



Orman Yollarında Kazı-Dolgu Miktarlarının Hesaplanmasında Topoğrafik Harita Tabanlı Geleneksel Yöntem ile Bilgisayar Destekli Yöntemin Karşılaştırılması

Necmettin ŞENTÜRK^{1*}, Mustafa AKGÜL¹, Tolga ÖZTÜRK¹, Anıl Orhan AKAY¹

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 34473, İSTANBUL

Öz

Bu çalışmada, topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntem ve bilgisayar destekli yöntemle yürütülen yol projelendirme çalışmalarının, geometrik unsurları tanımlanan bir orman yolunda kazı-dolgu miktarlarını hesaplamadaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla çalışma alanı olarak İstanbul ili Sultanbeyli sınırları içerisindeki 789 m uzunluğunda geleneksel yöntemle planlanan normal B tipi orman yolu incelenmiştir. Bilgisayar destekli yöntem uygulamasında, farklı projelendirme kriterleri dikkate alınarak ortaya çıkacak kazı-dolgu oranlarının belirlenmesi aşamasında Autocad Civil 3D yazılımı kullanılmıştır. Kazı ve dolgu oranlarının farklılaşması güzergâhtaki yatay kurpların büyüklüklerine ve enkesit sıklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle öncelikle geleneksel yöntemle oluşturulan yol güzergâhındaki some noktaları sabit kalacak şekilde, AutoCAD Civil 3D ortamında yatay kurp parametreleri (proje tasarım hızı ve orman yollarında kullanılan minimum ve maksimum yatay kurp yarıçapları) tanımlanarak otomatik olarak kurp genişlikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise hem geleneksel hem de bilgisayar destekli yöntem kullanılarak üç farklı şekilde kazı dolgu hesaplaması yapılmıştır: 1) 65 adet enkesit noktası için, 2) 5 m'de bir alınan enkesit noktaları için ve 3) 10 m'de bir alınan enkesit noktaları için. Yatay kurp parametrelerinin ve enkesitlerin geleneksel yöntemle belirlenmesi sonucu elde edilen net hacim ile enkesit aralığının 10 m olması durumunda elde edilen net hacim farkı 140 m³ iken, 5 m aralık için 150 m³ olarak hesaplanmıştır. Yatay kurp parametrelerinin bilgisayar destekli karar verilmesi durumunda ise, geleneksel yöntemle çizilmesi sonucunda elde edilen net hacim ile, 10 m aralıklı enkesitlerde net hacim farkı 80 m³ ve 5 m aralıklı enkesitlerde 40 m³ olacak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları, kazı-dolgu hacimlerinin hesaplanması için yatay yol geometrik parametrelerinin belirlenmesinde bilgisayar tabanlı karar destek sistemlerinin kullanılması durumunda, gerçeğe daha yakın sonuçların elde edildiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Orman yolları, kazı-dolgu hacmi, sayısal arazi modeli, geometrik parametreler.

Comparison of Topographical Map Based Traditional Method and Computer-Assisted Method in Calculation of Cut-Fill Volumes in Forest Roads

Abstract

In this study, the effectiveness of topographical map based traditional method and computer-assisted method was compared in calculation of cut and fill volumes in a sample forest road with known geometric elements. For this purpose, 789 m of normal B type forest road, which was planned by using traditional method in the boundaries of Sultanbeyli in Istanbul, was investigated. Autocad Civil 3D software was used to determine the cut-fill ratios by considering different projecting criteria in application of computer-assisted method. The differentiation of the cut-fill ratios may vary depending on the size of the horizontal curves and the cross-section density along the roadway. Thus, firstly, the sizes of horizontal curves were defined in AutoCAD Civil 3D environment by defining some of the horizontal curve parameters (i.e. project design speed and minimum and maximum radius of horizontal curves used in forest roads) while keeping the original intersection points of the roads designed by traditional method. In the second stage, by taking into account of both traditional and computer-assisted methods, cut-fill calculations were made in three different ways: 1) for 65 cross-sections, 2) for cross-sections 5 m intervals, and 3) for cross-sections with 10 m intervals. Determination of horizontal curve parameters and cross sections by traditional method, the net cut volume was calculated as 140 m³ in the case of cross section of 10 m intervals, while it was calculated as 150 m³ for 5 m intervals. In the case of computerized decision making of horizontal curves and cross sectioning by traditional method, 80 m³ and at 40 m³ of net cut volume was calculated in cross sections of 10 m intervals and in cross sections at 5 intervals, respectively. The results of the study showed that more realistic results can be achieved when using computer based decision-support systems in the determination of the horizontal road geometric parameters for calculating the cut-fill volumes.

Keywords: Forest road, cut-fill volumes, digital terrain model, geometrical parameters.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Necmettin ŞENTÜRK (Dr.); İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi,
Orman Mühendisliği Bölümü, 34473, İstanbul-Türkiye. Tel: +90 (212) 338 2400, Fax:
+90 (212) 338 2420, E-mail: nsenturk@istanbul.edu.tr, ORCID:
0000-0002-6043-7488

Geliş (Received) : 05.10.2018
Kabul (Accepted) : 22.10.2018
Basım (Published) : 15.12.2018

1. Giriş

Orman yolları; üretilen odun hammaddesinin taşınması, orman yangınları ile mücadele gibi görevleri yerine getiren, bunun yanı sıra planlanmaları teknik, çevresel, sosyal ve ekonomik koşulları dikkate almayı gerektiren mühendislik yapılarıdır. Ayrıca orman yol ağlarının tasarımı ve inşası, üretim operasyon planının en pahalı ve zaman tüketen kısmını kapsamaktadır (Tan 2000; Ghajar ve ark. 2013).

