



Makale / Research Paper

Kurp Elemanlarının Karayolu Yapım Maliyetine Etkisi: Erzurum İli Örneği

Muhammed Yasin ÇODUR, Muhammed DALASLAN, Kadir Diler ALEMDAR

Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25000
Erzurum/TÜRKİYE

mycodur@erzurum.edu.tr

Received/Geliş: 28.12.2018

Accepted/Kabul: 18.03.2019

Özet: Dünya üzerindeki hareketlilik nüfusa bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Nüfusun artmasıyla çeşitli sorunlarda meydana gelmektedir. Bunların en önemlilerinden bir tanesi ulaşım sorunudur. Yerel yönetimler ve Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) bu sorunu çözmek için sürekli yol yapım ve bakım işlerini yürütmektedirler. Bu işleri en ekonomik çerçevede yürütmek bu kurumların sorumluluğundadır. Bu yüzden karayolu yapım aşamaları geometrik standartlar sağlandıktan sonra ekonomiklik şartını da yerine getirmek zorundadır. Bu çalışmada ekonomiklik konusunda, karayolunun yatay ve düşey elemanlarından olan kurpların maliyet üzerindeki etkileri incelenmiştir. Erzurum ili örneğinde bir karayolu kesimi dikkate alınmış ve bu kesimde farklı yatay ve düşey kurp kombinasyonları oluşturularak maliyet ile olan ilişkileri gözden geçirilip uygun seçenek belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karayolu yapım maliyeti, Kurp elemanları, Erzurum.

Effects of Curve Elements on Highway Construction Cost: A Case Study of Erzurum

Abstract: The mobility in the world is increasing day by day depending on the world population. With the increase of the population brings with various problems. One of the most important of these is the transportation problem. The local authorities and the General Directorate of Highways (GDH) conduct continuous road construction and maintenance to solve this problem. It is the responsibility of these institutions to carry out these works in the most economic framework. Therefore, after the providing of the geometric standards, the highway construction stages must fulfill the requirement of economy. In this study, the effects of curves, which are horizontal and vertical elements of highway on cost, were examined. In the case of Erzurum province, a road section was taken into consideration and different horizontal and vertical curve combinations were formed and the relations with cost were reviewed and the appropriate option was determined.

Keywords: Highway construction cost, Curve elements, Erzurum.

1. Giriş

Nüfusun artmasıyla birçok sorun da ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de hiç kuşkusuz ulaşım sorunudur. Nüfusa bağlı olarak insanların hareketliliği de aynı oranda artmaktadır. Hem bu hareketlilik hem de ulaşım talebinin artması trafikteki araç miktarında da önemli bir artışa neden olmuştur. Ancak yollarımızın konforu, güvenliği ve diğer ölçütler aynı oranda gelişim gösterememiştir. Bundan dolayı karayolları artık talebe cevap veremez duruma gelmektedir. Yerel yönetimler ve Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) bu aksaklıkları gidermek için her geçen yıl yol yapım ve bakım bütçelerini yükseltmektedirler. Ancak ülkemizde petrol ve türevi

Bu makaleye atıf yapmak için

Çodur M.Y., Dalaslan M., Alemdar K.D., "Kurp Elemanlarının Karayolu Yapım Maliyetine Etkisi: Erzurum İli Örneği" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(2); 282-298.

How to cite this article

Çodur M.Y., Dalaslan M., Alemdar K.D., "Effects of Curve Elements on Highway Construction Cost: A Case Study of Erzurum" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2019, 6(2); 282-298.

maddelerin fiyatının fazla olması ve dolaylı giderlerin her geçen yıl artması nedeniyle hiçbir şekilde yeterli bütçe sağlanamamaktadır. Bunun önüne geçebilmek için yol yapım ve bakım işlemlerinin optimizasyonu ve ekonomik yeterliliği gözden geçirilmelidir.

Yol yapım ve bakım işlerine ayrılan bütçenin büyük çoğunluğu yapım işlerinde kullanılmaktadır. Bu bütçenin daha etkili ve elverişli kullanılabilmesi için karayolu projelendirme aşamalarının çok doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Karayolu yapım işleminde en önemli süreçlerden biri geçki araştırması ve güzergâhın belirlenmesidir. Doğru yapılan bir geçki araştırması sonucunda en mantıklı güzergâh belirlenebilmektedir. En uygun güzergâhı seçerken en önemli parametrelerimizden olan ekonomiklik şartını yerine getirmek gerekmektedir. Güzergâhın ekonomiklik şartını yerine getirmek için birçok parametre göz önüne alınmak durumundadır. Güzergâhın ekonomiklik şartını etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi toprak işleri ve üstyapının maliyetleridir. Bu yüzden toprak işleri ve üstyapı maliyetleri özellikle irdelenmesi gereken bir konudur. Karayolu yapım sürecinde geometrik standartlar ve ekonomikliğinin araştırılması üzerine bir kısım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmektedir.

Mondal, yol inşaları sırasında yatay elemanlarının dizaynını ve bu elemanların optimizasyonu üzerinde çalışmıştır. Optimize amaçlarından biride ekonomiklik şartının sağlanması olmuştur. Yaptığı optimizasyonda toplam 5 adet ekonomik faktör tespit etmiştir. Bunlar; planlama ve yönetsel, yapım bakım, kullanıcı ve sosyo-çevre maliyetidir. Bunlar temel alınarak ekonomiklik şartı yerine getirilmeye çalışılmıştır [1]. Hirpa, yol inşasında yatay elemanların dizaynı ve optimizasyon çalışmalarının bir adım ötesine giderek, hem yatay elemanların hem düşey elemanların eşzamanlı olarak geometrik standartlar ve mühendislik ekonomisi açısından optimize çalışmaları yürütmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü arazinin gerekli geometrik standartları sağlanarak en uygun düşey ve yatay elemanlar belirlenmiştir [2]. Sajjadi ve Beheshty, karayolu elemanlarını maliyet ve güvenlik kriterlerini baz alarak bu elemanların en optimize durumunu elde etmek için çalışmışlardır. Karayolu elemanlarının tamamı yüzeysel bir şekilde incelendikten sonra bir maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet analizi yapıldıktan sonra güvenlik kriterlerinin yerine getirilmesi için eşzamanlı bir optimizasyon yöntemi kullanmıştır. Bu sayede en uygun durum elde edilmiştir [3]. Urcera ve ark. yatay yol elemanlarının sadece geometrik standartları üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada çeşitli integrasyon yöntemleri kullanılarak yatay elemanların geometrisi üzerine optimizasyon problemleri çözümlenmeye çalışılmıştır. Sadece ilk inşa aşamasındaki elemanları değil aynı zamanda yeniden inşa için tasarlanan dizaynlar içinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda mümkün olan geometrik standartlar için uygun bir integrasyon formülü elde edilerek yatay elemanların inşası optimize edilmiştir [4]. Wilmot ve Cheng çalışmalarında Louisiana'daki karayollarının inşa maliyetleri baz alınarak hazırlanan bir model ile gelecekteki karayolu inşa maliyetleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Model oluşturulurken tüm inşa elemanlarının maliyetleri modele dâhil edilmiştir. Gelecekteki karayolu inşa maliyetleri tahmin edilmeye çalışıldığında, 1998 - 2015 yılları arası oluşacak maliyetlerin 1984-1998 yılları arasında oluşan maliyetlerin 2 katı olacağı tahmin edilmiştir [5]. Bakış, karayolu üstyapı elemanlarının tabaka kalınlıklarının hesaplanma teoremi üzerine bir çalışma yapmıştır. Korelasyon ve regresyon analizleri ile tabaka kalınlıkları ve bunun aracılığıyla maliyetlerin hesaplanmasını çalışmıştır. Uzun matematiksel işlemler yerine MATLAB programı yardımıyla daha kısa yöntemler elde etmiştir. Bu çözümler sonucunda optimize bir maliyet analizi yapmıştır [6]. Mb ve Maji, çalışmalarında karayolu elemanlarının maliyetlerini minimize etmek için yatay kurpların açılarını optimize etmeye çalışmışlardır. Mühendislik kararları ve tecrübelerle bağlı olan dizayn sistemleri için genel bir formül ortaya çıkarmak için denemeler yapmışlardır. AutoCAD ve Civil-3D kullanarak en optimize

