



Çanakkale İli İnsansız Hava Aracı Destekli Yüzey Araştırması

Çanakkale Province: Unmanned Air Vehicle Assisted Surface Survey

Mehmet Ali Yücel¹ , Derya Yılmaz² 



Öz

Arkeoloji farklı dönem kalıntlarına ait her türlü ayrıntıyı aramayı ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Bilinen bir arkeolojik yerleşim üzerinde gerçekleştirilen yüzey araştırması ise bu yerleşime ait özelliklerin (çeşitli mimari öğeler vb.) saptanmasına yöneliktir. Arkeolojik yüzey araştırma ve kazı alanının doğru ve hassas olarak ölçülmesi araştırmaların devamlılığı ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Son yıllarda birçok disiplin tarafından kullanılan İHA'lar arkeolojik araştırmalarda da yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada öncelikle Çanakkale ilinde bulunan Demir Çağı'na tarihlenen arkeolojik sahalara yüzey araştırması ile araştırılmıştır. Sonra yapı tespit edilen sahalarda duvarların ve yerleşim alanı sınırlarının belirlenmesi için İHA kullanılarak havadan video ve hava fotoğrafı çekimi gerçekleştirilmiştir. İHA görüntüleri Agisoft Photoscan yazılımında işlenerek yüksek mekansal çözünürlüklü ortofotolar üretilmiştir. Ortofotolar kullanılarak Ortaca Köyü- Asarlık Yerleşmesi, Osmanlar Köyü-Asarlıkkaya Kalesi, Damyeri Köyü-Damyeri Kalesi, Serçeler Köyü-Madenkaya Kalesi ve Ortaca Köyü- Sivricetepe Kalesi kalıntı planları çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı (İHA), Arkeolojik Yüzey Araştırması, Demir Çağı, Kale, Çanakkale

ABSTRACT

Archeology aims to reveal all sorts of details of the ruins of different periods. A survey conducted on a known archaeological settlement aims to determine the characteristics of this settlement (various architectural details etc.). Accurate measurements of the archaeological survey and excavation area are important for the continuity and sustainability of the surveys. Precise measurements of the archaeological survey sites and excavation areas are important for the sustainability of the surveys. In recent years, UAVs have been used extensively in archaeological research as well as in many disciplines. In this study, the Iron Age archaeological sites in Çanakkale were firstly identified by surface surveys. Then, aerial videos and aerial photography were taken using UAV to identify the walls and the boundaries of the residential areas in the archaeological sites where the ruins had been identified. UAV images were processed in Agisoft Photoscan software and orthophotos with high spatial resolution were produced. Residue plans of Asarlık Settlement in Ortaca Village, Asarlıkkaya Fortress in Osmanlar Village, Damyeri Fortress in Damyeri Village, Madenkaya Fortress in Serçeler Village, and Sivricetepe Fortress in Ortaca Village plans were drawn.

Keywords: Unmanned Air Vehicle (UAV), Archaeological Surface Survey, Iron Age, Fortress, Çanakkale

¹Sorumlu yazar/Corresponding author:

Mehmet Ali Yücel (Doç. Dr),
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği
Bölümü, Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye
E-mail: aliyucel@comu.edu.tr
Orcid ID: 0000-0001-6956-5219

²Derya Yılmaz (Dr. Öğr. Üyesi),

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih- Coğrafiya
Fakültesi, Protohistorya ve Önasya Arkeolojisi
Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye
E-mail: d.yilmaz@ankara.edu.tr
Orcid ID: 0000-0001-9763-2685

Başvuru/Submitted: 15.10.2019

Kabul/Accepted: 21.10.2019

Atıf/Citation: Yücel, M.A., Yılmaz, D. (2019).
Çanakkale ili insansız hava aracı destekli yüzey
araştırması. *Anadolu Araştırmaları-Anatolian
Research*, 22, 107–128.
<https://doi.org/10.26650/anar.2019.22.633114>

EXTENDED ABSTRACT

Archeology aims to reveal all sorts of details of the ruins of different periods. These ruins help us understand the daily life of extinct communities such as life, housing, technical skills and nutrition. Movable and immovable historical ruins found as a result of archaeological research and the soil properties of the excavated area are recorded as textual and graphic documents. Archaeological researches begin with surveys. Regional surveys aim to systematically determine the unknown archaeological settlements of a region and the distribution of one or more cultures in the region. A survey conducted on a known archaeological settlement aims to identify the characteristics of this settlement (various architectural details etc.). Geomatics techniques are used extensively in the measurement and spatial referencing of the remains found in archaeological surveys and excavations. Accurate measurements of the archaeological survey and excavation area are important for the continuity and sustainability of the surveys. Precise measurements of the archaeological survey sites and excavation areas are important for the sustainability of the surveys.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are equipped with a pilotless aircraft equipped with sensors, providing high-resolution temporal and spatial images at low cost, unlike traditional remote sensing methods. In recent years, UAVs have been used extensively in archaeological research as well as in many disciplines. In field work, Foif A30 model Geodetic GPS was used to determine the coordinates of the ground control points and to measure the residues on the surface (Resim 1). DJI Mavic Pro UAV was also used for aerial photography and video capturing (Resim 2). The UAV is a quadcopter with a weight of 734 grams, including batteries and a camera. The system has a flight time of up to 27 minutes with 3830 mAh batteries. The pictures were taken in a visible band and jpeg format with a 12 Megapixel DJI camera at a height range of 30-40m.

The flight plan was prepared with Pix4D software smartphone application before the image acquisition (Resim 3). In the flight plan, the coordinates of the home point are recorded by the UAV and it also records when it is returned in case of emergency. Flight routes include the home point, turning points, landing point and flight heights. The coordinates of the home point and the photographs taken are determined by the GPS on the UAV and the coordinate precision is increased using the ground control points. Geographical coordinates were used to determine the location. UTM (Universal Transverse Mercator) Projection 3 degree and ED50 (European Datum 1950) Datum coordinates were transformed and integration of image with terrestrial measurements. Agisoft PhotoScan image processing software was used to model UAV images. As a result of image processing, orthophoto (orthomosaic), three dimensional point cloud and three dimensional terrain model were created. The image modeling work flow chart is presented in Resim 4.

In this study, the Iron Age archaeological sites in Çanakkale were first identified by surface surveys. Residue plans of Asarlık Settlement in Ortaca Village, Asarlıkkaya Fortress in Osmanlar Village, Damyeri Fortress in Damyeri Village, Madenkaya Fortress in Serçeler Village, and Sivricetepe Fortress in Ortaca Village plans were drawn.

Saving time and cost was possible using UAV-supported works in an extremely effective manner in the archeological sites. For example, on a high hill such as Sivricetepe Fortress and almost completely covered with vegetation, the UAV images provided the identification of the wall line which was partially under vegetation and gave effective results. Thus, the architectural plan of the city walls and the remains of the structures within the settlements was drawn. In addition, by combining the data obtained from each settlement, it facilitated the obtaining of effective results particularly in interpreting the geographical location characteristics and distances of each Iron Age settlement.

