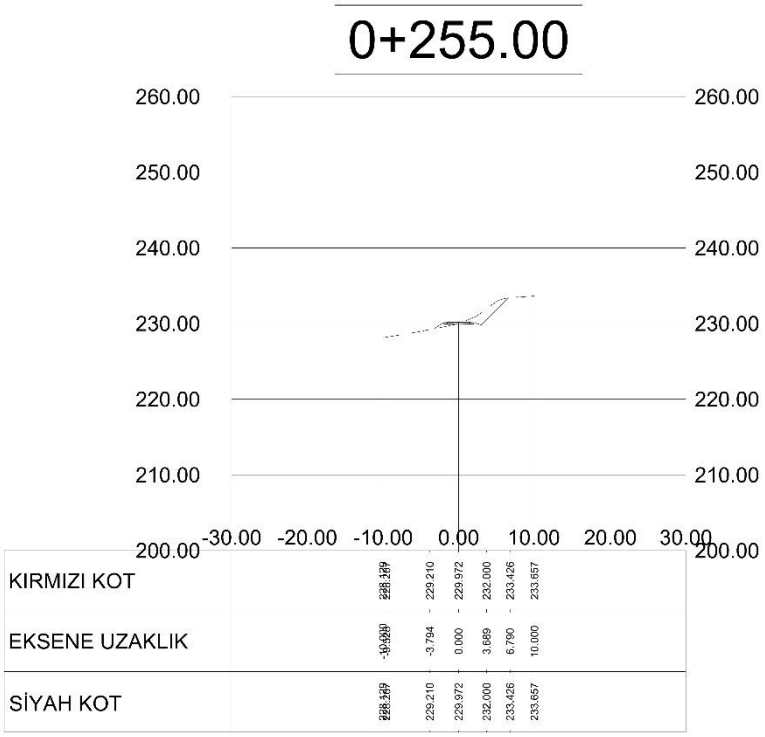
Ek 52: 0+200 ve 0+220 istasyonlarına ait enkesitler.