İyi planlanmış bir orman yol ağı, inşaat ve odun hammaddesi taşınması maliyetlerini minimize etmenin yanında, zararlı çevresel etkileri de azaltacak nitelikte olmalıdır (Jaafari ve ark. 2015). Geleneksel olarak topografik harita tabanlı orman yol ağı planlamalarında alternatif orman yolu güzergâhları yeterli bir şekilde saptanamamaktadır (Chung ve Sessions 2001). Öte yandan geleneksel yöntemde yol geometrik unsurları (yatay kurp yarıçapları, boykesit, enkesit sayıları vb.) da hassas bir şekilde belirlenememektedir. Buna bağlı olarak hesaplanan kazı-dolgu miktarları değişkenlik gösterebilmektedir.

Soycan ve Soycan (2005) tarafından yapılan çalışmada, yatay ve düşey kurpların toprak işi maliyetinde etkili olduğu belirtilmiştir. Dağlık alanlarda kazı-dolgu operasyonları, orman yolu inşaat maliyetinin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (Stuckelberger ve ark. 2006; Gümüş ve ark. 2008; Contreras ve ark. 2012). Bu bağlamda kazı-dolgu hacimlerinin gerçeğe en yakın bir şekilde hesaplanması, yol inşaat maliyetlerinin doğru olarak ortaya konulması açısından dikkate alınması gereken önemli bir durumdur. Öte yandan, Akay ve ark., (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, orman yolu tasarım ve inşaat çalışmalarında karşılaşılabilecek risk faktörlerinden birisinin de hatalı maliyet hesaplaması olduğu belirtilmiştir.

İlgili literatürde farklı yaklaşımlar kullanılarak ortaya konulan çalışmalar bulunmaktadır. Easa (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, doğrusal profillerde (boyuna kesitlerde) uç alanlar metodunun kazı-dolgu hacmini fazla olarak tahmin ettiği diğer geleneksel yöntem olan prizmatik metodun ise doğrusal profiller için daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Demir (2002) tarafından yapılan çalışmada ise, InROADS yazılımı ile kazı-dolgu hacimleri hesaplanmıştır. Aruga ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, havasal LIDAR sistemi yardımı ile orman yolu tasarımında kazı-dolgu miktarlarının belirlenebileceği belirtilmiştir. Peyrov ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, kazı ve dolgu alanlarının belirlenmesinde yapay sinir ağları ve ArcGIS programından yararlanılmıştır. Öte yandan Akgül ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Advanced Road Design, Allplan, Anadelta Tessera, AutoCAD Civil 3D, AutoRoads gibi yazılımların, teknolojinin gelişmesine bağlı olarak yol tasarım çalışmalarında kullanıldığı vurgulanmıştır. Raji ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, AutoCAD Civil 3D programının manuel yöntemle yapılan karayolu geometrik tasarımına göre, daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Öztürk (2009) tarafından yapılan çalışmada, orman yollarının planlanması çalışmalarında, NetCAD Netpro modülünün de etkin bir şekilde kullanıldığını ve orman yol ağları planlama çalışmalarının gerçekleştirildiğini ortaya koymuştur. Şentürk ve ark. (2007) ise, orman yolları için çok önemli olan drenaj yapılarının planlama ve projelendirme çalışmalarında da, Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarından ArcGIS programının etkin bir şekilde bir şekilde kullanılabileceğini vurgulamıştır.

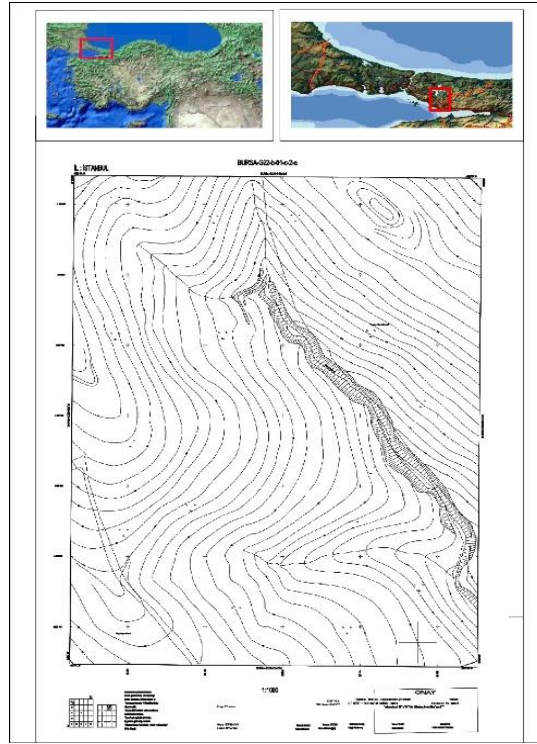
Bu çalışmanın amacı, geleneksel ve bilgisayar destekli yol projelendirme çalışmalarında, geometrik unsurları tanımlanan bir orman yolunda hesaplanan kazı-dolgu miktarlarını karşılaştırmaktır. Çalışma kapsamında yol planlama ve projelendirme sonucu kazı-dolgu miktarlarının hesaplanmasında AutoCAD Civil 3D yazılımı kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