Giriş

Arkeolojik yüzeY araştırmaları, belli bir bölgede mevcut olan arkeolojik költürlere ait bulguları, yerleşimlerin bölge içerisindeki konumlarını sistemli olarak yapılan araştırmalar ile tespit ederek kayıt altına almayı hedeflemektedir. Arkeolojik yüzeY araştırmalarının kazı çalışmaları öncesinde son derece önemli bir yeri vardır ve kazı yapılacak sahanın yerinin doğru tespit edilmesi ve yerleşimlerin költürel yapılarının belirlenmesinde aktif rol oynamaktadır.

Arkeolojik çalışmalarda yüzeY araştırması sonucu buluntu tespit edilen yerlerin harita ve planlarının çizilmesinde, kazı çalışmaları sırasında açığa çıkarılan kalıntıların mekansal olarak kayıt altına alınmasında harita yapma amaçlı ölçme yöntemleri kullanılmaktadır. Arkeolojik amaçlı harita yapma ve tespit çalışmalarında yersel ölçme aletleri ya da hava fotoğrafı sağlayan uzaktan algılama amaçlı ölçme ve görüntüleme araçları kullanılmaktadır. Uzun yıllar devam eden kazı araştırmalarının sürekliliği ve planlı bir şekilde ilerlemesi için arkeolojik harita yapma amaçlı ölçme çalışmaları önemli destek sağlamaktadır. Arkeolojik yüzeY araştırması sahaları ve arkeolojik kazı alanlarının sınırlarının yatay ve düşeyde belirlenmesi çalışmaların devamlılığı ve planlı olarak ilerlemesi açısından önemlidir. Ülkemizde ve dünyada yersel ölçme ve havadan görüntüleme yöntemlerinin kullanıldığı arkeolojik çalışmalar son yıllarda yoğun bir şekilde havadan görüntüleme sistemlerinin kullanıldığı yöntemlere yönelerek gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Arkeolojik Harita Yapımında İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı

İnsansız hava araçları (İHA) yeryüzündeki değişimlerin izlenmesine büyük kolaylık sağlamıştır. İHA'lar ile hava koşulları elverdiği durumlarda istenilen zamanda veri toplanabilmektedir. Arkeolojik kazılar sırasında Arkeolojik alan ve kalıntılar ile fiziksel temas kurulmadan görüntü çekilerek ölçme yapılması tarihi kalıntıların zarar görmemesi için büyük avantajdır. Klasik yöntemler ile yapılan ölçme işlemlerinde zaman zaman kalıntılar üzerinde gezinmek gerekmektedir. Bu durum da fiziksel temasın zara verebileceği hassas özellikteki kalıntılarda yıpranmaya sebep verebileceği nedeni ile fiziksel temasın olmadığı İHA alışmaları avantajlı kılmaktadır. Bu durum saha özelliklerine göre değişmekte ve yersel veya havadan ölçme yöntemlerinden hangisinin sahaya uygulanacağı belirlenmektedir. Yersel yöntemler daha çok iki boyutlu harita ölçümü yapılacak ve sağlam yapılardan oluşan sahalarda tercih edilirken, İHA yöntemi üç boyutlu modellemeyi amaçlayan ve sağlam olmayan sahalarda tercih edilmelidir. Ayrıca coğrafî bilgi sistemi (CBS) ve görüntü işleme yazılımları kullanılarak hızlı, hassas ve sayısal bilgi üretimi sağlanarak bu veriler üzerinden analiz yapmak olanaklıdır. CBS, arkeolojik bir alandaki buluntuların veya belirli bir bölgedeki arkeolojik alanların dağılımlarının mekansal analizlerinin yapılmasında, önemli bir araç olarak dikkat çekmektedir. CBS teknolojisinin, arkeolojik çalışmalarda en

sık kullanılan özelliklerinden biri de üç boyutlu modelleme ve mekansal analiz özellikleridir. Günümüzde CBS ve uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak arkeolojik yerleşim alanlarının üç boyutlu olarak modellenmesi, konumsal tespiti, mekansal analizi ve veri görselleştirilmesi hızlı olarak yapılabilmektedir (Ozulu, 2005; Tuzel, 2008; Pişkin, 2011; Şanlıyüksel Yücel, Yücel, Baba, 2014; Yücel ve Yılmaz, 2018).

Fotogrametrik kameralar kullanılarak uçakla elde edilen hava fotoğrafları kazı alanlarının tespitinde ve yüzey araştırmasında kullanılabilir. Bu yöntem büyük alanları kapsayan çalışmalar için uygun olmasına karşın küçük alanları kapsayan arkeolojik kazı alanlarında oldukça maliyetli olmaktadır. Son yıllarda İHA teknolojilerin gelişimi sonucu arkeolojik alanların İHA destekli görüntülerinin elde edilmesi, İHA tabanlı veriler ile izlenmesi, haritalanması ve üç boyutlu modellenmesi çalışmaları hız kazanmıştır. Bu yöntem uydu görüntülerinde karşılaşılan istenilen zamana ait verilerin sağlanamaması ve klasik fotogrametrik yöntemlerin gerektirdiği yüksek maliyet gibi sorunları ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda coğrafi mekânların kısa sürede ve yüksek mekansal çözünürlüklü olarak modellenmesine olanak sağlamaktadır. İHA kullanılarak üretilen verilerin yatay ve düşeyde yüksek hassasiyetli konuma sahip olması için uygulama alanının büyüklüğüne bağlı olarak yeterli sıklıkta üretilmiş yer kontrol noktalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Orengo, 2013; U. Avdan, Gülşen, Ergincan, Çömert, 2014; Fernandez-Hernandez, Gonzalez-Aguilera, Rodriguez-Gonzalvez, Mancera-Taboada, 2015; İlçi ve Ozulu, 2016).

İnsansız Hava Araçları (İHA)

İnsansız hava araçları dijital algılayıcıları taşıyan pilotsuz hava araçları olup, klasik uzaktan algılama araçlarından farklı olarak düşük maliyette yüksek çözünürlüklü zamansal ve mekansal görüntüler sağlar. İnsansız hava sistemi, hava robotu, pilotsuz uçak gibi farklı isimlerle de adlandırılan İHA'lar, kamera, sensör ve iletişim sistemleri taşıyabilen uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen hava araçlarıdır (Capra, Gandolfi, Laurencich, Mancini, Minelli, Orsini, Rodriguez, 2002; Bendea, Chiabrande, Tonolo, Marenchino, 2007; Yücel ve Turan, 2016).

Son yıllarda birçok alanda kullanılan İHA'lar mühendislik çalışmalarında özellikle; Harita Mühendisliği, Arkeoloji, Maden Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama, İnşaat Mühendisliği, Mimarlık, Ziraat Mühendisliği vb. disiplinler tarafından yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Şanlıyüksel- Yücel ve Yücel, 2017; Yücel ve Yılmaz, 2018).