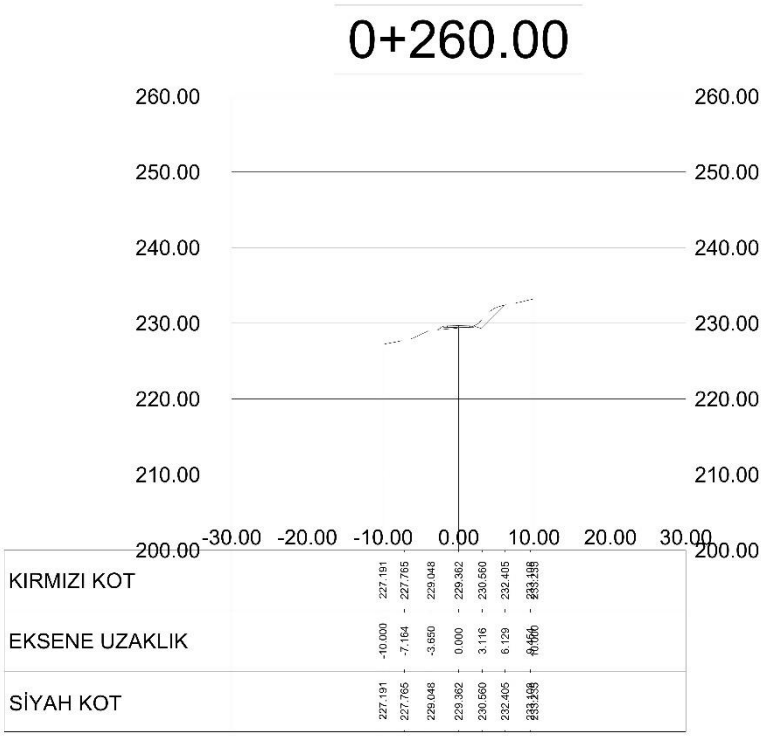


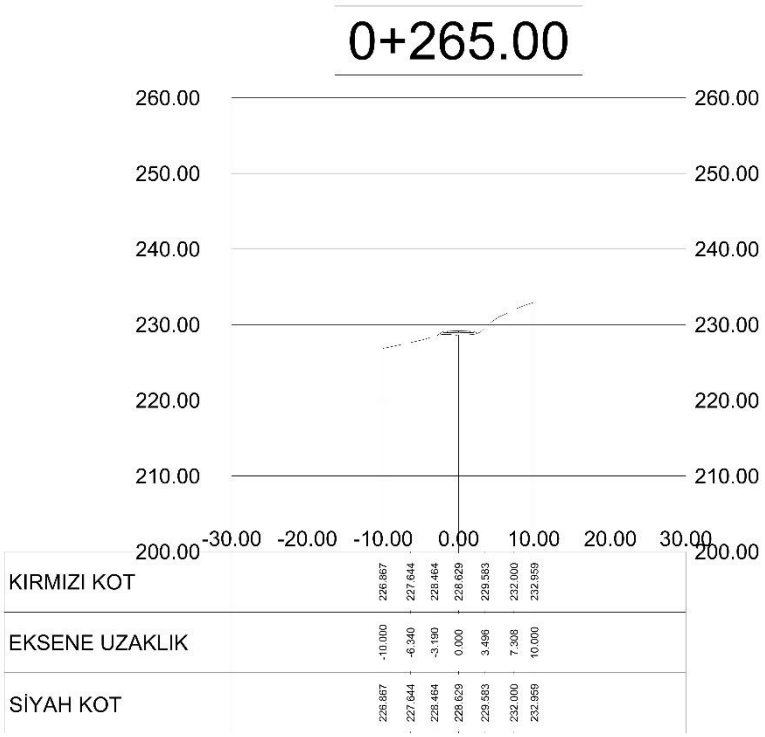
Ek 53: 0+240 ve 0+255 istasyonlarına ait enkesitler.



