



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Karayolu ulaşımında farklı yol kaplamalarının çevresel gürültü seviyesine katkılarının incelenmesi: Adana örneği

Investigation of contribution of various road pavements to environmental noise level on highways: Adana example

Yazar(lar) (Author(s)): Zeki BOZKURT¹, Zeliha SELEK²

ORCID¹: 0000-0002-5904-4222

ORCID²: 0000-0002-5593-5538

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Bozkurt Z. ve Selek Z, “Karayolu ulaşımında farklı yol kaplamalarının çevresel gürültü seviyesine katkılarının incelenmesi: Adana örneği”, *Politeknik Dergisi*, 22(2): 415-429, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.417762

Karayolu Ulaşımında Farklı Yol Kaplamalarının Çevresel Gürültü Seviyesine Katkılarının İncelenmesi: Adana Örneği

Araştırma Makalesi / Research Article

Zeki BOZKURT ^{1*}, Zeliha SELEK ²

¹Seyhan Belediyesi, Adana, Türkiye

²Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(Geliş/Received :26.01.2018; Kabul/Accepted :06.04.2018)

ÖZ

Bu çalışmada, karayolu kaplamalarından kaynaklanan gürültünün etkileri incelenmiştir. NMPB Routes 96 karayolu gürültü tahmin modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar SoundPLAN 6.4 programında, gerçekleştirilmiş, araç hızı, trafik yükü değiştirilerek farklı senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolarda, parke taşı kaplama (PTK), düz asfalt kaplama (DAK) ve gözenekli asfalt kaplama (GAK) olmak üzere üç farklı yol kaplaması ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Üç farklı yol kaplaması için, ülkemiz ve Avrupa Birliği mevzuatında belirlenen gündüz-akşam-gece gürültü göstergelerinde ve <55, 55-65, 65-75 ve >75 dBA gürültü seviyelerinde birbirlerine göre durumları, maruz kalınan alan açısından değerlendirilmiştir. Çalışma, Adana il merkezinde bulunan üç farklı bulvar güzergâhında yapılmıştır. Maruz kalınan alan açısından tüm zaman dilimlerinde 55 dBA'nın altında olan gürültü seviyelerinde PTK toplam hesaplama alanı içerisinde en düşük yüzdeye sahip olduğu görülmüştür. Nüfus açısından ise 55 dBA'dan daha düşük gürültü seviyelerinde DAK ve GAK kaplamalarda PTK'ya göre hesaplama alanlarındaki nüfusun daha fazlası maruz kaldığı görülmüştür. Hesaplama alanlarında 55 dBA gürültü seviyesinin altında kalan konutlar değerlendirildiğinde PTK gündüz-akşam-gece zaman dilimlerinde diğer iki yol kaplamasına göre daha düşük bir yüzdeye sahip olduğu görülmüştür. Aşırı gürültü seviyelerine (>75 dBA) maruz kalınan alanlar ve maruz kalınan nüfus tahmin edilerek bu alanlarda bulunan duyarlı yapıların (konut, hastane vb.) ve bu yapılara maruz kalan kişi sayısı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gürültü, çevresel gürültü, karayolu gürültüsü, gürültü haritaları, NMPB, SoundPLAN.

Investigation of Contribution of Various Road pavements to Environmental Noise Level on Highways: Adana Example

ABSTRACT

In this study, the noise effects caused by roadway pavement were examined. The calculations made using the NMPB Routes 96 roadway noise estimation model were made in SoundPLAN 6.4 program, vehicle speed and traffic load were changed to create different scenarios. In the scenario, three different road coverings were evaluated and evaluated, including cobblestone paving (PTK), flat asphalt pavement (DAK) and porous asphalt pavement (GAK). For three different road coverage, in daytime-evening-night noise indicators as specified both in our country and the European Union legislation, and at noise levels of <55, 55-65, 65-75 and 75 dBA according to each other, housing. The study was conducted on three different boulevard routes in Adana province center. From the point of view of the exposed area, it has been found that the noise level of less than 55 dBA in all time periods has the lowest percentage of the total calculation area of PTK. In terms of population, noise levels of less than 55 dB A were found to be more exposed in the calculation areas than in the PTK for DAK and GAK coverage. When the residences below the noise level of 55 dBA were evaluated in the calculation areas, PTK was found to have a lower percentage in the daytime-evening-night time period than the other two roads. The areas exposed to extreme noise levels (> 75 dBA) and the exposed population were estimated and the number of sensitive structures (housing, hospitals, etc.) and the number of people exposed to this structure were determined. In addition, the data obtained in the study are mapped.

Keywords: Environmental noise, road noise, noise maps, NMPB, SoundPLAN.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gürültü çevre kirliliğinin görülmeyen bir boyuttur ve insan sağlığını hem psikolojik hem de fizyolojik olarak etkilemektedir. Gürültünün en yaygın ve kabul edilebilir

tanımı istenmeyen yani arzu edilmeyen sestir. Toplu yaşamın gereksinimlerini yerine getirirken ortaya çıkan faaliyetlerden doğan sesler kimi zaman gürültü olarak algılanmaktadır. Özellikle 18. ve 19. yüzyıllarda yeni buluşların üretimde uygulanması ve buhar gücüyle çalışan makinelerin makineleşmiş endüstriyi doğurması sonucunda gerçekleşen sanayi devrimi diğer çevre

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : zelihaselek@gazi.edu.tr

sorunları gibi gürültünün de fark edilmesinde köşe taşı olmuştur. Aslında gürültü sanayi devrimi ile ortaya çıkan ve modern zamanların bir çevre sorunu değildir. Zira Julius Caesar döneminde parke taşı Roma sokaklarında gece saatleri boyunca at arabalarının sürülmesi yasaklanmıştır [1].

Nüfus yoğunluğu yüksek günümüz endüstriyel toplumlarında gürültü kirliliği büyük bir problem olmaktadır. Bu toplumlarda, ulaşımın taşıdığı önem sebebi ile trafik gürültüsü ve bunun içinde özellikle karayolu gürültüsü, en başta gelen gürültü kaynağıdır [2]. Başta ulaşım gürültüsü olmak üzere teknoloji artışı olarak ortaya çıkan ve 1960'lı yıllardan sonra toplumun çeşitli kesimlerinde rahatsızlık boyutu artan gürültü, üzerinde araştırma yapılması gereken bir rahatsızlık unsuru olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalar gürültünün çevre faktörüne bağlı olarak insan ve toplum sağlığı üzerinde büyük bir risk oluşturduğunu ve kentlerde gürültüden doğrudan etkilenen kişi sayısının giderek arttığını ortaya koymuştur. AB nüfusunun %20'sinin 65 dBA'nın, %40'nın 55 dBA'nın üzerinde ulaşım gürültüsüne maruz kaldığı bilinmektedir[3].

Son yıllarda Avrupa Birliği üyeliği sürecinde her alanda olduğu gibi çevre alanında da çalışmaların içinde gürültü üzerine çalışmalar göze çarpmaktadır. Ülkemizde AB'nin 2002/49/EC nolu Çevresel Gürültü Direktifine uyumlu olarak Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 01.07.2005 tarih, 25862 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (ÇGDY) Yönetmeliği" ile AB'ye uyum süreci içindeki gerekli düzenlemeyi yapmıştır. AB'nin 2002/49/EC nolu Çevresel Gürültü Direktifi doğrultusunda hazırlanan ÇGDY Yönetmeliğinin amacı "çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır". 2005'de hazırlanarak yürürlüğe giren yönetmeliğin ardından uygulama süreci içinde ortaya çıkan eksiklikler, ülkemizin yapısından kaynaklanan özel durumlar vb. gereksinimlerden dolayı söz konusu yönetmelik 07.03.2008, 04.06.2010 ve 27.04.2011 tarihlerinde Resmi Gazetede yayımlanarak revize edilmiştir. ÇGDY Yönetmeliği Madde 18'de karayolundan çevreye yayılan gürültü seviyesi ve gürültünün önlenmesine ilişkin sınır değerler bu Yönetmeliğin ekindeki Ek-VII Tablo-1'de belirtilmiştir. Karayollarından kaynaklanan çevresel gürültü seviyesi bu Yönetmeliğin ekindeki Ek-VII'de yer alan sınır değerleri aşamaz [4].

Avrupa Komisyonu'nun "Gürültü" konusunda oluşturduğu beş ayrı çalışma grubundan biri, gürültü haritalarına yönelik olarak çalışmaktadır. Değişik ülkelerden katılımcıların yer aldığı ve 1998 yılında çalışmalarına başlayan grubun temel amacı, gürültü haritalarının oluşturulmasına yönelik bir yönerge hazırlamaktır. Ayrıca, uluslararası ölçekte, gürültü düzeylerinin ve etkilerinin belirlenmesini içeren bir bilgi bankasının oluşturulması da amaçlanmaktadır [5].

Almanya'da, yalnızca karayolu trafik gürültüsünün değerlendirilmeye alındığı ölçmeye dayalı gürültü haritalarının hazırlanmasına 1960'lı yıllarda başlanmıştır. 1970'li yıllarda ise, gürültü düzeyini tahmin model ve yöntemleri geliştirilmeye başlanmış, özellikle 1990 yılından sonra, bilgisayar programları yardımı ile haritaların çok daha hızlı, hassas ve ayrıntılı oluşturulması olanaklı duruma gelmiştir. 1980 yılına kadar Almanya'da yer alan 40 şehir ve kasabanın gürültü haritası oluşturulurken bu sayı, 1992'ye kadar 350'ye ulaşmıştır [6]

Ho vd. yaptıkları çalışmada lastik/yol gürültüsüne yol kaplamaların ve lastik bozulmasının etkilerini incelemişlerdir [7]. Trafik gürültüsünü azaltmak için yol kaplamaları ve lastiklerin düşük gürültüye sebep olacak tiplerinin gürültüye duyarlı alanlarda kullanımı benimsenmiştir. Fakat bu gürültü seviyesini azaltacak lastiklerin ve yol kaplamalarının dayanıklılık ve sağlamlık açısından tereddütler vardır. Çalışmada ölçülen beş tür düşük gürültü yüzey kaplamasının lastik/yol gürültüsüne yılda 1.2-1.5 dB(A) bir katkısı olduğu görülmüştür. Lastiklerin kauçuk sertliği ayda yaklaşık 0.6 ile 1 değerlik gürültü artışına neden olmaktadır. Lastik/yol gürültü seviyesindeki artış yol yüzeyi kaplamasına bağlı olarak her bir birim için 0,08-0,48 dB(A)'lık fark oluşturmaktadır. Lastik/yol gürültüsünün artışına test lastiğinin deformasyonuna bağlı olarak yılda 0,6 dB (A) etkisi olmaktadır.