İHA'ların; düşük maliyet ile veri elde etmeye olanak sağlama, kolay kontrol özelliği, farklı ölçekli çalışmalarda hızlı çözüm sağlayabilme, yüksek hassasiyetli çalışmalara kolay adaptasyon, ulaşılamayan ve riskli alanlarda güvenli çalışabilme, yüksek hızda veri toplamaya olanak sağlama gibi avantajları vardır. Bunun yanı sıra; stabilize otonom uçuşların dış

etkenlerden kolay etkilenmesi, yükleme kapasitesi limitli olması, uçuş yüksekliğinin sınırlı olması, yasal kurallara uygun olarak uçuş yapılma zorunluluğu, sigortalama maliyetlerinin olması, kompakt donanımlarda düşük çözünürlüklü sensör kullanımı, donanım özelliklerinin kapsamlı olması ve yüksek kapasiteli kamera kullanımında maliyetlerin artması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Verhoeven, Doneus, Briese, Vermeulen, 2012; Şanlıyüksel-Yücel ve Yücel, 2017; Yücel ve Yılmaz, 2018).

Arkeolojik Harita Çalışmaları: 2017 Yılı Çanakkale İli Merkez İlçesi

Bu çalışmada öncelikle çalışma sahasında bulunan arkeolojik tüm noktalar yüzey araştırması ile arazide doğrudan tespit edilmiştir. Daha sonra harita ve plan çizmeye yönelik arazi ölçümü yapmak için daha önce tespit edilen ancak hava fotoğrafı ve video görüntüleri alınmayan, planları çıkartılmayan yapı kalıntılarının bulunduğu alanlarda çalışılmıştır. Mimari yapı kalıntısı tespit edilen arkeolojik sahalarda İHA ve Jeodezik GPS kullanılarak detay noktası koordinat alımları, duvarların işaretlenmesi, yerleşim sınırlarının belirlenmesi, hava fotoğrafı ve hava videosu çekimi gibi taşınmaz kültür varlıklarıyla ilgili dokümantasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Metot

Arkeolojik yüzey araştırma amaçlı bu çalışmada yer kontrol noktalarının koordinatlarının belirlenmesinde ve yüzeyde mevcut olan kalıntılarının ölçülmesinde FoifA30 model Jeodezik GPS kullanılmıştır (Resim 1). Ayrıca hava fotoğrafı ve videosu çekiminde DJI *Mavic Pro* İHA kullanılmıştır¹. Fotoğraflar jpeg formatında çekilmiştir (Resim 2). Görüntü alımı öncesi uçuş planı *Pix4D* yazılımı akıllı telefon uygulaması ile yapılmıştır (Resim 3). Uçuş planında kalkış noktası koordinatları İHA tarafından kaydedilerek acil durumda geri çağırıldığında bu noktaya iniş yapmaktadır. Uçuş güzergâhları; kalkış noktası, dönüş noktaları, iniş noktası ve uçuş yükseklikleri ile belirlenmiştir. Kalkış noktasının ve çekilen fotoğrafların koordinatları İHA üzerinde bulunan *GPS* ile belirlenmekte yer kontrol noktaları ile koordinat hassasiyeti arttırılmaktadır. Konum belirlemede coğrafi koordinatlar kullanılmıştır. Görüntü modelleme ve görüntünün yersel ölçmeler ile bütünleştirilmesinde UTM (*Universal Transverse Mercator*) Projeksiyonu 3 derece, ED50 (*European Datum 1950*) Datumu koordinatlarına dönüşüm yapılmıştır. Görüntülerin modellenmesinde *Agisoft PhotoScan* yazılımı kullanılmıştır. Yazılım ile uçuş sırasında çekilen fotoğraflar birleştirilerek ortofoto (ortomozaik), üç boyutlu nokta bulutu ve üç boyutlu arazi modeli oluşturulmuştur. Görüntülerin modellenmesi iş akışı Resim 4'te verilmiştir (Şanlıyüksel-Yücel ve Yücel, 2017).

1 *Quadcopter* özelliğinde olan İHA'nın piller ve kamera dahil ağırlığı 734 gr'dır ve sistemin uçuş süresi 3830 mAh'lık piller ile en fazla 27 dakikadır. Fotoğraf çekimi 30-40 m yükseklik aralığında 12 megapiksel çözünürlüklü *DJI* kamera ile görünür bantta ve jpeg formatındadır (<https://www.dji.com/mavic-pro-platinum/info>).

2017 Yılı Çanakkale Merkez İlçesi Harita Yapım Amaçlı Arkeolojik Arazi Ölçümleri

Bu çalışmada arkeolojik yüzey araştırması kapsamında harita yapım amaçlı ölçüm çalışması yapılan toplam sekiz sahada yüzey araştırma yapılmıştır (Harita: 1). Bu noktalardan bazılarında görüntü alımı gerçekleştirilerek kalıntı tespiti yapılmış bazılarında ise görüntü alımı yapılmadan yüzeyde bulunan buluntular ile yüzey araştırması yapılmıştır. Bu kapsamda Sarıçay Vadisi'ne hakim noktalarda yer alan Asarlık Yerleşmesi, Asarlıkkaya Kalesi, Damyeri Kalesi, Madenkaya Kalesi ve Sivricetepe Kalesi olmak üzere toplam beş noktada görüntü alımı gerçekleştirilerek; yapı ve sur duvarlarının tespiti sonucunda çizimler yapılmıştır. Bu kalelerden Madenkaya ve Sivricetepe Kalesi'nde tarihlemeye yardımcı herhangi bir buluntu orman örtüsü sebebiyle tespit edilememiştir. Seramiklere göre tarihlemesi yapılan diğer Demir Çağı yerleşimleri ile benzer kuru duvar tekniğinde yapılmış sur duvarlarına sahiptir. Bu tür kuru duvar tekniğinin bölgede ağırlıklı olarak Arkaik Çağ yerleşimlerinde kullanıldığı belirlenmiştir (Demir Çağı kaleleri hakkında detaylı bilgi için bkz. Yılmaz, 2018a s.12-20; 2018b; 2019) . Tepetarla Yerleşimi, İstihkam Tepesi ve Peyan Mezarlığı noktalarında görüntü alımı gerçekleştirilmiş ancak, yüzeyde ölçme yapılacak bir detay bulunamamıştır. Damyeri Kalesi, Madenkaya/ Kaletaştepe Kalesi, Sivricetepe Kalesi, Asarlıkkaya Kalesi, İstihkam Tepesi, Peyan Mezarlığı, Tepetarla ve Asarlık Yerleşimleri olmak üzere toplam sekiz nokta için sit sınırı haritası hazırlanarak sit önerisinde bulunulmuş olup, tamamının tescillenmesi sağlanmıştır.

