

To Cite This Article: Polat, S. (2025). Geleneksel yağmur suyu hasat yöntemi olarak kullanılan avganlar ve bülkeler (Karahallı ilçesi, Uşak), *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 54, 278-300. <https://doi.org/10.32003/igge.1579715>

GELENEKSEL YAĞMUR SUYU HASAT YÖNTEMİ OLARAK KULLANILAN AVGANLAR ve BÜLKELER (KARAHALLI İLÇESİ, UŞAK)

Avgans and Bülkes Used as Traditional Rainwater Harvesting Method (Karahallı District, Uşak)

Selahattin POLAT 

Öz

Bu çalışmada, Karahallı ilçesindeki yerleşmelerin geçmiş yıllarda içme, kullanma ve tarımsal sulama suyu ihtiyacının karşılandığı avgan ve bülke olarak adlandırılan geleneksel yağmur suyu hasadı yöntemlerinden üzeri açık sarnıçlar ele alınmaktadır. Karahallı ilçe sınırları dahilinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Avgan ve bülkelerle ilgili yapılmış olan çalışmaların tamamı incelenmiş eleştirel düşünce ve objektif bakış açısıyla ele alınmış ve durumları analiz edilmiştir. Bu su hasat sisteminin etkinliği, verimliliği ve geleceğe yönelik beklentileri vurgulanmaya çalışılmıştır. Günümüzde fonksiyonel özelliklerini kaybetme tehlikesi ile karşı karşıya olan su hasat sistemi ilçe halkının geçmişte susuzluğa karşı verdiği mücadelenin sembollerinden biridir. Avgan ve bülkeler, yeraltı ve yerüstü suyu bakımından yeterli düzeyde bulunmayan veya kaynak sularının yerleşim yerlerine uzak ve erişimin zor olduğu yerlerde 1960'lı ve 1970'li yıllara kadar faal olarak kullanılmıştır. Topografik seviyenin altında kare, dikdörtgen veya silindirik gövdeye sahip şekilde oluşturulan bu yapıların ilçe genelinde toplam sayısı 407 olarak tespit edilmiştir. İlçedeki avgan ve bülkelerin toplam su potansiyeli 14285 m³'den fazladır. Jeomorfolojik açıdan yamaç ve mevsimlik akışa sahip akarsu vadilerinde yoğunlaşan avgan ve bülkelerin büyük bir kısmı kuru haldedir. Yüzeysel beslenme alanında yapılan müdahaleler nedeniyle sarnıçlar susuz çukurluklar haline dönüşmüştür. Bu yağmur suyu depolama yapılarında bakımsızlıktan dolayı duvarlarında bitki gelişimi sonucu yıkılmalar olmuş, hayvan ve insanların içine düşmesi nedeniyle içleri doldurulmuş ve sayıları azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Yağmur Suyu Hasadı, Sarnıç, Karahallı, Su Yönetimi, Avgan, Bülke

Abstract

This study examines the open-topped cisterns, which are traditional rainwater harvesting methods called avgan and bülke, which have met the drinking, utility and agricultural irrigation water needs of the settlements in Karahallı district in the past. Field studies were carried out within the borders of Karahallı district, all studies conducted on avgan and bülke were examined and addressed with a critical thought and objective perspective, their situations were analyzed, and the effectiveness, efficiency and future expectations of this rainwater harvesting system were emphasized. The water harvesting system, which is currently in danger of losing its functional features, is one of the symbols of the struggle of the district people against drought in the past. Avgan and bülke were actively used until the 1960s and 1970s in places where there was insufficient groundwater and surface water or where the source water was far from the settlements and difficult to access. The total number of these structures, which were created with square, rectangular or cylindrical bodies below the topographic level, was determined to be 407 in the district. The total water potential of the avgans and bülkes in the district is more than 14285 m³. Most of the avgans and bülkes, which are concentrated in the valleys of rivers with seasonal flow and slopes from a geomorphological point of view, are dry. Due to the interventions made in the surface feeding area, the cisterns have turned into waterless pits. Due to the lack of maintenance in these rainwater storage structures, their walls have collapsed as a result of plant growth, their interiors have been filled and their numbers have decreased due to animals and people falling into them.

Keywords: Traditional Rainwater Harvesting, Cistern, Karahallı, Water Management, Avgan, Bülke

* **Sorumlu Yazar:** Doç. Dr., Uşak Üniversitesi., ✉ spolat@usak.edu.tr

GİRİŞ

Su, insan hayatı için vazgeçilmez bir ihtiyaç maddesi olduğu gibi diğer canlılar için de temel gereksinimlerden biridir. Aynı zamanda tarım ve hayvancılıkta zorunlu bir tamamlayıcıdır. Ekosistemin temel unsurlarındandır. İmalat sanayiinden inşaata, madencilikten sağlığa, taşımadan enerji üretimine kadar üretimin çeşitli safhalarında girdi olarak kullanılmaktadır.

Dünyada insanların kullanımına yönelik olan tatlı su miktarı ne yazık ki çok sınırlıdır ve mekânsal olarak yeryüzüne eşit olarak dağılmamıştır. Bu dağılımdaki eşitsizlik, kişi başına düşen su miktarında orantısızlığa sebep olmaktadır. Her geçen gün de kişi başına düşen su miktarı azalmaktadır. Su potansiyeli, coğrafi ve demografik nedenlerden ötürü farklılıklar gösterir ve yenilenebilir olmasına karşın tükenmez de değildir. Su kaynakları, küresel iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı, arazi kullanımındaki değişiklikler, tarımsal ve kentsel genişleme, farklı üretim sektörlerinden gelen su talebindeki artış, su kaynaklarının yetersiz dağıtımı, su kalitesinde bozulmalar, yağmur suyu kıtlığı, sıcaklıklardaki artıştan kaynaklanan yüksek buharlaşma ve kuraklık oranı gibi birçok faktör nedeniyle ciddi bozulmayla karşı karşıyadır.

Su kıtlığıyla mücadele etmek için önerilen çözüm yollarından biri de su hasadı uygulamalarıdır. Su hasadı üçe ayrılır: Yağmur suyu, sel suyu ve yeraltı suyu hasadı. Bunlardan yağmur suyu hasadı, su kaynaklarının kısıtlı olduğu ya da su kalitesinin istenen düzeyde olmadığı durumlarda evsel, sanayi, tarım ve çevresel amaçlara yönelik talebi karşılamak için çatılar veya kara yüzeyleri gibi bir havza alanından tatlı suyun toplanması ve daha sonra rezervuarlar veya toprak profili gibi fiziksel yapıları kullanarak depolanması işlemidir (Aladenola & Adeboye, 2010; Hamid & Nordin, 2011; Worm & Hattum, 2006). Yağmur suyu hasadı, akışın durdurulması ve yoğunlaştırılması ardından kurak dönemleri hafifletmek için ihtiyaç duyulduğunda bitkiler tarafından doğrudan kullanılmak üzere rezervuarlarda depolanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Yağmur suyu hasadı; yoğunlaşma, toplama, depolama ve evsel, hayvancılık ve tarımsal kullanım gibi çeşitli amaçlar için akış yoluyla yağış kullanımı olarak da ifade edilmektedir (Boers & Ben-Asher, 1982; Göl vd., 2011). Başka bir ifade ile su hasadı yağışın, akış yoluyla toplanması ve yararlı kullanım için depolanması sürecidir. Ayrıca yıllık mahsullerin, meraların ve ağaçların sulanması, ev ve hayvan tüketimi ve yeraltı sularının yenilenmesi için verimli kullanımı şeklinde de izah edilmektedir (Prinz, 1996; Beckers vd., 2013; Mengü & Akkuzu, 2008).

Su hasadı yöntemi, havza boyutuna göre makro ve mikro havza su hasadı yöntemi olarak ikiye ayrılmaktadır (Oweis vd., 2012; Yetik & Şen, 2020). Mikro havza su hasat yöntemi içerisinde eş yükselti seddeleri, yarı dairesel veya yamuk seddeler, kaş şekilli teraslar, küçük çukurluklar, bitki sıra arası sistemleri, Vallerani mikro havza sistemi, Negarim sistemi, Meskat sistemi, yüzey akış şeritleri, kırsal veya kentsel çatı yüzeyi sistemleri sayılmaktadır. Makro havza su hasat yöntemi ise vadi yatağı sistemleri (küçük çiftlik rezervleri/göletler, vadi yatağı tarımı ve Jessour, teraslama) ve vadi dışı sistemler (su dağıtım sistemleri, geniş seddeler, su tankları, sarnıçlar, yamaç kanal sistemleri) olarak ikiye ayrılmaktadır.