Freitas vd. yaptıkları çalışmada farklı yol tipleri, araç hızları ve trafik yoğunluğunun trafik gürültüsüne etkilerini araştırmışlardır [8]. Çalışmada araç hızları ve trafik yoğunluğu açısından parke taşları, yoğun asfalt ve asfalt kauçuk kaplamaların rahatsızlık derecesi açısından trafik gürültüsüne etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda parke taşı kaplamaların gürültü açısından en rahatsız edici olduğu tespit edilmiştir. Yoğun asfalt, asfalt kauçuk kaplamaya göre daha az gürültü rahatsızlığı oluşturuyor olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. Trafik yoğunluklarının artışında olduğu gibi daha yüksek araç hızları da daha fazla gürültü rahatsızlıklarına yol açar.

Praticò ve Lédée yapmış oldukları çalışmada trafik gürültüsünü azaltmak için kaplamaların kullanımını incelemişlerdir [9]. Çalışmada farklı kaplamalar analiz edilmiş ve gürültü özellikleri açısından listelenmiştir. Çalışmanın sonuçları göstermiştir ki gürültünün azaltılması için yeni ürünlerin geliştirilmesi daha geniş kullanım alanı için gerekli ve faydalı olabilir.

Donavan yapmış olduğu çalışmada gözenekli kaplamanın yol kenarındaki gürültü seviyesine etkisini incelemiştir [10]. Gözenekli kaplamalar üzerindeki önceki ses çalışmalarının sonuçları ile yol-lastik kaynak seviyeleri karşılaştırıldığında, ilave 3.4 ve 4.1 dB'lik azalmanın gözenekli kaplama tarafından sağlandığı sonucuna varmıştır.

Chu vd. yapmış oldukları çalışmada aşınma tabakaları tiplerinden biri olan gözenekli asfalt kaplamalarda ses emiliminin iyileştirilmesini incelemişlerdir [11].

Çalışmada sırası ile %12, %16, %20 ve %25 olmak üzere dört ayrı gözenek oranı test edilmiştir. Karışımların ses absorpsiyonu ve lastik kaplama gürültü azaltma kabiliyetinin etkinliği, deneme kesitlerinin laboratuvar verileri ve alan ölçümleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yüzde gözenekliliğin %25'ten %12'ye değiştirilmesinin, ses emiliminin frekans özelliklerinde bazı değişikliklere neden olduğunu, ancak lastik kaplama gürültüsünün azaltılmasına olan katkılarında göz ardı edilebilir değişikliklere neden olduğunu bulmuştur. Diğer yandan, karışımlardaki gözeneklerin tıkanması, hem ses emme katsayılarında hem de lastik kaplama gürültüsü azaltmalarında gözle görülür bir düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir.

Ding ve Wang yapmış oldukları çalışmada, sonlu elemanlar metodu-sınır elemanı (FEM-BEM) analizi ile birleştirilmiş modelleme yaklaşımı kullanılarak, kaldırım yüzeyinin ve gözenekli yüzeyin, lastik kaplama gürültüsü üzerindeki etkileri araştırılmıştır [12]. Çalışmada daha yüksek doku seviyelerine sahip yüzey tipi, hem gözenekli hem de gözeneksiz yüzeyler için genellikle daha fazla gürültü ürettiği ancak aynı yüzey dokusu koşulu altında gözenekliliğin artmasıyla gürültünün azaldığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, gözenekli kaplamaların farklı ses emilim katsayılarına bağlı gürültü değişimi, yüzey dokusunun gürültü üzerindeki etkisi kadar önemli olmadığı çalışmada ifade edilmektedir.

Ülkemizde de son yıllarda çevresel gürültü konusunda üniversite ve ilgili kurum-kuruluşlarda çalışmalar yapılmış olup özellikle bu çalışmaların bir kısmı karayolundan kaynaklanan çevresel gürültü bileşenlerini ele alıp değerlendirmiştir. [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]

Bu çalışmanın amacı, karayolu gürültü kaynağının azaltılması için karayolu kaplamalarının trafik özellikleri ile beraber değerlendirilmesidir. Böylelikle yol dışında herhangi bir fiziki yapı (gürültü bariyeri vb.) yapılmadan gürültüdeki değişimlerin ne şekilde değiştiği görülmeye çalışılacaktır. Böylelikle özellikle planlama aşamasındaki yolların seçimlerinde güzergâhların tespitinden, yol yüzeyi kaplamasının türüne kadar tüm değişkenlerin karayolu ulaşımından kaynaklanan çevresel gürültü değişimindeki etkileri ortaya çıkmış olacaktır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Karayolu gürültüsü standartları birçok ülkede uygulanmaktadır. Bir karayolunda açığa çıkan gürültü tüm standartlar tarafından bir geniş bant ses olarak hesaplanmaktadır. Araçların lastik, motor, şanzıman ve egzoz gürültüleri birbirinden ayrı olarak değil, bütün halinde değerlendirilmektedir. Kamyonlar ve yolcu taşıtları için hıza bağlı olarak değişmeyen, aynı frekans değeri kullanılır. Tüm modeller bir kaynak ve bir de yayılım modeli olarak iki kısma ayrılır. Karayolu için emisyon gürültü düzeyi (temel gürültü düzeyi olarak da adlandırılır), tanımlanan trafik parametrelerine göre belli

bir referans uzaklığında hesaplanır. Gürültü tanımlaması için ses enerjisi kullanılmamaktadır. Ancak burada belirtilen referans uzunluğu da her standartta farklı şekilde belirtilmektedir. 10, 12,5, 15 ve 25 m gibi örnekler mevcuttur.

2002/49/EC sayılı Avrupa Birliği Direktifinde [25], Fransa'da trafik gürültüsü tahmini, modellemesi ve hesaplanmasında kullanılan Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit "NMPB-Routes 96" isimli yöntemin kullanılması önerilmiştir. Bu yöntem, Fransa Ulaştırma Bakanlığı ve farklı enstitüler "CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes), LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées.), LRPC (steer the regional civil engineering inter-laboratory committee)" tarafından 1980'deki "Guide de Bruit" metodu etrafında geliştirilmiştir [26]. Ayrıca, yöntem ISO 9613'ün önerdiği meteorolojik koşulları ve uzun mesafeleri de ($d > 250m$) dikkate almaktadır.

Bu çalışmada kullanılan NMPB-Routes 96 gürültü tahmin modeli 125 Hz ve 4 kHz arasındaki oktav bantlarda (1/1 Oktav) uygulanıp çizgisel kaynakların noktasal kaynaklara dönüştürülmesi prensibine dayanır. Modelde gürültü kaynaklarının yol yüzeyinden 0,5 m yükseklikte olduğu varsayılır.

Ayrıca, model yola dik olarak 800 m mesafe içerisindeki yerden en az 2 m yükseklikte alıcı noktaları için uygulanır. Bu yöntem günümüzde SoundPLAN, CadnaA ve 01 dB gibi gelişmiş ticari yazılımlarda da en çok kullanılan Trafik Gürültüsü Modellerinden (Traffic Noise Model-TNM) biridir. 2000 yılında, SETRA'nın talebi üzerine NMPB-Routes-96 metodu tekrardan gözden geçirilerek NMPB Routes-2008 şeklinde revizyona uğramıştır [27].

Hesaplamalarda kullanılan ızgara interpolasyonu; min/maks (dB): 10, fark (dB):0.15, alan büyüklüğü 9x9, ızgara aralığı ise 5 m olarak alınmıştır. Çizgisel kaynaktan noktasal kaynağa ayırma ilkesi çerçevesinde yol $\leq 10^\circ$ eşit açılara ya da alıcı ile kaynak arasındaki eğik uzaklığın yarısından az olmamak üzere ≤ 20 m'lik sabit uzunluklara bölünür. Noktasal kaynak her bir parçanın orta noktası esas alınmak üzere yerden 0.5 m yükseklikte kabul edilir. Çizgisel kaynaklar noktasal kaynaklara ayrılırken yukarıda anlatılan şartları sağlamakla beraber akustik anlamda da homojen parçalara ayrılmalıdır. Yani yol genişliği, kaplama, şerit sayısı, trafik özellikleri bakımından değişiklik göstermemelidir. Kullanılan yöntemle ait hesap adımları ile ilgili detaylı bilgilere Bozkurt tarafından hazırlanan doktora tezinden ulaşılabılır [28].

Çalışma alanı olarak Adana Büyükşehir Belediye sınırları içerisinde kalan ve taşıt yükü bakımından yoğun olan Ali Bozdoğan, Turgut Özal ve Kenan Evren olmak üzere üç ana güzergâh seçilmiştir (Şekil 1).