kurpları dizayn etmiş ve bunun üzerinden minimum maliyetli yatay kurp çaplarını hesaplamışlardır [7]. Islam ve Seneviratne, yaptıkları çalışmada en az maliyetli karayolu dizaynı için geometrik standartlar üzerinde çalışmışlardır. Bazı formülasyonlar geliştirerek maliyet üzerinde birçok deneme yapmışlardır. Daha sonra numerik örnekler sunularak ortaya çıkarmış oldukları formülasyonların doğruluğu konusunda ispat yapmaya çalışmışlardır [8]. Jha ve Schonfeld, çalışmalarında genetik algoritma ile entegre edilmiş bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile karayolu elemanlarının optimizasyon modeli sunmaktadırlar. Oluşturulan model ile çeşitli maliyetlerin karayolu elemanlarının seçimi üzerindeki etkisi incelemişlerdir. Ayrıca karayolu iyileştirme projelerindeki sınırları gerçekçi bir şekilde yansıtan kısıtlı alanlarda optimizasyon yapmışlardır. Araştırma daha önce yayımlanmış bazı gelişmeleri de bir araya getirerek yeni analiz yaklaşımları elde etmişlerdir. Önerilen model ile Maryland eyaletindeki problemi CBS kullanarak çözümlenmişlerdir. Ayrıca önerilen modelin dağlık arazide etkinliğini araştırmak için yapay bir harita kullanılan bir örnek de geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, genellikle ihmal edilen seyahat süresi maliyetinin karayolu elemanlarının optimizasyonu üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu göstermiştir [9]. Bir başka çalışmada, farklı yatay ve düşey kurp kombinasyonları kullanarak bir alternatifler dizisi oluşturmuşlardır. KGM tarafından hazırlanan ekonomik analiz verileri kullanarak farklı kombinasyonların finansal durumu üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalardan sonra hangi kombinasyonun en optimum seçenek olduğunu belirlemişlerdir [10]. Tomek, hazır/prefabrike yol elemanlarının karayolu inşa aşamasındaki avantajlarını ele almıştır. Yenilikçi üretim sistemlerinden olan hazır yol yapı elemanlarının hem zaman hem de ekonomik anlamda tasarrufları üzerinde çalışmıştır. Bu avantaj ve faydalar belirlendikten sonra bu uygulamaların daha iyi bir noktaya taşınması için çeşitli önerilerde bulunmuştur [11]. Zang ve ark., karayolu inşaat maliyetlerini analiz ve tahmin etmek için Kalman filtresini kullanarak maliyet yönetim sistemi geliştirmişlerdir. Sistem değişkenini gerçek maliyet ve sorumluluk maliyeti (maliyet sorumluluğu) arasındaki oran olarak belirlemişlerdir. Kalman filtresinin kontrast analizi ile sistemin yapılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Tahmin değerlerini simülasyon yardımıyla hesaplamışlardır. Simülasyon sonuçları Kalman filtresinin inşaat maliyet analiz ve tahmini maliyet değerlerinin gerçekle örtüştüğünü ortaya koymuştur [12]. Sari ve Sen, karayolu inşası süresince ortaya çıkan kısıtlar üzerinde çalışmışlardır. Bu kısıtlardan bir tanesi de maliyettir. Bu noktada En Az Maliyet Yolu Algoritması (LCPA), karayollarında en düşük maliyetli yolun araştırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu maliyet, karayolu inşası süresince çevre ile ilintili maliyetlerin minimize edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada Konya ili için ekonomik ve çevresel yaklaşımlarla yeni karayolu güzergâhları araştırılmıştır. Toplam 3 farklı güzergâh seçilmiş ve bunların çevre ve maliyet açısından karşılaştırmaları yapılmıştır [13]. Hoque ve ark., karayolların ağır taşıtlar için oluşturulan şeritlerin maliyeti üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Ağır araçlar yük taşıma kapasiteleri fazla olduğu için kaplamanın yapısının farklı ve daha yüksek mukavemetli olması gerekmektedir. Bu özellikler ise ekstra maliyet anlamına gelmektedir. Bu maliyetin analizini yapabilmek için olası üç strateji ele almaktadırlar. Bunlar; ağır taşıtların şeritlere dağıtımı, bütün karayolu şeritleri boyunca heterojen bir kaplama ve hafif taşıt şeritlerinin ağır taşıt şeritlerinden ayrılmasıdır. Belirtilen maliyet avantajlarının otonom araçların gelecekteki karayolu şerit yönetim sistemlerinin seçimi için kullanabileceğini önermişlerdir [14]. Dell'Amico ve ark., toprak işleri faaliyetlerini optimize etmek amacıyla bir karar destek sistemi (DSS) sunmaktadırlar. Bu sistem, operasyonel araştırma uzmanları ve Strabarg AG şirketi ile işbirliği dahilinde hazırlanmıştır. Bu sistem sayesinde karar verme hızı önemli ölçüde artmıştır ve lojistik maliyetlerinden %10 tasarrufa sağlanmıştır [15]. Moretti ve ark., tüneller üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bir karayolu tünelinin inşaat, bakım ve aydınlatma maliyetlerini karşılaştıran bir maliyet analizi çalışması yürütmüşlerdir. Bu parametrelerin en ekonomik olanını bulabilmek için bir yönetim üzerinde çalışma yapmışlardır [16]. Bağdatlı ve Yıldırım, karayolu üstyapılarındaki bozulmaların bakım maliyetlerine etkisi üzerine çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sırasında üstyapı bozulmalarındaki en önemli faktörün malzeme olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında iklim ve bölge etkisiyle meydana gelen kabarma

bozulmaları, karayolları bakım maliyetlerine en çok etkileyen hasar türü olduğu gözlemlenmiştir [17].

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Erzurum ilinin Tortum ilçesi arasında bir karayolu kesimi alınarak hem maliyet analizi yapılmıştır hem de hava şartlarına göre bir yorum yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak bir karayolu elemanları bütün olarak değil daha derine inerek yatay ve düşey kurplar dikkate alınarak farklı toprak işleri hesaplamaları sonucunda bir maliyet analizi yapılmıştır.

2. Karayolu Yapım Maliyetlerinde Yatay ve Düşey Kurp Sayılarının Etkileri

Bir karayolu güzergâhı ana hatlarıyla iki kısımdan oluşmaktadır. Bu hatlar yatay ve düşey güzergâhlardır. Burada bahsi geçen güzergah, bir karayolunun arazi üzerinde izlediği doğrultu olarak tanımlanmaktadır. Karayolunda optimum düzeyde bir maliyet hesabı için en uygun yatay ve düşey kurplar belirlenmelidir. Arazinin düz olarak belirlendiği bu projede, proje elemanları birinci sınıf yol olarak alınmıştır. Çalışma yapılan yol kesiminde Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) değeri 12000 ta/gün seviyesindedir. Proje hızı 100km/sa olarak belirlenmiş ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nce yayımlanan karayolu geometrik standartları çizelgesinde yer alan değerler kullanılmıştır [18]. Bunların yanında eksenler tasarlanırken, yatay kurplar arasında aliyman mesafesinin en az 100 m olmasına, yatay ve düşey kurpların birbiri içine girmemesine, düşey ekseninde ise minimum boyuna eğimin ve ardışık eğimler arasındaki farkın minimum %0.5 ve daha büyük değerler olmasına dikkat edilmiştir [18].

Bu çalışma süresince, belirli bir karayolu kesiminde A başlangıç ve B bitiş noktaları arasında birbirinden farklı güzergâh alternatifleri oluşturulmuştur. Bu alternatifler oluşturulurken öncelikle bu iki nokta arası yatay kurpsuz bir şekilde birleştirilip bir yatay eksen tasarlanmıştır. Bu yatay eksenin, 20m aralıklarla enkesitleri alınarak noktaların kilometrelerine ve siyah kotlarına göre boykesit çizilmiştir. Yine aynı şekilde bu boykesitte düşey eksen önce bu iki nokta arası düşey kurp kullanılmadan birleştirilip bir düşey eksen tasarlanmıştır. Kurpsuz oluşturulan yatay eksen sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 düşey kurpla birlikte tasarlanarak farklı yatay eksenler tasarlanmıştır. Aynı şekilde düşey kurpsuz oluşturulan düşey eksen sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 yatay kurpla birlikte tasarlanarak farklı düşey eksenler tasarlanmıştır. Bu yatay ve düşey eksenleri yatay kurp ve düşey kurp sayılarını sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak farklı geçki alternatifleri oluşturulmuştur. Bu farklı alternatiflerin toprak işleri hesapları yapılarak maliyet hesaplaması yapılmıştır. Farklı geçki alternatiflerin maliyetleri hesaplanırken Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı birim fiyat cetveli esas alınmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü 2012 Sonrası kitabında bulunan birim fiyat cetvelinde yer alan KGM/15.001/A poz numaralı makinalı kazılar işlemi dikkate alınmıştır. Bu poz, her cins toprağın kazılması; makina ile kazının yapılması, taşıtlara yüklenmesi, 100 metreye kadar taşınması, boşaltılması, tabakalar halinde serilmesi ve düzeltmesi gibi bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, alet ve araç giderleri ile yüklenici kârı ve genel masraflarını içermektedir. Projesine göre Karayolları Teknik Şartnamesinin ilgili kısmındaki esaslar ve şartlar dâhilinde, yarmadan dolguya gidecek her cins toprağın ekskavatörle kazılması ve kullanılması işlemlerini içermektedir. 1 m³ işlem fiyatını vermektedir. 1 m³ kazı fiyatı: 3,44 ₺'dir [19]. Ayrıca yarmadan dolguya gidecek malzeme haricinde yarmadan elde edilen toprak hacminin dolgu hacmine yetmediği durumlarda ariyet ocaklarından veya depo yerlerinden dolgu için kullanılacak toprağın taşınması ve serilmesi işlemi de yapılması gerekmektedir. Diğer bir işlem ise yarmadan çıkan malzeme hacminin dolgu malzeme hacminden fazla olması durumudur. Bu durumda ise yarmadan çıkan malzeme depoya gönderilmek zorundadır. Bunlar için KGM/15.001/B poz

numaralı ekskavatörle her cins toprağın kazılması ve kullanılması (ariyet ocağından getirilecek veya depoya gidecek kazılarda) işlemi dikkate alınmıştır. Makine kullanılarak; ariyet ocaklarından dolguya veya yarma sahalarından İdarece gösterilecek depoya gidecek her cins toprak kazısının; yapılması, vasıtalara yüklenmesi, nihai ortalama 100 m mesafeye kadar taşınması, boşaltılması, tabakalar halinde serilmesi ve düzeltilmesi işlemlerini içermektedir. 1 m³ işlem fiyatı: 3,03 ₺'dir [20].