İnsanlar, su kaynağının uzak ve kısıtlı, yağışın az olduğu yerlerde günümüzde de olduğu gibi suyu depolamaya ihtiyaç duymuşlardır. Mevcut yağmur, kar ve tatlı suları biriktirmek için çeşitli yapılar inşa etmişlerdir. Bunlardan biri de sarnıçlardır. Sarnıçlar, antik dönemden günümüze kadar önemini kaybetmemiş olup yerleşim alanlarında, kalelerde, kervan yolu güzergâhları gibi yerlerde yolcuların, hayvanların ve insanların su gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılmışlardır (Masy vd., 2013). Genellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu ya da düzenli bir yağış rejimi göstermeyen kurak ve yarı kurak bölgelerde yoğunlaşırlar. Dünyanın her yerinde su depolanması için kullanılan sarnıçlar üzerleri açık ya da kapalı olarak inşa edilmişlerdir. Eski su depolama yapıları olan sarnıçlar bugün dahi dünyanın birçok yerinde su temininin çok önemli bir yönü olmaya devam etmektedir. Sarnıçların yapımı ve kullanımı Neolitik Çağ'a kadar uzanır (Mays vd., 2013). Irak'ta M.Ö. 5000'den (Falkenmark vd., 2001), Ortadoğu'da M.Ö. 3000 (Barron, 2009) ve İsrail'de Necef Çölü'nde M.Ö. 2000'e kadar uzanan, Afrika ve Hindistan'da (Fewkes, 2012) örnekleri bulunmaktadır.

Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000 m³'ten fazla olan ülkeler "su zengini", 2.000 m³'den az olan ülkeler "su azlığı", 1.000 m³'ten az olan ülkeler ise "su fakiri" olarak kabul edilmektedir (Atalık, 2006). Türkiye'de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1 652 m³/yıl, 2009 yılında 1 544 m³/yıl, 2020 yılında ise 1 346 m³/yıl olmuştur.

Türkiye, su azlığı çeken ülkelerden biridir. Bazı kesimlerinde ciddi su krizinin yaşanacağı öngörülmektedir. Ülkemizde su sıkıntısı, daha çok tarımsal alanda kendini hissettirir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre nüfusun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.120 m³/yıl civarında olması beklenmektedir. Eğer etkili adımlar atılmazsa 2030 yılında su fakiri bir ülke olacaktır (URL 1; URL 2; URL 3; Uyduranoglu Öktem & Aksoy, 2014).

Uşak ilinin bazı kesimleri klimatolojik, jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerinin bir sonucu olarak sınırlı su kaynaklarına sahiptir. Karahallı ve çevresi, sınırlı su kaynaklarına sahip olan yörelerdendir. Özellikle en fazla su sıkıntısı yaz mevsiminde görülür. Bu olumsuz durumu bertaraf etmek için göletler, toprak su tavaları (earthen water pan), kuyular ve sarnıçlar inşa edilmiştir. Günümüzde olduğu gibi geçmişte de su, sahanın en önemli sorunu olmuştur. Nitekim 1850 yılında Karahallı ahalisi içme suyu sorunu ile karşı karşıya kalmış, Çukurçeşme'de ikamet eden Boyacı Kasber Çorbacı'ya, 1850-1858 yılları arasında, köye yarım saat mesafede bulunan Hisaraltı isimli yerde on iki kuyu açtırmıştır. Ancak suyu köye iletmede başarılı olamamışlardır (Çakmak, 2014). Karahallı ve bazı köyleri geçmiş yıllarda içme, kullanma ve sulama suyu gereksinimini makro su hasadı yöntemlerinden avgan ve bülke (mülke) adını verdikleri sarnıçlardan karşılamışlardır. Hâlâ ilçe sınırları içinde yöreye özgü, tarihi eski, büyük bir kısmı işlevini kaybetmiş, çok sayıda üzeri açık sarnıçlar olan avgan ve bülkeler varlığını sürdürmektedir.

YÖNTEM

Su kaynaklarının eski zamanlarda nasıl yönetildiğinin incelenmesi, günümüz kurak sahalarında karşılaşılan su kaynakları zorluklarıyla başa çıkmada önemli bilgiler sağlayabilir. Bu çalışmada Karahallı ilçesindeki yağmur sularının toplandığı avganlar ve bülkeler ele alınmıştır. İlçede yaşayan insanların oldukça düşük potansiyele sahip suyun idaresi ve bundan en rasyonel şekilde yararlanma konusunda ortaya koyduğu çabayı görmemiz açısından ilgi çekicidir. Bu araştırmada, su temininde bilinen eski ve en yaygın yöntemlerin başında gelen, içlerinde yağmur sularının toplandığı, önemini ve fonksiyonel özelliklerini kaybetmeye yüz tutmuş, yok olma tehlikesi altındaki avgan ve bülkelere dikkat çekilmiş, korunmasına yönelik öneriler getirilmiştir. Bununla birlikte su kültürü ile ilgili tarihsel ve kültürel kalıntılarımız olan bu yapıları belgelemek, gelecek kuşaklara aktarmak da hedeflenmiştir. Ayrıca kullanım alanları ve yer seçimlerinde etkili olan jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik özellikler ile ekonomik faaliyetler arasındaki ilişki coğrafi bakış açısıyla ortaya konulmaya çalışılmıştır.

İlçedeki söz konusu su hasat yöntemleri ile ilgili detaylı bir yayın bulunmamaktadır. Bu amaç doğrultusunda geçmişten günümüze yapılmış olan çalışmaların hepsi incelenip, eleştirel düşünce ve objektif bakış açısıyla yeniden ele alınmış, günümüzdeki durumları analiz edilmiştir. Karahallı ilçe sınırları dahilinde yapılan arazi çalışması ile sarnıçlar yerinde gözlemlenmiş, avgan ve bülkelerin fotoğraflama çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapıların derinlik ve ağız genişlikleri lazermetre yardımı ile ölçülmüş, su depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. Avgan ve bülkelerin grup halinde bulunduğu alanın topografik eğim derecesi ölçülmüştür. ArcGIS 10.5 programı kullanılarak L22b1, L22b3, L23a1, L23a3 ve L23a4 paftaları sayısallaştırılmış, arazide el tipi GPS ile alınan sarnıçların koordinatları, harita üzerine işlenerek dağılışı haritası üretilmiştir. MTA'dan temin edilen 1/100 000'lik L22 ve L23 paftalarından yararlanarak Karahallı ilçesinin jeoloji haritası oluşturulmuştur.

ARAŞTIRMA SAHASININ KONUMU

Karahallı ilçesi, Uşak ilinin güneydoğusundadır (Harita 1). Kuzeyinde Uşak merkez, kuzeydoğusunda Sivaslı, batısında Ulubey ilçeleri yer alır. Denizli ili ile idari sınıra sahip olan Karahallı ilçesi güneyde Bekilli, güneydoğuda ise Çivril ilçesine komşudur. İlçenin toplam yüzölçümü 337 km²'dir. İlçe sınırları içinde 13 köy bulunmaktadır. Karbasan ve Buğdaylı yerleşmeleri Karahallı'nın mahallesi haline getirilmiş olup, Karahallı 6 mahalleden oluşmaktadır. 2020 yılı nüfus verilerine göre ilçe toplam nüfusu 10.046'dır.

Tablo 1. Uşak ve Eşme meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık (°C) değerleri

İstasyon	O	Ş	M	N	May.	H	T	A	Ey.	Ek.	K	A	Yıllık Ort.
Uşak (31 yıl)	2,5	3,7	6,8	11,0	15,9	20,3	24,0	24,1	19,5	14,2	8,5	4,3	12,9
Eşme (16 yıl)	2,9	5,2	8,1	12,2	17,0	21,5	25,4	25,5	21,0	15,0	9,3	5,1	14,0

Araştırmada kullanılan istasyonların uzun süreli rasat verilerine göre yıllık toplam yağış miktarı 490-560 mm arasında değişir (Tablo 2). En fazla yağış bölge üzerinde etkili olan hava kütlelerinin mevsimlik hareketine bağlı olarak kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşir. Kış mevsiminde tropikal ve soğuk hava kütleleri arasında oluşan cepheye bağlı olarak cephesel yağışlar oluşur. Aralık, ocak ve şubat ayları yağışın en fazla düştüğü sezondur. En az yağış ise ağustos ayına aittir (Uşak 12.3 mm, Eşme 14.1 mm).