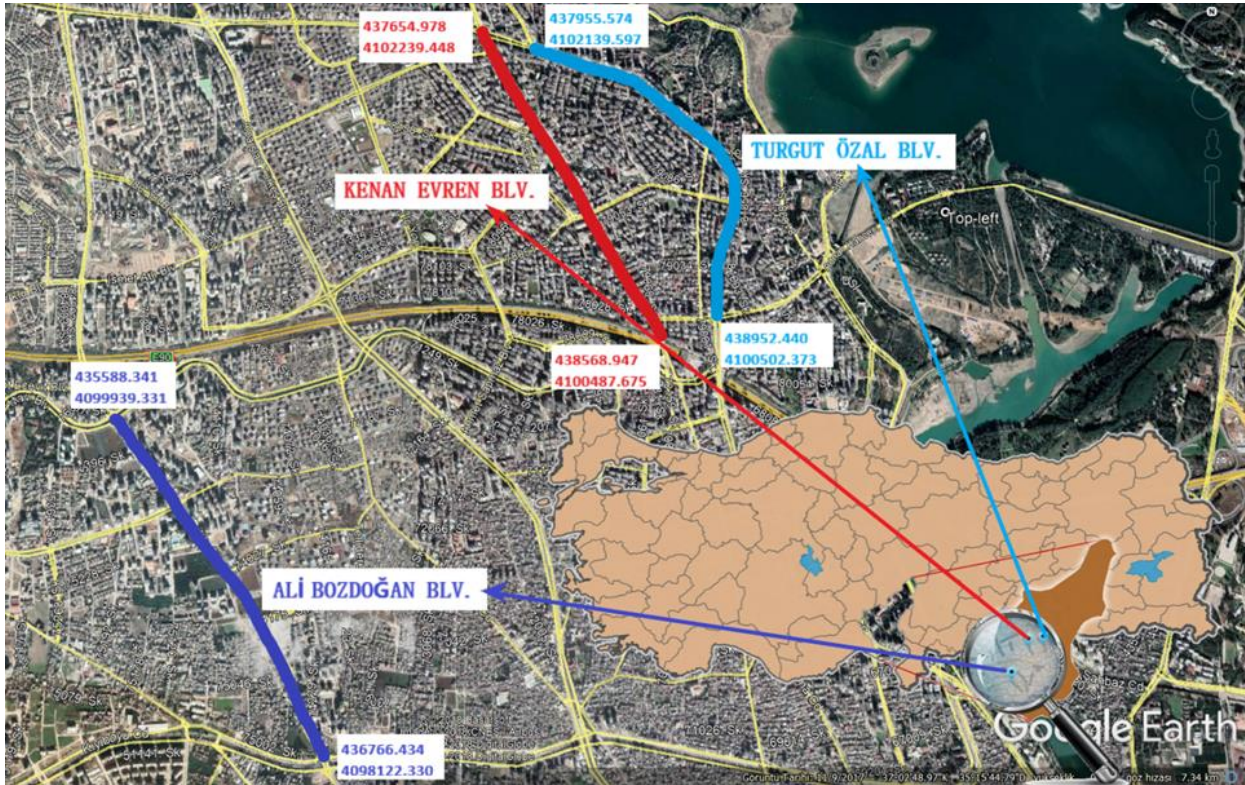
Bu üç güzergâhın yol genişliği, eğimi gibi topoğrafik unsurları sabit kalmak üzere trafik yükü, kompozisyonu, taşıt hızları ve de çalışmaya konu olan yüzey kaplamaları

değiştirilmek sureti ile oluşturulan altı farklı senaryoya göre hesaplamalar yapılmıştır.

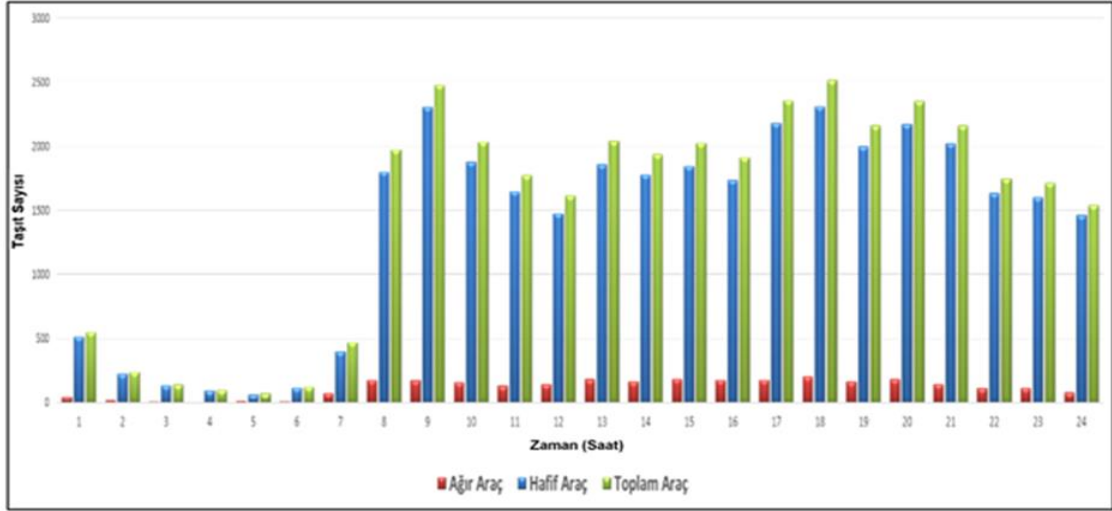
Çalışmada Adana merkezinde belirlenen üç güzergahın etrafındaki alanlar ve yapılaşma durumu bakımından (bina yoğunluğu, yol aksına uzaklık vb.) birbirinden farklı alanlar olmasına dikkat edilmiştir. Çalışma alanlarının ncz, cad, dxf vb. uzantılardaki topografik veri, arazi kullanımı, binaların konumu, binaların yükseklikleri, binaların kullanım amacı, gürültü kaynağının koordinatları, kaynak ve alıcı arasındaki arazi tipi gibi sayısal haritalar, Seyhan Belediyesi'nden temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan güzergahların sağ ve solundan (refüjden itibaren) 200 m olmak üzere toplam 400 m'lik bir bant hesaplama alanı olarak ele alınmış ve bu alan içindeki bina, nüfus vb. değişkenler hesaplamalarda kullanılmıştır. Ali Bozdoğan Bulvarı için hesaplama alanı toplam 0.89 km², bina sayısı 513 adet, nüfus 7.629 kişidir. Kenan Evren Bulvarı için hesaplama alanı toplam 0.72 km², bina sayısı 599 adet, nüfus 28.942 kişidir. Son olarak Turgut Özal Bulvarı için ise toplam hesaplama alanı 0.98 km², bina sayısı 828 adet, nüfus 32.832 kişidir.

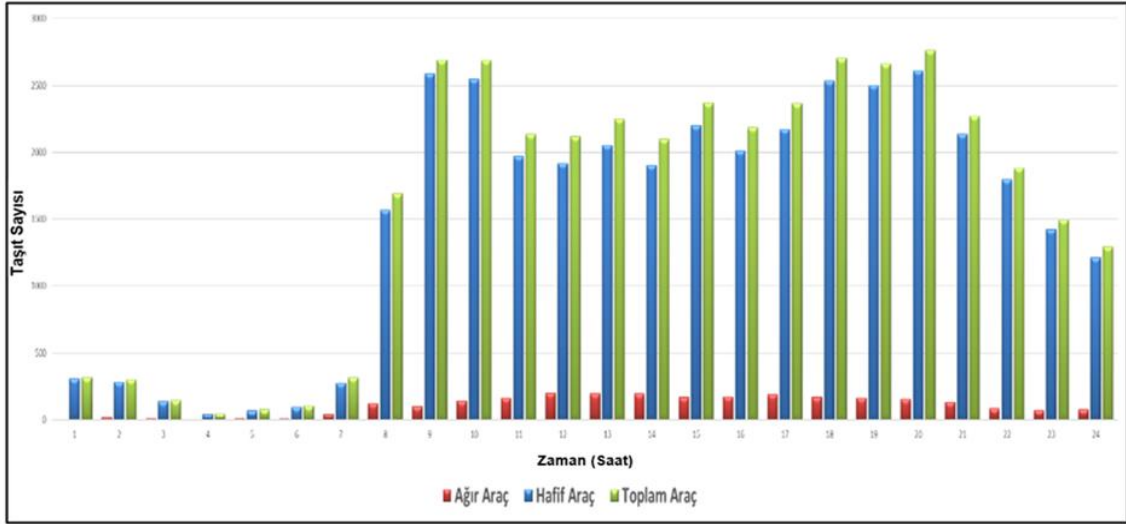
Emniyet Genel Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2012 verilerine göre Adana İlinde toplam 508.751 adet motorlu taşıt bulunmaktadır. Bu sayının 120.813 adetini motosikletler oluşturmaktadır. Geriye kalan 387.938 adet motorlu taşıtın 320.290 âdeti hafif vasıta (otomobil, minibüs, kamyonet vb.), 67.648 âdeti ise ağır vasıta (otobüs, kamyon, traktör, özel amaçlı taşıt vb.) [29]. Çalışma alanlarındaki trafik yükünün tespiti veri toplamadaki en önemli adımdır. Zira araçların zamana bağlı olarak değişen tip ve sayıları hesaplama sırasında kullanılan en önemli değişkenlerdir. İl Emniyet Müdürlüğü Muhaberat Elektronik Şube Müdürlüğü bünyesinde oluşturulan Kent Güvenlik Yönetimi Sistemi (KGYS) ve bu sisteme entegre çalışan kameralar tarafından alınan 24 saatlik kayıtlar incelenerek hafta içi günlerde iki hafta boyunca toplam 10 gün Turgut Özal ve Kenan Evren bulvarlarında taşıt sayımları yapılmıştır. On gün boyunca hafif ve ağır vasıta olarak ayrı ayrı yapılan sayımların ortalamaları alınmış ve güzergahın günlük trafik karakterizasyonu belirlenmiştir. Kenan Evren ve Turgut Özal Bulvarları ile ilgili oluşturulan grafikler Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir.