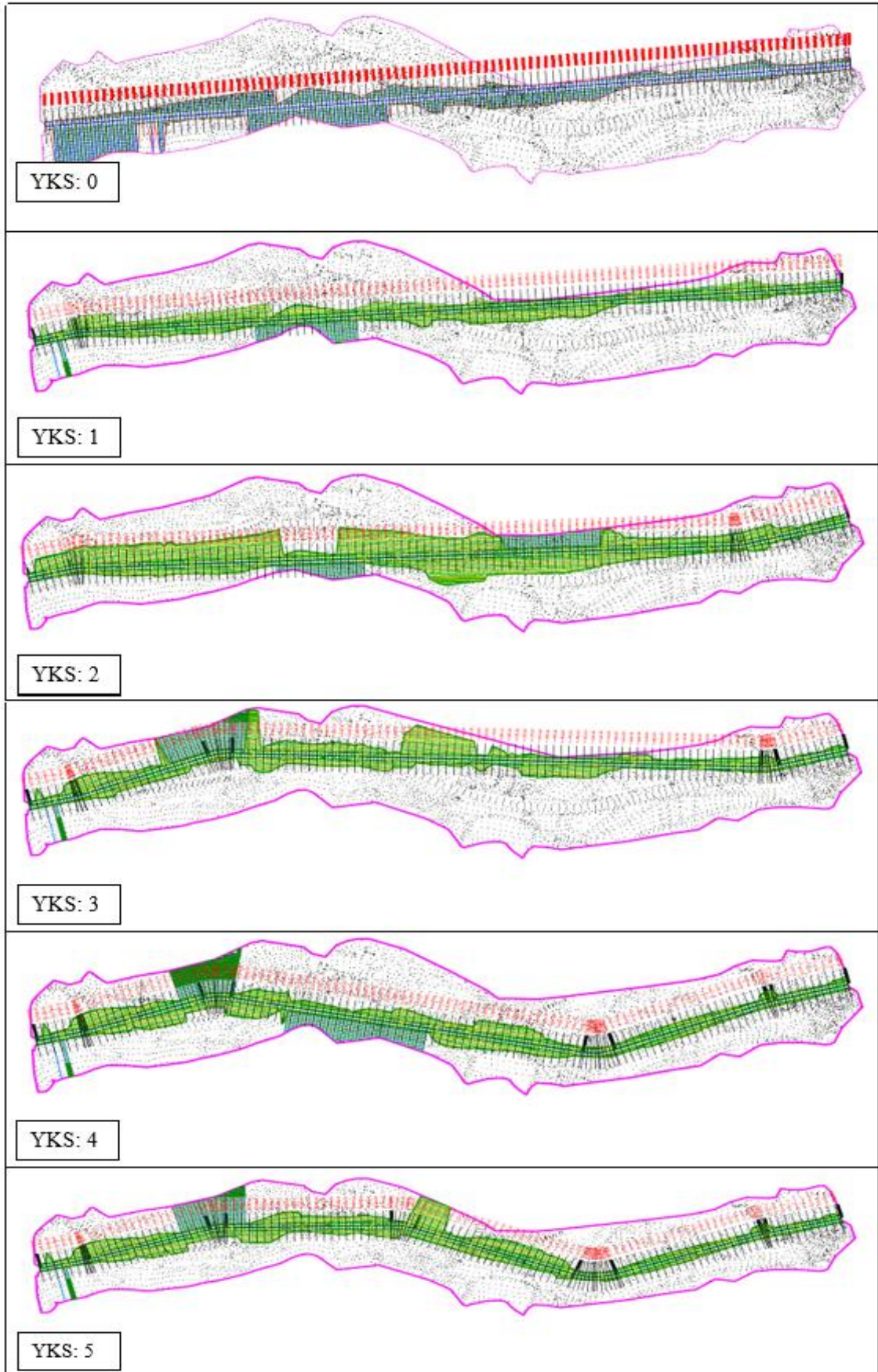
Toprak işlerinin maliyet üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için en yüksek ve en düşük kazı yükseklikleri, bunların ortalaması ve standart sapmaları değerlendirmeye alınmıştır. En yüksek değerler (+)'dir ve kazı yüksekliğini ifade etmektedir. En düşük değerler (-)'dir ve dolgu yüksekliklerini ifade etmektedir. Kazı ve dolgu yüksekliğinin ortalama değerleri, tek başına somut bir sonuç vermemektedir. Standart sapma değerleri toprak işleri maliyeti hakkında net bir bilgi verebilmektedir. Standart sapma ne kadar yüksekse toprak işleri maliyeti de o kadar yüksek olur [10].

Toprak işleri maliyeti hesaplanırken maliyeti önemli derecede etkileyen parametrelerden bir tanesi de boyuna eğim değeridir. Boyuna eğim değerlerindeki farklılıklar maliyeti önemli derecede etkileyeceğinden, bu çalışmada boyuna eğim değerlerine proje standartlarının izin verdiği ölçüde minimum değerler atanmıştır. Ayrıca maliyeti önemli ölçüde etkileyen diğer bir parametre ise karayolunun uzunluğudur. Düşey kurp ile maliyet arasındaki ilişki incelenirken karayolu uzunluğunun maliyet üzerindeki etkisi değişmemektedir. Ancak yatay kurp ile maliyet arasındaki ilişki incelenirken yatay kurp sayısına (YKS) bağlı olarak karayolu uzunluğu artacağı için maliyet üzerindeki etkide değişiklik göstermektedir.

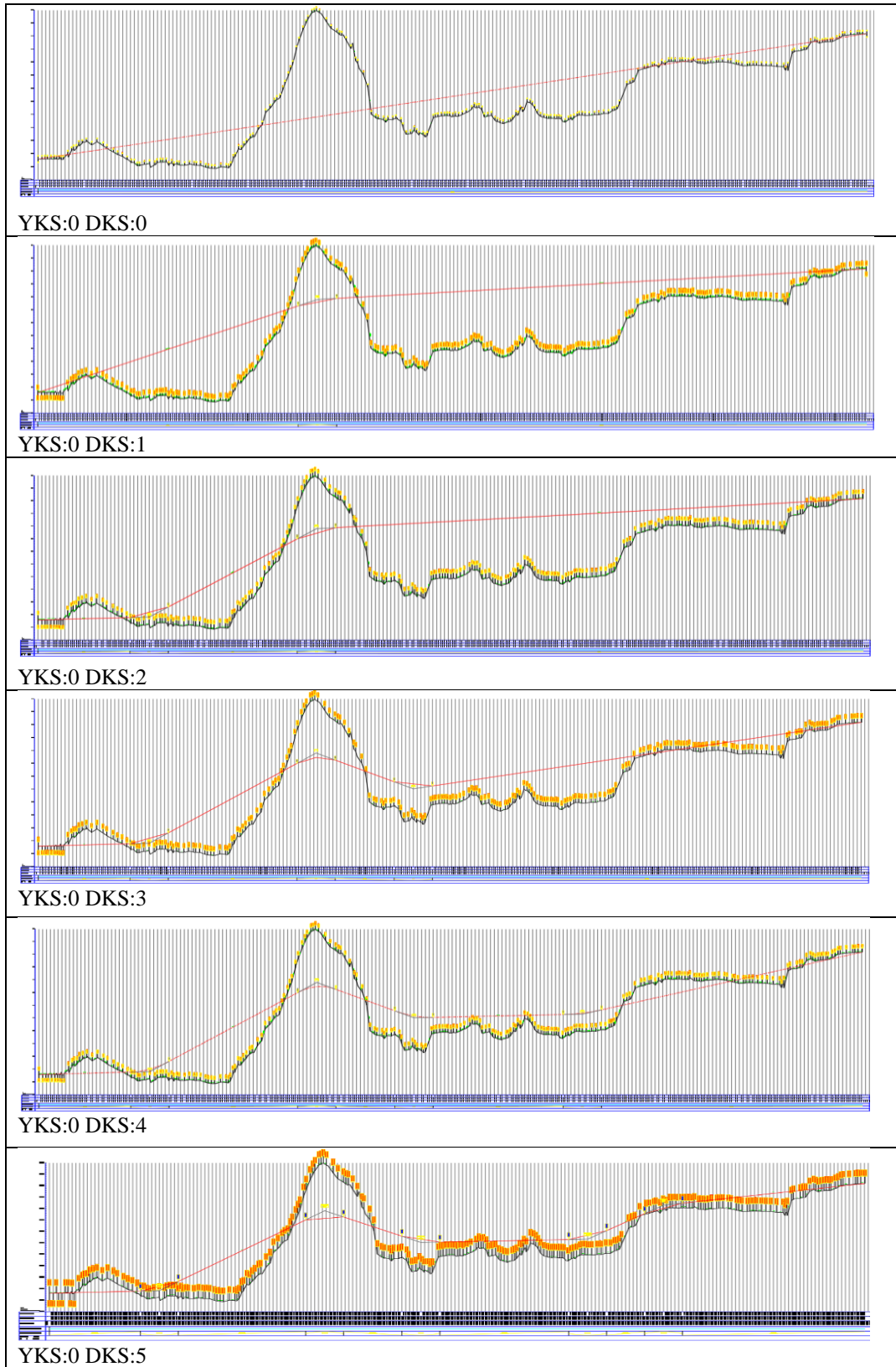
Farklı yatay kurp sayıları kullanılarak oluşturulan geçki alternatifleri AutoCAD programında tasarlanmıştır. Bu tasarımlar Şekil 1'de yer almaktadır.