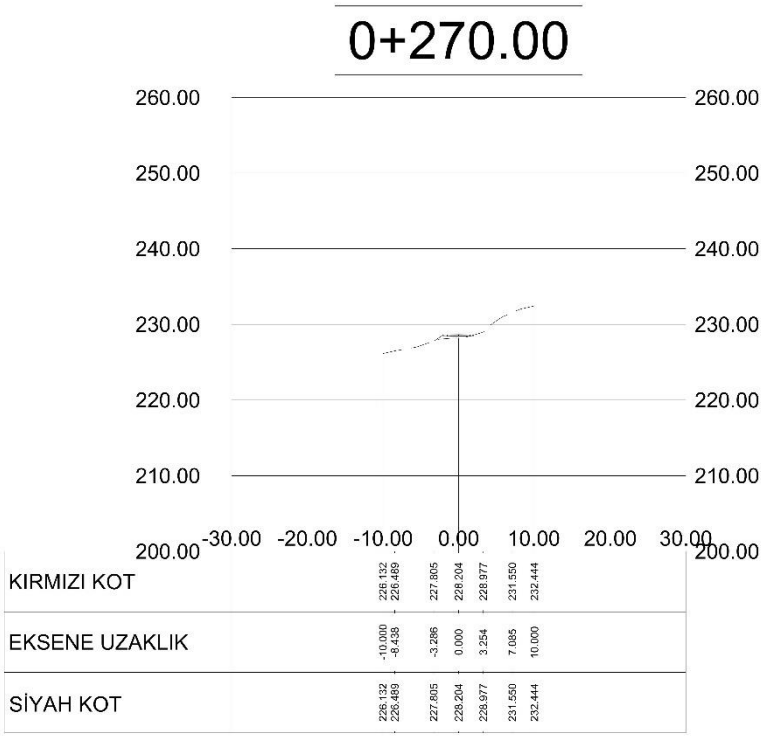


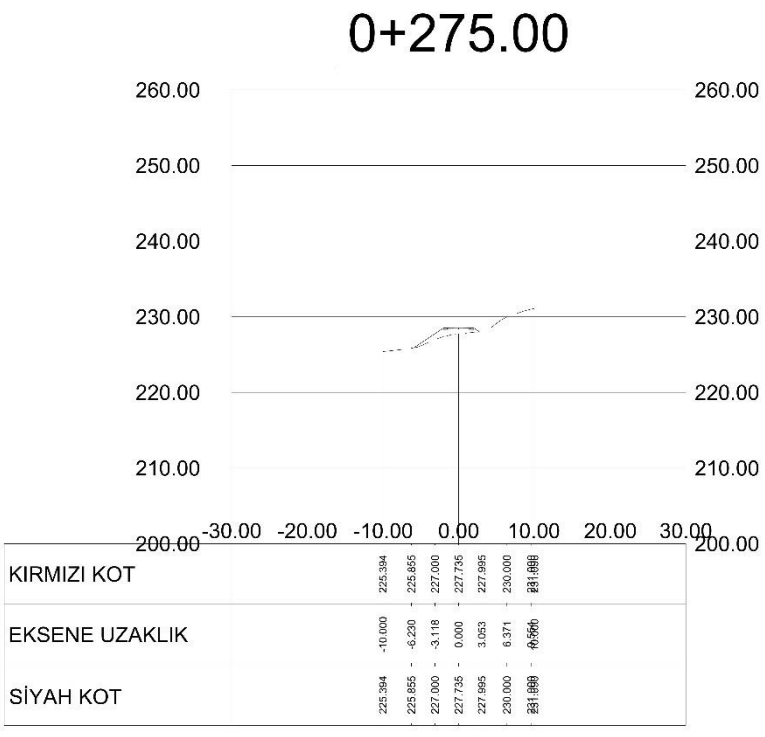
Ek 54: 0+260 ve 0+265 istasyonlarına ait enkesitler.



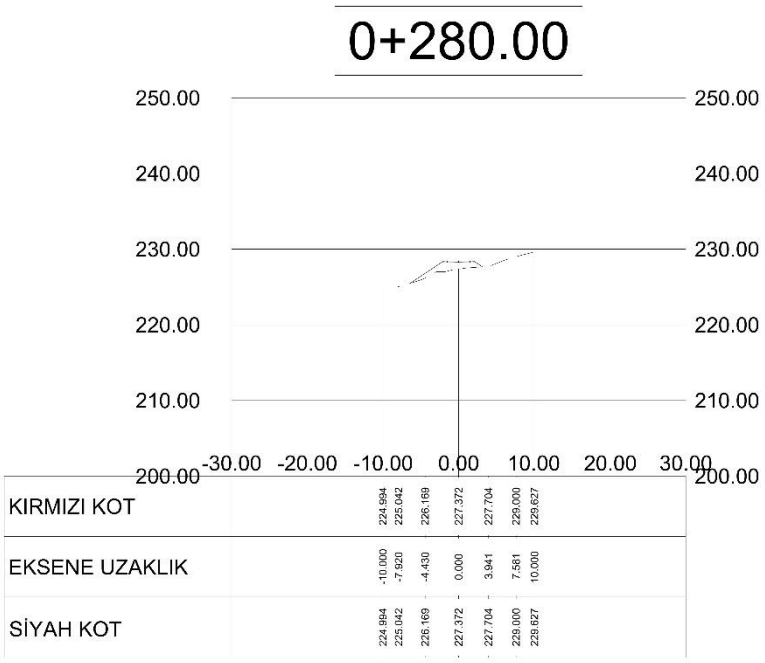


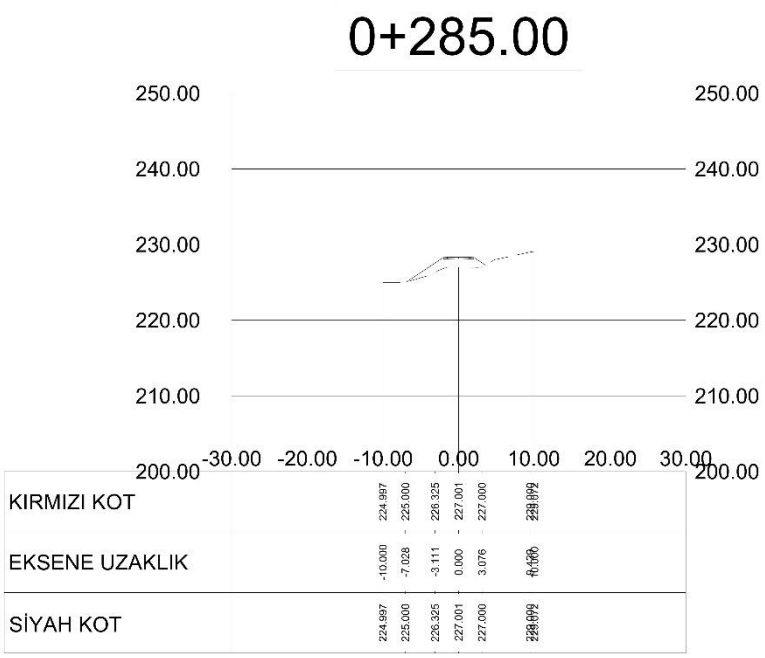
Ek 55: 0+270 ve 0+275 istasyonlarına ait enkesitler.



