

Tosmur Mahallesi Özelinde CBS Kullanılarak Yapıların Doğal Zemin Eğimlerinin Hafriyat Hacimleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Utku Babacan* 

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.
*215446007@ogr.alanya.edu.tr

Özet

Ülkemizin en önemli sektörlerinden biri olan inşaat sektörü son yıllarda gösterdiği büyümeyle birlikte coğrafi etmenlere bağlı olarak birtakım sorunlarla karşılaşmıştır. Coğrafi etmenlere bağlı sorunlardan biri de bina imalatına uygun, engebesi az, düz olarak nitelendirilebilecek zemin sayısının, artan inşaat projelerine bağlı olarak giderek azalmasıdır. Bu duruma bağlı olarak inşaat proje yüklenicileri giderek daha engebeli arazilerde proje imalatına başlamak ve yükselen hafriyat maliyetlerini karşılamak durumunda kalmaktadır. Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada; Antalya ili Alanya ilçesi Tosmur Mahallesi özelinde, yapımı 2016 yılı öncesi ve sonrasında tamamlanan binaların doğal zemin kot farkları ve ortalama zemin düzeltme hafriyat hacimleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, günümüzde farklı mühendislik disiplinlerinde de sıklıkla uygulama alanı bulan, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılmıştır. CBS paket programında oluşturulan Tosmur Mahallesi 3 boyutlu modeli üzerinde tüm binalar modellenmiş ve temel zemini kot farkları tablo halinde listelenmiştir. Ortalama temel alanları ve ortalama temel zemini kot farkları hesaplanmış, bu değerler üzerinden de ortalama zemin düzeltme hafriyat hacimlerine geçilmiştir. Çalışmanın en son kısmında ise 2016 yılı merkeze alınarak bu alandaki artış miktarları yüzdesel olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, İnşaat Mühendisliğinde CBS.

Investigation of the Effect of Natural Ground Slopes of Buildings on Excavation Volumes by Using GIS in Tosmur District

Abstract

The construction sector, one of Turkey's key sectors, has faced some problems due to geographical factors with its development in recent years. One of the problems related to geographical factors is the decrease in the number of building lands suitable for building construction, which can be characterized as flat. This decrease occurs due to the increasing construction projects. Depending on this situation, construction project contractors have to start production of buildings on increasingly rough terrains and accept the rising excavation costs. In this study we carried out; The natural ground level differences and the average ground excavation volumes of the buildings whose construction was completed before and after 2016, in the Tosmur district of Alanya city of Antalya province, were compared. Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing techniques, which are frequently used in different engineering disciplines, were used in the study. All buildings were modeled on the Tosmur District. 3D model created in the GIS package program and the elevation differences of the foundation ground were listed in a table. Average foundation areas and average foundation ground level differences were calculated, and average ground excavation volumes were calculated. In the last part of the study, the increase in this section is presented as a percentage by taking 2016 as the center of production year of buildings.

Keywords: Geographic Information Systems, Remote Sensing, GIS in Civil Engineering.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarihin ilk zamanlarından bu yana yaşadığı çevreyi kendi ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirmiştir. Özellikle yerleşik yaşama geçilmesiyle birlikte barınma, tarım alanı sulama, taşkın önleme sistemleri gibi yapısal ihtiyaçların nicel ve nitel olarak çeşitlenmesiyle birlikte tarihin en eski mühendislik dallarından biri olan İnşaat Mühendisliği ortaya çıkmış ve insanoğlunun bu ihtiyaçlarına efektif çözümler üretilmeye başlanmıştır. Günümüz modern şehirlerinin oluşturulması sürecinde de pek çok üst ve alt yapısal soruna yine ev sahipliği yaptığı çeşitli ana bilim dalları aracılığıyla İnşaat Mühendisliği çözümler üretmeye devam etmektedir [1].

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) özellikle son çeyrek asırda gelişen uydu görüntüleme sistemleri ve bilgisayar yazılımları ile desteklenerek ortaya çıkmıştır. CBS sunmuş olduğu veri tabanı desteği ile konumsal ve öz niteliksel verileri tek ortam üzerinde yönetme olanağı sağlamaktadır [2]. CBS'nin en maliyetli aşaması veri toplama aşamasıdır. Bu veriler, topografik haritaların sayısallaştırılması, uydu görüntüleri, yersel ve jeodezik ölçüm yöntemleri, fotogrametri gibi çeşitli tekniklerle üretilebilmektedir [3]. Veriyi işleme, düzenleme ve tablo olarak görüntüleme gibi işlemler CBS üzerinden yapılabilmektedir. CBS'nin benzer nitelikteki CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) paket programlarından en büyük farkı karar alma süreçlerinde sunduğu destek sayesinde inşaat projelerinde zaman ve maliyet kazancı sağlamasıdır [4].