Şekil 2'de yatay kurp sayısı 0 ve sırasıyla düşey kurp sayısı (DKS) 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir. Şekil 3'de yatay kurp sayısı 1 ve sırasıyla düşey kurp sayısı 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir. Şekil 4'de yatay kurp sayısı 2 ve sırasıyla düşey kurp sayısı 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir. Şekil 5'de yatay kurp sayısı 3 ve sırasıyla düşey kurp sayısı 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir. Şekil 6'de yatay kurp sayısı 4 ve sırasıyla düşey kurp sayısı 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir.

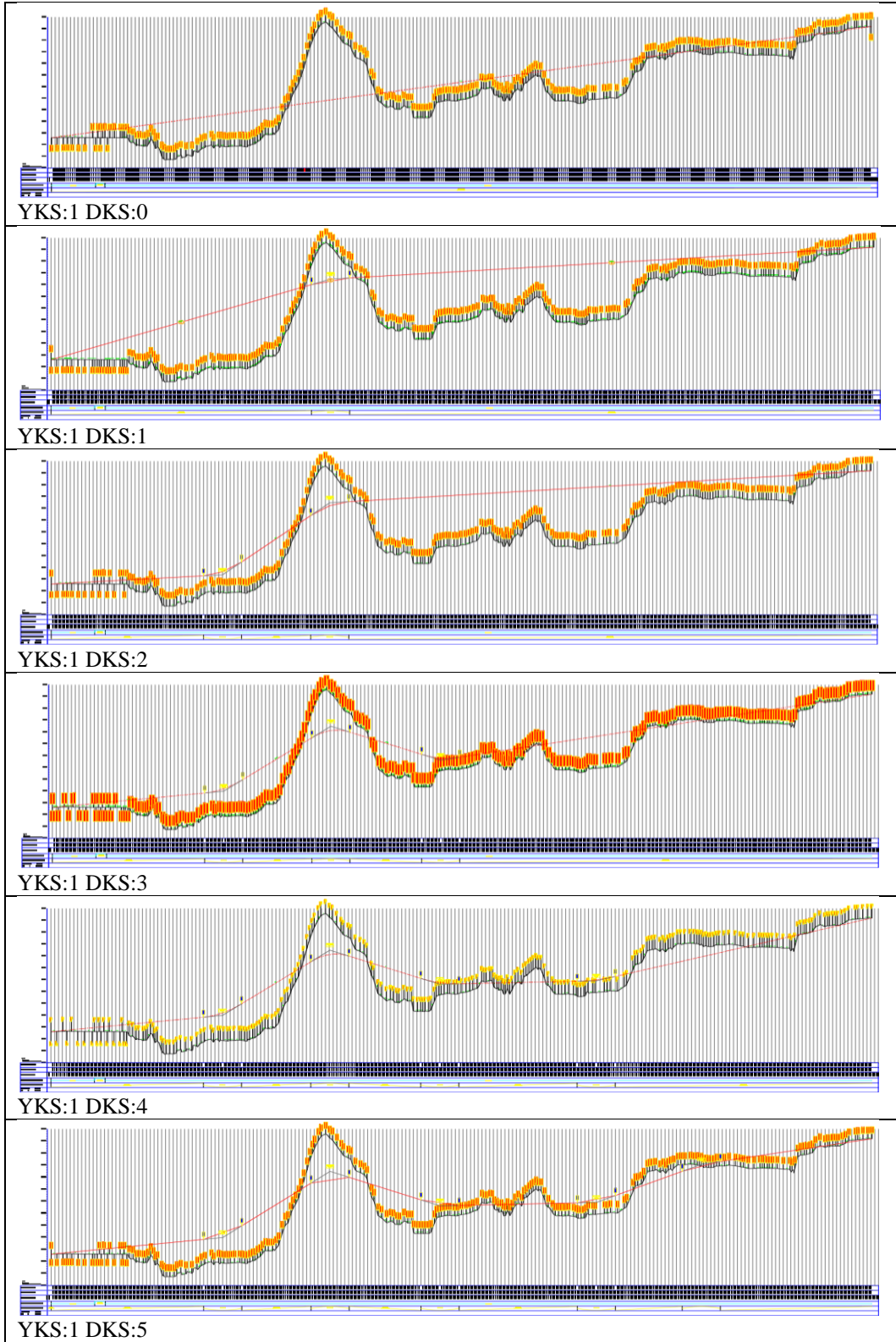
Şekil 7'de yatay kurp sayısı 5 ve sırasıyla düşey kurp sayısı 0,1,2,3,4 ve 5 olan geçki alternatiflerinin tasarımları gösterilmektedir.



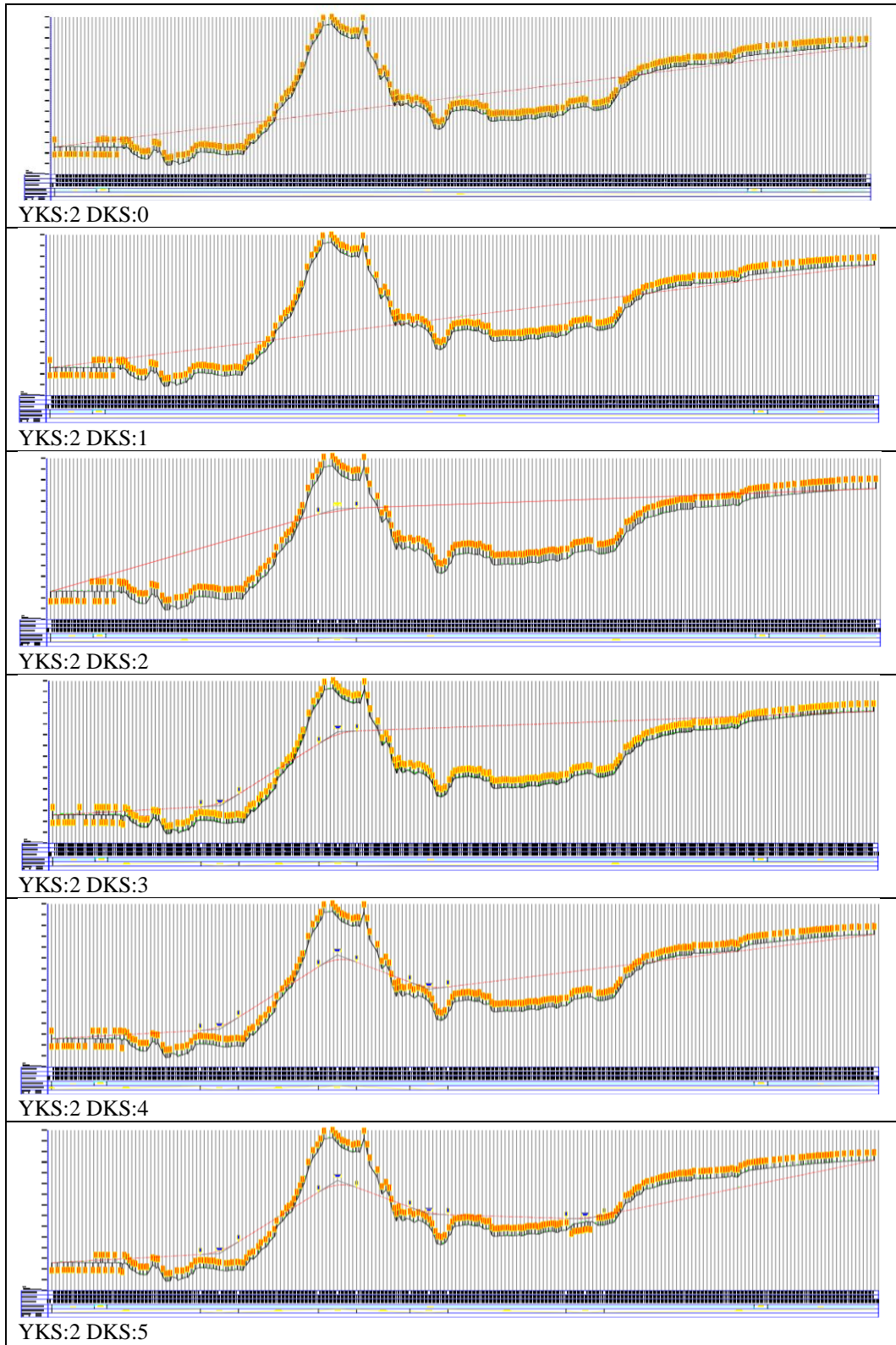
Şekil 1. 0,1,2,3,4 ve 5 yatay kurp ile oluşturulmuş farklı geçki alternatif örnekleri