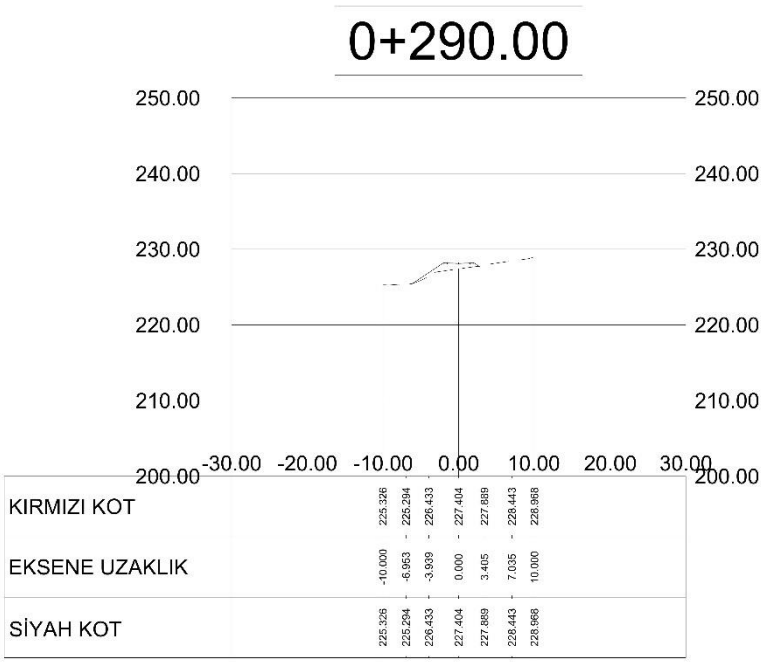


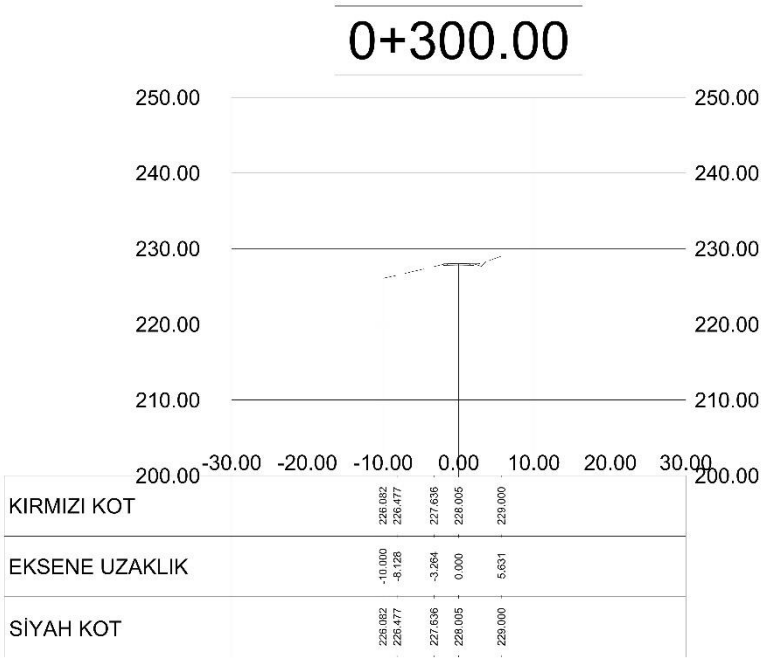
Ek 56: 0+280 ve 0+285 istasyonlarına ait enkesitler.