İnşaat sektöründe; doğal zemin eğimi fazla olmayan, düz zeminlere yapı inşaatı yapılması hem yapının dayanımı hem de proje maliyeti açısından daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Ancak nüfus artışı ile paralel olarak artan yapı ihtiyacı, kentsel alanlardaki inşaata elverişli zeminleri tüketmiş ve inşaat proje üstlenicileri daha engebeli zeminlere yönelmek durumunda bırakmıştır. Özellikle ülkemizin kıyı kesimlerinde engebeli arazi yapısının kıyı çizgisinden hemen birkaç kilometre sonra başlaması bu sorunu şiddetlendirmektedir. Söz konusu düz zemin kıtlığına bağlı olarak eğimi yüksek, engebeli zeminler üzerine yapıların konumlandırılması sıklıkla karşılaşılan bir durum haline gelmiştir. Engebeli zeminlerde ortaya çıkan en önemli problemlerden biri tepe-yamaç etkisidir. Tepe-yamaç etkisi yapı temelini bir kısmının çevresine göre daha yüksek veya alçak bir kotta bulunması olarak açıklanabilmektedir [5]. Yapı temelindeki bu etki, iyi projelendirilmediği takdirde yapının dayanım performansını bir miktar düşürmektedir. Söz konusu etkiden kaçınabilmek adına genellikle yapı temelindeki doğal zemin kot farklılıkları çeşitli zemin düzenleme çalışmalarıyla ortadan kaldırılmaktadır. Yapı projelerinde genellikle hafriyat giderleri çatısı altında toplanan zemin düzenleme çalışmaları yapı proje maliyetlerini her geçen gün daha da fazla artırmaktadır. Yine bu tip hafriyat çalışmaları, projelerde ciddi zaman kayıplarına da yol açtığı için proje teslim tarihlerinde gecikmelere sebep olabilmektedir [6]. Hafriyat atıkları yönetmeliklere uygun olarak bertaraf edilmedikleri takdirde, içerdiği bitkisel toprak, kum, çakıl, taş ve kil gibi ince daneli malzemeler nedeniyle kentsel alanlarda görüntü ve toz kirliliğine yol açabilmektedir [7]. Özellikle büyük miktarlarda hafriyat atığı üreten inşaat projelerinde, atığın; kaynakta azaltılması, çeşidine göre ayrı depolanması, yeniden kullanılması ve depolama tesislerine taşınmasından proje üstlenicileri sorumlu olmaktadır [8].

Bu çalışmada Antalya ili Alanya ilçesi Tosmur Mahallesi'nin topografik yapısı ve mevcut yapı stoku çeşitli öz niteliksel özellikleri ile birlikte CBS ortamı üzerinde 3B olarak modellenmiştir. Çalışmanın sonucu olarak oluşturulan model üzerinden 2016 yılı öncesinde yapımı tamamlanan binaların ortalama temel zemini alanları, tabii zemin kot farkları ve hafriyat hacimleri hesaplanmıştır. Yine aynı model üzerinden aynı değerler bu kez yapımı 2016 sonrası tamamlanan binalar için de hesaplanmıştır. Ulaşılan sonuçlar üzerinden ortalama tabii zemin eğimi artışının ortalama hafriyat hacimlerine olan etkisi irdelenmiştir. Çalışma ile bir mahalle ölçeğinde bu değişimlerin mertebesine ulaşmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

1/1000 ölçekli topografik harita ve imar plan harita paftaları CAD formatlı olarak Alanya Belediyesi İmar Müdürlüğünden izin alınarak kurumlarından temin edilmiş ve kullanılmıştır. CBS paket programı

olarak üniversitemiz bünyesinde erişimi bulunan Esri ArcGIS versiyon 10.5, CAD paket programı olarak AutoCad versiyon 2021 kullanılmıştır.

CBS paket programlarına CAD uzantılı haritaların aktarılabilmesi için öncelikle koordinat sistemlerine uygun dönüşümün yapılması gerekmektedir. Veri toplama aşamasında temin edilen CAD uzantılı haritaların koordinat sistemleri ED50 (European 1950)'den ITRF 96 (The International Terrestrial Reference Frame)'ya dönüştürülmüştür. Alanya ilçesini kapsayan ITRF 96 paftası ITRF96 3°-33. Boylam olarak tanımlanmıştır.

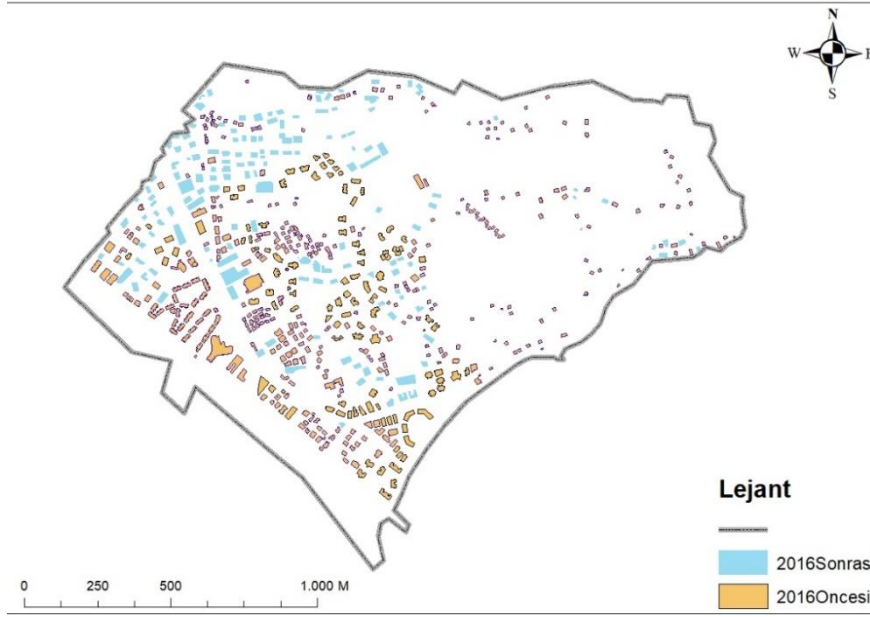
CBS paket programında veri tabanı (feature data set) oluşturulmuştur. CAD uzantılı haritadan aktarılacak verilerde araştırma konusu için en önemli veri olan yükseklik (elevation) hariç diğer veri türleri aktarıma kapatılmıştır. Veri aktarımının ilk aşamasında bina verileri için CAD uzantılı haritada "hz_bina_mevcut", "hz_bina_eklenen", "hz_bina_resmi", "hz_bina", "hz_bina_dinitiesis" isimli çizgi verilerin bina çizimleri için kullanıldığı tespit edilmiştir. CBS paket programında sürekli çizgi verisi (polyline) veri tabanı altında "MevcutBinalar" veri tabanı oluşturularak aktarım işlemi gerçekleştirilmiştir.