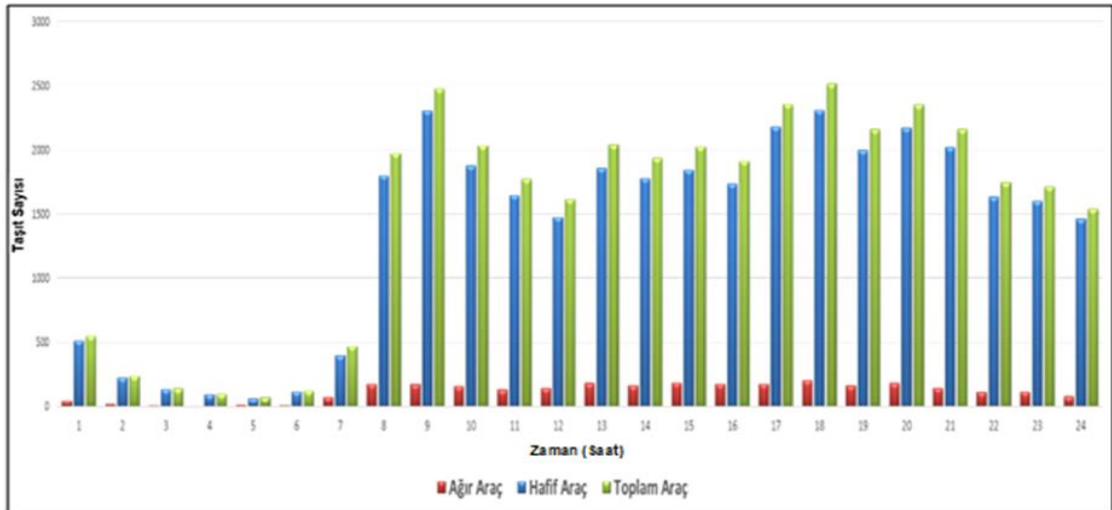
Şekil 1 Çalışma Alanı (Study Area)



Şekil 2 Kenan Evren Bulvarı trafik özellikleri (Traffic characterization of Kenan Evren Boulevard)



Şekil 3 Turgut Özal Bulvarı trafik özellikleri (Traffic characterization of Turgut Özal Boulevard)



Şekil 4 Ali Bozdoğan Bulvarı trafik özellikleri (Traffic characterization of Ali Bozdoğan Boulevard)

Ali Bozdoğan Bulvarı için trafik özellikleri belirlenmesinde bu güzergâhta herhangi bir kamera sistemi olmadığından taşıt sayımları güzergah üzerinde

yapılmıştır. Bu sayımlar, 2012 yılı ve Ekim ayında hafta içi günlerde gündüz, akşam ve gece zaman dilimlerini kapsayacak şekilde yapılmış ve bu güzergahtaki taşıt

sayıları, belirtilen zaman dilimlerindeki ikişer saatlik gözlemler sonucunda elde edilen hafif ve ağır vasıta sayılarının ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Bu

sayımlar sonrasında oluşturulan histogram Şekil 4'te verilmektedir. Tüm çalışma alanlarına ait zamana bağlı taşıt sayımları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 Çalışma alanları trafik özellikleri (Study areas traffic characteristics)

Zaman Dilimi	Taşıt Türü (Ad/Taşıt)	Güzergahlar		
		Kenan Evren Bulvarı	Turgut Özal Bulvarı	Ali Bozdoğan Bulvarı
Gündüz (07:00-19:00)	Hafif	22.800	25.982	21.166
	Ağır	2.020	1.987	2.044
	Toplam	24.820	27.969	23.210
Akşam (19:00-23:00)	Hafif	7.422	7.969	5.387
	Ağır	548	447	646
	Toplam	7.970	8.416	6.033
Gece (23:00-07:00)	Hafif	2.989	2.419	2.115
	Ağır	235	172	207
	Toplam	3.224	2.591	2.322
GAG (24 Saat)	Hafif	33.211	36.370	28.668
	Ağır	2.803	2.606	2.897
	Toplam	36.014	38.976	31.565

Çalışmada, uluslararası kullanımı oldukça yaygın olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı SoundPLAN 6.4 simülasyon programından yararlanılmıştır. Söz konusu programın, gürültü haritalarının hazırlanması, yapı yüzeylerinde istenen noktalarda oluşan gürültü düzeylerinin saptanması, engel tasarımının yapılması gibi birçok kullanım alanı söz konusudur. Amaca uygun olan standardın seçiminin ardından, hesaplamalar için günün zaman dilimine bağlı olarak, ulaşım yoğunluğu, ağır taşıt yüzdesi, taşıtların ortalama hızları, yol kaplamasının cinsi, yolun eğimi, şerit sayısı vb. veriler programa girilmektedir. Kaynak ses düzeylerinin hesap yolu ile belirlenmesi dışında, doğrudan programa girilmesi de olanaklıdır. Çevreye ilişkin olarak ise, arazi eğimi, zemin cinsi, yeşil alanların özellikleri, engel niteliğinde olan yükseltiler (duvar, tepe gibi), yapıların yükseklikleri ve yansıtıcılık özellikleri vb. gürültü düzeyini etkileyebilecek tüm verilerin girilmesi gereklidir [14].

SoundPLAN 6.4 simülasyon programında seçim listesinde yol yüzey eklemleri tercihi bulunmaktadır. Bu

tercihte tüm standart yol yüzey tipleri bulunmakla birlikte yer almayan yol yüzeyleri için ise farklı yol tipi seçimi yapılabilmektedir.

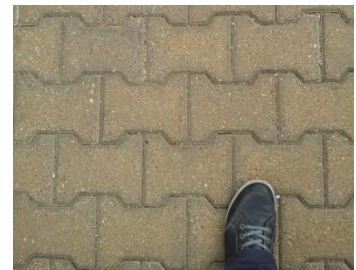
Çalışma alanlarının ncz, cad, dxf vb. uzantılardaki topografik veri, arazi kullanımı, binaların konumu, binaların yükseklikleri, binaların kullanım amacı, gürültü kaynağının koordinatları, kaynak ve alıcı arasındaki arazi tipi gibi sayısal haritalar, Seyhan Belediyesi Emlak ve İstimlak Müdürlüğü Harita Bilgi İşlem Birimi'nden temin edilmiştir. Ayrıca, altlık olarak kullanılacak olan çalışma alanlarının gerek uydu gerek ortofoto haritalar, İLBANK Adana Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada belirlenen güzergâhlarda üç farklı yol kaplaması (Şekil 5) değerlendirilmiş ve sonuçların birbirleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bunlardan ilki geleneksel anlamda normal-düz asfalt kaplama (DAK), ikincisi ise dünya genelinde 1950'lerden buyana kullanılan gözenekli (geçirimli-poroz) asfalt kaplama (GAK) ve son olarak da ülkemizde son yıllarda özellikle şehiriçi yollarda çok sık kullanılan parke taşı kaplamadır (PTK).



DAK



GAK



PTK

Şekil 5 Kaplama tipleri (Pavement types)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada üç değişik yol kaplaması için değişik hızlarda ve trafik yüklerinde 3 farklı senaryo denenmiştir. Denenen bu senaryolar Çizelge 2’de gösterilmektedir.

Çizelgede gösterilen Resmi Hız Sınırı (RHS) değeri hafif ve ağır vasıtalar için 50 km/saat olarak alınmış olup bu değer Karayolları Trafik Yönetmeliği göz önünde bulundurularak alınmıştır.

Senaryo-I’de, Karayolları Trafik Yönetmeliği’nce belirlenen yerleşim alanları için RHS esas alınmış ve çalışma güzergâhlarındaki KGYS ve diğer yöntemler kullanılarak belirlenen araç kompozisyonu ve sayılarından yararlanılarak elde edilen Mevcut Trafik Yükü (MTY) üzerinden değerlendirilmiştir.

Senaryo-II’de ise, RHS yarıya indirilmiş, buna karşın MTY’nin iki kat arttığı kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.

Senaryo-III ise, bir önceki senaryonun tersi düşünülerek RHS’nin iki katına çıkartılması ve MTY’nin de yarıya düşürülmesi ile oluşturulmuştur. Hazırlanan tüm senaryolar DAK, GAK ve PTK için teker teker hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Çizelge 3’de tüm güzergâhlar için trafik yükleri ve taşıt hızları gösterilmektedir.

Çizelge 2 Senaryolar (Scenarios)

Senaryolar	DAK	GAK	PTK
Senaryo-I	- RHS* - MTY**	- RHS - MTY	- RHS - MTY
Senaryo-II	- RHS / 2 - MTY x 2	- RHS / 2 - MTY x 2	- RHS / 2 - MTY x 2
Senaryo-III	- RHS x 2 - MTY / 2	- RHS x 2 - MTY / 2	- RHS x 2 - MTY / 2

(*) RHS: Resmi Hız Sınırı

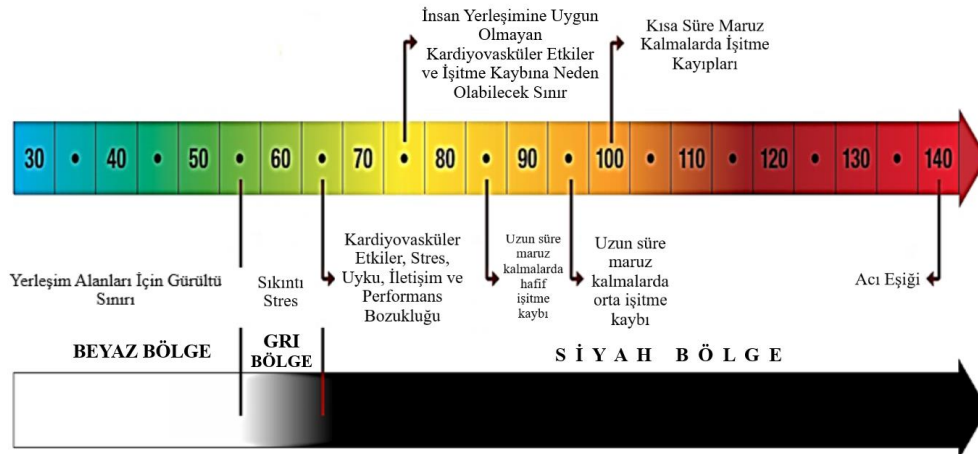
(**) MTY: Mevcut Trafik Yükü

Çizelge 3 Hesaplamalarda kullanılan trafik yükleri ve taşıt hızları (Traffic loads and vehicle speeds used in calculations)

Güzergâh	Trafik Yükü (Ad/gün)	Taşıt Hızları (km/saat)		Güzergâh	Trafik Yükü (Ad/gün)	Taşıt Hızları (km/saat)		Güzergâh	Trafik Yükü (Ad/gün)	Taşıt Hızları (km/saat)	
		Hafif Vasıta	Ağır Vasıta			Hafif Vasıta	Ağır Vasıta			Hafif Vasıta	Ağır Vasıta
Ali Bozdoğan	31565*	50	50	Kenan Evren	36014*	50	50	Turgut Özal	38976*	50	50
	63130	25	25		72028	25	25		77952	25	25
	15783	100	100		18007	100	100		19488	100	100