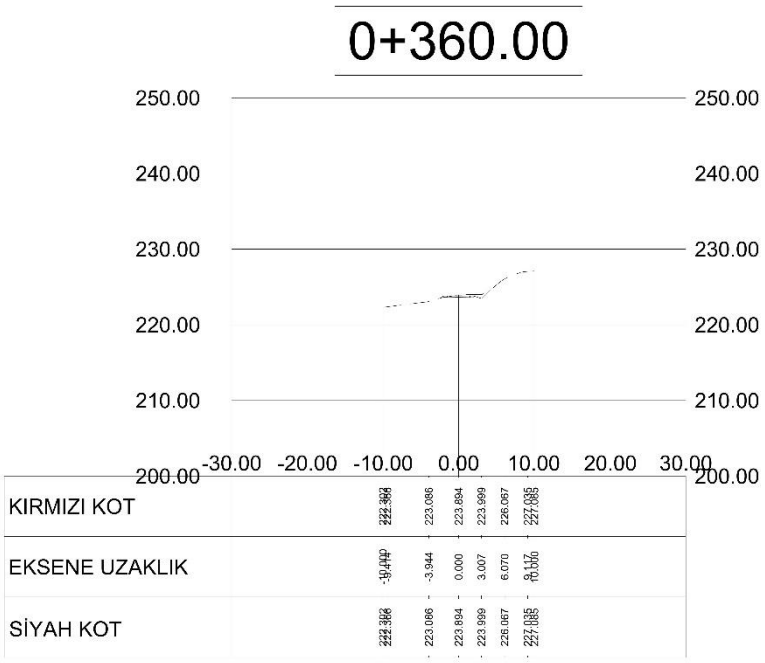


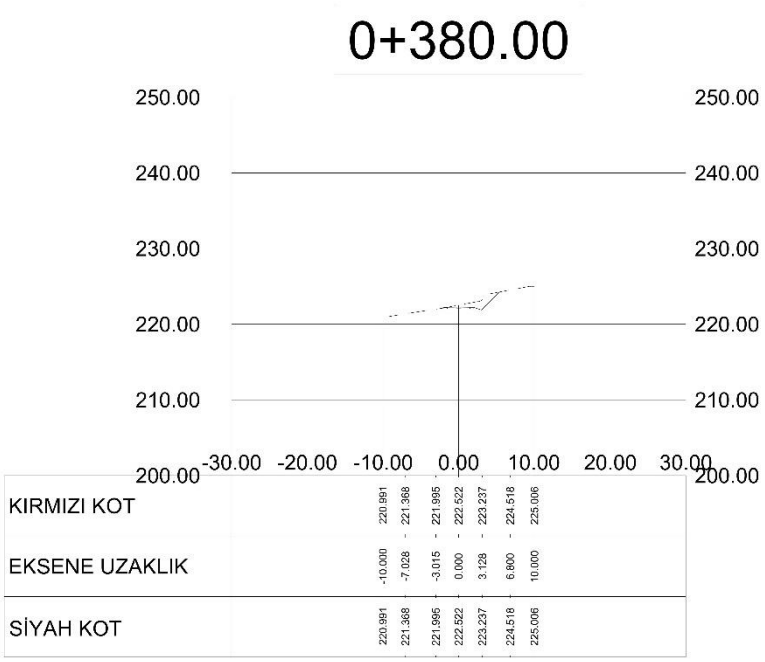
Ek 57: 0+290 ve 0+300 istasyonlarına ait enkesitler.