Paket programın içeriği poligona dönüştürme komutu kullanılarak "MevcutBinalar" sürekli çizgi verisinden poligon verisine dönüştürülmüştür. Topografik haritalar 2016 yılında hazırlandığı için bu haritadan aktarılan binalar "2016Öncesi" olarak isimlendirilmiştir. Çizim hataları kaynaklı tam kesişmeyen doğru parçaları gibi hatalar paket programın içerik yaratma komutu ile düzeltilmiştir.

Paket programın internet bağlantısı kullanılarak Tosmur Mahallesi'nin çalışma sırasındaki en güncel uydu görüntüsü (10/2021 tarihli) altlık harita (base map) olarak oluşturulan poligon verinin altına konumlandırılmıştır. 2016 sonrasında yapımı tamamlanmış binalar uydu görüntüsünden tespit edilerek yine poligon yaratma seçeneği ile alansal veriye dönüştürülmüştür. Bu binalar da "2016Sonrası" başlığı altında toplanmıştır. Bina verilerinin kat adet ve yükseklik verileri imar haritasından edinilerek öz niteliksel veri tabanı tablosu (attributes table)'na işlenmiştir.



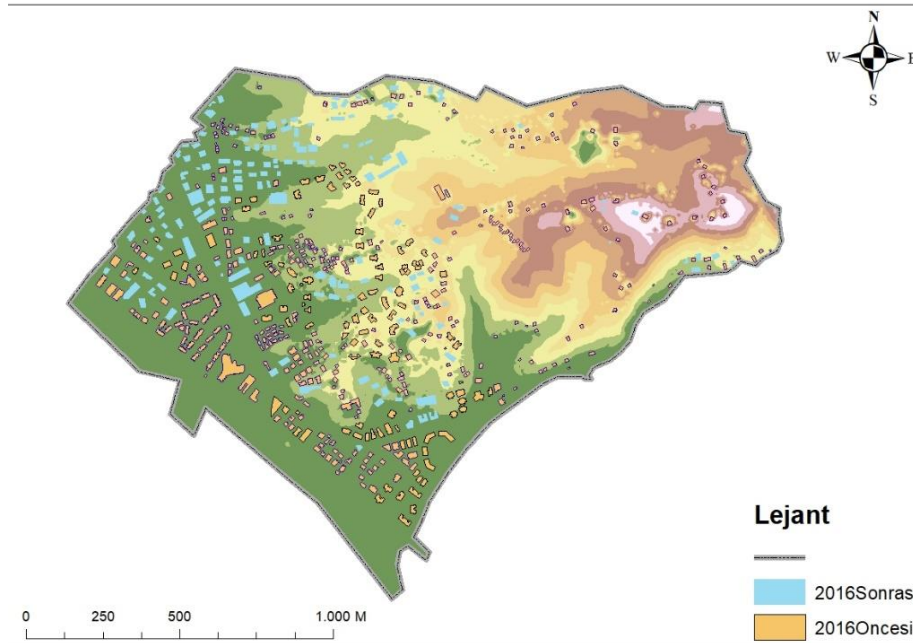
Şekil 1. Tosmur Mahallesi'nin Alanya ilçesindeki (Ölçek: 1/100000)