Yağış miktarlarının mevsimlere göre dağılışı düzenli değildir. Yıllık yağış miktarında en büyük paya kış mevsimi sahiptir (Uşak %37, Eşme %35). Kışın polar cephenin hareketine bağlı olarak frontal yağışlar meydana gelir. Bu mevsimde Akdeniz üzerindeki Akdeniz cephesinden doğan gezici siklonların etki alanına girdiği zamanlarda bol yağış alır (Günel, 1995). Kış mevsimini ilkbahar takip eder (Uşak %30, Eşme %26). Yazın, Tropikal hava külesinin etkisi altında frontoliz şartlara bağlı olarak yağışlar en az miktarda gerçekleşir (Uşak %10, Eşme %17).

Yöreye düşen yağış miktarı yıldan yıla değişiklik gösterir. Uşak meteoroloji istasyonunun yıllık rasat verilerine göre yıllara göre toplam yağış miktarı 346-731 mm arasında seyredir. Minimum yağış 1961 yılında 346,5 mm, maksimum yağış ise 1969 yılında 731,4 mm olarak kaydedilmiştir. Yörede, "Akdeniz-İç Anadolu Geçiş Tipi" yağış rejimi hüküm sürmektedir.

Tablo 2. Uşak ve Eşme meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış (mm)

İstasyon	O	Ş	M	N	May.	H	T	A	Ey.	Ek.	K	A	Yıl. Top.
Uşak (31 yıl)	62,0	64,2	54,0	65,4	48,6	27,3	17,7	12,3	21,1	49,4	58,2	79,9	560,1
Eşme (16 yıl)	70,2	45,9	43,1	37,0	47,6	57,0	14,4	14,1	16,8	42,2	47,0	55,2	490,5

Karahallı İlçesi'nin Genel Jeolojik Özellikleri

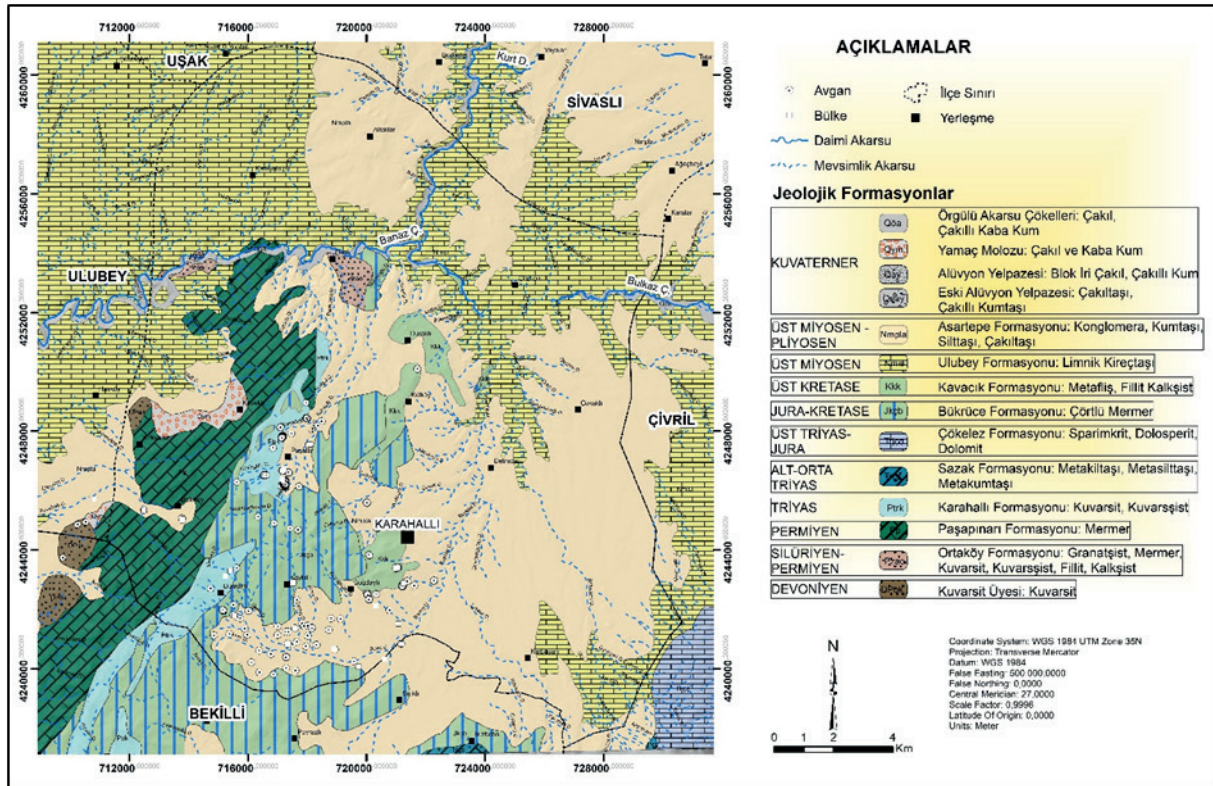
İlçe arazisinin temelini Menderes Masifi'nin örtü metamorfiteğine karşılık gelen Bekilli Grubu ve Çökelez Grubuna ait metamorfik birimler oluşturur. İlçede Ortaköy formasyonu, Paşapınarı formasyonu, Karahallı formasyonu, Bükrüce formasyonu, Ulubey formasyonu, Asartepe formasyonu ve Kuaternere ait birimler yüzeyleyir (Harita 2). Hidrojeolojik açıdan Paşapınar formasyonu, Bükrüce formasyonu, Ulubey formasyonu, Asartepe formasyonu ve alüvyonlar en önemli akiferlerdir (Unsal & Yazıcıgil, 2014).

En yaşlı birim Ortaköy ve Paşapınar formasyonu olup Paleozoik yaşlıdır (Çakmakoğlu & Göktaş, 2022). Ortaköy formasyonu çeşitli şist, kuarsit ve mermerlerden ibarettir. Mermerler şistler arasında bant ve merccekler olarak bulunur. Ortaköy formasyonu üstten Paşapınar formasyonu olarak nitelendirilen mermerlerle yanal ve düşey geçişli dokunağa sahiptir (Konak vd., 1986). Paşapınar formasyonu, Konak ve diğerleri (1986) tarafından Beki köyün eski ismine izafeten verilmiştir. Ercan ve diğerleri (1978) ise iri kristalli beyaz, bej, açık gri, koyu gri, mavi renkli dolomitik mermerler, Musadağı Tepe'de (939 m) yüzeyleyir dolayısıyla Musadağı Mermerleri olarak adlandırılmışlardır. Beki köyü ile Cılandras köprüsü arasında KD-GB yönünde bir kuşak halinde uzanır. Yer yer fillat ve kuarsitlerle ardışıklıdır (Ercan vd., 1978). İlçenin Musadağı Tepe (939 m), Ömerçalı Tepe (1143 m), Cevizlibağ Tepe (1105 m), Kocadağ Tepe (1219 m), Oğuzdede Tepe (1174 m), Gavurevleri Tepe (1145 m) ve Erenler Tepe (1003 m) gibi yüksek alanların yapısına girer. Cılandras Köprüsü yakınındaki Banaz Çayı vadisi ve Külköy yakınlarındaki Taşburun Tepe yayış gösterdiği diğer alanlardır. Genellikle masif görünümülü süt beyaz mermerler, mermer ocağı olarak işletilmektedir. Mermerler, karstik özelliklerinden dolayı iyi akifer olarak sınıflandırılır (Unsal, 2008). Ancak mermerlerin geçirimli olması ve düşen suların derinlere doğru sızması yararlanmayı kısıtlamaktadır.