Ortaca Köyü, Asarlık Yerleşmesi'nde yerleşim sınırları yüzey araştırması ve İHA görüntüleri ile belirlenmiştir. Hava fotoğrafı ve videosu çekilmiştir. Çekilen fotoğraflar işlenerek sahaya ait ortofoto üretilmiştir. Araştırma sahasının üç boyutlu sayısal arazi modeli üretilmiştir (Resim 5). GPS ölçmeleri sonucu elde edilen yüzey verileri bilgisayar destekli çizim yazılımı ile plana aktarılmıştır (Harita: 2). Plan çizimi ortofoto ile birleştirilmiştir (Harita: 3).

Çalışma kapsamında daha sonra Osmanlar Köyü, Asarlıkkaya Kalesi'nde hava fotoğrafı ve video çekimi yapılmıştır. Araştırma sahasına ait üç boyutlu sayısal arazi modeli üretilmiştir (Resim 6). Osmanlar Köyü yakınında bulunan bu sahada mimari yapılar, kale duvarı, kale duvarı devamı ve sarnıç tespit edilmiş ve planı çıkartılmıştır (Harita: 4). Daha sonra bu harita ortofoto üzerine aktarılarak iki veri birleştirilmiştir (Harita: 5). Buradaki kalıntıların sınırlarınının 1. derece arkeolojik sit alanı olarak kadastral haritalara aktarılarak sınır koordinatları özet cetvelleri ile belirlenmiştir (Harita: 6).

Damyeri Köyü, Damyeri Kalesi'nde, sur duvarı, yapı duvarları, aşağı şehir sınırı ve akropol sınırı tespit edilmiş ve ölçmeler yapılmıştır. Araştırma sahasından video görüntüleri ile hava fotoğrafları çekilmiştir. Yersel ölçmeler sonucu elde edilen kale planları çizim

yazılımı ortamında haritaya aktarılmıştır (Harita: 7). Ortofoto üzerine aktarılan plan verileri görselleştirilmiştir (Harita: 8).

Serçeler Köyü Madenkaya/ Kaletaştepe Kalesi'nde sur duvar hattının planını çıkartmak üzere ölçmeler yapılmıştır. Sahada yapılan görüntü alımı sonucu elde edilen hava fotoğrafları Agisoft *Photoscan* yazılımında modellenerek üç boyutlu sayısal arazi modeli elde edilmiştir (Resim 7). Bu sahada anakaya ve anakayağa bağlı kale duvarları tespit edilmiştir. Ölçümler bilgisayar ortamına aktararak sahanın haritası çizilmiş ve bu harita ortofoto ile birleştirilmiştir (Harita: 9 ve Harita: 10).

Ortaca Köyü, Sivricetepe Kalesi sahasında sur duvarları tespit edilmiştir. GPS kullanılarak yapılan ölçmeler sonucu elde edilen kale planı koordinatları bilgisayar destekli çizim yazılımı kullanılarak sahanın haritaları elde edilmiştir (Harita: 11). Ortofoto üzerine aktarılan Sivricetepe Kalesi sahasında sur duvarları Harita: 12'de verilmiştir. Buradaki kalıntıların sınırlarının 1. derece arkeolojik sit alanı olarak kadastral haritalara aktarılmış ve sınır koordinatları belirlenmiştir.

Sonuç

İHA destekli arkeolojik yüzey araştırmaları ile arazi çalışmaları sırasında insan gözüyle yakından fark edilemeyecek veya kayıt altına alınamayacak birçok detay ortofotolar ile kısa ve hızlı bir şekilde tespit edilebilmektedir. Özellikle yüzeyde kalıntıları dağınık olarak bulunan yerleşimlerin mekansal tespitlerinin yapılması ve tescil edilmesinde İHA destekli çalışmaların son derece etkin bir şekilde kullanılmasıyla çalışmalarda zaman ve maliyet açısından tasarruf sağlanmıştır (Yücel ve Yılmaz, baskıda). Örneğin Sivricetepe Kalesi gibi yüksek bir tepe üzerinde ve neredeyse tamamı bitki örtüsüyle kaplanmış yerleşimde yapılan İHA çekimleri, kısmen bitki örtüsü altında kalan sur duvar hattının belirlenmesini sağlamış ve etkili sonuçlar vermiştir. Böylece sur duvarlarının ve kısmen yerleşim içindeki yapılara ait kalıntıların mimari planı çıkarılmıştır. Ayrıca her yerleşimden elde edilen verilerin birleştirilmesiyle özellikle Demir Çağı yerleşimlerinin coğrafi konum özellikleri ve birbirleriyle olan mesafelerinin anlaşılmasında etkili sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmuştur. Söz konusu kale yerleşimleri; Sarıçay Vadisi'nin her iki tarafındaki konumları ile günümüzde Çan İlçesi'ne gidiş için kullanılan bu vadiden geçen ve iç Troas Bölgesi yol ağında bulunan eski bir yolun güvenliğini sağlıyor olmalıdır (Harita 13). İHA çekimleri ile elde edilen sayısal verilerin depolanması ve farklı kaynaklardan elde edilen verilere entegrasyonu ve mekansal analizlerle yeniden ele alınması da mümkün olabilmektedir. Örneğin üç boyutlu nokta bulutu, sayısal arazi modeli, ortofoto, sayısal yükseklik verisi ve buna bağlı olarak da bakı ve eğim haritası üretmek mümkündür. Bu çalışma ile İHA teknolojisinin arkeolojik yüzey araştırmalarına zaman, maliyet ve harita niteliği açısından büyük katkı sağladığı anlaşılmıştır. İHA destekli çalışmaların arkeolojik çalışmalarda giderek

artması beklenmektedir. Hiç şüphesiz teknolojik açıdan farklı sensörlerin kullanıldığı İHA'lar ile daha büyük, kapsamlı ve detaylı verilerin elde edilmesi sağlanacaktır.

Finansal Destek: Yüzey araştırmasına Kazancı Holding bünyesindeki Aksa Doğalgaz Çanakkale A.Ş. sponsor olarak nakdi destek sağlamıştır. Ayrıca bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: 2016/ 999.