Ayrıca yukarıda bahsedilen durumların tümü gündüz (Lgündüz), akşam (Lakşam), gece (Lgece) ve gündüz-akşam-gece (Lgag) zaman dilimlerine göre de değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonrasında yol kaplamaları arasındaki ilişki ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Dört zaman dilimi içinde DAK, GAK ve PTK yol kaplamaları <55, 55-65, 65-75 ve >75 dBA

gürültü seviyelerine göre birbirleriyle mukayese edilerek Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan “Green Paper” isimli dokümana göre siyah, gri ve beyaz bölgeler belirlenmiş (Şekil 6) ve bu bölgelerde kalan alan, konut, nüfus ve sakin cephesi bulunan binalarda yaşayan nüfus belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 6 Gürültü bölgeleri [30] (Noise zones)

Çalışmada hız ve trafik yükünün değiştiği 3 farklı senaryoda üç farklı kaplama tipi model üzerinde denenmiştir. Ali Bozdoğan Bulvarında, Senaryo 1,2,3'e

Çizelge 4 incelendiğinde Ali Bozdoğan Bulvarının mevcut durumu (yol kaplaması PTK) gündüz-akşam-gece gürültü seviyesi (L_{gag}) 55 dBA'nın altında kalan alan yaklaşık % 40 iken, aynı zaman dilimi için 55 dBA'nın altında maruz kalan nüfus yaklaşık % 60'tur. Yine aynı zaman dilimi ve gürültü seviyesi için maruz kalan konut sayısı yaklaşık % 72'dir. Yol kaplamasının

göre değişik kaplama türleri için karşılaştırılması aşağıda sunulmuştur:

Senaryo 1: Hesaplama alanı dahilinde

DAK veya GAK olarak değiştirilmesi halinde özellikle yukarıda verilen değerlerde pozitif yönde değişimler görülmekte ve 75 dBA'nın üzerindeki gürültü seviyelerine maruziyetlerde de olumlu yönde azalmalar görülmektedir.

Çizelge 4. Ali Bozdoğan Bulvarı için senaryo 1 durumunda yol kaplamaları (Ali Bozdoğan Boulevard in case scenario 1 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
	(%)											
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	48.34	54.17	57.05	73.65	66.55	70.69	73.84	86.22	75.44	78.28	79.49	83.34
55-65	27.24	24.02	22.7	17.52	22.93	21.08	19.28	12.73	15.2	14.29	13.41	15.3
65-75	16.2	15.44	14.97	8.83	9.82	8	6.82	1.04	8.57	7.24	7.1	1.36
>75	8.22	6.37	5.28	0	0.69	0.22	0.05	0	0.78	0.2	0	0
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	52.33	57.73	60.17	75.1	69.29	73.6	76.09	88.04	77.3	79.97	80.47	84.65
55-65	25.12	22.19	21.2	17.09	22.01	19.32	18.12	11.27	14.68	13.49	13.35	14.61
65-75	15.57	15.69	15.44	7.81	8.27	7.02	5.8	0.68	7.64	6.54	6.17	0.75
>75	6.98	4.41	3.19	0	0.43	0.05	0	0	0.39	0	0	0
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	40.27	46.57	49.58	70.41	59.72	64.32	68.08	82.93	71.73	74.8	76.17	82.23
55-65	31.33	28.06	26.56	18.24	25.44	23.92	21.86	14.67	16.18	15.43	15.23	14.9
65-75	17.38	16.3	15.91	11.35	12.53	10.6	9.39	2.4	10.14	8.99	8.01	2.87
>75	11.01	9.07	7.96	0	2.31	1.15	0.68	0	1.95	0.78	0.59	0

Senaryo 2: Ali Bozdoğan Bulvarında taşıt yükünün iki katına çıkartılıp hızlarının da yarıya düşürülmesi durumunu gösteren Çizelge 5 'de, 55 dBA altı için L_{gag} irdelendiğinde sırası ile maruz kalan alan, nüfus ve konut

PTK'da yaklaşık yüzde olarak 14, 38 ve 56 iken bu durum DAK'da; 25, 47, 64, GAK'da ise; 31, 51 ve 67'dir. Bu gürültü seviyesi için yani 55 dBA altında GAK için maruz kalınan yüzde değerler diğerlerine göre fazladır

Çizelge 5. Ali Bozdoğan Bulvarı için senaryo 2 durumunda yol kaplamaları (Ali Bozdoğan Boulevard in case scenario 2 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
(%)												
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	25.4	33.7	36.51	64.08	46.97	53.77	56.92	78.94	63.67	68.55	69.85	81.78
55-65	39.14	34.43	33.33	19.88	32.67	28.38	27.07	16.7	19.73	16.8	16.73	13.35
65-75	19.63	18.39	18.02	15.18	16.15	14.68	13.53	4.37	12.11	11.92	11.09	4.88
>75	15.83	13.48	12.13	0.86	4.23	3.16	2.48	0	4.49	2.74	2.33	0
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	31.01	38.03	40.81	66.46	51.37	57.7	60.59	80.18	66.54	70.91	72.35	82.11
55-65	35.9	32.51	31.38	19.2	30.05	26.68	24.93	15.97	18.2	16.6	15.88	13.76
65-75	18.87	17.67	17.4	14.09	14.99	12.89	12.53	3.85	11.94	10.35	10	4.13
>75	14.22	11.78	10.41	0.25	3.6	2.74	1.94	0	3.33	2.15	1.76	0
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	14.48	22.43	26.92	58.9	38.11	44.55	48.18	75.04	56.42	62.11	64.26	80.21
55-65	44.54	41.05	38.31	21.84	37.11	34.45	32.15	18.65	24.13	20.9	19.53	13.46
65-75	21.85	19.73	19.46	15.21	18.47	16.06	15.48	6.27	13.23	12.3	11.92	6.34
>75	19.14	16.79	15.29	4.05	6.3	4.94	4.18	0.04	6.23	4.69	4.3	0

Senaryo 3: Yeni duruma göre oluşturulan modelde Ali Bozdoğan Bulvarına ilişkin gürültü düzeyleri ile ilgili veriler Çizelge 6'da verilmiştir. Taşıt sayısının azaltılması buna karşılık hızlarının artırılması durumunda dikkatlice izlenmesi gereken ve kritik seviye olan 55 dBA'nın altındaki maruziyet yüzdelerinin

değerleri büyükten küçüğe sırası ile GAK, DAK ve PTK şeklindedir. Yine dikkatli olarak değerlendirilmesi gereken 75 dBA'nın üzerindeki maruziyet yüzdeleri de büyükten küçüğe PTK, DAK ve GAK'dır. Buradan da anlaşılacağı üzere GAK'ın

Çizelge 6. Ali Bozdoğan Bulvarı için senaryo 3 durumunda yol kaplamaları (Ali Bozdoğan Boulevard in case scenario 3 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
(%)												
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	43.32	49.27	52.7	71.39	61.47	66.22	69.83	83.61	72.8	75.94	77.16	81.96
55-65	29.75	26.47	24.76	17.92	24.84	23.21	21.39	14.26	15.86	15.26	14.65	15.6
65-75	16.77	15.81	15.57	10.7	11.81	9.84	8.41	2.12	9.99	8.22	7.82	2.45
>75	10.16	8.46	6.98	0	1.87	0.75	0.38	0	1.37	0.59	0.39	0
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	53.8	58.78	61.45	75.21	69.12	73.32	76.61	88.21	77.95	80.2	81.14	85.22
55-65	23.9	21.35	20.32	17.03	22.28	19.72	17.38	11.34	14.76	13.6	12.99	14.4
65-75	15.32	16.08	16.38	7.77	8.09	6.8	6	0.45	7.09	6.2	5.89	0.39
>75	6.99	3.8	1.85	0	0.51	0.16	0	0	0.2	0	0	0
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	34.8	41.3	44.86	68	54.59	60.02	63.03	80.96	68.74	72.07	73.44	81.61
55-65	34.07	30.64	28.92	18.57	27.81	25.39	24.39	15.66	16.8	16.02	15.82	14.71
65-75	18.01	17.04	16.66	13.42	14.56	12.31	11.5	3.38	11.72	10.16	9.57	3.68
>75	13.11	11.03	9.56	0	3.04	2.28	1.09	0	2.74	1.76	1.17	0

gürültü maruziyeti açısından avantajı ortaya çıkmaktadır

Kenan Evren Bulvarında Senaryo 1,2,3'e göre değişik kaplama türleri için karşılaştırılması aşağıda sunulmuştur:

Senaryo 1: Gerçek taşıt yükünün esas alındığı ve ülkemizde uygulanan şehir içi hız sınırlarının hesaba katılarak oluşturulduğu durum Çizelge 7'de verilmektedir. Burada PTK ve DAK arasında değerlendirme yapıldığında; 75 dBA'nın üzerinde gürültüye maruz kalan alan, nüfus ve konutların yüzde

değerlerinde 2-3 kat fark olduğu görülmektedir. Ayrıca 55 dBA'nın altında kalan maruziyetlerde de PTK diğer kaplamalara göre daha az yani diğer kaplamalara göre dezavantajlıdır.