Konak ve diğerleri (1986) tarafından Karahallı formasyonu olarak adlandırılan birim kuars-muskovit şist, serizit-klorit şist, grafit şist, granat şist, kalkşist, kuarsit, fillat ve merccek şeklinde mermerlerden ibarettir. Dumanlı-Kaykılı-Buğdaylı-Karahallı-Külköy

arasında ve Paşalar yerleşmesi batısında yüzeylenir. Formasyonu, Üst Permiyen-Alt Trias zamana dahil etmişlerdir (Konak vd., 1986). Geniş yayılışa sahip şistler ve fillatlar yörede kayrak taşı olarak bilinir ve meskenlerin yapımında kullanılır. Çok kıvrımlı ve diaklazlı olan şistler geçirimsiz özellik taşıdığından fakir bir akifer özelliği taşır. Bu nedenle düşen yağışlar yeraltına sızmadığı için yüzeysel akışa geçer. Kuarsitler, Duraklı köyü kuzeyinde aflöre olur.

Bükrüce formasyonu, Konak ve diğerleri (1986) tarafından adlandırılmıştır. Kirli beyaz ve gri renge sahip olan mermerler, orta kalın ve yer yer belirgin katmanlı ve bazı düzeyleri dolomitik özellik taşır. Üst seviyelere doğru ince orta belirgin tabakalı çört bantlı mermerler daha sık görülür. Dumanlı köyü güneyinde Karahallı ilçesi ile Bekilli ilçesi idari sınırının geçtiği alandaki tepelerin yapısına girer. Formasyona yaş verebilecek herhangi bir veri olmadığından stratigrafik konumundan dolayı Jura-Kretase zaman aralığı önerilmiştir (Tuncay & Bozkurt, 2022).



Harita 2: Karahallı ilçesi ve çevresinin jeoloji haritası

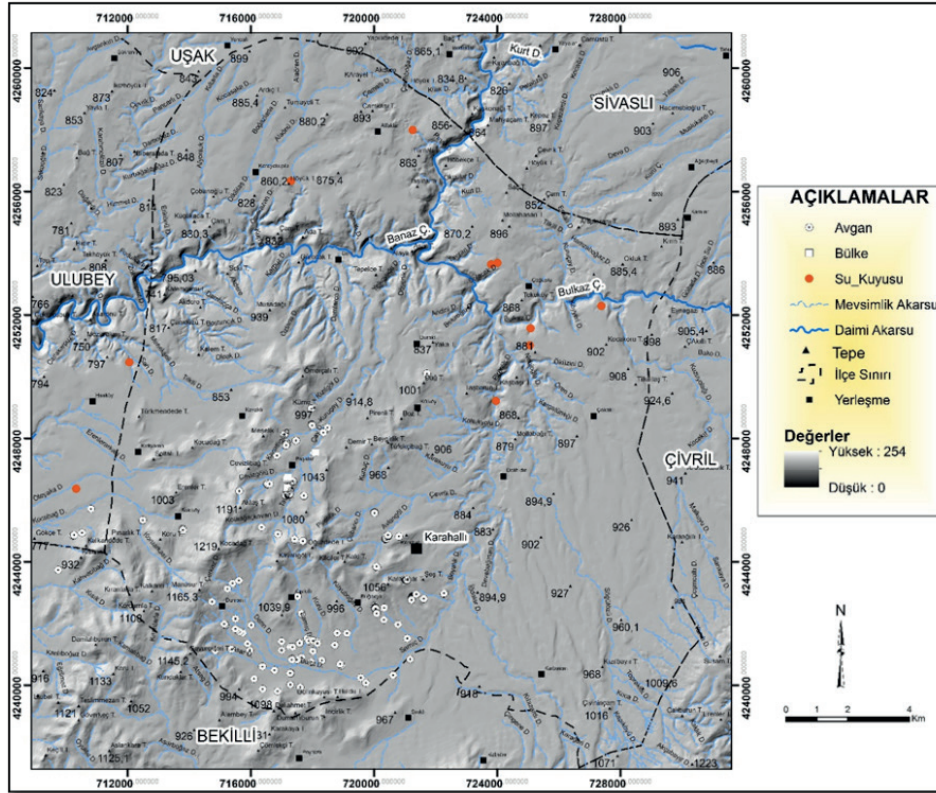
Şistleri ve mermerleri, Üst Miosene ait kireçtaşı, killi kireçtaşı, silttaşlarından oluşan Ulubey formasyonu ile Üst Miosen-Pliocene ait konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, kiltası birimlerinden meydana gelen Asartepe formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Ulubey formasyonu yer yer killi, marn düzeyleri içeren, bej renkli limnik kireçtaşlarından ibarettir. İlçenin kuzeyinde Banaz Çayı Kanyonu'nun kuzeyinde ayrıca Çoğuplu ve Çokaklı köyleri çevresinde yüzeylenir. Alt seviyelerde silttaşı, kiltası, marn, killi kireçtaşı ve aralarda konglomera seviyeleri ile başlar, üstte doğru açık pembe ve üst kesimlerde grimsi-beyazımsı renge sahip kireçtaşları ile devam eder. Kalınlığının en fazla olduğu yer araştırma sahası dışında kalan Ulubey ve çevresidir. Burada kalınlık 250 metreye ulaşır (Ercan vd., 1978). Gözenekli, karstik boşluklu, breşik görünüme sahip formasyon yer yer silislidir. Kireçtaşları limnik kökenli olup lamellibrans, ostrakod ve gastropod kavkaları içerir. Kalın, çok kalın ve yer yer masif haldedir. Genel olarak yatay veya yataya yakın iken Alfaklar ile Çoğuplu köyü arasında, Banaz Çayı'nın açtığı kanyonda KD-GB eksenli antiklinal ve senklinal yapıları gelişmiştir. Ulubey formasyonuna Ercan ve diğerleri (1978) Erken-Orta Miosen, Seyitoğlu ve diğerleri (2007) Orta Miosen yaşını vermiştir. Banaz Çayı kanyon vadisi

kuzeyinde geniş bir alan yüzeylenen bu formasyon yöre için en önemli akiferdir. En yüksek verime sahip kuyular ve en yüksek deşarj oranlarına sahip kaynaklar Ulubey formasyonu içinde yer alır (Unsal, 2008). Yalnız Ulubey formasyonunun yayılış gösterdiği yerlerde akifer özelliği aynı olmayıp, zayıf, orta ve iyi akifer özelliklerine sahip tüm sınıfları kapsar. Bu değişkenliğin fissür, kırık ve kontrollü karstifikasyondan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Unsal, 2008).

Ulubey formasyonu üzerine uyumsuz olarak Asartepe formasyonu gelir. Çeşitli renklerde, genellikle kıvılcık ve turuncu, yer yer beyaz, gevşek kireç, tuf, kil çimentolu, orta-kalın tabakalanmalı, çok kökenli, yarı yuvarlanmış çakıllı konglomera-kumtaşı ardalanması şeklinde olup yer yer de ince marnlı-kireçli düzeyler içeren ve akarsu ortamında oluşan çökellerdir. Sahada Miosen-Pliyosen gölleri çekilip kuruduktan sonra gelişen akarsuların, daha yaşlı formasyonlardan kopardıkları kırıntıları yataklarının uygun yerlerinde katmanlı olarak yığımlarıyla oluşmuşlardır. Musadağ'ının doğusunda ve batısında uzanan KB-GD doğrultulu bir normal fayın tavan bloğu üzerinde çökelmişlerdir. Paşalar Köyü'nün Dere mahallesi çevresinde, Külköy-Delihıdırlı köyü etrafında geniş yüzeylenime sahiptir. Formasyona, Ercan ve diğerleri (1978) Alt Kuvaterner yaşını vermiştir. Kuvaternere ait eski ve yeni alüvyonlar Banaz Çayı vadisi tabanında Cılandras köprüsü doğusunda ve Sarnıç Dere vadisinde yayılış gösterir. Kayıklı, Buğdaylı yerleşmeleri güneyindeki birikinti yelpazeleri alüvyal malzemenin yüzeylendiği diğer alanlardır.

Karahallı İlçesinin Genel Hidrografik Özellikleri

Araştırma sahası, Büyük Menderes Nehri Hidrografik Havzası içinde yer alır. Sahanın sularını Banaz Çayı ve yan kolu olan Burgaz Deresi'nin Sarnıç deresi drene eder (Harita 3). Yaklaşık 160 metre derinliğindeki kanyon vadiye akış gösteren Banaz Çayı ve Burgaz Deresi daimi akışlıdır. Karahallı ilçe sınırları içinde bu akarsulara katılan kollarında ise akışlar periyodiktir. Kış ve ilkbaharda kısa süreli akışı görülür. Yaz mevsiminde yatakları kurudur.