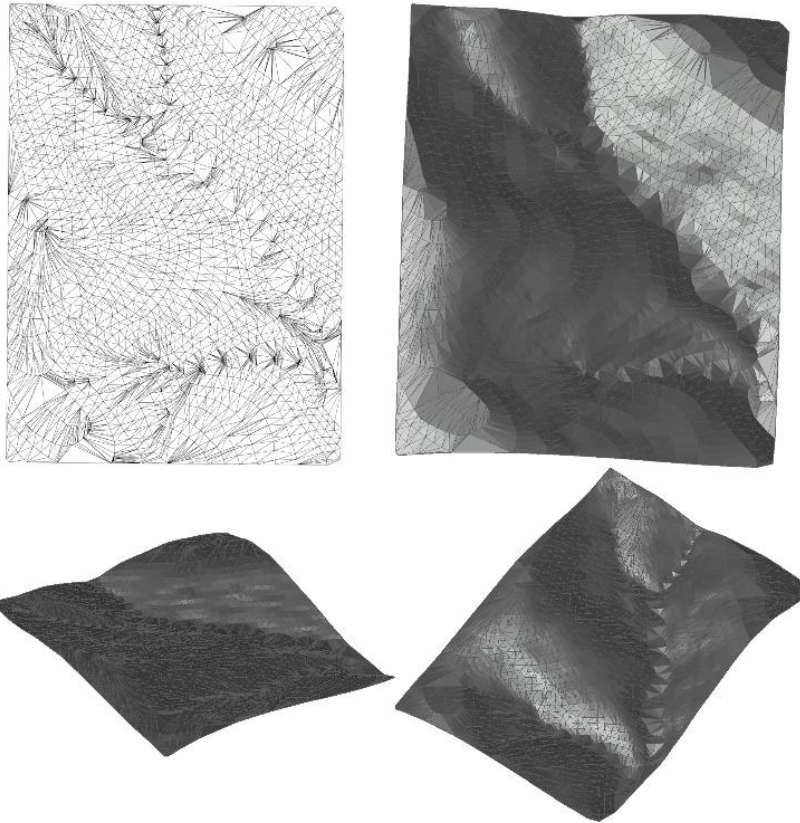
Materyal

Çalışma alanı olarak, Şentürk (1992) tarafından doktora tezi kapsamında çalışılmış olan İstanbul ili, Sultanbeyli ilçesi sınırları içerisinde, Ömerli barajının güneyinde kalan ormanlık alan seçilmiştir. Çalışma kapsamında, yol planlama ve projelendirilmesi aşamasında söz konusu alana ait 1990 yılına 1/1000 ölçekli eşyüksekti eğrili sayısal haritadan yararlanılmıştır (Şekil 1).

1990 yılı 1/1000 ölçekli eş yüksekli eğrili haritadan sayısal arazi modeli (SAM) üretilmiştir (Şekil 2). SAM üretiminde kullanılan teknikler arazi topoğrafyasını bilgisayar ortamında modellemektedir. Bu nedenle seçilen tekniğe bağlı olarak elde edilecek SAM'ların farklılık göstermesi olasıdır. Bu aşamada eşyüksekti eğrilerinden SAM üretimi için kullanılacak teknik büyük önem taşımaktadır (Şentürk ve ark., 1990). Uygun tekniğin seçimi ve kullanılması aşamasında ise karar verici elindeki değişkenleri (topoğrafya, veri seti özellikleri, bilgisayarın işlem gücü vb.) gözetererek en uygun seçimi gerçekleştirmek durumundadır. Bu çalışmada SAM üretimi aşamasında üçgenleme (Triangulated Irregular Network-TIN) tekniği kullanılmıştır. SAM bilgilerine göre en düşük arazi kotu 165 m, en yüksek arazi kotu 295 m ve ortalama yükseltisi ise 232.403 m'dir. Arazinin ortalama eğimi ise % 28.19'dur.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve 1/1000 ölçekli haritası.

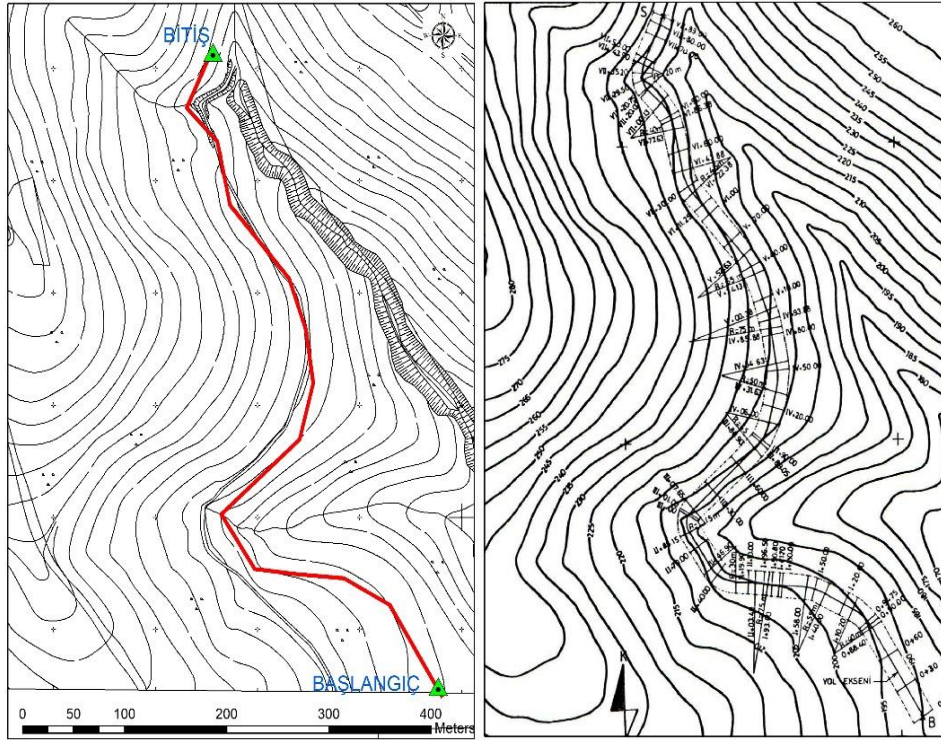


Şekil 2. Farklı bakış açılarından, çalışma alanının 3 boyutlu sayısal arazi modeli.

Metot

Bu çalışmada, Şentürk (1992) tarafından doktora tezi kapsamında geleneksel yöntemle planlanan ve projelendirilmesi yapılan yol güzergâhı esas alınmıştır (Şekil 3a). Projelendirme aşamasında, Normal B tipi orman yolu geometrik standartlarına göre planlanan 789 m'lik orman yolu güzergâhı üzerinde en küçüğü 20 m, en büyüğü

ise 75 m olan 12 adet yatay kurp tesis edilmiştir (Şekil 3b). Yol boyunca eğimi % 5 olarak belirlenmiş, güzergâhın eşyükselti eğrilerini kestiği noktalarda, kurp baş, kurp orta ve kurp son noktalarında kazı-dolgu hacimlerinin belirlenmesi aşamasında kullanılmak üzere toplamda 65 adet noktada enkesit alınmıştır.