Senaryo 2: Kenan Evren Bulvarı için belirlenen trafik yükünün iki katı ve taşıt hızlarının yarıya indirilmesi ile oluşturulan senaryo ile ilgili veriler Çizelge 8'de gösterilmektedir. Kaplamaları gürültü açısından değerlendirdiğimizde, diğer hesaplamaların çoğunda da tespit edildiği gibi GAK'ın bulunduğu durumlarda

Çizelge 7. Kenan Evren Bulvarı için senaryo 1 durumunda yol kaplamaları (Kenan Evren Boulevard in case scenario 1 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	64.29	69.1	71.43	72.5	71.52	74.31	74.92	76.36	74.58	77.09	77.47	78.19
55-65	8.93	9.09	8.93	15	11.47	11.09	11.13	15.75	9.87	9.53	9.68	14.22
65-75	12.5	12.72	12.5	7.5	10.49	8.52	7.92	0.16	8.86	7.53	7.01	0.74
>75	5.36	1.82	0	0	0.11	0.03	0.02	0	0.33	0	0	0
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	67.27	72.22	72.22	70.27	73.17	75.51	76.24	75.35	75.75	78.3	79.1	77.4
55-65	14.54	11.11	11.11	13.52	11.54	11.64	11.38	18.24	11.04	10.52	10.2	16.8
65-75	9.09	9.26	9.26	16.22	12.04	12.64	12.25	6.41	10.37	10.52	10.2	5.79
>75	9.09	7.41	7.41	0	3.27	0.21	0.14	0	2.85	0.67	0.5	0
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	61.11	64.29	65.45	73.92	67	71.51	72.43	77.23	69.95	74.5	75.25	80.44
55-65	18.52	14.29	14.54	10.87	14.33	12.12	11.72	13.12	14.03	11.41	11.21	11.26
65-75	7.4	8.93	9.09	15.22	11.21	11.83	11.85	9.61	9.68	10.24	10.2	8.3
>75	12.97	12.5	10.91	0	7.46	4.55	4.01	0.04	6.35	3.86	3.35	0

Çizelge 8. Kenan Evren Bulvarı için senaryo 2 durumunda yol kaplamaları (Kenan Evren Boulevard in case scenario 2 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece	Lgag	Lgündüz	Lakşam	Lgece
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	48.21	57.15	58.18	75	55.28	63.58	65.53	77.02	59.47	67.01	68.44	79.77
55-65	25	19.64	20	9.62	22.58	16.67	15.33	11.41	21.27	15.91	14.86	9.86
65-75	8.93	8.93	9.09	9.62	11.34	11.05	11.19	11.47	9.89	9.38	9.68	9.86
>75	17.86	14.29	12.72	5.77	10.83	8.69	7.95	0.12	9.39	7.71	7.01	0.5
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	51.79	60.71	61.11	72.55	59.64	66.37	68.34	77.68	63.28	69.52	71.36	80.52
55-65	23.22	17.85	18.52	9.8	19.46	14.82	13.57	11.78	18.53	14.24	12.9	10.26
65-75	8.93	8.93	7.4	13.72	11.33	11.23	11.21	10.44	9.51	9.72	9.88	8.89
>75	16.07	12.5	12.97	3.92	9.56	7.56	6.88	0.1	8.69	6.54	5.86	0.34
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	42.85	48.21	50.9	69.64	47.06	55	57.81	74.62	51.67	59.37	61.71	77.13
55-65	28.57	25	23.64	12.5	28.38	22.79	20.86	11.52	26.42	21.24	19.73	10.51
65-75	12.5	8.93	9.09	8.93	11.55	11.36	11.2	13.07	10.37	9.87	9.7	11.02
>75	16.07	17.86	16.36	8.93	13.02	10.86	10.13	0.79	11.55	9.53	8.87	1.34

beyaz bölge olarak adlandırılan seviyede maruziyetler daha fazladır.

Senaryo 3'te güzergâhın trafik yükü ve taşıt hızlarına göre yapılan düzenlemeler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 9'da verilmektedir. Bu değerler ışığında 3. senaryo için elde edilen sonuçlara göre, özellikle 75 dBA'nın üzerindeki değerlere maruz kalan nüfus açısından yapılan değerlendirmede GAK'ın avantajlı olduğu görülmektedir.

Turgut Özal Bulvarında Senaryo 1,2,3'e göre değişik kaplama türleri için karşılaştırılması aşağıda sunulmuştur:

Senaryo 1: Turgut Özal Bulvarı için Senaryo 1 şartları dahilinde oluşturulan durum ile ilgili hesaplama sonuçları **Çizelge 10'**da verilmektedir.

Özellikle 75 dBA'dan daha yüksek gürültü seviyesine maruz kalan kısımlar değerlendirildiğinde DAK ve GAK için nüfus ve konut yüzdelerinde sıfıra yakın değerlerin olduğu göze çarpmaktadır.

Çizelge 10. Kenan Evren Bulvarı için senaryo 3 durumunda yol kaplamaları (Kenan Evren Boulevard in case scenario 3 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
(%)												
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	62.96	67.27	69.09	74.42	69.57	73.21	73.55	76.75	72.63	76.05	76.51	79.15
55-65	16.67	14.54	12.72	9.3	12.89	11.57	11.64	14.27	12.19	10.89	10.74	12.78
65-75	7.4	9.09	9.09	16.28	11.61	12.05	11.86	8.96	10.02	10.39	10.41	8.07
>75	12.97	9.09	9.09	0	5.93	3.18	2.93	0.01	5.17	2.68	2.35	0
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	69.1	73.58	72.72	71.43	74.18	76.89	77.37	75.43	77.22	79.93	80.19	76.96
55-65	12.72	9.43	9.09	14.28	11.66	11.32	11.32	19.7	10.55	9.86	10.07	18.79
65-75	9.09	9.43	10.9	14.29	12.08	11.68	11.2	4.87	10.56	9.7	9.39	4.24
>75	9.09	7.55	7.27	0	2.07	0.11	0.1	0	1.68	0.5	0.34	0
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	56.37	62.96	62.5	73.47	63.1	69.69	70.61	78.13	67.23	72.91	73.74	81.16
55-65	20	16.67	16.07	10.2	17.25	12.86	12.38	12.03	16.05	12.2	11.7	10.32
65-75	9.09	7.4	8.93	14.28	11.15	11.62	11.56	9.81	9.37	9.86	9.87	8.52

Çizelge 9. Turgut Özal Bulvarı için senaryo 1 durumunda yol kaplamaları (Turgut Özal Boulevard in case scenario 1 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
(%)												
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	64.70	66.96	68.40	64.95	64.53	67.19	69.22	71.17	79.89	81.98	83.40	81.52
55-65	12.11	10.97	10.36	19.54	15.83	15.25	14.89	28.58	10.67	9.67	9.21	18.24
65-75	12.86	13.12	14.15	15.51	19.45	17.56	15.89	0.25	9.33	8.34	7.39	0.24
>75	10.34	8.96	7.08	0.00	0.19	0.01	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	66.29	68.39	69.37	63.58	66.50	69.13	70.97	71.49	81.39	83.40	84.60	81.07
55-65	11.32	10.36	9.91	21.40	15.40	14.94	14.99	28.48	9.91	9.21	8.85	18.66
65-75	13.08	14.03	15.71	15.02	18.08	15.94	14.05	0.03	8.58	7.39	6.54	0.27
>75	9.31	7.20	5.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	60.65	63.47	65.45	67.38	60.88	63.24	65.28	71.55	76.98	78.93	80.36	83.58
55-65	14.37	12.72	11.73	14.73	16.71	16.21	15.57	24.54	12.00	11.02	10.42	14.26
65-75	11.22	12.59	12.99	17.72	19.16	19.80	19.05	3.91	9.45	9.57	9.09	2.17
>75	13.75	11.21	9.83	0.17	3.25	0.76	0.11	0.00	1.58	0.48	0.12	0.00

Senaryo 2: Sayılarak tespit edilen trafik yükü (MTY) ve resmi hız sınırları (RHS) arasında yapılan değişikliklerle oluşturulan durum ile ilgili sonuçlar Çizelge 11’de gösterilmektedir. Söz konusu çizelge değerlendirildiğinde 75 dBA’nın üstündeki gürültüye maruz kalan nüfus ile ilgili değişik zaman dilimlerinde

ilgili değerler **Çizelge 12**’de verilmiştir. Çizelge değerlendirildiğinde siyah bölge içerisinde kalan 75 dBA’nın üzerindeki gürültü seviyesine maruz kalan nüfus ve konutların yüzde değerleri DAK ve PTK’da diğer kaplama türüne göre daha yüksektir.

Çizelge 12. Turgut Özal Bulvarı için senaryo 2 durumunda yol kaplamaları (Turgut Özal Boulevard in case scenario 2 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
	(%)											
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	53.46	56.87	59.87	69.39	54.26	57.22	60.35	72.55	70.61	73.48	76.28	85.51
55-65	18.66	16.77	14.72	10.52	19.62	18.11	16.76	16.41	15.84	14.04	12.35	9.01
65-75	9.59	9.83	11.20	18.14	15.56	16.97	18.87	11.05	8.46	8.84	9.45	5.48
>75	18.29	16.52	14.21	1.94	10.58	7.71	4.01	0.00	5.08	3.63	1.94	0.00
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	56.18	59.39	62.17	68.87	56.77	59.71	62.11	72.19	73.12	75.76	78.00	85.12
55-65	17.13	15.26	13.49	11.46	18.34	17.03	16.66	18.39	14.28	12.73	11.36	10.01
65-75	9.82	10.72	11.98	18.64	16.39	18.67	19.42	9.41	8.48	9.45	9.67	4.86
>75	16.88	14.62	12.36	1.03	8.48	4.59	1.81	0.00	4.12	2.06	0.97	0.00
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	46.84	51.01	54.98	69.29	47.09	51.49	55.62	70.76	63.80	68.12	72.15	84.39
55-65	22.80	20.40	17.78	10.03	23.60	21.29	18.81	15.03	20.58	17.70	14.89	8.96
65-75	9.95	9.45	9.71	15.43	15.09	15.23	16.07	14.22	8.96	8.60	8.36	6.66
>75	20.40	19.14	17.52	5.27	14.22	11.99	9.49	0.00	6.66	5.57	4.60	0.00

Çizelge 11. Turgut Özal Bulvarı için senaryo 3 durumunda yol kaplamaları (Turgut Özal Boulevard in case scenario 3 roadway pavements)

Aralık (dBA)	Maruz Kalan Alan				Maruz Kalan Nüfus				Maruz Kalan Konut			
	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
	(%)											
DÜZ ASFALT KAPLAMA												
<55	55.79	59.53	61.79	68.61	56.64	59.66	61.92	71.83	73.28	76.02	77.77	84.60
55-65	17.51	15.13	13.74	11.61	18.48	17.34	16.49	18.80	14.15	12.59	11.59	10.52
65-75	9.82	10.97	12.11	18.90	16.42	18.98	20.16	9.37	8.46	9.45	9.78	4.89
>75	16.88	14.38	12.36	0.89	8.46	4.02	1.41	0.00	4.11	1.94	0.85	0.00
GÖZENEKLİ ASFALT KAPLAMA												
<55	60.20	63.04	64.98	67.26	60.49	63.12	65.14	71.47	76.63	78.61	80.42	83.66
55-65	14.61	12.99	11.96	14.80	16.97	16.19	15.55	24.64	12.22	11.11	10.40	14.18
65-75	11.33	12.61	13.10	17.77	19.35	20.05	19.27	3.90	9.57	9.78	9.07	2.15
>75	13.86	11.35	9.95	0.16	3.20	0.63	0.03	0.00	1.57	0.48	0.12	0.00
PARKE TAŞI KAPLAMA												
<55	51.82	55.92	58.57	69.46	52.75	56.61	58.90	72.00	69.86	73.31	75.21	85.16
55-65	20.12	17.38	15.87	10.45	20.39	18.52	17.52	16.44	16.35	14.13	13.06	9.25
65-75	9.56	9.82	10.45	17.88	15.66	16.41	17.93	11.56	8.60	8.58	8.95	5.60
>75	18.50	16.88	15.11	2.20	11.19	8.45	5.65	0.00	5.20	3.99	2.78	0.00

GAK’ın olması durumunda tespit edilen maruziyetler diğer iki kaplamaya kıyasla daha düşüktür.