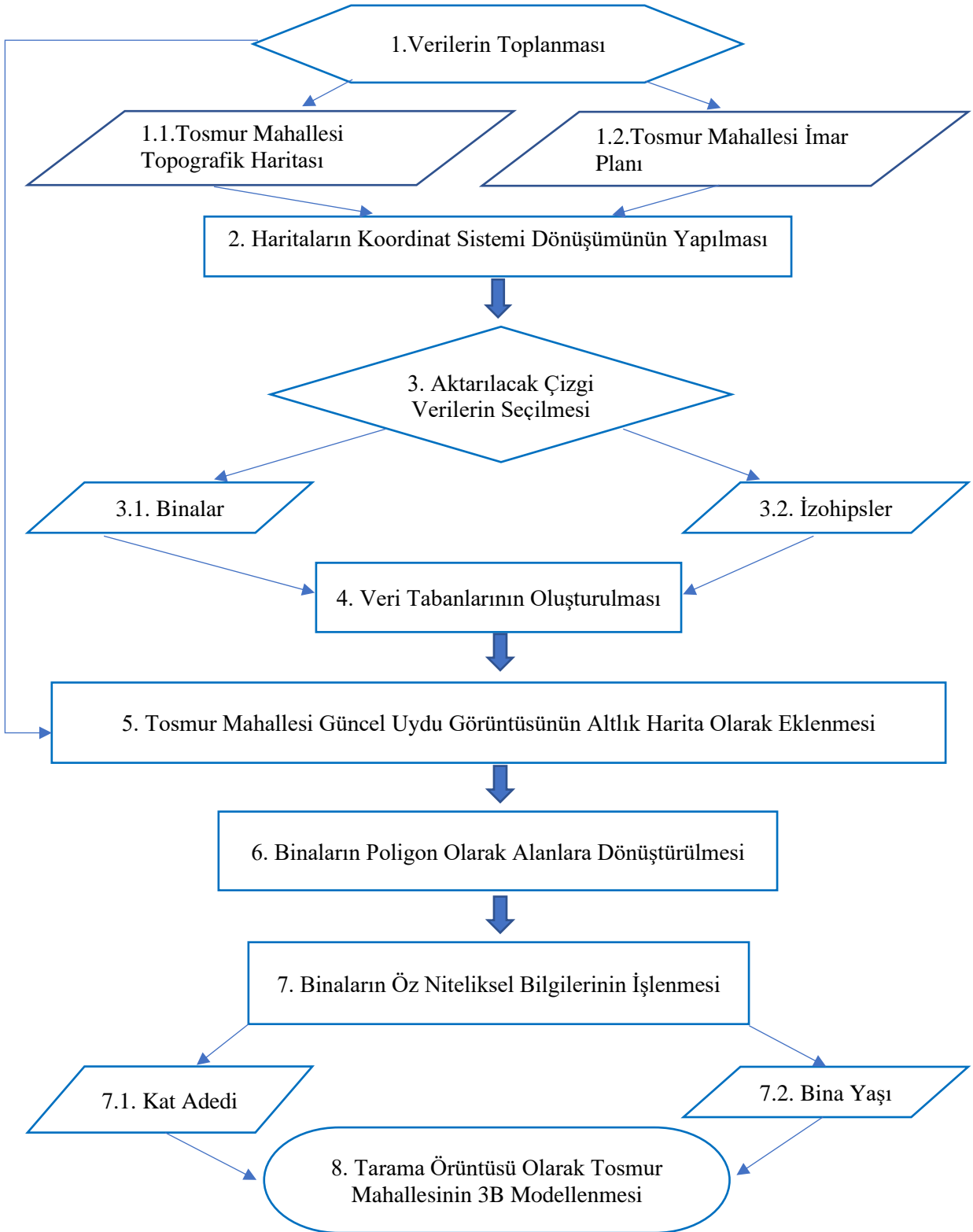
Şekil 2. Tosmur Mahallesi binaları (ölçek: 1/10000)

Topografya özellikleri de dahil olarak mahallenin modellenebilmesi için zemin kot değerlerinin de CBS programına aktarılması gerekmektedir. Bu işlem için CAD uzantılı haritada yer alan eş yükselti eğrisi (izohips) çizgi verileri “hz_egri”, “hz_egri_1m”, “hz_egri_2m”, “hz_egri_5m”, “hz_egri_5mkot”, “hz_egri_10m”, “hz_egri_10mkot” devamlı çizgi verisi (polyline) olarak CBS paket programa aktarılmıştır. Bu veri grubu “İzohipsler” adı altında toplanmıştır.

Binaların kat sayıları, 2016 öncesi yapımı tamamlanan binalar için topografik harita paftasından, 2016 ve sonrasında yapımı tamamlanan binalar içinse imar planı paftasından, binalar veri tabanına işlenmiştir. Yine benzer şekilde binaların taban başlangıç ve bitiş kotları “İzohipsler” veri grubundan tek tek saptanarak binalar veri tabanına işlenmiştir.



Şekil 3. Tosmur Mahallesi topografya özellikleri dahil edilmiş 2B modeli (ölçek: 1/10000)



Şekil 4. Uygulama metodolojisinin akım şeması

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

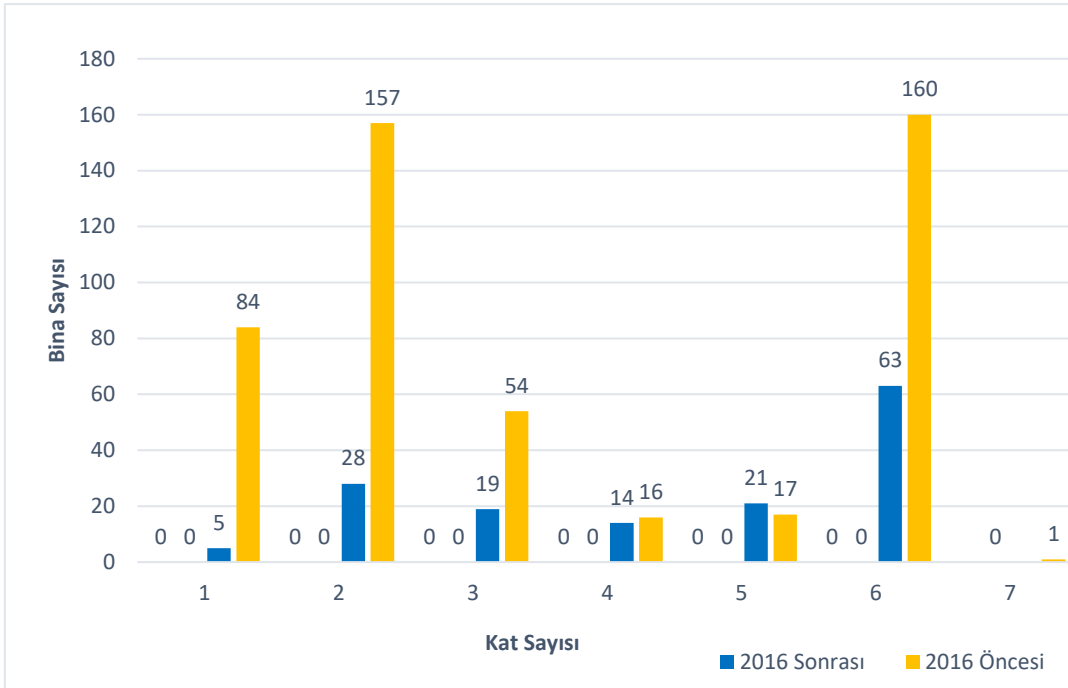
Çalışmanın son aşamasında, binaların kat sayıları, zemin başlangıç ve bitiş kotları, temel alanları verileri tablo halinde Excel programına aktarılmıştır. Binaların zemin başlangıç ve bitiş kot farkları, taban alanları ile tek tek çarpılarak her bir bina için ayrı ayrı ortalama hafriyat hacimlerine ulaşılmıştır. Tosmur Mahallesinde yer alan taban alanı en büyük 9 bina çeşitli verileriyle birlikte Tablo 1’de paylaşılmıştır. Bina veri tabanına, taban alanı verisine ek olarak yapım yılı, taban çevresi, kat sayısı, başlangıç-bitiş kotları ile birlikte kot farkları da dahil edilmiştir.