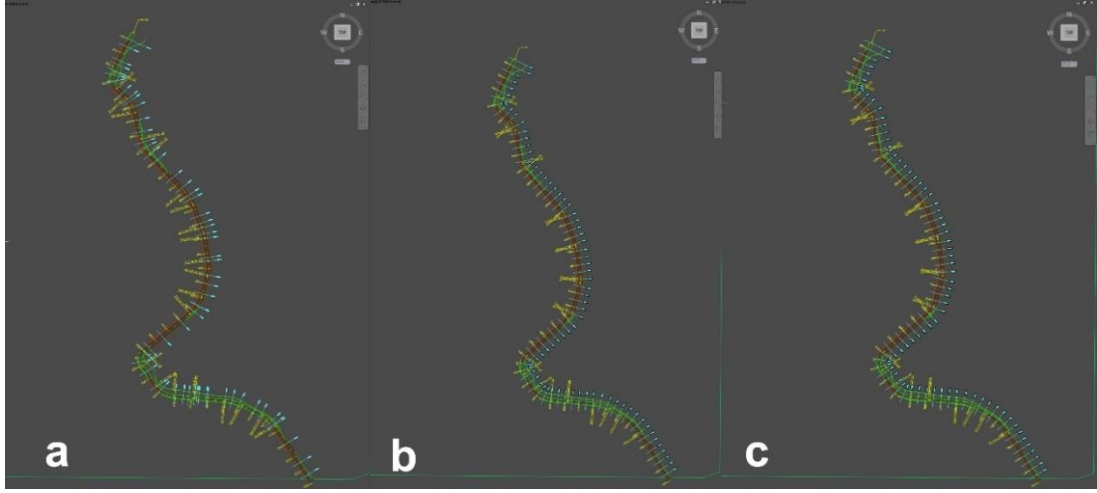
Şekil 3. Şentürk (1992) tarafından projelendirilen yol güzergâhı ve uygulanan yatay kurplar.

Bilgisayar ortamında farklı projelendirme kriterleri dikkate alınarak ortaya çıkacak kazı-dolgu oranlarının belirlenmesi aşamasında Autocad Civil 3D yazılımı kullanılmıştır. Bu amaçla geleneksel yöntemle belirlenen yol güzergâhı sayısallaştırılarak baz alınmıştır. Kazı ve dolgu oranlarının farklılaşması güzergâhtaki yatay kurpların büyüklüklerine ve enkesit sıklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu amaçla öncelikle Şentürk (1992) tarafından oluşturulan güzergâhtaki some noktaları sabit kalacak şekilde, Autocad Civil 3D ortamında yatay kurp parametreleri (proje tasarım hızı ve orman yollarında kullanılan minimum ve maksimum yatay kurp yarıçapları) tanımlanarak otomatik olarak kurp genişlikleri belirlenmiştir. Yol boyunca eğimi, geleneksel yöntemde belirlenen boyuna eğimi ile aynı şekilde, yani %5 olarak projelendirilmiştir.

İkinci aşamada ise, hem geleneksel yöntemle belirlenen hem de bilgisayar ortamında belirlenen yatay yol geometrisi dikkate alınarak, geleneksel yöntemde belirlenen;

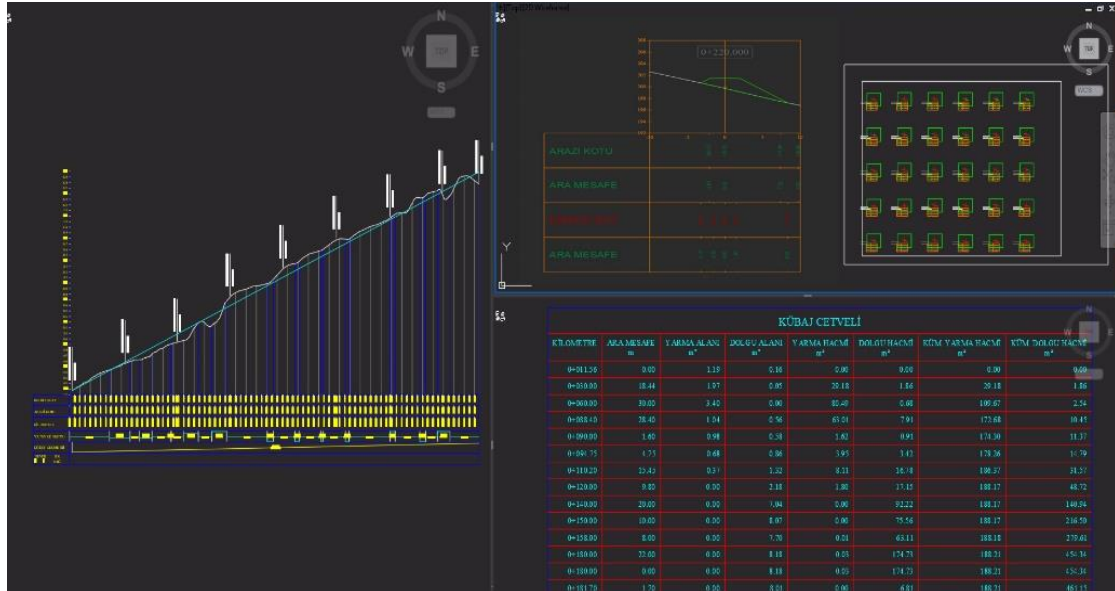
- 65 adet enkesit noktasında,
- 5 m'de bir alınan enkesit noktasında ve
- 10 m'de bir alınan enkesit noktasında