Senaryo 3: Taşıt hızlarının iki katına çıkartılıp trafik yükün yarıya düşürüldüğü durum olan 3. senaryo ile

Çalışmada ayrıca, üç farklı yol kaplamasının, ÇGDY Yönetmeliğinde belirlenen zaman dilimlerinde (L_{gündüz}, L_{akşam}, L_{gece} ve L_{gag}) dört gürültü seviyesinde (<55, 55-65, 65-75 ve >75 dBA)

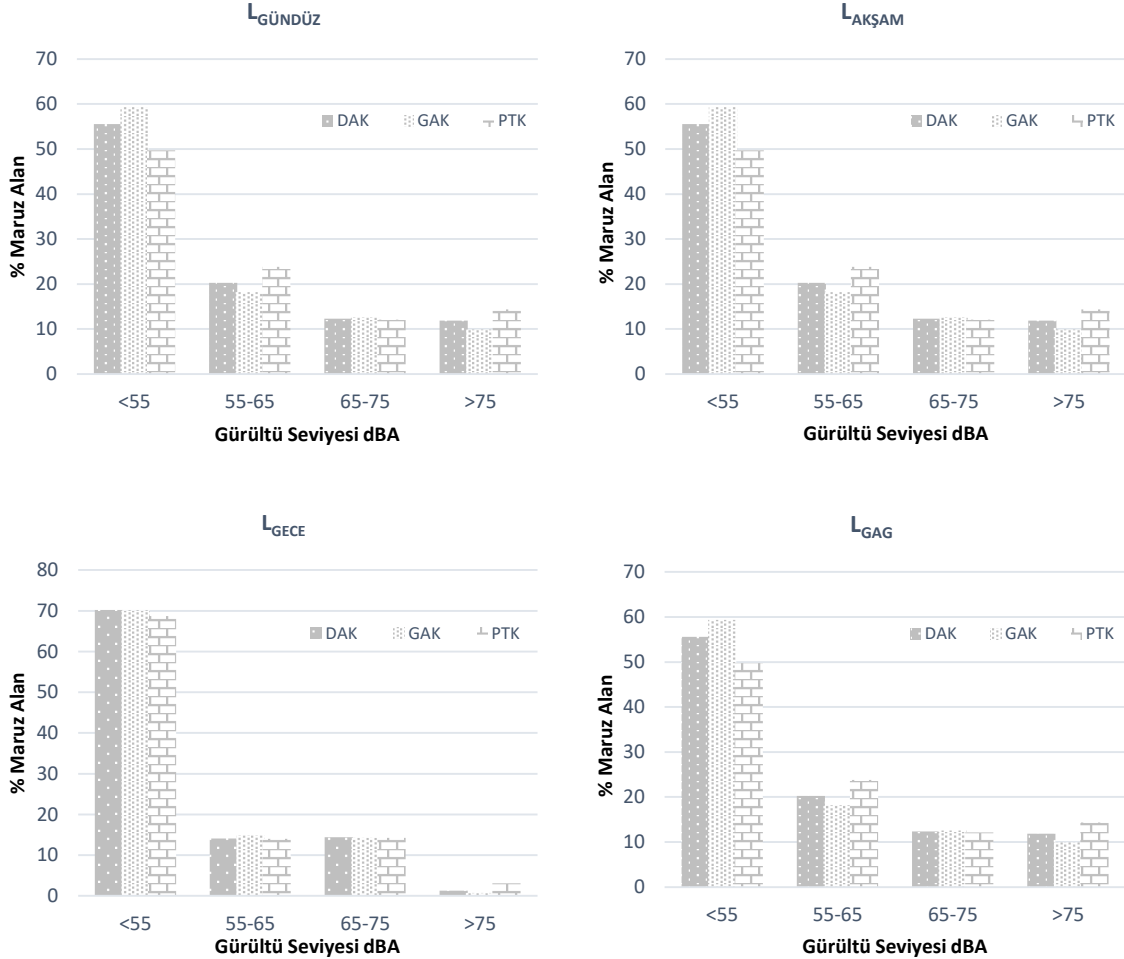
birbirlerine göre durumları maruz kalınan alan açısından değerlendirilmiştir. Yukarıda sayılan gürültü seviyelerinde yol kaplamalarının tipine göre maruz kalınan alanlar yüzde olarak Şekil 7’de verilmektedir. Şekil 7 değerlendirildiğinde maruz kalınan alan açısından tüm zaman dilimlerinde 55 dBA’nın altında olan gürültü seviyelerinde Parke Taşı Kaplamanın (PTK) toplam alan içerisinde en düşük yüzdeye sahip olduğu görülmüştür. Bu durum istatistiksel olarak da gece zaman dilimi hariç diğer zaman dilimleri için anlamlıdır (Lgündüz, $p=0,036$; Lakşam, $p=0,036$; Lgag, $p=0,045$).

55-65 dBA gürültü seviyesi arasında kalan alanlardaki durum; gündüz ve akşam zaman dilimlerinde PTK açısından diğer iki kaplamaya göre yani Düz Asfalt Kaplama (DAK) ve Gözenekli Asfalt Kaplamaya (GAK) göre daha fazladır. Gece ve Gündüz-Akşam-Gece zaman dilimleri değerlendirildiğinde 55-65 dBA gürültü seviyesi aralığında kalan alanın büyüklüğü, üç yol kaplaması içinde önemli bir değişiklik

değerlendirildiğinde, dört zaman dilimi için de birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür.

75 dBA’nın üzerindeki gürültü seviyesine maruz kalan alanlar değerlendirildiğinde, dört zaman diliminde de PTK yolun bulunduğu durumda maruziyetin en fazla olduğu görülmüştür. Bu durum istatistiksel olarak ta anlamlıdır (Lgündüz, $p=0,0$; Lakşam, $p=0,0$; Lgece, $p=0,01$; Lgag, $p=0,05$).

Çeşitli seviyelerdeki gürültüler maruz kalınan alanlar açısından değerlendirildiğinde; alt ve üst gürültü seviyelerinde kalan alanların büyüklükleri kaplamaların gürültü açısından değerlendirilmesinde belirleyici faktör olmaktadır. Zira alt seviye olan 55 dBA’nın altında kalan alanların gürültü açısından beyaz bölge olduğu göz önüne alındığında, büyüklük durumu avantaj olarak değerlendirilirken üst seviyeye olan ve siyah bölge içerisindeki 75 dBA’nın üzerinde kalan alanların büyüklük durumu dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Ara seviyelerin ise bu tür karşılaştırmalarda değerlendirilmesiyle net bir sonuç

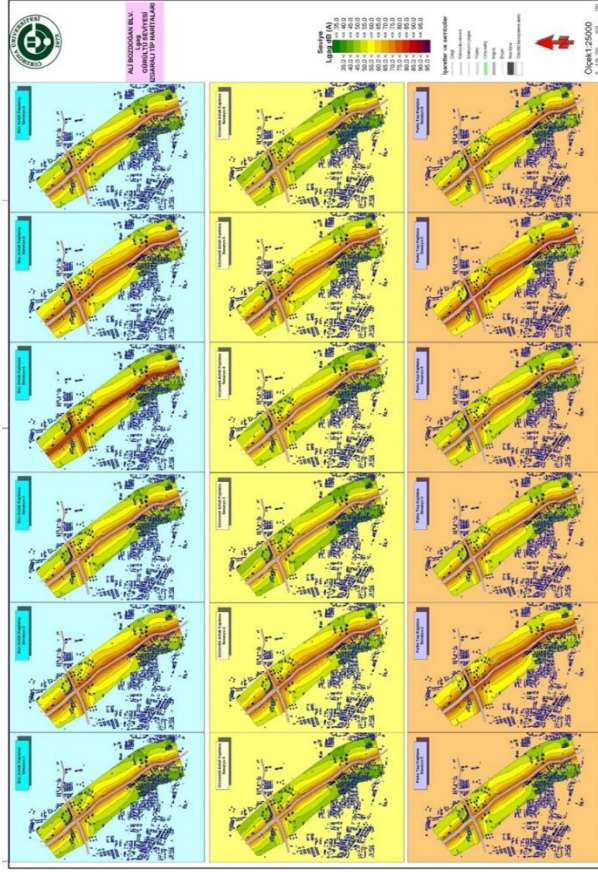


Şekil 7. Kaplama tipi ve zamana bağlı olarak maruz kalınan konut dağılımı (Types of pavement and time-dependent residential distribution)

göstermemektedir. Üç tip yol kaplaması 65-75 dBA arasındaki gürültü seviyesinde kalan alanlar açısından

elde edilememektedir

Ayrıca yapılan çalışmada her üç bulvara ait gündüz, akşam, gece ve gündüz-akşam-gece olmak üzere gürültü haritaları oluşturulmuş ve örnek olarak bir bulvara ait gündüz-akşam-gece gürültü haritası Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8 Ali Bozdoğan Bulvarı gündüz-akşam-gece gürültü haritaları (Ali Bozdoğan Boulevard daytime-evening-night noise maps)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan çalışmada 3 farklı güzergâhta Düz Asfalt Kaplama (DAK), Gözenekli Asfalt Kaplama (GAK) ve Parke Taşı Kaplamanın (PTK) çevresel gürültü açısından etkinliği, hız, trafik yükü ve zaman değişkenlerine göre değerlendirilmiştir. Değişkenlerden hız ve trafik yükü kullanılarak oluşturulan 3 farklı senaryoda üç farklı kaplama tipi denenmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Mevcut durumda yol kaplaması PTK olan Ali Bozdoğan Bulvarı (Mavi Bulvar-Kıyıboyu Arası) için Senaryo 1'de yol kaplamasının DAK ve GAK ile değiştirilmesi halinde, 55 dBA gürültü seviyesinin altına daha fazla alan ve kişinin maruz kalacağını göstermektedir. Senaryo 2'de PTK kaplamasının alan ve nüfus maruziyeti açısından dezavantajlı durumu bu senaryo içinde devam etmektedir. Senaryo 3'de GAK'ın hem 55 dBA'nın altında hem de 75 dBA'nın