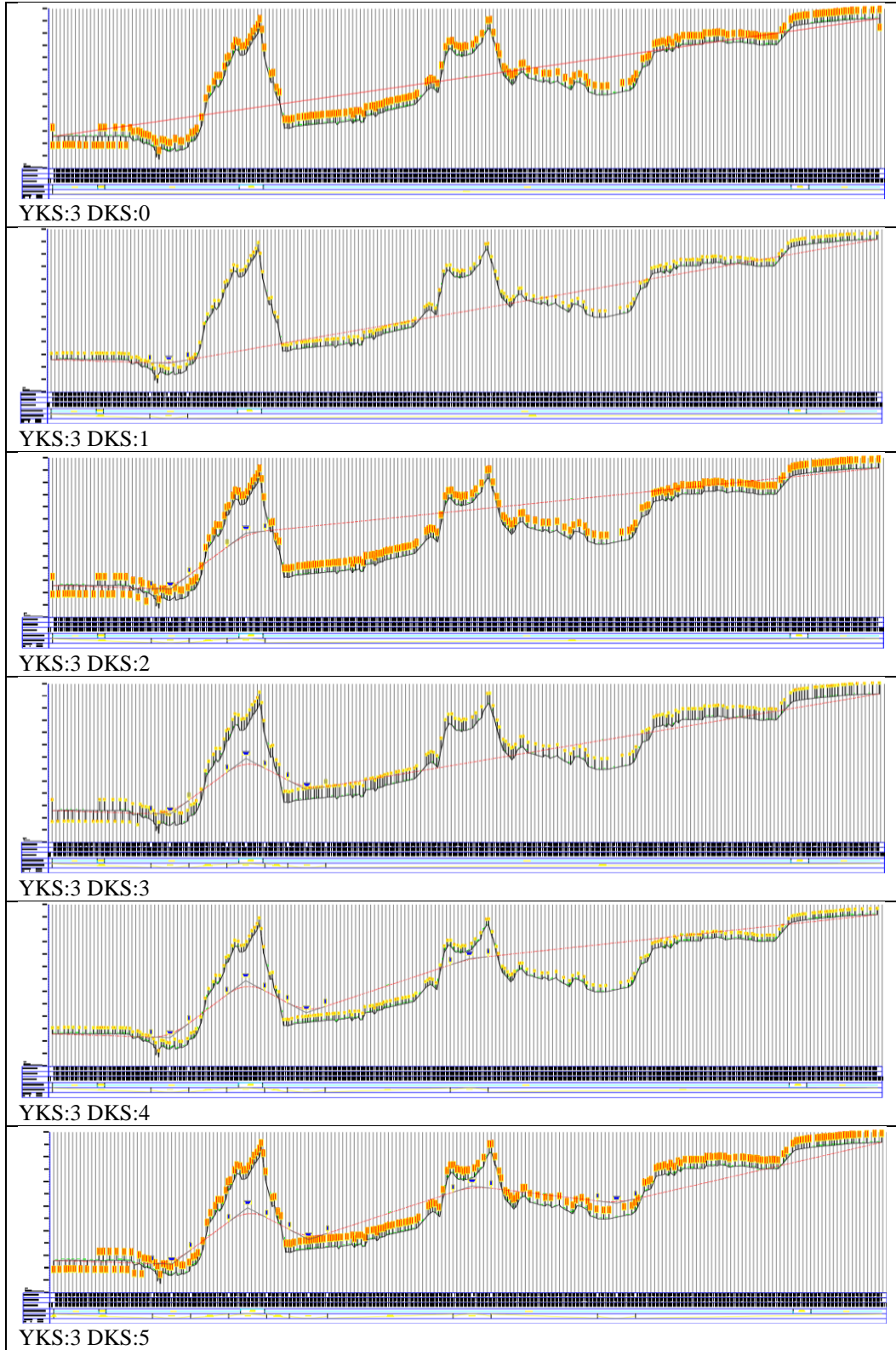
Şekil 2. Yatay kırp sayısı:0, düşey kırp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçi alternatifleri tasarımları



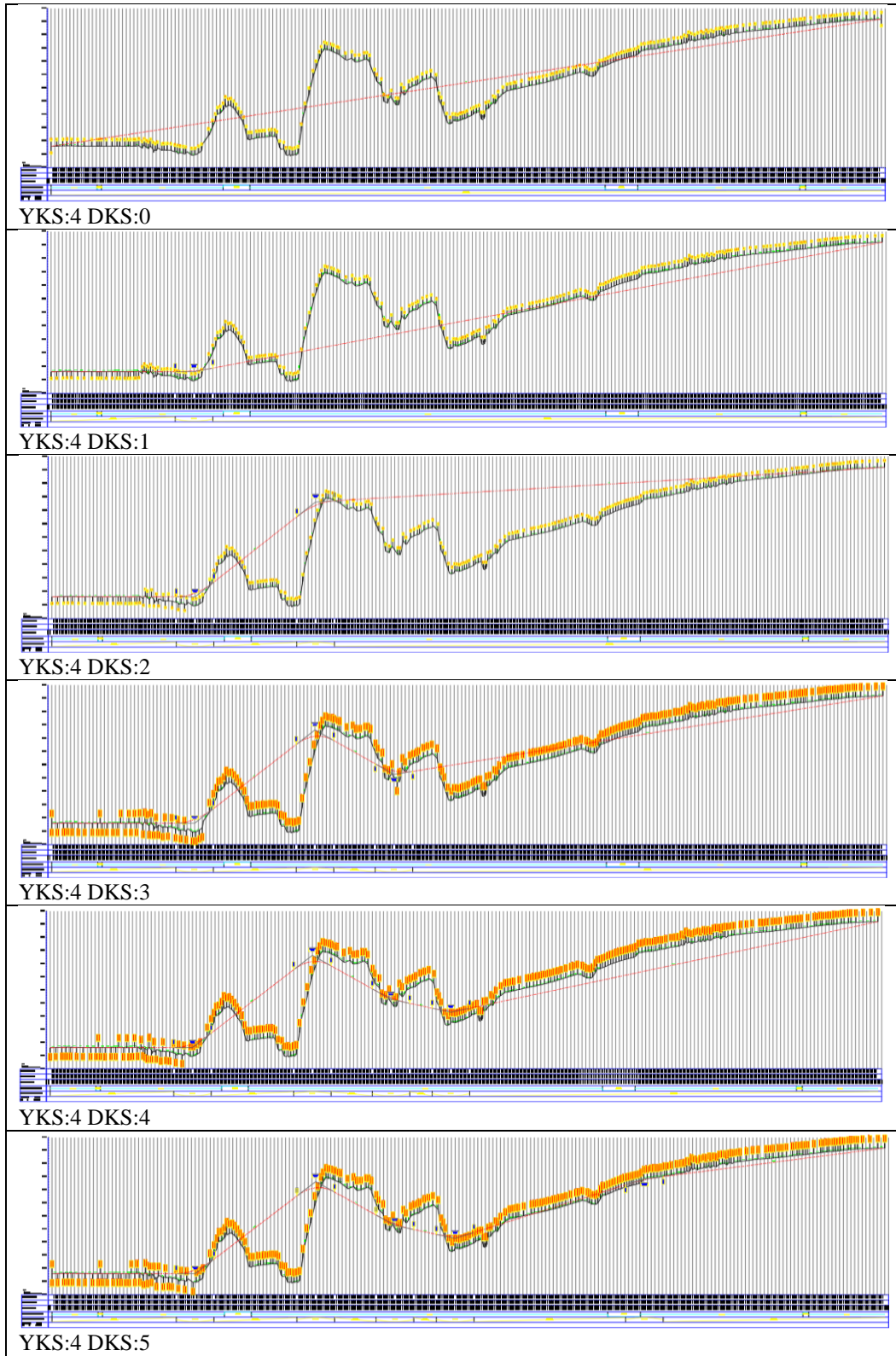
Şekil 3. Yatay kurp sayısı:1, düşey kurp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçki alternatifleri tasarımları