alınmak üzere üç farklı şekilde kazı-dolgu hesaplaması yapılmıştır. Bu kapsamda kazı-dolgu miktarlarının hesaplanması amacıyla, Şentürk (1992) tarafından yapılan geleneksel yöntemle planlama-projelendirme kapsamında güzergâhı boyunca; güzergâhın eş yükselti eğrilerini kestiği noktalar ve kurp noktaları (karp baş, kurp orta ve kurp son) olmak üzere toplamda 65 adet enkesit alımı yapılmıştır. Bilgisayar ortamında planlama-projelendirme kapsamında kazı-dolgu hesaplama hassasiyetinin farklılıklarını ortaya koymak için bilgisayar ortamında, güzergâh boyunca 10 m'de bir aralıklarla olmak üzere toplamda 79 adet enkesit noktası; 5 m'de bir aralıklarla olmak üzere ise toplamda 185 adet enkesit noktası uygulanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı enkesit sayılarının bilgisayar ortamında tanımlanması a) geleneksel yöntemle planlama b) bilgisayar ortamında 10 m aralıkla en kesit çizimi c) bilgisayar ortamında 5 m aralıkla enkesit çizimi.

Farklı enkesit aralıkları ve yatay kurp geometrilerine bağlı olarak ortaya çıkan kazı-dolgu hacimleri (kübaj) farkını ortaya koymak için her bir alternatif senaryo için, toplam kazı alanı, toplam dolgu alanı, toplam kazı hacmi, toplam dolgu hacmi ve net hacim miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Boykesit oluşturulması, enkesit çizimi ve kübaj hesaplaması örnek görüntüsü.

3. Bulgular ve Tartışma

Yatay Yol Geometrisine Ait Bulgular

Geleneksel yöntemle karşılaştırılan yol güzergâhındaki some noktalarına Şentürk (1992) tarafından yerleri belirlenen 12 adet yatay kurp tesis edilmiştir. Bilgisayar ortamında aynı some noktaları dikkate alınarak yatay kurp kriterlerine göre otomatik olarak tesis edilen en küçük kurp yarıçapı 19.597 m dir. Söz konusu kurpun uzunluğu 3.879 m ve kord uzunluğu 3.873 m dir. Geleneksel yöntemle tesis edilen en küçük kurp yarıçapı 15 m dir. Bu kurpun uzunluğu 21.729 m ve kord uzunluğu 19.878 m'dir. Bilgisayar ortamında tesis edilen en büyük yatay kurp yarıçapı 76.07 m olarak tespit edilmiş söz konusu kurpun uzunluğu 39.626 m ve kord uzunluğu 39.18 m dir. Geleneksel yöntemle tesis edilen en büyük kurp yarıçapı 75 m dir. Bu kurpun uzunluğu 14.847 m ve kord uzunluğu 14.823 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Geleneksel ve bilgisayar ortamında projelendirilen yol yatay geometrileri.

Geleneksel Projelendirilme						Bilgisayar Ortamında Projelendirilme							
No	Tip	Uzunluk (m)	Kurp Yarıçapı (m)	Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Kord Uzunluğu (m)	No	Tip	Uzunluk (m)	Kurp Yarıçapı (m)	Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Kord Uzunluğu (m)
1	Aliyman	86.557		0+000.00	0+086.56		1	Aliyman	76.944		0+000.00	0+076.94	
2	Kurp	20.837	40	0+086.56	0+107.39	20.602	2	Kurp	39.626	76.07	0+076.94	0+116.57	39.18
3	Aliyman	28.586		0+107.39	0+135.98		3	Aliyman	18.246		0+116.57	0+134.82	
4	Kurp	22.553	55	0+135.98	0+158.53	22.395	4	Kurp	23.987	58.496	0+134.82	0+158.80	23.819
5	Aliyman	36.175		0+158.53	0.194.71		5	Aliyman	35.704		0+158.80	1+194.51	
6	Kurp	2.325	75	0.194.71	0+197.03	2.325	6	Kurp	1.814	58.496	1+194.51	0+196.32	1.814
7	Aliyman	24.22		0+197.03	0+221.25		7	Aliyman	23.01		0+196.32	0+219.33	
8	Kurp	25.991	30	0+221.25	0+247.24	25.185	8	Kurp	28.737	33.17	0+219.33	0+248.07	27.846
9	Aliyman	31.539		0+247.24	0+278.78		9	Aliyman	26.006		0+248.07	0+274.07	
10	Kurp	21.729	15	0+278.78	0+300.51	19.878	10	Kurp	28.388	19.597	0+274.07	0+302.46	25.97
11	Aliyman	74.721		0+300.51	0+375.23		11	Aliyman	78.411		0+302.46	0+380.87	
12	Kurp	26.675	45	0+375.23	0+401.91	26.286	12	Kurp	11.617	19.597	0+380.87	0+392.49	11.447
13	Aliyman	27.842		0+401.91	0+429.75		13	Aliyman	41.965		0+392.49	0+434.45	
14	Kurp	20.637	50	0+429.75	0+450.39	20.491	14	Kurp	8.088	19.597	0+434.45	0+442.54	8.031
15	Aliyman	30.195		0+450.39	0+480.58		15	Aliyman	42.062		0+442.54	0+484.60	
16	Kurp	14.847	75	0+480.58	0+495.43	14.823	16	Kurp	3.879	19.597	0+484.60	0+488.48	3.873
17	Aliyman	30.549		0+495.43	0+525.98		17	Aliyman	42.729		0+488.48	0+531.21	
18	Kurp	20.507	55	0+525.98	0+546.49	20.388	18	Kurp	7.307	19.597	0+531.21	0+538.52	7.264
19	Aliyman	65.571		0+546.49	0+612.06		19	Aliyman	78.775		0+538.52	0+617.29	
20	Kurp	22.634	45	0+612.06	0+634.69	22.396	20	Kurp	9.857	19.597	0+617.29	0+627.15	9.753
21	Aliyman	34.976		0+634.69	0+669.67		21	Aliyman	47.478		0+627.15	0+674.63	
22	Kurp	22.792	40	0+669.67	0+692.46	22.485	22	Kurp	11.166	19.597	0+674.63	0+685.80	11.016
23	Aliyman	16.361		0+692.46	0+708.82		23	Aliyman	22.624		0+685.80	0+708.42	
24	Kurp	24.777	20	0+708.82	0+733.60	23.223	24	Kurp	24.278	19.597	0+708.42	0+732.70	22.755
25	Aliyman	55.742		0+733.60	0+789.34		25	Aliyman	56.029		0+732.70	0+788.73	