üstünde diğer kaplamalara göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Kenan Evren Bulvarında yapılan modelleme çalışmaları değerlendirildiğinde Senaryo 1 için 55 dBA'nın altında çevresel gürültü açısından maruz kalınan alan ve nüfus açısından avantaj bakımından sırası ile GAK, DAK ve PTK şeklindedir. 75 dBA'nın üzerinde ise gürültüye maruz kalan alan, nüfus ve konutların yüzde değerleri incelendiğinde PTK'nın DAK'a göre 2-3 kat daha fazla dezavantajlı olduğu görülmektedir. Ayrıca Senaryo 2'de kaplamalar gürültü açısından değerlendirildiğinde 55 dBA'nın altında maruz kalınan alan sırasıyla PTK (%43), DAK (%48) ve GAK (%52) şeklindedir. Fakat 75 dBA'nın üzerinde kaplamaların maruz kalınan alanın yüzdesi açısından değerler birbirine oldukça yakın olup bu durumda kaplamalar birbirlerine göre üstünlük gösterememektedir. Senaryo 3'te ise, maruz kalan alan ve nüfus açısından 75 dBA'nın üzerindeki yüzdelere göre kaplamalar arasında GAK'ı oldukça avantajlı duruma getirmektedir.

Turgut Özal Bulvarında yapılan çalışmalarında da Senaryo 1 için 55 dBA'dan daha düşük gürültü seviyelerinde DAK ve GAK için birbirine yakın yüzdelerde maruziyet görülmüş, Senaryo 2'de GAK'ın diğer iki kaplamaya göre oldukça düşük maruz kalınan alan, nüfus ve konut yüzdesine sahip olduğu görülmüştür. 3. senaryoda siyah bölge içerisinde kalan 75 dBA'nın üzerindeki gürültü seviyesine maruz kalan nüfus ve konutların yüzde değerleri DAK ve PTK'da diğer kaplama türüne göre daha yüksektir.

Üç farklı yol kaplamasının, ÇGDY Yönetmeliğinde belirlenen zaman dilimlerinde (Lgündüz, Lakşam, Lgece ve Lgag) ve olmak üzere dört gürültü seviyesinde (<55, 55-65, 65-75 ve >75 dBA) birbirlerine göre durumları maruz kalınan alan, nüfus ve konut açısından değerlendirilmiştir. Maruz kalınan alan açısından tüm zaman dilimlerinde 55 dBA'nın altında olan gürültü seviyelerinde Parke Taşı Kaplamanın (PTK) toplam alan içerisinde en düşük yüzdeye sahip olduğu görülmüştür. Maruz kalınan nüfus açısından ise 55 dBA'dan daha düşük gürültü seviyelerinde DAK ve GAK kaplamalarda PTK'ya göre hesaplama alanlarındaki nüfusun daha fazlasının maruz kaldığı görülmüştür. Dört zaman diliminde de yapılan değerlendirilmeler yol kaplamalarının etkisi maruz kalınan alanda bulunan konutlara göre değerlendirildiğinde ise, PTK Lgündüz, Lakşam, Lgece ve Lgag zaman dilimlerinde diğer iki yol kaplamasına göre daha düşük bir yüzdeye sahiptir. Yani DAK ve GAK'ın bulunduğu yollarda 55 dBA'nın altındaki gürültü seviyelerine konutlar daha fazla maruz kalmaktadır ki bu durum arzu edilen durumdur.

Bu çalışma çıktıları göz önünde bulundurularak belirlenen üç güzergâhtaki sonuçların şehir içindeki benzer yollar içinde aynı değerleri vereceği düşünülerek planlama aşamasında yol kaplamalarının türü, trafik yükü hesaba katılarak yolun genişliği ve

yolların kenarındaki yapıların yola olan mesafelerine dikkat edilerek projelendirmeler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Still, H., “*Zn Quest of Quiet. Stackpole Books*”, Harrisburg: , PA., (1970.).
- [2] Nelson, P.M., “*Transportation Noise Refenece Book*”, Butterworths veCo. (Puplishers) Ltd., (1987).
- [3] Berglund, B., and Lindvall, T., Community Noise, , “*Archives of the Center for Sensory Research*”, . Dünya Sağlık Teşkilatı İçin Hazırlanmış Rapor, (1995).
- [4] ÇGDYY, “*Çevresel Gürültünün Değlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği*”, Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, (2010).
- [5] Wolde, T., “European Commission’s Future Noise Policy”.; *Internoise 98 Congress*, Christchurch, New Zeland, (1998).
- [6] Irmer, V.K., “Assesment of Conflict Plans on the Basis of Noise Mapping in Germany”, *Internoise 2000 Congress*., France, 23-29, (2000)
- [7] Ho, K. Y., Hung, W. T., Fai, N. G., Lam, Y. K., Leung, R., and Kamc, E., “The effects of road surface and tyre deterioration on tyre/road noise emission”, *Applied Acoustics* ,74: 921–925, (2013).
- [8] Freitas, E., Mendonça, C., Santos, J. A., and Murteira, C., “Traffic noise abatement: How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels”, *Transportation Research Part D*, 17: 321–326, (2012).
- [9] Praticò, F.G., and Lédéeb, F.A., “Trends And Issues In Mitigating Traffic Noise Through Quiet Pavements”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 53: 203–212, (2012)..
- [10] Donavan, P. “Effect of porous pavement on wayside traffic noise levels.” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2403:, 28-36, (2014).
- [11] Chu, L., Fwa, T., and Tan, K. “Evaluation of wearing course mix designs on sound absorption improvement of porous asphalt pavement.” *Construction and Building Materials*, 141: 402-409. (2017).
- [12] Ding, Y., and Wang, H. “FEM-BEM analysis of tyre-pavement noise on porous asphalt surfaces with different textures.” *International Journal of Pavement Engineering*, 1-8, (2017).
- [13] Kurra, S., “Köprüler, Yollar ve Çevre Kirliliği”, İstanbul: 5. *Ulusal Akustik Kongresi*, İstanbul, 95-104, (2000).
- [14] Akdağ, N., “Kent Planlamada Gürültü Haritalarının Önemi: Barbaros Bulvarı Çevresi Örneği”, *TMMOB Mimarlık Dergisi*, 311,(2003).
- [15] İşler, E., ve Akdağ, N., “Gürültü Denetlenmesinde Engel Etkinliği: Bağdat Caddesi Örneği”, *7. Ulusal Akustik Kongresi* Kapadokya, 16–17 Kasım, 72-80, (2004)
- [16] Aşçıgil, M., “Karayolu Gürültü Haritalarının Hazırlanması: İstanbul Zincirlikuyu-Maslak Ulaşım Hattı Örneği”, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2009).
- [17] Bıçakçı, T. and Z. Selek, “Trafikten Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritaları ve Çukurova Üniversitesi Kampüsü Örneği”, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi: Adana, (2011)
- [18] Maraş, E.E., “Coğrafi bilgi sistemi desteğinde kentlerin Avrupa Birliği standartlarında gürültü haritalarının üretimi: Samsun ili örneği”, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011)
- [19] İmamoğlu, C.T., “Atık Lastik Katkılı Asfalt Kaplamaların Trafik Gürültü Sönümlemesindeki Etkileri”, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İstanbul Teknik Üniversitesi, (2012).
- [20] Bozkurt, Z., “Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Otoyolunun Adana Şehir Merkezinden Geçen Bir Kesitinde Ulaşımın Kaynaklanan Gürültünün Azaltılması İçin Geliştirilen Çözüm Önerileri”, *Çevre ve Ulaşım İlişkileri*, M. Yücel and D. Çolakkadıoğlu, Editors. Karahan Kitapevi: Adana. p. 103-114, (2015)
- [21] Maraş, E.E., G. Uslu, and A. Uslu, “Effects of Noise Barriers on Reducing Highway Traffic Noise”. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 5(2): 01-11, (2016).
- [22] Özer, S.S. “The effect of ground characteristics on optimum road-building distance for motorway noise control”. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*. Institute of Noise Control Engineering, (2016).
- [23] Maraş, E.E. and F.A. Sesli, “Karayolu Trafik Gürültü Değerlerinin Uygulama İmar Planlarına Entegrasyonu”. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2): 430-441, (2017).
- [24] Öngel, A. and F. Sezgin, “Trafik Gürültüsünü Etkileyen Faktörlerin SoundPlan 6.5 Programı ile İncelenmesi”. *Teknik Dergi*, 7669(7684): 466, (2017).
- [25] Directive 2002/49/EC. of the European Parliament and of Council of June 25 2002 relating to the assessment and management of Environmental noise, *Official Journal of the European Communities*, L189/12-25,18.7, (2002).
- [26] Centre D'Études Des Transports Urbains (Cetur), “*Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores*”, (1980).
- [27] QuartieriI, J. M., “A Review of Traffic Noise Predictive Models”, *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Applied and Theoretical Mechanics*, Puerto De La Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain, December 14-16.; WSEAS Press, 72-80, (2009).
- [28] Bozkurt, Z., “Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Çevresel Gürültü ve Bu Gürültüye Yol Kaplamalarının Etkilerinin İncelenmesi”, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013),
- [29] EGM, & TÜİK, “Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri” Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, (2012).
- [30] EU, GREEN PAPER, “Future Noise Policy, Commission of the European Communities”, ISBN 92-78-10730-1 Brussels, (1996).