Harita 3: Karahallı ilçesi ve yakın çevresinin hidrografi haritası

Uşak ilinde içme ve kullanma suları genelde yeraltı sularından ve sınırlı sayıdaki kaynaklardan sağlanır. Eşme, Ulubey ve Karahallı ilçeleri su kaynakları bakımından fakirdir. Bu ilçelerin sınırları içinde kalan yerleşmelerin içme ve kullanma suyu büyük oranda kuyulardan karşılanır. Mevcut kaynakların büyük bir kısmı Banaz Çayı kanyonu içinde yer alır. Sivasslı İlçesi'nde Bulkaz Dağı eteğindeki Pınarbaşı, Çivril ilçesi Gürpınar içindeki tektono-karstik kaynaklar ile birikinti konilerinin cephelerinden çıkan kaynaklar önemlidir.

Günümüzde Karahallı İlçesi'ndeki yerleşmelerin su ihtiyacı sondaj kuyuları ile kaynaklardan karşılanmaktadır. Uşak İl Özel İdaresi'nden alınan verilere göre sondaj kuyularının derinlikleri 67-241 m, su verimleri ise 0.5-20 l/s arasında değişmektedir. Kuyularda aşırı yeraltı suyu çekimi nedeniyle yeraltı suyu düzeyinin düştüğü gözlenmiştir. Alfaklar, Beki, Buğdaylı, Çoğuplu, Çokaklı, Delihıdırlı, Dumanlı, Duraklı, Karayakuplu, Karbasan, Kaykılı, Külköy ve Karahallı merkezin içme ve kullanma suyu sondaj kuyularından Pınar (Alfaklar köyü), Derincik (Çoğuplu köyü), Yedideğirmen (Duraklı köyü), Dere (Paşalar köyü) mahalleleri ile Kavaklı, Kırkyaren, Paşalar köyü kaynaklardan karşılanmaktadır (Harita 3).

Karahallı İlçesi için içme ve kullanma suları Banaz Çayı'nın oluşturduğu kanyon vadide Cılandras Çay boyu adı verilen kuyulardan temin edilmekte olup; potansiyeli 30 l/s'dir.

KARAHALLI İLÇESİNDE AVGAN VE BÜLKELER

Karahallı ilçesi sınırlarında kaynak suları oldukça sınırlıdır. Geçmişte yeraltı suyunun bulunduğu yerlerde yerleşmeler içme ve kullanma suyunu kuyulardan, yeraltı suyunun yetersiz veya su kaynağının olmadığı yerleşmeler ise avgan ve bülke adı verilen yağmur suyunun biriktirildiği yapılarından tedarik etmişlerdir. Avgan ve bülkelerden su ihtiyacını karşılayan yerleşmeler daha sonra su iletim ve yeraltı suyu çekim teknolojilerinde gelişmelere bağlı olarak ilçenin muhtelif yerlerinde açılan sondaj kuyularından karşılamaya başlamışlardır. Çoğuplu-Çokaklı-Delihıdırlı köyleri çevresinde ve Cılandras köprüsü yakınlarındaki bu kuyular iyi akifer özelliği taşıyan Ulubey formasyonu içinde açılmıştır. Bugün de ilçedeki yerleşmelerin en önemli sorunlarından biri içme ve kullanma suyudur.

İlçe arazisinin litolojik özellikleri ve klimatolojik şartlarının bir sonucu olarak yeterli miktarda ve kalitede, yüzey ve yeraltı suyunun olmaması, yöre sakinlerini içme ve kullanma suyu ihtiyacını avgan ve bülke adını verdikleri üzeri açık sarnıçlar vasıtasıyla gidermeye zorlamıştır. İlçe halkı, yuvarlak plana sahip üzeri açık sarnıçlara avgan, dikdörtgen veya kare plana sahip olanlara ise bülke (mülke) adını vermektedir (Fotoğraf 1, 2). Tarihi geçmişi eski olan bu sarnıçların hepsi yağmur sularını kolayca derlemek, suyun soğuk kalmasını sağlamak ve deprem gibi doğal afetlerden zarar görmesini önlemek amacıyla topografik seviyenin altında açılmışlardır. Yağışların doğrudan yapıların gelirine katılması için üzerleri açık bırakılmıştır. Haznedeki suyun yanlara uyguladığı basınca karşı direncini artırmak ve tahrip olmasını önlemek için duvar ile desteklenmiştir. Duvarlar, yöre halkının kayrak olarak adlandırdığı şist ve fillatlar ile mermerlerden örülmüştür. Duvar kalınlığı 35-100 cm arasında değişir. Duvar yapımında rezervuar çukurluğu açımı sırasında çıkan kayaçlar ile çevredeki moloz taşlar kullanılmıştır. Sadece Kaykılı köyü güneyinde bir bülkenin duvarlarında taşların yanında ahşaptan da yararlanılmıştır (Fotoğraf 2). Bazı bülkelerin duvarları tahribata karşı payandalarla güçlendirilmiştir. Avganların kenarında karınca yuvasını andıran atık yığınları yükselmektedir. Bunlar avgan haznesi yapımında çıkartılan pasalardır. Avganların sadece ağız kısmı kireç harcı kullanılarak büyük taşlardan yapılmıştır. Diğer kısımlarında ise harçsız kuru duvar sistemi görülmektedir (Acar, 2018). Orijinal durumunu koruyan avgan ve bülkelerin içleri, su gelirine yeraltı sularının katılması için sıvanmamıştır.



Fotoğraf 1: Avgan adı verilen taştan yapılmış yuvarlak şekilli üzeri açık yeraltı sarnıcı (Dumanlı Köyü)

Avgan ve bülkelerin gelirini büyük oranda yüzeysel akışa geçen yağmur suları, çok az kısmını ise hazne yüzeyine düşen yağışlar ve yeraltı suları oluşturmaktadır. Bu yapıların verimliliğini yağış miktarı ve yoğunluğu, su toplama alanının büyüklüğü, zeminin litolojik özellikleri ve jeomorfolojisi belirlemektedir. Sarnıçların ağız kısmında yağmur sularının drene olması için menfezler bulunmaktadır. Yüzeysel akışa geçen yağmur suları, açılan toprak kanallar vasıtasıyla menfezlere yönlendirilmiş su ile dolması sağlanmıştır. Sular herhangi bir filtreden geçmediğinden, yapıların içleri zamanla rüsubatla dolmuştur. Özellikle şistler ve mermerler yöredeki avganların su toplama yüzeylerini oluşturmaktadır.



Fotoğraf 2: Kayıklılı Köyü'nde bülke adı verilen dikdörtgen plana sahip duvarları taş ve ahşap hatıl kullanılarak yapılmış üzeri açık sarnıcı (38°16.910'K, 029°30.731'D)

Topografik seviyenin altında yapılmış havuzlara benzeyen bülkelerin içine erişim, merdivenle sağlanır. Merdivenler su alımı, rüsubat temizliği, yapının bakım ve onarımı için yapılmıştır. Avganlarda ise merdiven sistemi ilçedeki bir avgan hariç mevcut değildir. Yöre halkı avgan duvarlarında çıkıntı şeklindeki taşların avgan haznesine inmek amacıyla düzenlendiğini ifade etmektedir (Fotoğraf 3). Avgan rezervuarından su alımı kovalar yardımı ile yapılır. Alınan su avganın yanında konumlandırılan

mermer veya volkanik kayalar içine oyulmuş yalaklara boşaltılarak hayvanların su ihtiyacı karşılanmıştır. Bazı avganların yanında günümüze kadar ulaşmış yalaklar bulunmaktadır.