Kazı-Dolgu Hesaplarına Ait Bulgular

Çalışma kapsamında, geleneksel yol planlama-projelendirme ve bilgisayar destekli yol planlama-projelendirme sonuçlarının ortaya konması için yatay kurp geometrik parametrelerinin geleneksel yöntemle karar verme ve bilgisayar destekli karar verme olmak üzere iki alternatif incelenmiştir.

a-) Yatay kurp geometrik parametrelerinin geleneksel yöntemle karar verilmesi sonucu ortaya çıkan kazı-dolgu hacimleri üç farklı enkesit aralığına göre incelenmiştir. Bunlardan;

- Birinci uygulamada, enkesit aralığının geleneksel yöntemle (güzergâhın eş yükselti eğrilerini kestiği noktalarda ve kurp baş, kurp orta ve kurp son noktalarda) belirlenmesi sonucu Şentürk (1992) tarafından tespit edilmiş olan 65 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4519.27 m³, toplam dolgu hacmi 1887.87 m³, net hacim ise 2631.40 m³ (4519.27 m³- 1887.87 m³ = 2631.40 m³) olarak hesaplanmıştır.
- İkinci uygulamada ise enkesit aralığı 5 m olmak üzere bilgisayar ortamında otomatik olarak tespit edilmiş olan 158 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4624.08 m³, toplam dolgu hacmi 2141.08 m³, net hacim ise 2483.01 m³ (4624.08 m³-2141.08 m³=2483.01 m³) olarak hesaplanmıştır.
- Üçüncü uygulamada, enkesit aralığı 10 m olmak üzere bilgisayar ortamında otomatik olarak tespit edilmiş olan 79 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4626.08 m³, toplam dolgu hacmi 2134.45 m³, net hacim ise 2491.63 m³ (4626.08 m³-2134.45 m³ =2491.63 m³) olarak hesaplanmıştır.

b-) Yatay kurp geometrik parametrelerinin bilgisayar destekli karar verilmesi sonucu ortaya çıkan kazı-dolgu hacimleri üç farklı enkesit aralığına göre incelenmiştir. Bunlardan;

- Birinci uygulamada ise enkesit aralığı geleneksel yöntemle belirlenmesi sonucu Şentürk (1992) tarafından tespit edilmiş olan 65 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4661.05 m³, toplam dolgu hacmi 2113.74 m³, net hacim ise 2547.31 m³ (4661.05 m³-2113.74 m³=2547.31 m³) olarak hesaplanmıştır.
- İkinci uygulamada, enkesit aralığı 5 m olmak üzere bilgisayar ortamında otomatik olarak tespit edilmiş olan 158 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4734.59 m³, toplam dolgu hacmi 2144.04 m³, net hacim ise 2590.55 m³ (4734.59 m³-2144.04 m³ =2590.55 m³) olarak hesaplanmıştır.
- Üçüncü uygulamada, enkesit aralığı 10 m olmak üzere bilgisayar ortamında otomatik olarak tespit edilmiş olan 79 adet enkesit için, toplam kazı hacmi 4780.78 m³, toplam dolgu hacmi 2151.26 m³, net hacim ise 2629.52 m³ olarak (4780.78 m³-2151.26 m³=2629.52 m³) olarak hesaplanmıştır.

Yukarıda açıklanmış olan, farklı durumlara göre hesaplanmış olan kazı-dolgu hacimleri aşağıda tablo halinde verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Geleneksel yöntem ve bilgisayar ortamında tespit edilmiş olan kurp parametrelerine ve farklı enkesit aralıklarına göre hesaplanan kazı-dolgu miktarlarına ait sonuçlar.

Yatay kurp parametrelerini n belirlenmesi	Enkesit sayısı (adet)	Enkesit aralığı (m)	Toplam kazı alanı (m ²)	Toplam dolgu alanı (m ²)	Toplam kazı hacmi (m ³)	Toplam dolgu hacmi (m ³)	Net hacim (m ³)
Geleneksel Planlama-Karar Verme	65	Gelenekse 1	329.88	205.45	4519.27	1887.87	2631.40
	79	10	463.25	233.51	4626.08	2134.45	2491.63
	158	5	924.77	452.93	4624.08	2141.08	2483.01
Bilgisayar Destekli Karar Verme	158	5	946.93	454.63	4734.59	2144.04	2590.55
	79	10	478.73	236.1	4780.78	2151.26	2629.52
	65	Gelenekse 1	341.7	241.4	4661.05	2113.74	2547.31