Tablo 1. Tosmur Mahallesinde taban alanı en büyük 9 bina

Yapım Yılı	Bina Kodu	Taban Çevresi (m)	Taban Alanı (m ²)	Kat Sayısı	Başlangıç Kotu (m)	Bitiş Kotu (m)	Kot Farkı
2016 Öncesi	619	352,511	3689,165	6	5	3	-2
2016 ve Sonrası	77	274,683	3406,872	6	5	3	2
2016 Öncesi	725	236,593	2640,156	1	3	5	3
2016 ve Sonrası	70	193,708	2071,369	6	15	8	7
2016 ve Sonrası	31	174,578	1890,055	6	3	3	0
2016 ve Sonrası	92	187,012	1873,042	6	13	9	4
2016 ve Sonrası	74	185,659	1535,307	6	5	3	2
2016 ve Sonrası	9	184,107	1524,419	6	3	3	0
2016 ve Sonrası	1	169,398	1460,594	6	4	3	1

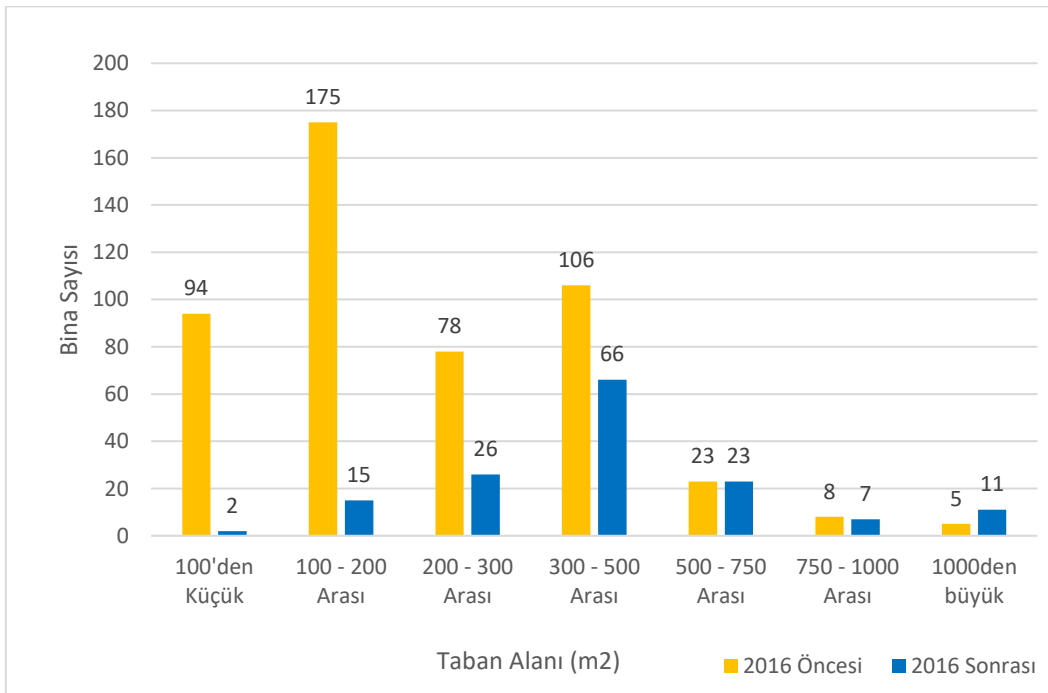
Tosmur Mahallesinde 2016 yılından önce yapımı tamamlanan toplam 490 bina bulunmaktadır. Bu binaların ortalama kat yükseklikleri 3,427 olarak tespit edilmiştir. Ortalama taban alanları ise 249,924 m² olarak hesaplanmıştır. Ortalama zemin kotu farkları ise 1,276m olarak bulunmuştur. Ortalama taban alanı ve zemin kotu farkı değerlerinin çarpılmasıyla da ortalama hafriyat hacim değerinin 318,921 m³ olduğu sonucuna varılmıştır.

2016 yılı ve sonrasında yapımı tamamlanan binalar uzaktan algılama yöntemiyle modellenmiştir. Bu modellemeye göre 2016 yılı ve sonrası yapımı tamamlanan 151 bina bulunmaktadır. Bu binaların ortalama kat yükseklikleri 4,380, ortalama zemin kotu farkları 1,733m ortalama taban alanları ise 491,633m² olarak hesaplanmıştır. Ortalama zemin kotu farkı ve ortalama taban alanı değerinin çarpılmasıyla ortalama hafriyat hacmi değerinin 852,164m³ olduğu sonucuna varılmıştır. Tosmur Mahallesinde yer alan binaların bina sayısı – kat sayısı dağılımı Şekil 5’te paylaşılmıştır. 2016 öncesi yapımı tamamlanan binaların yüksek çoğunluğunu 2 ve 6 katlı binalar teşkil ederken, 2016 ve sonrası yapımı tamamlanan binalarda ise çoğunluğu 6 katlı binalar oluşturduğu görülebilmektedir. Benzer şekilde 1 katlı binaların 2016 öncesinde sayısı 84 iken 2016 ve sonrasında yalnızca 5 adet olması dikkat çekicidir. Bu durumun ortaya çıkmasında gecekondü statüsündeki yapıların ve kaçak yapı inşaatının engellenmesinin etkili olduğu açıktır.