Fotoğraf 3: Avganların temizlik ve bakımında kullanmak için duvarda çıkıntı şeklinde bırakılmış taş basamaklar

Çoğunluğu silindirik şeklinde gövdeye sahip olan avganlar su kuyularını andırırlar. Yalnız çaplarının büyük ve ana beslenme unsurunun yağmur suları olmasıyla kuyulardan ayrılırlar. Silindirik şeklinde inşa edilmelerindeki temel amaç içerisinde bulunan suyun buharlaşmasını önlemek olmalıdır. Çünkü buharlaşmanın az olması için, rezervuar yüzey oranına nazaran derinliğin fazla olması gerekir. Karahallı ilçesindeki avganların çapları 1,5-8 m, derinlikleri ise 1-6 m arasında değişir. Bülkelerin derinlikleri ise maksimum 5,2 m kadardır. Vadi tabanında bulunan avganların derinliği yamaçlarda açılmış avganların derinliğinden daha fazladır. Yamaç üstlerine doğru temel arazinin yüzeye yakın olması bu durumun başlıca sebebidir (Fotoğraf 4). Bununla birlikte Karahallı güneybatısındaki Dere Avganı, Üçavgan, Paşalar köyündeki Ali Avganı, Buğdaylı mahallesi doğusundaki vadideki avganlar tamamen şistler içinde açılmışlardır. Üçavgan grubunda olduğu gibi avganların bazıları belirli bir bölümü yerli kaya içinde açılmış üst kısmı ise duvarla örülerek oluşturulmuştur (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 4: Dumanlı-Paşalar köyü arasında temelde sert kayacın çıkması nedeniyle derinliği az (3m), merdivenli ve susuz bir bülke (yüksekti 1016 m)

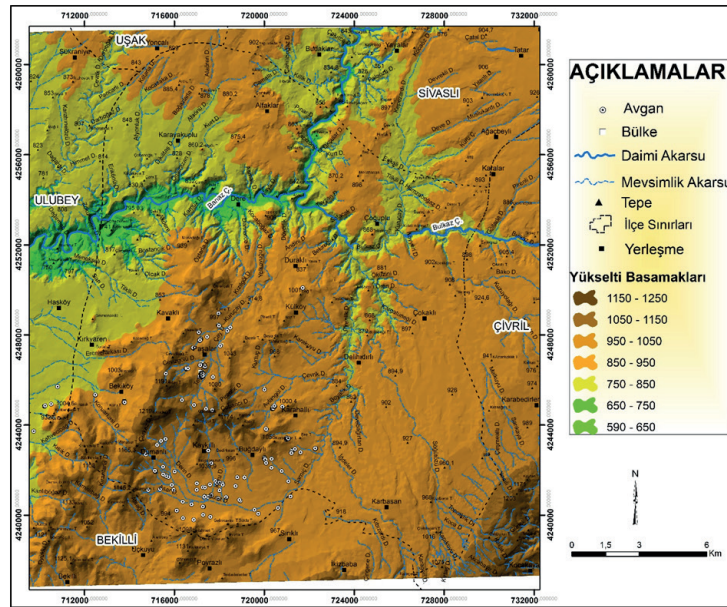


Fotograf 5: Karahallı güneybatısında bir kısmı şistler içinde açılmış üzeri taş duvarla yapılmış bülke

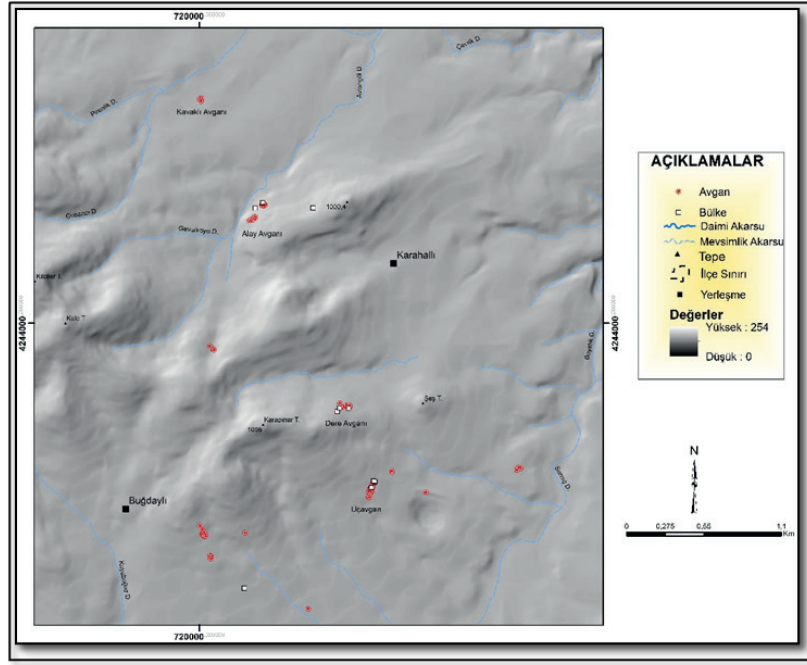
İlçe sınırları içinde avgan ve bülkelerin toplam sayısının 407 olduğu tespit edilmiştir (Harita 4). Bunların 376 adeti avgan, 31 adeti ise bülke özelliği taşımaktadır. Bu sayının daha fazla olduğu ancak canlıların içine düşmesi tehlikesi nedeniyle çoğunun kapatıldığı ifade edilmektedir. Nitekim arazi çalışmalarında Kaykılı, Külköy, Paşalar ve Karahallı yerleşmelerinde içleri doldurulmuş çok sayıda avgan gözlemlenmiştir.

İlçede Musadağ Tepe çevresindeki Beki, Dumanlı, Kaykılı, Külköy, Paşalar, Buğdaylı mahallesi, Karahallı merkez avganların ve bülkelerin bulunduğu yerleşmelerdir. İlçedeki diğer yerleşmelerde ise su ihtiyacı yeraltı suyu veya kaynaktan karşılanabildiği için sarnıçlara gerek duyulmamıştır. Geçmişte bu köyler genelde serenli kuyulardan su gereksinimlerini karşılamışlardır.

Avganların ve bülkelerin her birinin adı vardır. Genelde yaptıran kişi veya ailenin ismi ile anılırlar. Ali Avganı, Kamer Avganı, Hatip Avganı, Boyacı'nın Avganı, Omarın Avganı, Yağcı Avganı, Oğuz Avganı, Mollaahmetler Avganı, Şavkırların Avganı, Pembenin Avganı, İbiş Avganı gibi. Bunun yanında Koca Avgan, Mezarlık Avganı, Seki Avganı, Karapınar Avganı, Kavaklı Avgan, Esenlik Avganı, Üçavgan, Musluk Avganı örneklerinde olduğu gibi bulunduğu mevkii ve diğer özelliklerine göre isimlendirilenler de vardır.

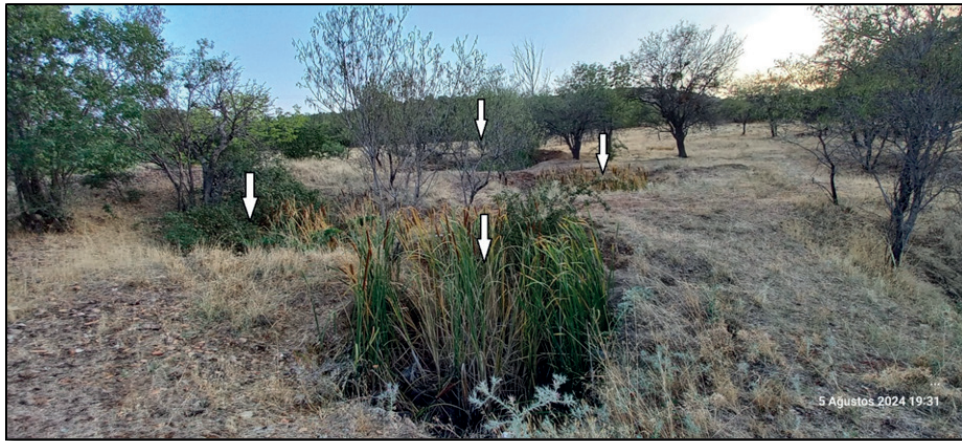


Harita 4: Karahallı ilçesinde avgan ve bülkelerin dağılışı



Harita 6: Karahallı çevresinde avgan ve bülkelerin dağılışı

Gerek insanların gerekse hayvanların su ihtiyacını karşılamak ayrıca tarımsal ürünlerin sulanması amacı ile inşa edilmiş olan sarnıçlar münferit veya gruplar halinde bulunmaktadır. Ali Avganı 157 (156 avgan, 1 bülke) adet, Omar avganı 24 adet, Karapınar Avganı 13 adet, Esenlik Avganı 11 adet, Buğdaylı mahallesi doğusunda akarsuyun yukarı kısmında doğu yamaçta 9 adet, aşağı kısmında 5 adet, Üçavgan grubu 25 adet (3 bülke, 22 avgan), Dere Avganı 14 (3 bülke, 11 avgan), Alay Avganı 19 adet (2 bülke, 17 avgan) sarnıçtan meydana gelmektedir (Fotoğraf 6, 7). Grup halindeki avganlar, aralarında oluşturulan toprak kanallar vasıtasıyla birbirleriyle bağlantılıdır. Bu durum sayesinde su ile dolan avgandaki fazla suların diğerlerine aktarılarak su içerisindeki partiküllerin dibe çökmesi, suyun berraklaşması ve içiminin daha kaliteli olması amaçlanmış olmalıdır. Beki köydeki mülke olarak nitelendirilen ilçedeki üzeri kapalı tek sarnıç 13 x 7 m planında ve 5 m tavan yüksekliğinde olup yakınında içi doldurulmuş 4 avgan ve 1 adet 6,5 x16,56 m boyutlarında 2 m derinliğindeki bülkenin çökeltme havuzu olarak kullanılmış olma olasılığı yüksektir. Gruplar halindeki avganlar yerleşmelerin yakınındaki hazine arazisi veya mera arazisinde yapılmışlardır. Şahıslara ait olanlar ise tek veya birkaç tane olup özellikle tarlaların kenarında ve ortasında, tarımsal arazi yolu ve ana yol güzergahı üzerinde konumlandırılmışlardır.