Kaynakça

- Avdan, U., Gülşen, F.F., Ergincan, F. ve Çömert, R. (2014). Arkeolojik alanlarda taş planlarının çıkarılmasında insansız hava araçlarının kullanılması (Anavarza Örneği). *7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Çorum, 1–7. Erişim adresi: <http://www.muholc2014.hitit.edu.tr/bildiriler/TO11-2.pdf>
- Bendea, H., Chiabrando, F., Tonolo, F.G., & Marenchinoa, D. (2007). Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV the augusta bagienorum test site. *XXI International CIPA Symposium*, Athens, Greece, 1–6. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/317c/7a7e78441db177fa5cc4dac849e77c2e31ca.pdf>
- Capra, A., Gandolfi, S., Laurencich, L., Mancini, F., Minelli, A., Orsini, C., & Rodriguez, A. (2002). Multidisciplinary approach for archeological survey: exploring GPS method in landscape archeology studies. *Journal of Cultural Heritage*, 3 (2), 93–99. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(02\)01174-3](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(02)01174-3)
- Fernandez-Hernandez, J. , Gonzalez-Aguilera, D. , Rodriguez-Gonzalvez, P., & Mancera-Taboada, J. (2015). Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: An effective, low-cost tool for archaeological applications. *Archaeometry*, 57 (1), 128–145. <https://doi.org/10.1111/arc.12078>
- İlçi, V. ve Ozulu, İ.M. (2016). PPP yönteminin arkeolojik amaçlı ölçme uygulamalarında kullanılabilirliği: Şapınuva kazı alanı örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (3), 1–9. doi: 10.15659/hartek.16.09.303
- Orengo, H.A. (2013). Combining terrestrial stereophotogrammetry, DGPS and GIS-based 3D voxel modelling in the volumetric recording of archaeological features. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 49– 55. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.07.005>
- Ozulu, İ.M. (2005). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemlerinin arkeolojiye uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Pişkin, G. (2011). *Aliağa ve çevresindeki arkeolojik yerleşimlerin CBS ile mekansal analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Yücel, M.A. ve Baba, A. (2014). Change detection and visualization of acid mine lakes using time series satellite image data in geographic information systems (GIS): Can (Çanakkale) County, NW Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 72, 4311–4323. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3330-6>
- Şanlıyüksel Yücel, D. ve Yücel, M.A. (2017). Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (6), 780–791. DOI: 10.5505/pajes.2016.37431
- Tüzel, M. (2008). *Ören yerleri turizm ilişkisinin tematik haritalar yardımıyla analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Konya.

- Verhoeven, G., Doneus, M., Briese, C.H., & Vermeulen, F. (2012). Mapping by matching: A computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs. *Journal of Archaeological Science*, 39 (7), 2060–2070. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.02.022>
- Yılmaz, D. (2018a). 2016-2017 Yılı Çanakkale İli merkez ilçesi arkeolojik yüzeY araştırma projesi: İlk sonuçlar. *AÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (1), 3–28. Erişim adresi: <http://sobild.ankara.edu.tr/index.php/sobild/article/view/895>
- Yılmaz, D. (2018b). Neolitik Çağ'dan Demir Çağı sonuna kadar Çanakkale İli, merkez ilçesi arkeolojik yüzeY araştırması 2016 Yılı sezonu, 35. *Araştırma Sonuçları Toplantısı I*, 365–387. Erişim adresi: https://kvmgm.ktb.gov.tr/Eklenti/60209,35_arastirma1pdf.pdf?0
- Yılmaz, D. (2019). Çanakkale İli, merkez ilçesi arkeolojik yüzeY araştırması 2017 Yılı. 36. *Araştırma Sonuçları Toplantısı I*, 455–478. Erişim adresi: https://kvmgm.ktb.gov.tr/Eklenti/63779,36_arastirma1pdf.pdf?0
- Yücel, M.A. ve Turan, R.Y. (2016). Areal change detection and 3D modeling of mine lakes using high-resolution unmanned aerial vehicle images. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41 (12), 4867–4878. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2182-7>
- Yücel, M.A. ve Yılmaz, D. (2018). Arkeolojik yüzeY araştırmasında geomatik uygulamalar, Çanakkale İli örneği. 33. *Arkeometri Sonuçları Toplantısı II*, 45–61. Erişim adresi: <https://kvmgm.ktb.gov.tr/Eklenti/60211,33arkeometri2pdf.pdf?0>
- Yücel, M.A. ve Yılmaz, D. (Baskıda). Kuzey Troas Bölgesi arkeolojik yüzeY araştırmasında İHA görüntüsü tabanlı mekânsal analizlerin kullanımı. *Uluslararası Propontis ve Çevre Kùltürleri Sempozyumu- Tarih Öncesi Çağlardan Antik Dönem Sonuna Kadar- Biga-Çanakkale*, 15-19 Ekim 2018.

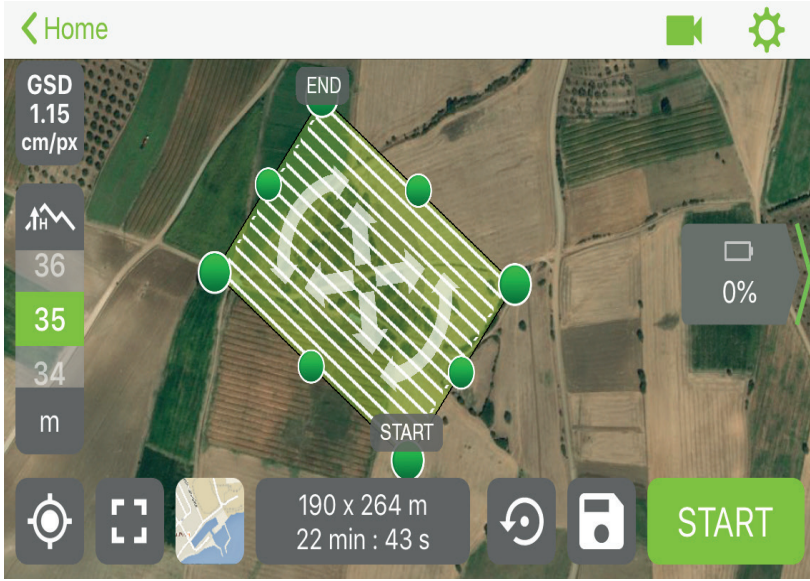
RESİMLER



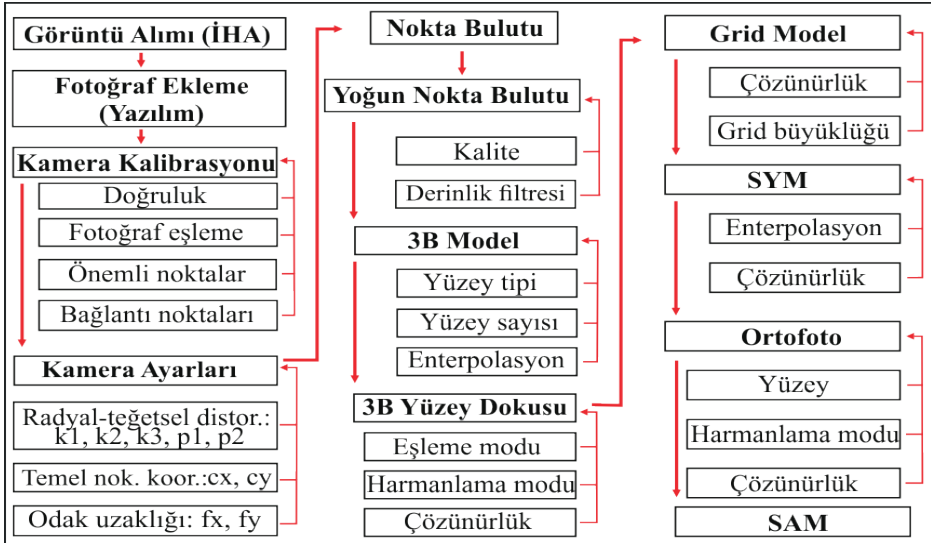
Resim 1. Arkeolojik yüzey araştırması amaçlı GPS ölçümü.