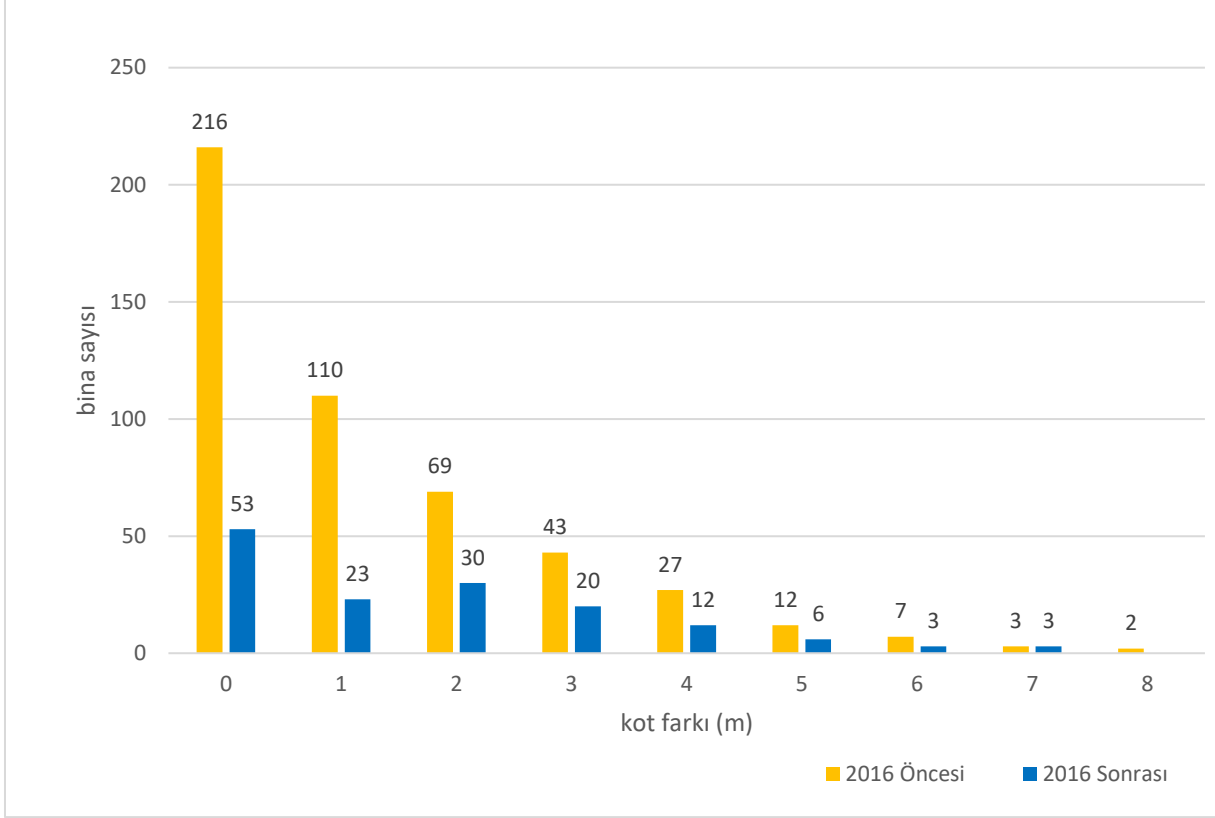
Şekil 5. Tosmur Mahallesinde binaların kat sayısı – bina sayısı dağılımı

Tosmur Mahallesinde yer alan binaların taban alanı – bina sayısı dağılımı Şekil 6’da paylaşılmıştır. 2016 öncesi yapılmı tamamlanan binaların taban alanlarının ekseriyetle 100-500 m² arasında olduğu görülebilmektedir. Yine 100 m² altında taban alanına sahip 96 binanın 94’ü, 2016 yılından önce imal edilmiştir. 2016 ve sonrası yapılmı tamamlanan binaların ise yarıya yakını 300-500 m² taban alanına sahiptir. Benzer şekilde taban alanı 1000 m²’nin üzerinde olan yapıların 11’i, 2016 ve sonrası imal edilmişken yalnızca 5’i 2016 öncesi imal edilmiştir.



Şekil 6. Tosmur Mahallesinde binaların taban alanı – bina sayısı dağılımı

Tosmur Mahallesinde yer alan binaların temel kot farkı – bina sayısı dağılımı Şekil 7’de paylaşılmıştır. Tablo 2’de ise Tosmur Mahallesindeki binalara ait yapım yılı endeksli olarak kot farkı, taban alanı, hafriyat hacmi ve kat sayısı verileri sunulmuştur.