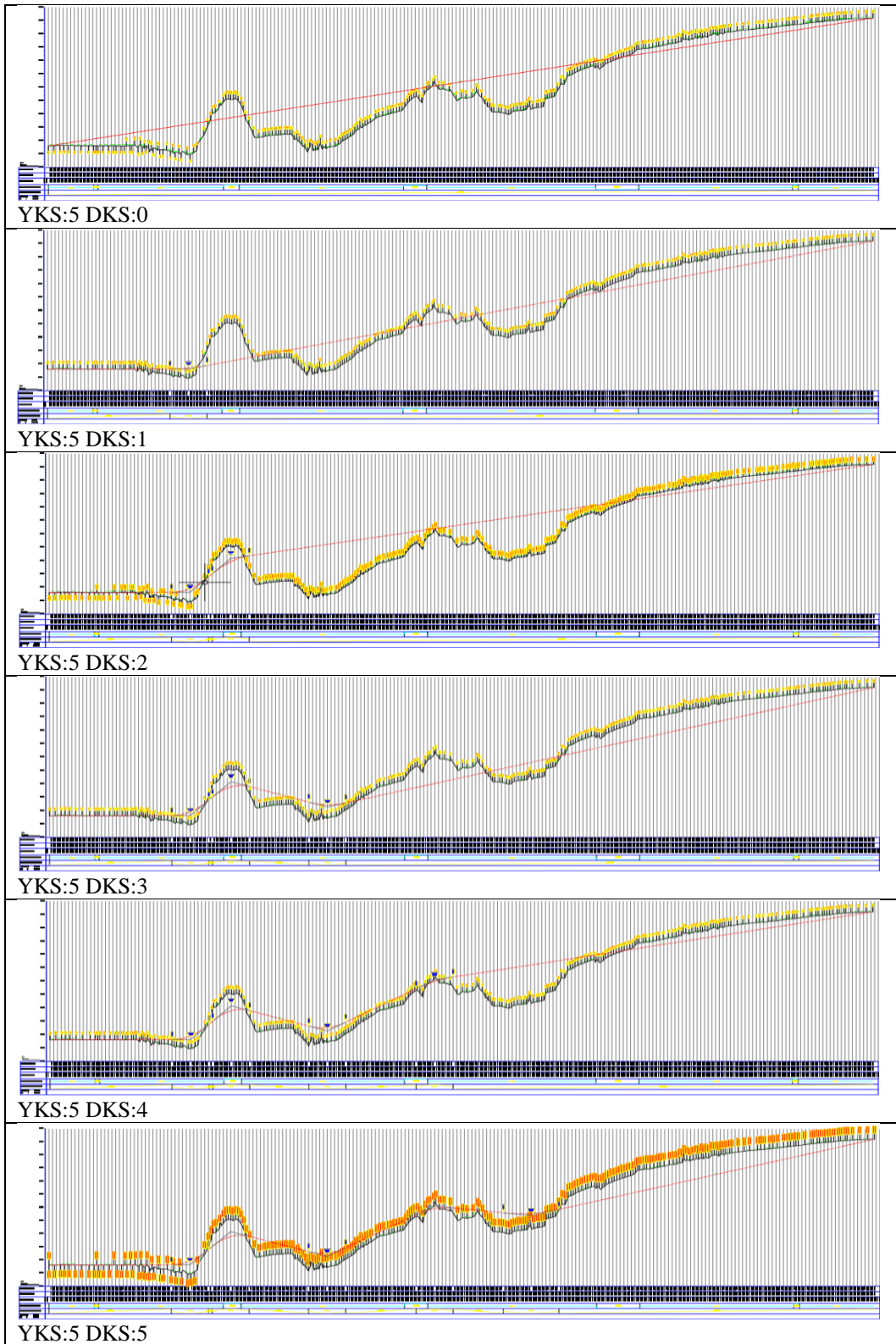
Şekil 4. Yatay karp sayısı:2, düşey karp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçki alternatifleri tasarımları



Şekil 5. Yatay kurp sayısı:3, düşey kurp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçki alternatifleri tasarımları



Şekil 6. Yatay kurp sayısı:4, düşey kurp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçki alternatifleri tasarımları



Şekil 7. Yatay karp sayısı:5, düşey karp sayısı:0,1,2,3,4 ve 5 ile oluşturulan farklı geçki alternatifleri tasarımları

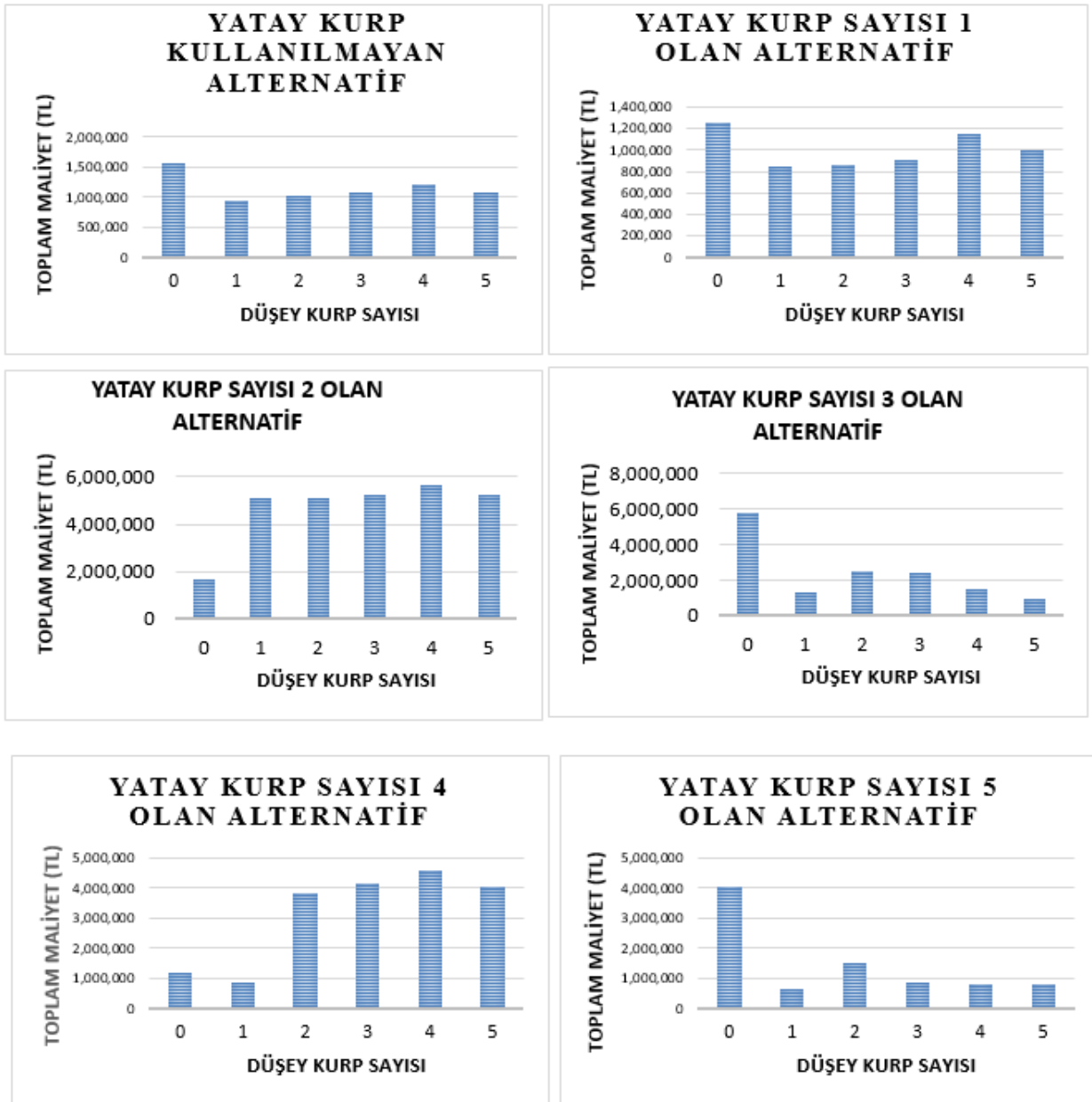
Farklı geçki alternatiflerinin oluşturulmasından sonra bu alternatiflerin karayolu yapım aşamasında meydana gelen toprak işleri (yarma ve dolgu) hesaplanmıştır. Farklı kombinasyonların hesaplamaları Tablo 1’de mevcuttur.