Farklı durumlara ve enkesit noktalarına göre hesaplanmış olan kazı-dolgu hacimlerinin verilmiş olduğu yukarıdaki Tablo 2'nin incelenmesinden;

a-) Yatay kurp geometrik parametrelerinin geleneksel yöntemle karar verilmesi durumu değerlendirildiğinde, enkesitlerin geleneksel yöntemle çizilmesi sonucu hesaplanan net hacim ile enkesitlerin 10 m aralıklarla çizilmesi sonucu hesaplanan net hacim farkı yaklaşık 140 m³ (2631.40-2491.63=139.77 m³) iken, enkesitlerin 5 m aralıklarla çizilmesi sonucu hesaplanan net hacim farkı ise, yaklaşık 150 m³ (2631.40-2483.01=148.39 m³) olarak belirlenmiştir. Orman yolu yapım çalışmalarında, bir hafriyat kamyonunun ortalama taşıma hacminin 20 m³ olarak baz alındığında, en kesit aralıklarının 10 m aralıklarla olması durumunda 7 adet kamyon, en kesit aralığının 5 m olması durumunda 8 adet kamyon nakliyatı farkı oluştuğu anlaşılmaktadır.

b-) Yatay kurp geometrik parametrelerinin bilgisayar destekli yöntemle karar verilmesi durumu değerlendirildiğinde ise, enkesitlerin geleneksel yöntemle çizilmesi sonucu hesaplanan net hacim ile enkesitlerin 10 m aralıklarla çizilmesi sonucu yaklaşık 80 m³ (2547.3-2629.52=82.21 m³) (4 kamyon nakliyatı); 5 m aralıklarla çizilmesi sonucu yaklaşık fark 40 m³ (2547.3-2590.55=43.24 m³) (2 kamyon nakliyatı) olarak belirlenmiştir.

Yukarıda verilmiş olan Tablo 2'den de görüldüğü üzere, enkesitler geleneksel yöntemle çizilmiş olsa da, yatay kurp parametrelerinin geleneksel yöntemle ve bilgisayar destekli karar verilerek belirlenmesi durumunda, yaklaşık 84 m³ (2631.40-2547.31=84,06 m³) net hacim farkı ortaya çıktığı hesaplanmıştır.

Contreras ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bu çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak, alınan enkesit aralıklarının artmasının, kazı ve dolgu hacimlerinin tahmin doğruluğunu azalttığı tespit edilmiştir. Öte yandan, Akgül ve ark. (2012) orman yol planlamasında dinamik CAD tabanlı yazılımların kullanım olanaklarını incelediği çalışmada, kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplarındaki hassasiyeti artırmak için en kesit sayılarının önemini vurgulamıştır.

Ortaya konulan bu çalışmada orman yollarının projelendirilmesinde eş yükselti eğrili haritadan üretilen SAM kullanılmıştır. Fakat araziyi temsil etmesi amacıyla üretilen sayısal altlıkların (SAM veya sayısal yükseklik modeli) hassasiyeti de kazı-dolgu miktarlarının doğruluğunu etkileyebilmektedir. Zira, Liu (2008) tarafından yapılan çalışmada, düşük hacimli yol inşaatlarında sayısal yükseklik modeli üretiminin en önemli süreç olduğu vurgulanmıştır. Bununla ilişkili olarak, teknolojinin gelişmesine bağlı olarak gelişen ve gelişmekte olan yüksek hassasiyet ve çözünürlükte farklı sayısal veri üretim sistemleri (LIDAR, İHA) tarafından üretilen sayısal altlıkların, günümüzde orman yollarının planlama ve projelendirme çalışmalarında kullanıldığı görülmektedir. Akgül ve ark (2018) tarafından yapılan çalışmada İHA (İnsansız Hava Aracı) tabanlı elde edilen SAM verileri ile GNSS (Global Navigation Satellite System) tabanlı elde edilen SAM verileri, kazı-dolgu hesaplaması açısından kıyaslanmıştır. Çalışmada, İHA tabanlı elde edilen verilerdeki yüksek nokta yoğunluğu nedeniyle, GNSS tabanlı elde edilen verilere göre topografyayı gerçeğe daha yakın temsil ettiğinden, kazı dolgu çalışmalarında kullanılması önerilmiştir. Contreras ve ark. (2012) tarafından yapılmış olan çalışmada, kazı-dolgu hacminin yüksek hassasiyette belirlenmesi amacıyla, İHA sistemlerine göre daha yüksek nokta yoğunluğuna sahip sistemlerinden LIDAR tabanlı yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Öte yandan Akay ve ark. (2018) ve Akgül ve ark. (2018) tarafından ortaya konulan çalışmalarda, LIDAR tabanlı üretilen nokta bulutu verisi yardımıyla yol degradasyonunun (aşınma ve sediment birikmesi) hassas bir biçimde belirlenebildiği belirtilmiştir. Söz konusu çalışmalarda yüksek hassasiyet ve yüksek nokta yoğunluğuna sahip altlıklar kullanılmıştır. Bu tür çalışmalarda olduğu gibi kullanılan sayısal altlıkların hassasiyeti ve nokta yoğunlukları; kazı-dolgu hacminin hassas bir şekilde belirlenmesini ve doğruluk hassasiyetini de doğrudan etkileyeceği göz

önünde bulundurulmalıdır.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada ait bulgularda görüldüğü üzere orman yollarının planlanması ve projelendirilmesi maliyetli ve karmaşık bir süreçtir. Yol güzergâhının belirlenmesi aşamasında en önemli hususlardan biri olan yatay kurp geometrik parametrelerinin doğru olarak belirlenmesi bir yandan kazı-dolgu maliyetini doğrudan etkilerken, bir yandan da ormanlık alanlarda orman tahribatını en aza indirerek çevresel zararları en aza indirmektedir. Bu çalışmada da görüldüğü üzere, bu aşamada bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının aktif olarak kullanılması, farklı yatay kurp parametrelerinin karar destek sürecinden hızlıca geçirilebilmesini, bunun yanı sıra planlama sırasında kullanıcı hatalarını en aza indirecektir.