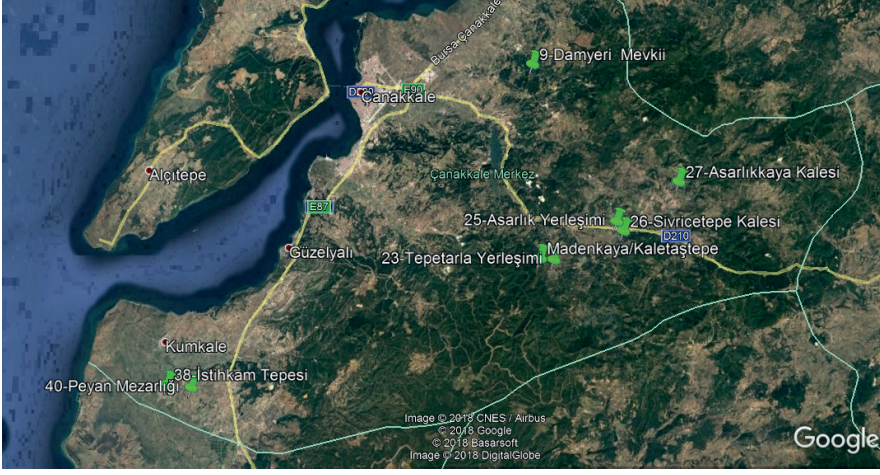
Resim 2. Görüntü alımında kullanılan DJI Mavic Pro İHA.



Resim 3. Akıllı telefon Pix4D uygulaması kullanarak uçuş planı hazırlanması.



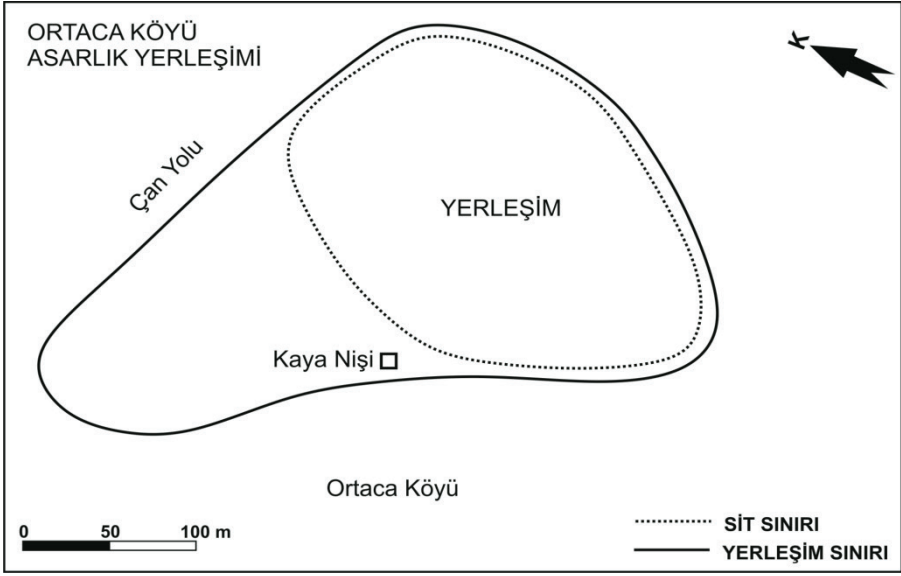
Resim 4. Agisoft PhotoScan yazılımı işlem akış şeması (Şanlıyüksel-Yücel- Yücel 2017).



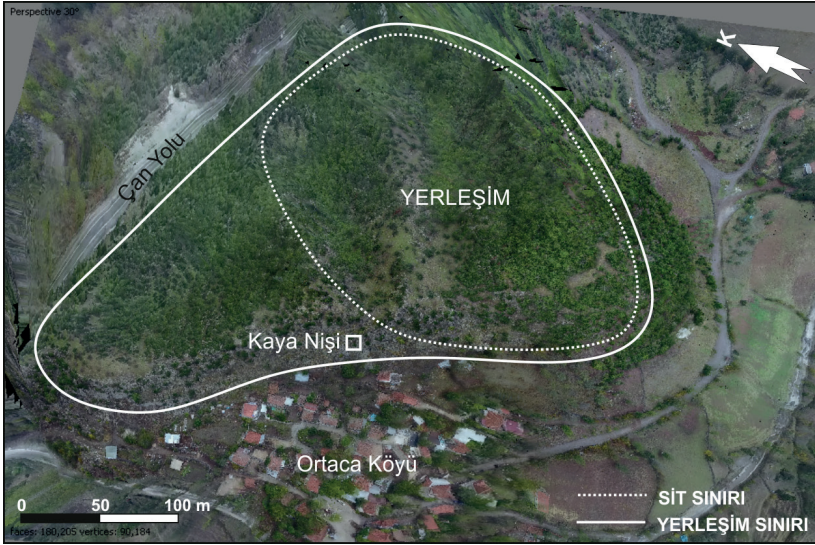
Harita 1. Arkeolojik yüzey araştırması kapsamında ölçüm yapılan noktalar.



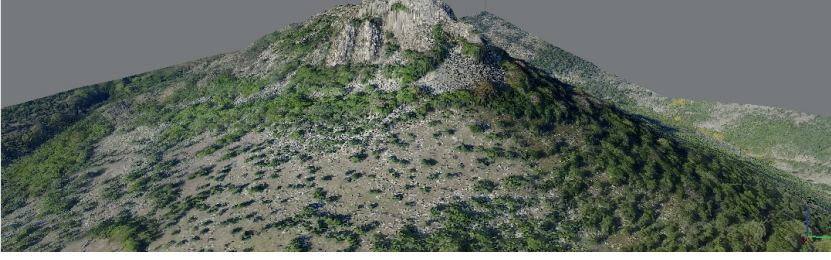
Resim 5. Ortaca Köyü, Asarlık Yerleşmesi'ne ait 3 boyutlu sayısal arazi modeli.