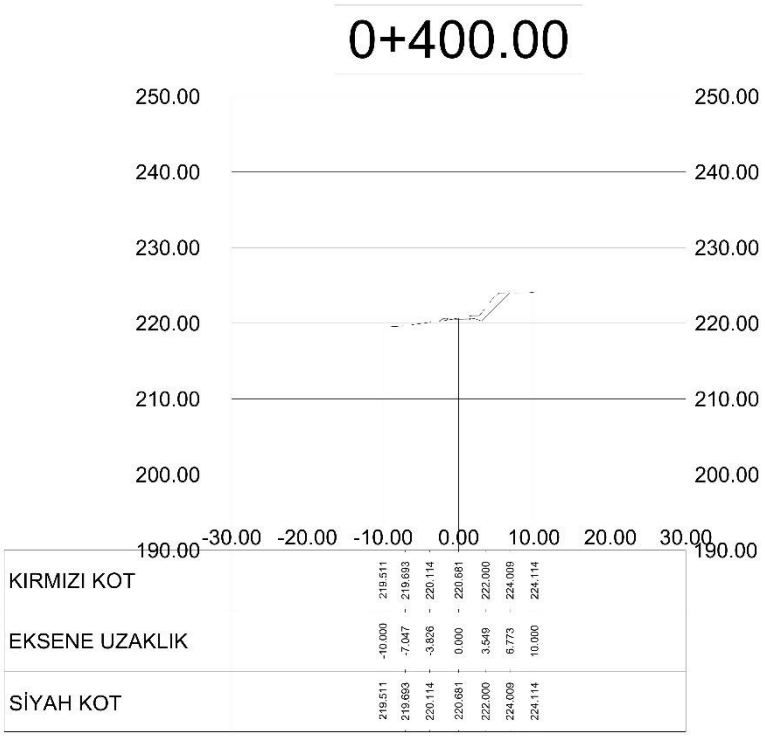


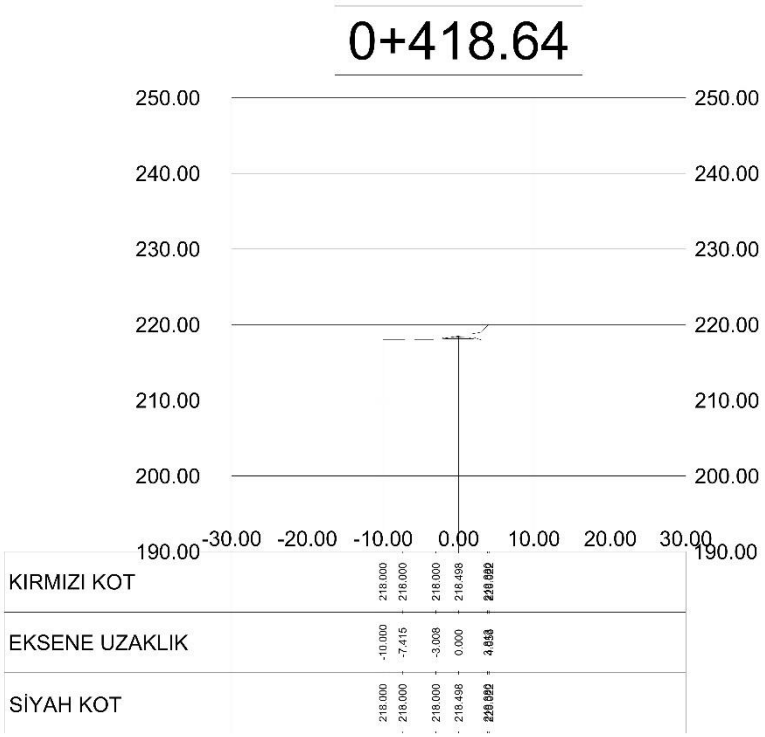
Ek 58: 0+360 ve 0+380 istasyonlarına ait enkesitler.