Yol planlama ve projelendirilmesinde en önemli kısımlardan biri olan ve yaklaşık maliyeti ortaya koyacak diğer bir aşama, kazı-dolgu hacimlerinin gerçeğe en yakın bir şekilde hesaplanmasıdır. Bu aşamada, geleneksel yol planlama-projelendirme çalışmalarında kullanılan eşyüksekti eğrili haritalar en temel altlıklardır. Ancak, gelişen bilgisayar destekli çizim yazılımları sayesinde geleneksel yöntemle (elle çizim) belirli mesafelerde ve/veya uygulama noktalarında (güzergâhın eşyüksekti eğrilerini kestiği noktalar vs) enkesit alımları yapılırken, günümüzde istenilen aralıklarla (metre ve/veya cm) enkesitler alınarak kazı-dolgu hacimlerinin, gerçeğe daha yakın tahmin edilmesine imkân sağlanmaktadır. Söz konusu yazılımlar sayesinde, yol projelendirilmesinde temel altlık olarak kullanılan farklı eş yüksekti eğrilerine-aralıklarına sahip topoğrafik altlıklar (1/25000, 1/10000, 1/5000 vb.) planlama aşamasında kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak 1 m, 50 cm vb. eşyüksekti eğrili haritalara dönüştürülebilmektedir. Bu aşamada en önemli kısım, doğru sayısal altlıkların seçilmesidir. Çünkü doğru sayısal altlıkların seçilmesi, bilgisayar destekli yol projelendirme yazılımları kullanılarak, online haritalar ile eş zamanlı karar verme imkanı sağlanmaktadır. Ayrıca mevcut uygulamalarda Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan yol planlama ve projelendirilmelerinde, bilgisayar destekli projelendirme yazılımlarının kullanılması ve söz konusu projelendirme kriterlerinin yol planlama tebliğine konulması zaruri hale gelmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan geleneksel yöntemle yol projelendirilmesi aşamasında yol güzergâhı ve sayısal altlıklar yazarlardan Necmettin Şentürk'ün 1992 yılında "Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları" adlı Doktora Tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

- **Akay AO, Akgul M, Demir M (2018).** Determination of temporal changes on forest road pavement with terrestrial laser scanner. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1437-1448.
- **Akay AO., Demir M, Akgul M (2018).** Assessment of risk factors in forest road design and construction activities with fuzzy analytic hierarchy process approach in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 561.
- **Akgul M, Yurtseven H, Akburak S, Demir M, Cigizoglu HK, Ozturk T, Eksi M, Akay AO (2017).** Short term monitoring of forest road pavement degradation using terrestrial laser scanning. *Measurement*, 103, 283-293.
- **Akgul M, Yurtseven H, Gulci S, Akay AE (2018).** Evaluation of UAV-and GNSS-Based DEMs for Earthwork Volume. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 1893-1909.
- **Akgül M, Esin Aİ, Özmen M (2011).** Orman Yollarının Dinamik Modelli CAD Programları İle Planlanması. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28.
- **Aruga K, Sessions J, Akay AE (2005).** Application of an airborne laser scanner to forest road design with accurate earthwork volumes. *Journal of Forest Research*, 10(2), 113-123.
- **Babapour R, Naghdi R, Ghajar I, Ghodsi R (2015).** Modeling the proportion of cut slopes rock on forest roads using artificial neural network and ordinal linear regression. *Environmental monitoring and assessment*, 187(7), 446.
- **Chung W, Sessions J (2001).** Designing a forest road network using heuristic optimization techniques. *Appalachian Hardwood: Managing Change*, Corvallis, Oregon.
- **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*, 33(1): 125-142.

- **Demir M (2002)**. Bolu mıntikasında orman yol şebeke ve nakliyat planlarının bilgisayar ortamında düzenlenmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 52(2), 125-158.
- **Easa SM (1992)**. Discussion of “Cut and Fill Calculations by Modified Average-End-Area Method” by James W. Epps and Marion W. Corey (September/October, 1990, Vol. 116, No. 5). Journal of Transportation Engineering, 118(4), 600-601.
- **Ghajar I, Najafi A, Karimimajd AM, Boston K, Ali Torabi S (2013)**. A program for cost estimation of forest road construction using engineer's method. Forest Science and Technology, 9(3), 111-117.
- **Gumus S, Acar HH, Toksoy D 2008**. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. Environmental Monitoring and Assessment, 142: 109–116.
- **Jaafari A, Najafi A, Rezaeian J, Sattarian A, Ghajar I (2015)**. Planning road networks in landslide-prone areas: a case study from the northern forests of Iran. Land Use Policy, 47, 198-208.
- **Liu X (2008)**. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. Progress in Physical Geography, 32(1): 31-49.
- **Öztürk T (2009)**. Orman yolu planlarının oluşturulmasında Netpro yol modülünün kullanılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(3): 11-19.
- **Peyrov S, Najafi A, Nourodini AR (2016)**. Predicting the earthwork width and determining the annual growth loss due to forest road construction using artificial neural network and ArcGIS. J. FOR. SCI, 62(7), 337-344.
- **Raji SA, Zava A, Jirgba K, Osunkunle, AB (2017)**. Geometric Design of a Highway Using Autocad Civil 3d. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 4(6).
- **Soycan A, Soycan M (2005)**. Karayolu yapım maliyetlerinin belirlenmesinde yatay ve düşey karp sayılarının etkilerinin incelenmesi. 2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Türkiye.
- **Stuckelberger JA, Heinemann HR, Burlet EC (2006)**. Modelling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. European Journal of Forest Research, 125 (5): 377–390.
- **Şentürk N, Koç A, Yener H (1990)**. Sayısal Arazi Modelleri İle Dolgu Miktarının Hesaplanması. Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, 40 (4): 91-110.
- **Şentürk N (1992)**. Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- **Şentürk N, Öztürk T, Demir M (2007)**. Orman Transport Bilgi Sisteminin Oluşturulması. (Belgrad Ormanı Örneği). İ.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 1280/240604, İstanbul. (Bitiş Tarihi: 2007).
- **Tan J (2000)**. Application of dynamic programming to optimum location of a forest road. Journal of Forest Engineering. 11: 3342.