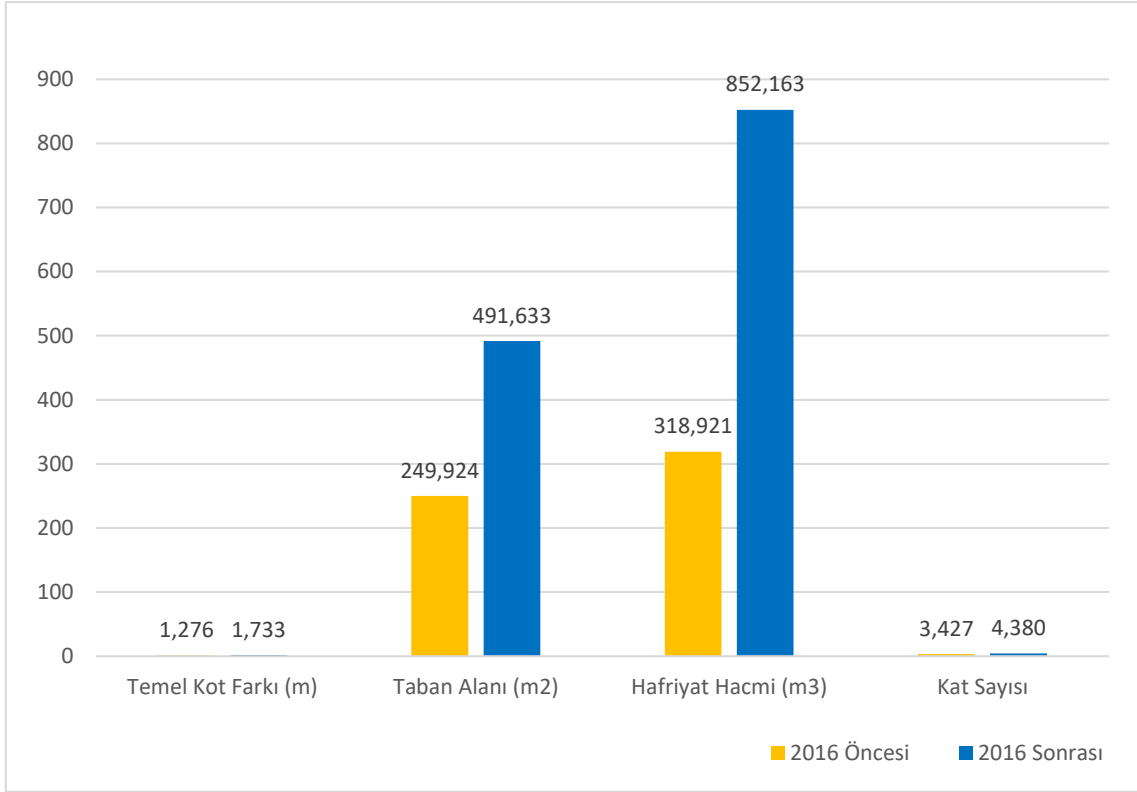


Şekil 7. Tosmur Mahallesinde temel kot farkı – bina sayısı dağılımı

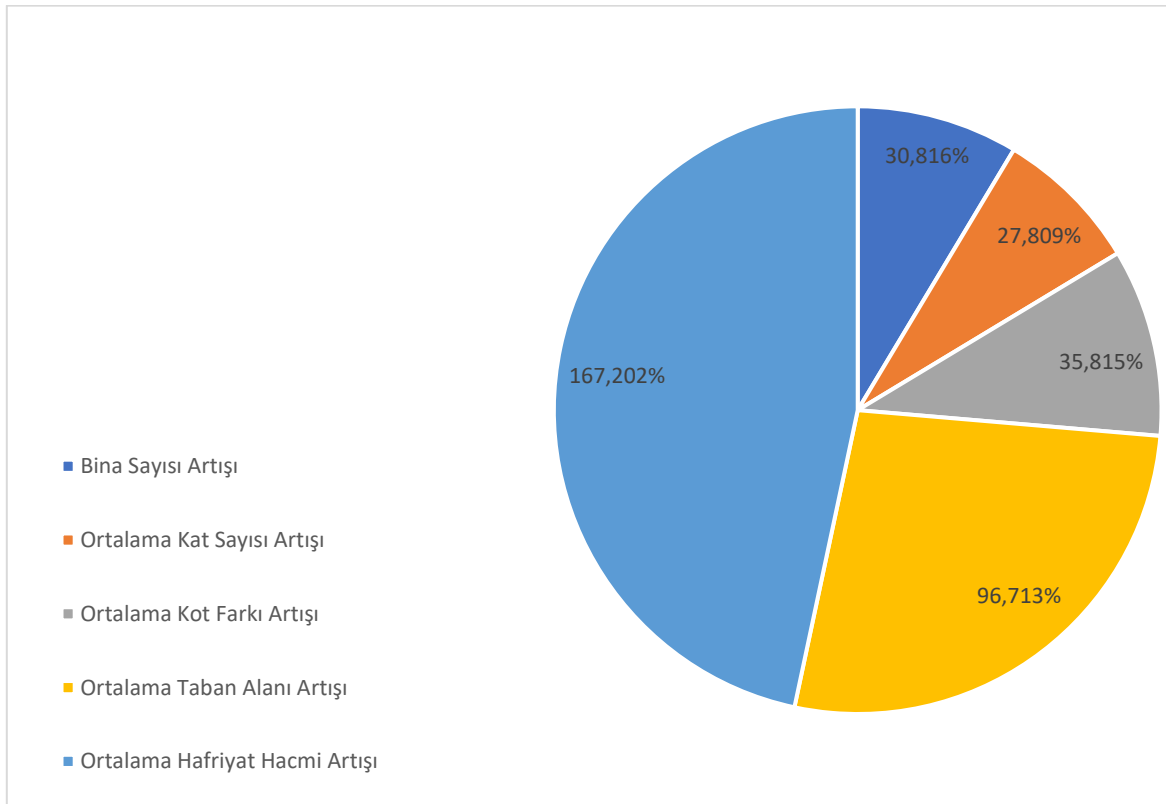
Tablo 2. Tosmur Mahallesindeki binalara ait yapım yılına göre ortalama kot farkı, taban alanı, hafriyat hacmi ve kat sayısı verileri