Fotoğraf 7: Geçmiş yıllarda Karahallı'nın içme ve kullanma suyunu sağladığı Dere Avganı sarnıç grubu, bakımsızlık ve duvarlarında büyüyen bitkiler nedeniyle işlevini yitirmiştir

Bülke ve avganlar, yerleşmelerde su şebekesi kurulmadan önce içme ve kullanma suyu olarak hizmet vermiştir. Arazi çalışması sırasında ilçedeki 155 adet avgan ve bülkenin içinde suyun bulunduğu 248 sarnıcın ise kuru olduğu görülmüştür (Fotoğraf 8). Kurak mevsimde (Temmuz 2018, Temmuz ve Ağustos 2024 tarihlerinde) yapmış olduğumuz ölçümde avganlardaki su derinliğinin maksimum 3 metreyi bulduğu tespit edilmiştir. Avganların kapasitesi 3-251 m³ arasında değişir. Bülkelerin kapasitesi, avganlardan daha fazladır. Kayıklı köyündeki (koordinat 38° 18'458 K-029° 29'263 D) 499 m³ su hacmindeki bülke ilçedeki en büyük kapasiteye sahip sarnıçtır. İlçedeki avgan ve bülkelerin toplam su potansiyeli 14285 m³'den fazladır. Tahrip olmasından dolayı boyutları ölçülememiş, içleri doldurulmuş bülke ve avganlar bu rakama dahil değildir. Bu yapılardaki su varlığı, her şeyden önce iklim şartları ile ilişkilidir. Ayrıca toplanan suyun miktarı yağış sıklığına ve yoğunluğuna, su toplama alanının özelliklerine, zeminin litolojisine, toprak özelliklerine, geçirimsizlik ve gözenekli durumu gibi çeşitli etkenlere bağlıdır. Özellikle mevsimlere göre yağış miktarı değiştiğinden içindeki su hacmi de değişiklik gösterir. Yazın yağışın çok az ve buharlaşmanın maksimum seviyeye olması nedeniyle yaz ve sonbahar başında su seviyesi en düşük düzeye ulaşır, hatta çoğunlukla kuru haldedirler.



Fotoğraf 8: İçinde su bulunan bir avgan (Dumanlı köyü).

Vadi tabanındaki avgan ve bülkelerin su depolama hacmi daha fazladır. Bunun nedeni alüvyal depolar içinde bu yapıların inşasının daha kolay olmasıdır. İlçede mermerlerin geniş alanlarda yüzeylenmesine rağmen bu litoloji içinde açılmış avgana rastlanılmamıştır. Sayısal olarak şistler içinde açılmış sarnıçlar fazladır. Üçavgan, Dere Avganı, Ali Avganı gibi grup avganları şistler içinde açılmıştır.

Avgan ve bülkelerin yapım tarihi bilmemektedir. Karahallı'nın içme ve kullanma suyu ihtiyacının tam 500 yıl süreyle bu avganlardan temin edildiği ileri sürülmektedir (Çolak, 2021). Yapımı ve bakımı, işgücü ve masraf gerektiğinden bu yağmur suyu hasat sistemini genel olarak ekonomik durumu iyi olan kişiler veya köy sakinleri tarafından yaptırılmış olduğunu söylemek mümkündür. Karahallı, Buğdaylı, Kayıklı ve Dumanlı yerleşmelerinde 1960'lı yıllardan sonra su şebekesinin tesis edilmesiyle avgan ve bülkeler yavaş yavaş önemini yitirmiş, kendi hallerine terk edilmiş, doğal ve antropojenik etkenler sonucunda işlevini kaybetmişlerdir. Banaz Çayı kanyonu içindeki kaynak suyunun Paşalar köyüne iletilmesine (1960'lı yıllar) kadar köy halkı su ihtiyacını avganlardan karşılamıştır. Ayrıca dokuma ürünlerinin ve çamaşırların yıkanmasında da avganlardan faydalanılmıştır.

TARTIŞMA

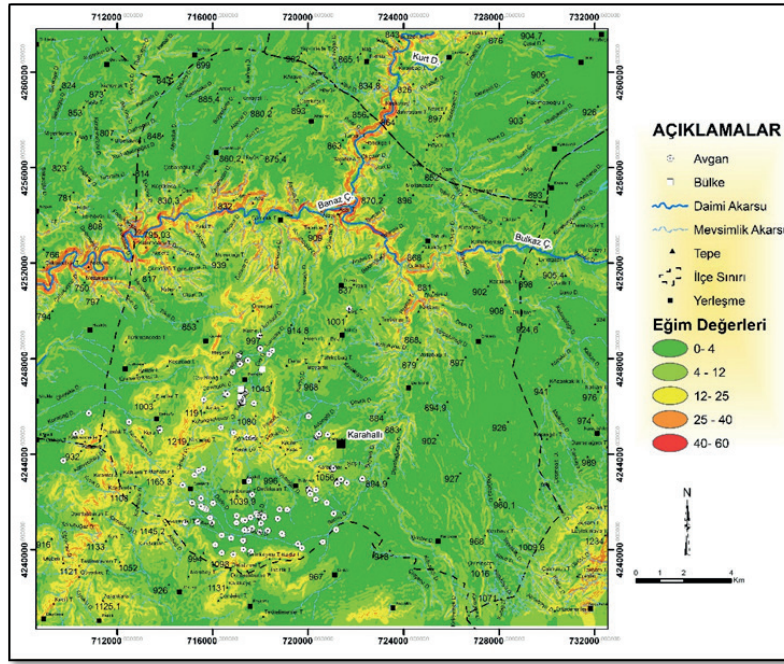
Anadolu'nun batı ve güneyinde özellikle Denizli, Aydın, Muğla ve Antalya çevresinde kümbet adıyla anılan ve Türk hakimiyeti döneminde inşa edilmiş olduğu anlaşılan çok sayıda kapalı su sarnıcının varlığı bilinmektedir. Karahallı ilçesindeki avgan ve bülke olarak nitelendirilen yağmur suyu hasat yapıları ise Beki köydeki bir bülke hariç diğerlerinin üzeri açıktır. İlçedeki bu yağmur suyu hasat yapıları Türkiye'nin diğer yerlerindeki sarnıçlardan farklılıklar gösterir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde akarsu vadilerinde sarnıçlar mevsimlik derelerin sularını derler iken özellikle Ali Avganı örneğinde olduğu gibi yamaçta yer almakta olup üzerleri de kapalı değildir. Anadolu'da sarnıçlar çoğunlukla dağınık halde bulunur. Paşalar, Kaykılı, Beki köyleri ile Karahallı merkez sınırları içindeki örneklerde olduğu belli bir alanda toplanmışlardır.