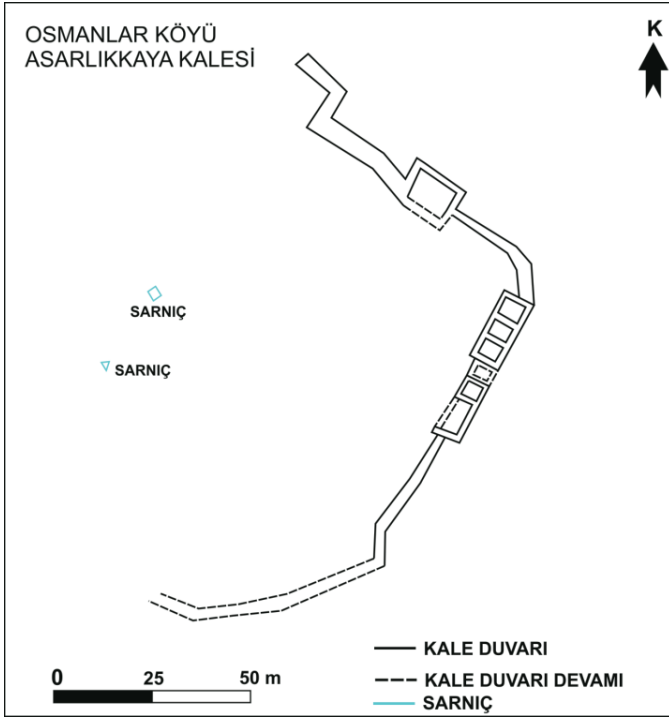
Harita 2. Ortaca Köyü, Asarlık Yerleşmesi'nde tespit edilen yerleşim sınırı.



Harita 3. Asarlık Yerleşmesi'nde yerleşim sınırı ve sit sınırının ortofoto üzerinde gösterimi.



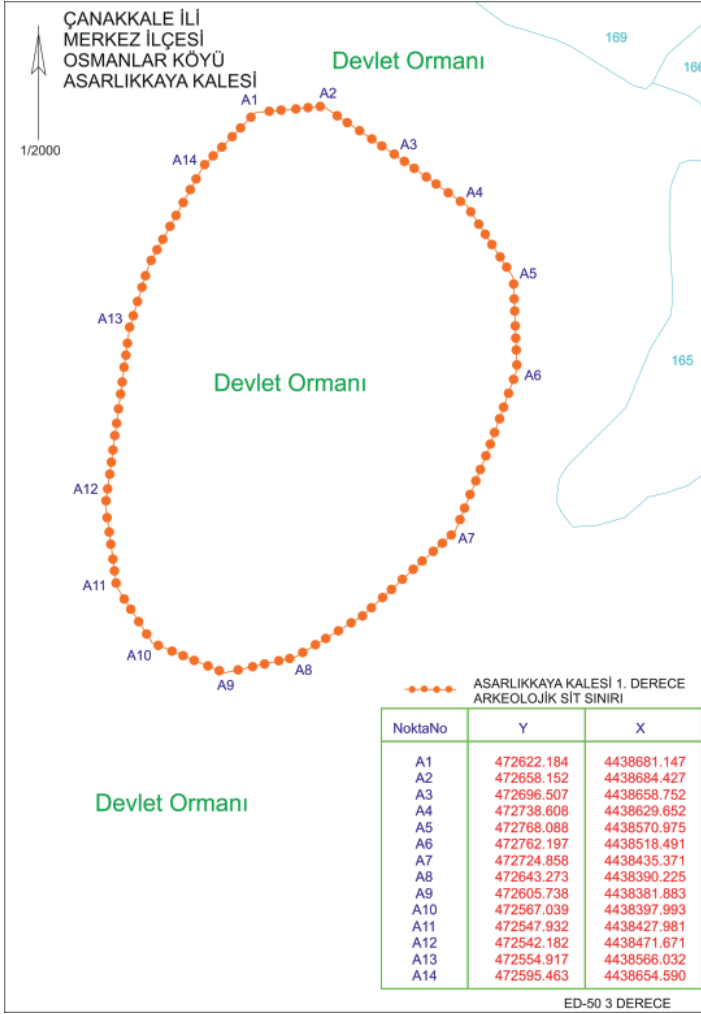
Resim 6. Osmanlar Köyü, Asarlıkkaya Kalesi 3 boyutlu sayısal arazi modeli.



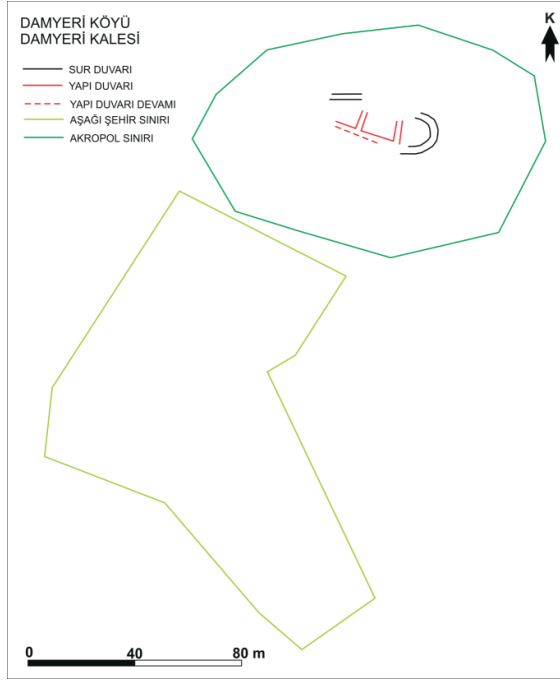
Harita 4. Osmanlar Köyü, Asarlıkkaya Kalesi kale planı.



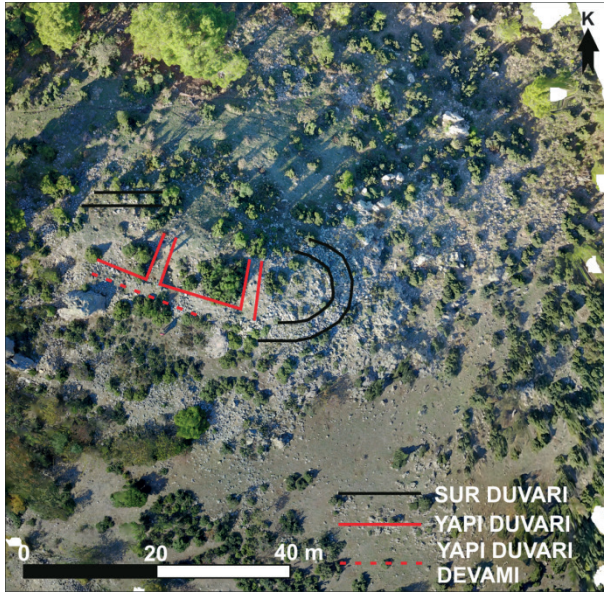
Harita 5. Osmanlar Köyü, Asarlıkkaya Kalesi kale planının ortofoto üzerinde çizimi.



Harita 6. Osmanlar Köyü, Asarlıkkaya Kalesi önerilen sit sınırı haritası.