Bina Yapım Yılı	Bina Sayısı	Ortalama Kat Sayısı	Ortalama Kot Farkı (m)	Ortalama Taban Alanı (m ²)	Ortalama Hafriyat Hacim (m ³)
2016 Öncesi	490	3,427	1,276	249,924	318,921
2016 ve Sonrası	151	4,380	1,733	491,633	852,163

2016 yılı ve sonrasında yapımı tamamlanan binalarla birlikte Tosmur Mahallesindeki yapı sayısının %30,816 arttığı tespit edilmiştir. Binaların ortalama kat sayısındaki artışın %27,809 mertebesinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Binaların ortalama kot farkı artışının %35,815 seviyesinde olduğu hesaplanmıştır. Binaların ortalama taban alanı artışının %96,713 olduğu tespit edilmiştir. En yüksek artışın ortalama hafriyat hacminde ortaya çıktığı ve %167,202 mertebesinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Binaların yapım yılı baz alınarak temel kot farkı, taban alanı, hafriyat hacmi ve kat sayısı verilerinin karşılaştırılması Şekil 8’de paylaşılmıştır. Şekil 9’da ise yine 2016 yapım yılı endeksli olarak bu verilerin yüzdesel olarak artışı grafiksel olarak sunulmuş olup Tablo 3’de de istatistiksel olarak paylaşılmıştır.



Şekil 8. Tosmur Mahallesinde 2016 yapım yılı baz alınarak binaların çeşitli özelliklerinin karşılaştırılması



Şekil 9. Tosmur Mahallesinde 2016 yapım yılı baz alınarak çeşitli bina özelliklerinin artış yüzdeleri

Tablo 3. Tosmur Mahallesinde yapımı 2016 yılı ve sonrasında tamamlanan binaların toplam yapı stoku üzerinde yarattığı artış istatistikleri

Bina Sayısı Artışı	Ortalama Kat Sayısı Artışı	Ortalama Kot Farkı Artışı	Ortalama Taban Alanı Artışı	Ortalama Hafriyat Hacmi Artışı
%30,816	%27,809	%35,815	%96,713	%167,202

4. DEĞERLENDİRME

Ulaşılan tüm bu sonuçlar yorumlanacak olursa, Tosmur Mahallesi özelinde 2016 yılı ve sonrasında tamamlanan binalarla birlikte inşaat yapılan zeminlerde ortalama engebe yaklaşık %36 mertebesinde artmıştır. Ortalama bina temel alanı ise yaklaşık 2 katına yükselmiştir. Bu iki parametrenin görece kabul edilebilir seviyelerde artışına karşın en yüksek artış ortalama hafriyat hacminde gözlemlenmiş olup, 2016 yılından önce yapılan binalara göre ortalama hafriyat hacminin 3 katına çıktığı sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde enflasyon etkisiyle gün geçtikçe artan girdi maliyetlerine ek olarak artan hafriyat hacimlerini maddi olarak karşılayabilmek adına, inşaat proje üstlenicileri, bina temel alanı ve kat sayısında da artışa gitmek durumunda kalmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmayla bu konu hakkında sayısal verilere ulaşılmak hedeflenmiştir. Çalışmada CBS kapsamında uydu görüntülerine başvurulduğundan ihmal edilebilir düzeyde bir hata payı bulunmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak daha fazla sayıda ve farklı coğrafi bölgeleri de kapsayacak şekilde, benzer araştırmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Daha kesin sonuçlara ulaşabilmek adına çeşitli arazi ölçümlerinin yerinde gerçekleştirilerek uzaktan algılama kapsamında elde edilen verilerle karşılaştırılması tavsiye edilmektedir.

REFERANSLAR

- [1] S. Miles and C. Ho, “Applications and Issues of GIS as Tool for Civil Engineering Modeling,” *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 13, no. July, pp. 144–152, 1999.
- [2] A. E. Cengiz and Y. Güney, “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Bir Yapı Yönetimi Önerisi,” *e-Journal New World Sci. Acad.*, vol. 7, pp. 470–477, Jan. 2012.
- [3] L. Taşçı and Ç. Kaya, “Bina Yapısal Risk Unsurlarının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) Ortamında İncelenmesi,” *Fırat Üniv. Mühendislik Bilim. Derg.*, vol. 22, no. 1, pp. 55–62, 2010.
- [4] S. N. Palve, “Applications of GIS in Infrastructure,” *Int. J. Struct. Civ. Eng. Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 110–122, 2013.
- [5] E. Işık, İ. B. Karaşin, and A. E. Ulu, “Eğimli Zeminlerde İnşa Edilen Betonarme Binaların Deprem Davranışlarının İncelenmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknol. Derg.*, vol. 20, pp. 162–170, 2020, doi: 10.31590/ejosat.757763.
- [6] Ö. H. Bettemir, “Kazı ve Hafriyat Sürelerindeki Belirsizliğin Monte Carlo Analizi ile Tahmini,” *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 14, no. 2, pp. 165–173, 2009.
- [7] V. Mamur, “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Alternatif Yöntemleri ve İstanbul Ölçeğinde İncelenmesi,” 2012.
- [8] “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği,” *Resmî Gazete*, 2004.