Tablo 1. Yatay ve düşey kurp ilişkilerine ait tüm kombinasyonların göstergeleri

		YATAY UZUNLUK (m)	YARMA (m ³)	DOLGU (m ³)	YARMA + DOLGU (m ³)	YARMA - DOLGU (m ³)	YARMA→ DOLGU (TL)	YARMA →DEPO (TL)	DEPO→ DOLGU (TL)	TOPLAM (TL)
YKS0	DKS0	2,151.3	242,704.1	479,561.5	722,265.5	-236,857.4	834,902.0	-	717,677.8	1,552,579.9
YKS0	DKS1	2,151.3	67,413.1	1,540,298.8	1,607,711.9	-1,472,885.7	231,901.1	-	717,678.8	949,579.9
YKS0	DKS2	2,151.3	85,457.1	1,308,425.1	1,393,882.2	-1,222,968.0	293,972.4	-	717,679.8	1,011,652.2
YKS0	DKS3	2,151.3	101,025.9	618,495.1	719,521.0	-517,469.2	347,529.2	-	717,680.8	1,065,210.0
YKS0	DKS4	2,151.3	143,843.5	458,336.0	602,179.4	-314,492.5	494,821.5	-	717,681.8	1,212,503.4
YKS0	DKS5	2,151.3	100,717.7	521,462.7	622,180.4	-420,745.0	346,469.0	-	717,682.8	1,064,151.9
YKS1	DKS0	2,152.8	155,340.6	550,715.4	706,055.9	-395,374.8	534,371.5	-	717,683.8	1,252,055.4
YKS1	DKS1	2,152.8	35,494.2	1,615,892.4	1,651,386.6	-1,580,398.2	122,100.1	-	717,684.8	839,784.9
YKS1	DKS2	2,152.8	41,474.1	1,207,379.2	1,248,853.3	-1,165,905.1	142,670.8	-	717,685.8	860,356.6
YKS1	DKS3	2,152.8	56,928.2	560,148.1	617,076.2	-503,219.9	195,832.9	-	717,686.8	913,519.8
YKS1	DKS4	2,152.8	124,267.5	486,845.7	611,113.1	-362,578.2	427,480.0	-	717,687.8	1,145,167.9
YKS1	DKS5	2,152.8	80,920.2	458,361.1	539,281.2	-377,440.9	278,365.4	-	717,688.8	996,054.2
YKS2	DKS0	2,158.6	495,605.4	465,960.4	961,565.9	29,645.0	1,602,903.9	89,824.4	-	1,692,728.3
YKS2	DKS1	2,158.6	78,116.5	1,665,298.9	1,743,415.4	-1,587,182.4	268,720.6	-	4,809,162.8	5,077,883.4
YKS2	DKS2	2,158.6	90,637.4	1,245,372.2	1,336,009.6	-1,154,734.8	311,792.7	-	4,809,163.8	5,120,956.4
YKS2	DKS3	2,158.6	128,955.7	563,445.3	692,401.1	-434,489.6	443,607.7	-	4,809,164.8	5,252,772.5
YKS2	DKS4	2,158.6	248,575.6	350,747.3	599,322.9	-102,171.7	855,100.0	-	4,809,165.8	5,664,265.8
YKS2	DKS5	2,158.6	120,027.8	366,638.8	486,666.5	-246,611.0	412,895.5	-	4,809,166.8	5,222,062.3
YKS3	DKS0	2,179.9	279,451.4	437,306.3	716,757.7	-157,855.0	961,312.7	-	4,809,167.8	5,770,480.5
YKS3	DKS1	2,179.9	418,585.3	161,760.6	580,345.8	256,824.7	556,456.3	778,178.8	-	1,334,635.1
YKS3	DKS2	2,179.9	158,772.5	802,290.5	961,063.0	-643,518.0	546,177.5	-	1,949,859.5	2,496,037.0
YKS3	DKS3	2,179.9	359,707.9	202,707.0	562,414.9	157,000.9	1,934,707.2	475,712.6	-	2,410,419.7
YKS3	DKS4	2,179.9	187,567.2	463,789.7	651,356.9	-276,222.5	645,231.1	-	836,954.3	1,482,185.4
YKS3	DKS5	2,179.9	282,142.2	243,794.2	525,936.4	38,347.9	838,652.2	116,194.2	-	954,846.3
YKS4	DKS0	2,209.9	149,991.0	370,892.8	520,883.8	-220,901.8	515,969.0	-	669,332.6	1,185,301.6
YKS4	DKS1	2,209.9	275,258.9	100,336.5	375,595.4	174,922.4	345,157.6	530,014.8	-	875,172.4
YKS4	DKS2	2,209.9	21,255.3	1,259,115.9	1,280,371.2	-1,237,860.6	73,118.3	-	3,750,717.6	3,823,835.9
YKS4	DKS3	2,209.9	111,112.6	470,902.4	582,015.1	-359,789.8	382,227.4	-	3,750,718.6	4,132,946.0
YKS4	DKS4	2,209.9	238,527.0	358,292.1	596,819.1	-119,765.0	820,533.0	-	3,750,719.6	4,571,252.6
YKS4	DKS5	2,209.9	92,948.7	376,826.5	469,775.2	-283,877.7	319,743.7	-	3,750,720.6	4,070,464.3
YKS5	DKS0	2,225.1	93,560.0	462,994.3	556,554.3	-369,434.3	321,846.4	-	3,750,721.6	4,072,568.0
YKS5	DKS1	2,225.1	191,767.9	147,915.6	339,683.5	43,852.3	508,829.7	132,872.4	-	641,702.1
YKS5	DKS2	2,225.1	79,290.1	478,367.0	557,657.1	-399,076.9	272,757.9	-	1,209,203.1	1,481,961.0
YKS5	DKS3	2,225.1	274,031.8	100,064.7	374,096.5	173,967.1	344,222.7	527,120.2	-	871,342.8
YKS5	DKS4	2,225.1	106,484.2	241,710.6	348,194.8	-135,226.3	366,305.8	-	409,735.8	776,041.6
YKS5	DKS5	2,225.1	245,917.6	129,329.6	375,247.1	116,588.0	444,893.7	353,261.6	-	798,155.3

2.1 Yatay kurpların sayılarının karayolu yapım maliyeti üzerindeki etkileri

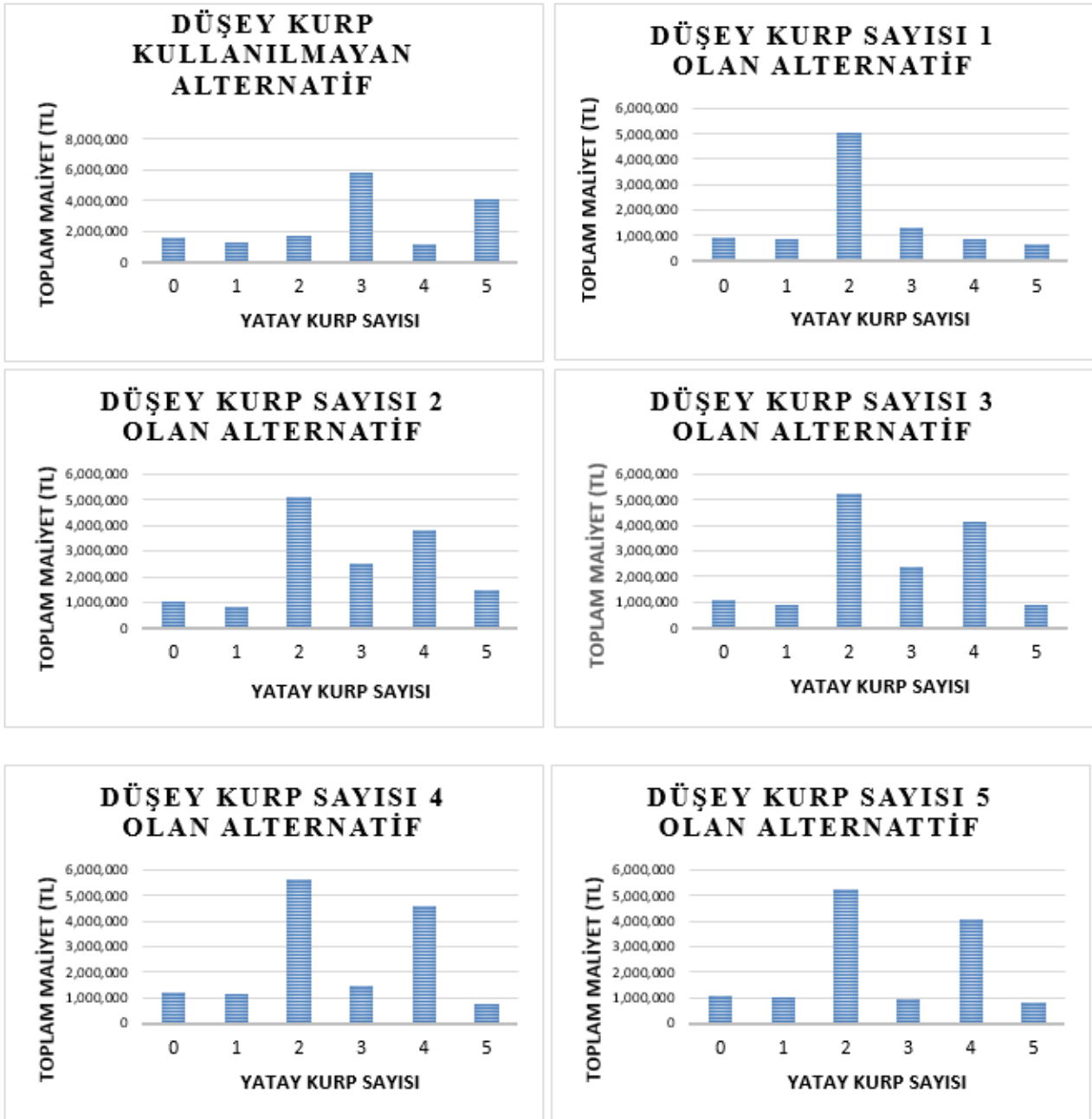
Yatay kurp sayılarının maliyet üzerindeki etkilerinin araştırılması için yatay kurp sayıları sabit alınarak, düşey kurp sayıları değiştirilerek farklı kombinasyonlar üretilmiş olup bunların maliyet üzerindeki değişimi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda Tablo 1'den elde edilen veriler aracılığıyla Şekil 8'de görülen grafikler çizilmiştir.