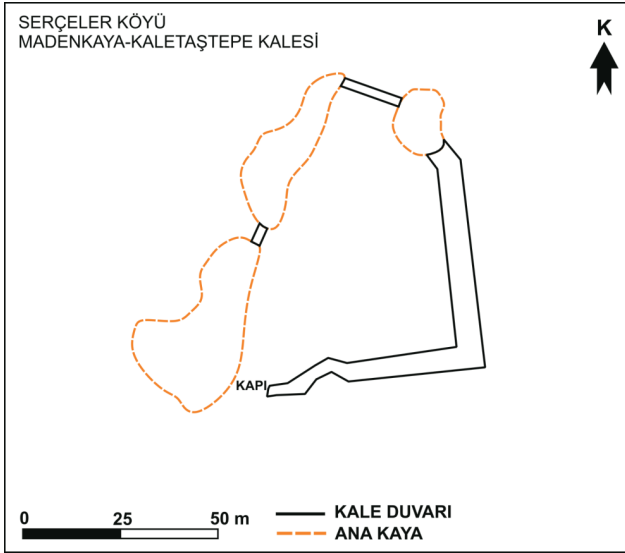
Harita 7. Damyeri Köyü, Damyeri Kalesi plan çizimi.



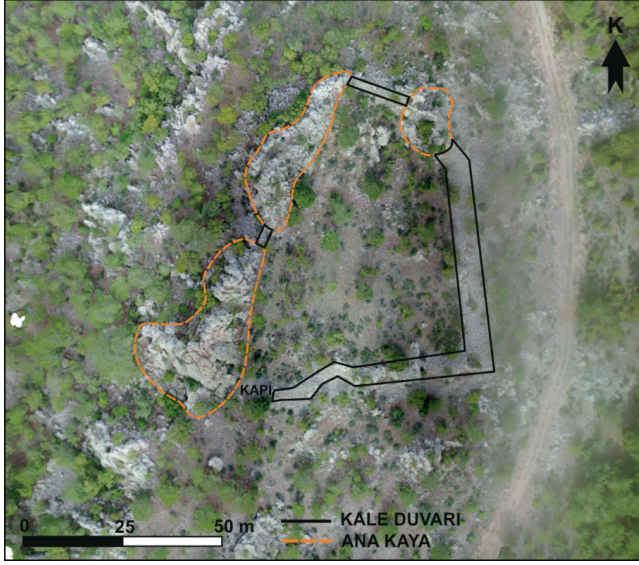
Harita 8. Damyeri Köyü, Damyeri Kalesi kale planının ortofoto üzerinde çizimi.



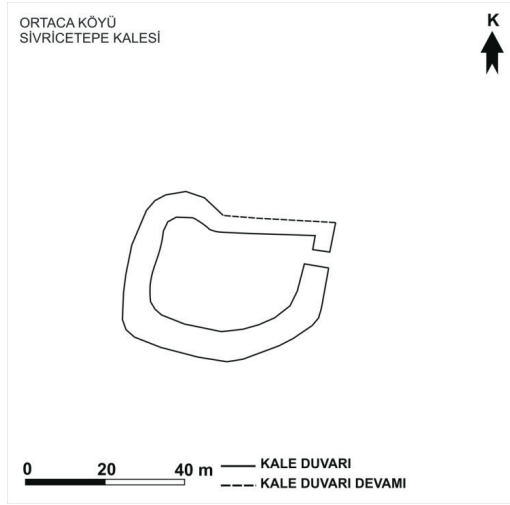
Resim 7. Serçeler Köyü, Madenkaya Kalesi 3 boyutlu sayısal arazi modeli.



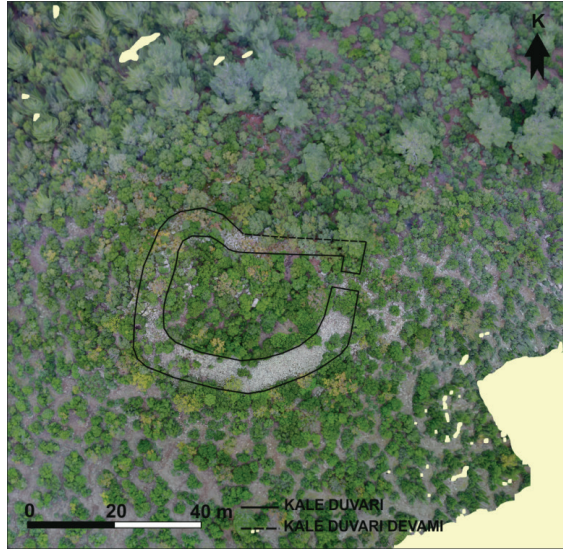
Harita 9. Serçeler Köyü, Madenkaya Kalesi kale planının çizimi.



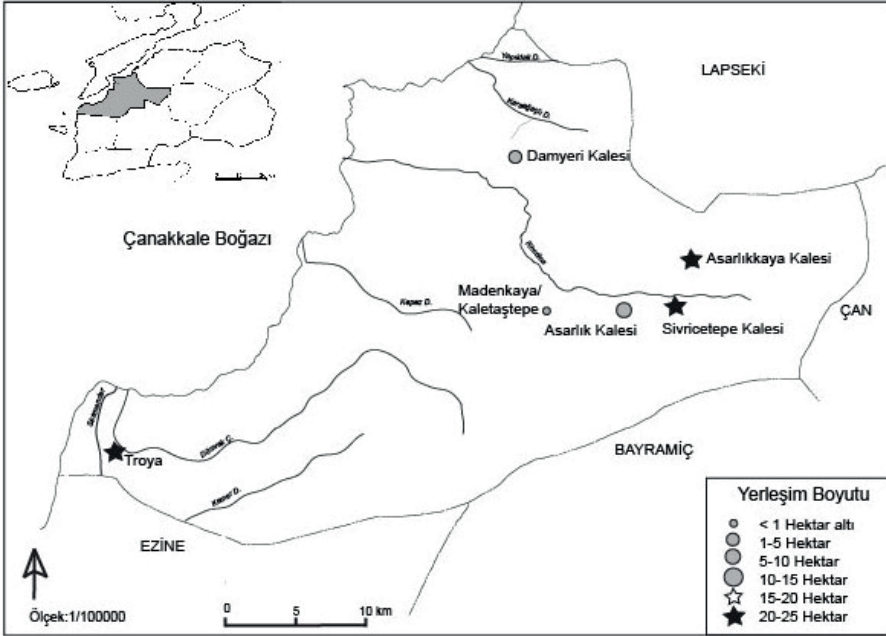
Harita 10. Serçeler Köyü, Madenkaya Kalesi kale planının ortofoto üzerinde çizimi.



Harita 11. Ortaca Köyü, Sivricetepe Kalesi kale planının çizimi.



Harita 12. Ortaca Köyü, Sivricetepe Kalesi kale planının ortofoto üzerinde çizimi.



Harita 13. İHA Tabanlı harita çalışmaları yapılan Demir Çağı kalelerinin konumu ve boyutu.