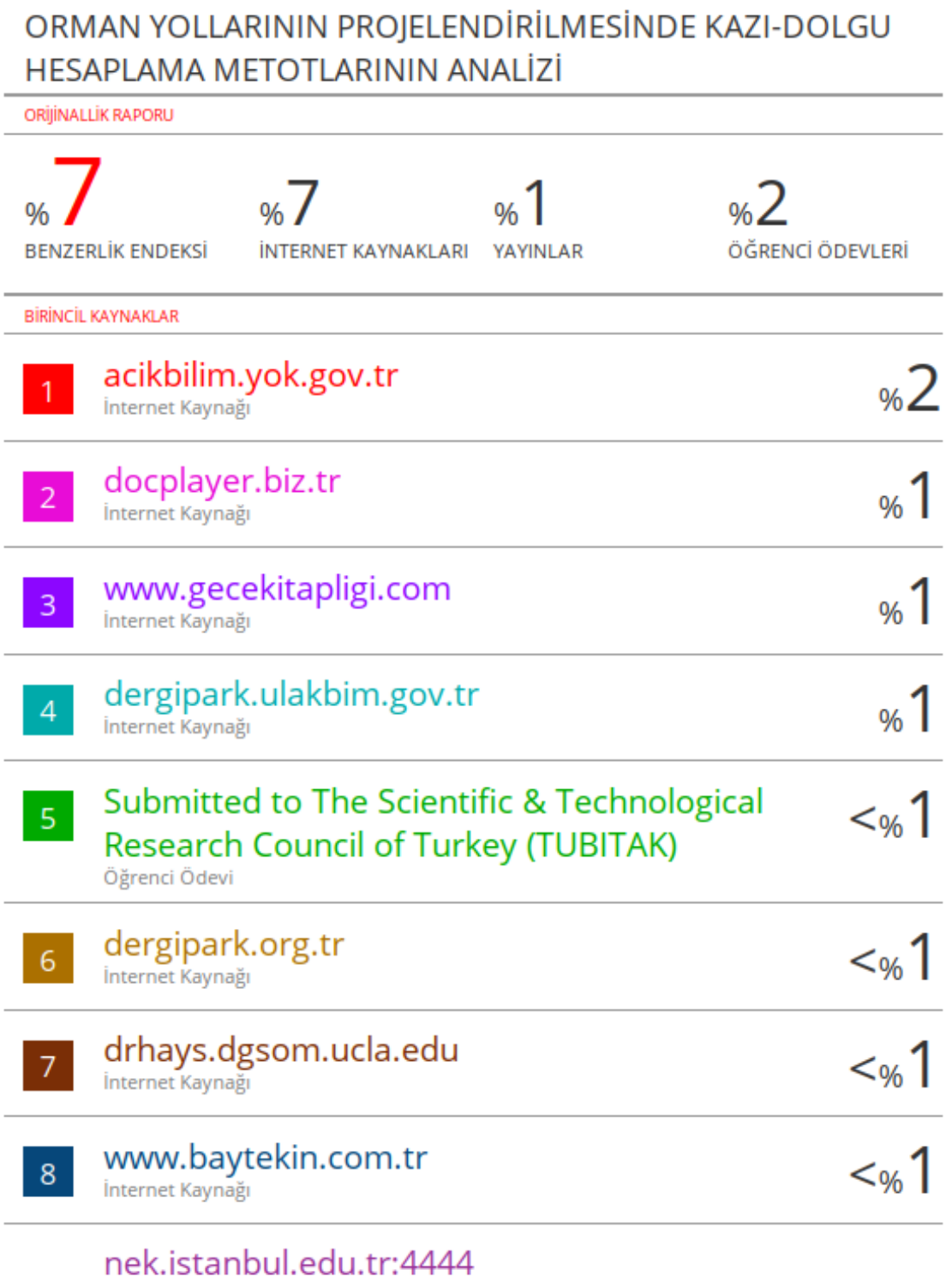


Ek 59: 0+400 ve 0+418,64 istasyonlarına ait enkesitler.





İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI



ORMAN YOLLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE KAZI-DOLGU HESAPLAMA METOTLARININ ANALİZİ

ORİJİNALLİK RAPORU

%7	%7	%1	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%2
2	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
3	www.gecekitapligi.com İnternet Kaynağı	%1
4	dergipark.ulakbim.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
5	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<%1
6	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
7	drhays.dgsom.ucla.edu İnternet Kaynağı	<%1
8	www.baytekin.com.tr İnternet Kaynağı	<%1

nek.istanbul.edu.tr:4444

ETİK KURUL İZİN YAZISI

Uyarı: Canlı denekler üzerinde yapılan tüm araştırmalar için Etik Kurul Belgesi alınması zorunludur.

☐ **Etik Kurul izni gerekmektedir.**

☒ **Etik Kurul izni gerekmemektedir.**

Hakan TOPATAN
(İmza)

KURUM İZNİ YAZILARI

Uyarı: Canlı ve cansız deneklerle yapılan tüm çalışmalar için kurum izin belgelerinin eklenmesi zorunludur. Gizlilik ve mahremiyet içeren durumlarda kurum adı kapatılmalıdır.

☐ **Kurum izni gerekmektedir.**

☒ **Kurum izni gerekmemektedir.**

Hakan TOPATAN
(İmza)