Şekil 8. Yatay korp sayıları sabit şekilde oluşturulan farklı kombinasyonların maliyet grafikleri

2.2 Düşey korp sayılarının karayolu yapım maliyetleri üzerindeki etkileri

Düşey korp sayılarının maliyet üzerindeki etkilerinin araştırılması için düşey korp sayıları sabit alınarak, yatay korp sayıları değiştirilerek farklı kombinasyonlar üretilmiş olup bunların maliyet üzerindeki değişimi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda Şekil 9'da görülen grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 9. Düşey kurp sayıları sabit şekilde oluşturulan farklı kombinasyonların maliyet grafikleri

Karayolu elemanlarından olan yatay ve düşey kurpların maliyet analizi yapılırken aralarında herhangi bir ilişki olup olmadığı gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bunun içinde yarma ve dolgu maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmak durumundadır. Bu hesaplamalarda yarma işleminden elde edilen malzeme hacmi, dolgu malzeme hacmini karşıladığı durumlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Eğer yarma malzeme hacmi dolgu malzemesinden fazla ise yarma malzemesi, dolgu malzemesi için kullanılıp gerisi depoya gönderilmiştir. Şayet yarma malzeme hacmi, dolgu malzeme hacminden az ise bu seferde depodan dolgu malzemesi için malzeme temin edilmiştir. Bütün bu maliyetler ilgili poz numarası ile hesaplanmış olup Tablo 1 oluşturulmuştur. Yatay kurp sayılarının karayolu yapım maliyeti üzerindeki etkilerini incelemek için Tablo 1 ve Şekil 8'den yararlanılarak Tablo 2 oluşturulmuştur. Tablo 2'de yatay kurp sabit alındığında en uygun alternatif, yatay kurp sayısının 5 ve düşey kurp sayısının 1 alındığı seçenek olarak görülmektedir. Yine Şekil 8

incelendiğinde, yatay kurp sayıları sabit alındığında karayolu yapım elemanlarının maliyeti konusunda düşey kurp sayılarının maliyet üzerindeki etkisinde herhangi bir ilişki bulunmadığı görülmektedir.

Tablo 2. Yatay kurp sayıları sabit alınarak en uygun alternatif göstergeleri.

Yatay Kurp Sayısı	Uygun Olan Alternatifin Düşey Kurp Sayısı	Uygun Alternatifin Maliyeti (TL)	Alternatiflerin Ortalama Maliyeti (TL)	Oran (%)
0	D.K.S: 1	949,579.90	1,142,612.9	17
1	D.K.S: 1	839,784.90	1,001,156.47	16.2
2	D.K.S: 0	1,692,728.30	4,671,778.12	63.8
3	D.K.S: 5	954,846.30	2,408,100.67	60.3
4	D.K.S: 1	875,172.40	3,109,828.80	71.8
5	D.K.S: 1	641,702.10	1,440,295.13	55.4
Oranların Standart Sapması				24.46

Tablo 1 ve Şekil 9 baz alınarak düşey kurp sayıları sabit tutularak en uygun alternatifin maliyet üzerindeki etkileri de incelenebilmektedir. Bunun içinde Tablo 3 oluşturulmuştur. Tablo 3’de düşey kurp sayıları sabit alınarak en uygun maliyetli alternatifin yatay kurp sayıları gösterilmektedir.

Tablo 3. Düşey kurp sayıları sabit alınarak en uygun alternatif göstergeleri.

Düşey Kurp Sayısı	Uygun Olan Alternatifin Yatay Kurp Sayısı	Uygun Alternatifin Maliyeti (TL)	Alternatiflerin Ortalama Maliyeti (TL)	Oran (%)
0	Y.K.S: 1	1,252,055.40	2,587,618.95	51.6
1	Y.K.S: 5	641,702.10	1,001,156.47	60.4
2	Y.K.S: 1	860,356.60	2,465,799.85	65.1
3	Y.K.S: 5	871,342.80	2,408,100.67	64.3
4	Y.K.S: 5	776,041.60	2,475,236.12	68.6
5	Y.K.S: 5	798,155.30	1,440,295.13	63.4
Oranların Standart Sapması				5.34

3. Sonuçlar

Tablolar ve Şekil 8, 9 incelendiğinde, yatay ve düşey kurpların karayolu yapım maliyeti üzerindeki etkisi bir bağıntı ile ifade edilemediği görülmektedir. En uygun alternatifin yatay kurp sayısı 5 ve düşey kurp sayısı 1 olan alternatif olduğu gözlemlenmiştir. Dikkate alınan kesimin mevcut topoğrafik durumu az sayıda düşey kurp ile geçki oluşturulmasına imkân vermektedir. Ancak yine arazi durumundan dolayı toprak işlerinin azaltılması veya birbirini dengelemesi için yatay kurp sayısının 5 alınması mantıklı görünmektedir. Ancak kullanıcı açısından düşünülürse, düşey kurp sayısının az olması yakıt tüketimi açısından avantaj sağlamasına rağmen bu alternatifte yol uzunluğunun diğer alternatiflere göre fazla olması bir maliyet artışına neden olacaktır. Diğer bir taraftan Doğu Anadolu Bölgesi’nin en soğuk illerinden birisi olan Erzurum’da her ne kadar toprak işleri maliyeti açısından yatay kurp sayısının fazla olması avantajlı olsa da bu bölgelerde kaplama üzerinde meydana gelen buzlanmalardan dolayı kurplardan azami derecede kaçınmakta fayda görülmektedir

Kaynaklar

- [1] Mondal S., "Horizontal Alignment Optimization in Road Design", Yüksek Lisans Tezi (MSc Thesis), The University of British Columbia, Vancouver, Kanada, 2014.
- [2] Hirpa DA., "Simultaneous Optimization of Vertical and Horizontal Road Alignments", Yüksek Lisans Tezi (MSc Thesis), The University of British Columbia, Vancouver, Kanada, 2014.
- [3] Sajjadi SM., Beheshty SAM. "Highway Alignment Optimization by Using Cost and Safety Criteria", *Technical Gazette*, 2017, 24(2), 409-418.
- [4] Urcera GC., Santamarina D., Vazquez-Mendez ME. "Optimization of Horizontal Alignment Geometry in Road Design and Reconstruction", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2017, 74, 261-274.
- [5] Wilmot CG., Cheng G. "Estimating Future Highway Construction Costs", *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129(3), 272-279.
- [6] Bakış A. "Esnek ve Rijit Üstyapılarda Kaplama Kalınlığı ve Üstyapı Maliyetinin En Küçük Kareler Yöntemiyle Hesaplanması", *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 2018, 10(2), 109-118.
- [7] Mb S., Maji A. "Minimizing Highway Alignment Cost by Optimizing Horizontal Curve Radius", *International Conference on Advances in Highway Engineering & Transportation Systems (ICAHETS-2017)*, Negombo, Sri Lanka. 21-22 July 2017.
- [8] Islam MN., Seneviratne PN. "Least-Cost Design of Highway Geometry", *Civil Engineering and Environmental Systems*, 1999, 17(1), 19-38.
- [9] Jha MK., Schonfeld P. "A Highway Alignment Optimization Model using Geographic Information Systems", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2004, 38(6), 455-481.
- [10] Soycan A., Soycan M. "Karayolu Yapım Maliyetlerinin Belirlenmesinde Yatay ve Düşey Kırp Sayılarının Etkilerinin İncelenmesi", 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye 23-25 Kasım 2005.
- [11] Tomek R. "Advantages of Precast Concrete in Highway Infrastructure Construction", *Procedia Engineering*, 2017, 196, 176-180.
- [12] Zang XD., Quyang F., Tian F. "Highway Construction Cost Estimation Based on Kalman Filter", *Advances in Intelligent Systems Research*, 2017, 141, 191-194.
- [13] Sari F., Sen M. "Least Cost Path Algorithm Design for Highway Route Selection", *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2017, 2(1), 1-8.
- [14] Hoque MM., Lu Q., Xin CF. "Effect of Highway Lane Management Policy of Heavy Vehicles On the Cost of Flexible Pavement", *Journal of Transportation Engineering Part A-Systems*, 2018, 144(11), 04018072.
- [15] Dell'Amico M., Fuellerer G., Hofinger G., Iori M., Novellani S. "A Decision Support System for Highway Construction: The Autostrada Pedemontana Lombarda", *Interfaces*, 2016, 46(3), 245-263.
- [16] Moretti L., Cantisani G., Di Mascio P. "Management of Road Tunnels: Construction, Maintenance and Lighting Costs", *Tunneling and Underground Space Technology*, 2016, 51, 84-89.
- [17] Bağdatlı MEC., Yıldırım MŞ. "Karayolu Üstyapılarındaki Bozulmaların Bakım Maliyetlerine Etkisi", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2017, 6(1), 102-111.
- [18] Karayolları Genel Müdürlüğü. "Proje Mühendisleri için Karayolu Geometrik Standartları Esasları", Ankara, Türkiye, 2018.
- [19] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "2018 Birim Fiyat Listesi", Ankara, Türkiye, 2018
- [20] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "2018 Birim Fiyat Listesi", Ankara, Türkiye, 2018.