Sarnıçlar, toprak sathındaki yağmur ve kar sularını toplamak için yapılmış üzeri açık veya kapalı havuzlardır (Önge, 1997). Genellikle topografik seviyenin altında ve su sızdırmayacak biçimde inşa edilirler. Karahallı ilçesindeki sarnıçlar ise suyu sızdıracak şekilde düzenlenmişlerdir. Hari ve diğerleri (2018) yağmur suyu hasadının su kıtlığıyla baş edebilmek için iyi bir alternatif olmasına rağmen yeraltı su seviyesini azalttığına işaret etmektedir. Karahallı ilçesindeki şistler ve kolüvyal-alüvyal birimler içinde açılan grup halinde bulunan sarnıçlar birbiriyle hem yüzeysel hem de yeraltından iletim halindedir. Duvarların su geçirmez bir sıvayla yalıtım yapılmamış olmasından dolayı depolanan su şistlerdeki diaklazlar vasıtasıyla sızarak, yeraltı sularının yenilenmesine ve akiferlerin beslenmesine, akarsulardaki taban suyu akışının kısmen korunmasına ve yeraltı suyuna bağımlı ekosistemlerin desteklenmesine yardımcı olmuştur. Maalesef günümüzde bazı avganların içleri çimento ile sıvanarak orijinalliklerini yitirmiştir.

Avgan ve bülkeler, yağmur suyu akışını yönetmek suretiyle topraktaki nemi tutarak ve sürdürülebilir su yönetimi uygulamalarını teşvik ederek, sel ve toprak erozyonunun olumsuz etkilerini azaltmada etkili bir strateji olarak hizmet eder. Bu nedenle üzeri açık sarnıçları yalnız su hasadı olarak değil sel kontrolü yöntemi olarak da hizmet vermektedir. Yağmur suyunun depolanması, aşırı su akışını drenaj sistemlerinden ve doğal su yollarından uzaklaştırarak, azaltarak ve yavaşlatarak su baskın riskini ve taşkınların azaltılmasına katkıda bulunur. Sel olaylarının neden olduğu maddi hasarın önlenmesine yardımcı olur, yüzeysel akışı azalttığı için toprak erozyonunun önlenmesine katkı sağlar. Bu durum toprak stabilitesini artırdığı gibi, bitki örtüsünü ve ekosistemlerin bütünlüğünü de korur (Das vd., 2024; Qadir vd., 2007; Karamage, 2017). Yamaçlarda ve vadi içlerinde açılmış olan sarnıçların dibindeki tortular bu yapıların aynı zamanda rüsubat çökertme yapısı fonksiyonunu da yerine getirdiğini göstermektedir.

Toplanan yağmur suyunun kullanım noktalarına ulaştırılabilmesi için avganlara ve bülkelere entegre edilmiş uygun bir dağıtım sisteminin kurulması gerekmektedir. Sarnıçlar, acil durumlar için yedek su kaynağı sağlayan depolama sistemi olup alternatif bir su kaynağıdır. Bu yapıların tekrar kullanıma sokulması özellikle yörede sulama suyuna olan talebi önemli ölçüde azaltacaktır. Bugün bu sarnıçlardaki suları içme suyu haricinde, sulama ve kullanma suyu olarak değerlendirmek mümkündür. Böylece ilçedeki tatlı su kaynakları korunabilir, geleneksel su kaynaklarına olan bağımlılığı bir nebze de olsa azaltılabilir. Kurak dönemlerde tarımsal ürünün büyümesini sürdürebilir ve tarımsal üretkenliği güvence altına alarak çiftçilerin su kıtlığının yarattığı zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olacaktır.

Yağış özelliklerinin yanı sıra, arazi eğimi, su toplama alanının litolojik özelliği ve bitki örtüsü gibi değişkenler yağmur suyu hasadı verimliliğini etkilemektedir (Qadir vd., 2007; Rockström, 2000; Velasco-Muñoz vd., 2017). Akışın eşit olmayan dağılımı, toprak erozyonu ve yapının yüksek maliyeti nedeniyle eğim değeri %5'i aşan yamaçlarda su hasadı sistemi önerilmemektedir (Anschuetz vd., 2003). Karahallı ilçesinde avgan ve bülkeler özellikle az eğimli arazilerde ve düz yerlerde yapılmıştır (Harita 7). Bununla birlikte Buğdaylı güneydoğusundaki grup halinde bulunan avganlar yaklaşık %12 eğime sahip kuru vadi içinde (Fotoğraf 9) Karahallı batısındaki Dere Avganı ile Paşalar köyündeki Ali Avganı grubu ortalama %7 eğime sahip yamaçta konumlandırılmışlardır.



Harita 7: Karahallı ilçesi ve yakın çevresinin eğim haritası

Yağmur suyu hasadının en büyük avantajı basit, ucuz, tekrarlanabilir, verimli, sürdürülebilir ve uyarlanabilir olmasıdır (Reij vd., 1988). Sahada yarı kurak iklimin hüküm sürmesi nedeniyle yağışlar kışın ve ilkbaharda düşmektedir. Bundan dolayı yağışlardaki belirsizlikler sistemin güvenilirliğini azaltmaktadır.

Yağmur suyu akışı sırasında çeşitli kirletici unsurları taşıyarak su kalitesini ve su ekosistemleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Avganlar yüzeysel akışa geçen suların bir kısmını tuttuğu için yağmur suyu akış hacmini azaltarak kalitesinde iyileşmelere yol açabilir. Avganların içine katı kirletici maddelerin girmemesi için beslenme alanlarına bioswale (yağmur hendekleri) gibi çeşitli uygulamalar yapılabilir.

Var olan kaynak sularının yerleşim yerlerine uzak ve erişiminin zorluğu yörede avganların ve bülkelerin yapımını zorunlu kılmıştır. Bu yapıların özellikle bahçe ziraatının yaygın olduğu sahalarda bulunduğu ileri sürülmektedir (Kaya, 2007; Acar, 2018). İlçe idari sınırları içinde üzeri açık sarnıçlar yerleşim birimleri yakınlarında, tarım arazisi yolları üzerinde ve köy yolları kenarında yoğunlaşmakta olup daha çok içme ve evlerde kullanma suyu ihtiyacı için inşa edilmişlerdir (Harita 4).



Fotoğraf 9: Buğdaylı mahallesi doğusunda %12 eğime sahip vadiye avgan grubu şistler içinde açılmıştır

SONUÇ VE ÖNERİLER

Avganlar ve bülkeler, Karahallı ilçe halkının geçmişte susuzluğa karşı verdiği mücadelenin sembollerinden biridir. Bu yapılar ilçedeki su kıtlığının giderilmesine yardımcı olan sürdürülebilir uygulamaların mükemmel birer örnekleridir. Yüzyıllardır yerel nüfusun ihtiyaçlarını karşılayan geleneksel su hasat yöntemidir. Yüzey sularının kısıtlı, şist ve fillat gibi geçirimsiz, mermer gibi sert zemin koşulları nedeniyle yeraltı suyunun erişilemediği yerlerde avganlar ve bülkeler alternatif su depolama uygulamalarından biri olmuştur. Günümüzde Karahallı ilçesinde artan su taleplerinin bir kısmını karşılamada ve zamanla daha ciddi hale geleceğini düşündüğümüz su kıtlığı sorununda uygulanabilecek yöntemlerden biridir.

Avgan ve bülke suları, evsel ve tarımsal alanda kullanıma uygundur. Ayrıca elde edilen su, kalitesine bağlı olarak içme suyu olarak da kullanılabilir. Bu sular herhangi bir kimyasal kirlenmeye maruz kalmadıkları için temiz, tuzsuz ve sertliği düşük sular olması nedeniyle bilhassa tarımsal sulamada, kurak geçen sezonlarda acil durumlarda su temini için ideal su hasat sistemleridir. Geçmiş yıllarda yağmur suyunu toplayıp depolayarak, yeraltı ve yer üstü su kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmış olan bu sistem son yıllarda kendini iyice hissettiren su stresinden kurtulmada uygulanabilecek yöntemlerdendir. Avgan ve bülkeler aynı zamanda yörede meydana gelecek hidroklimatolojik tehlikelere karşı alınabilecek etkili önlemlerden biridir.

Alandaki sarnıçları yalnızca tarihi eserler olarak düşünmemek, bugün ve gelecek için sürdürülebilir su teknolojilerine ait modeller olarak kabul etmek gerekmektedir. Yeraltı sularının ve yağış sularının depolandığı su mimarisinin bu muhteşem eserlerinin koruma altına alınması, restore edilmesi ve kültürel miras unsuru olarak tescil işlemlerinin bir an önce yapılması önem taşımaktadır. Kütahya Kültür Varlıkları Koruma Bölge Kurulu'nun 13.07.2016 tarih ve 3391 nolu kararı ile Paşalar köyünde Ali Avganı'daki yaklaşık 150 adet sarnıç, Beki köydeki iki bülke (sarnıç) 08.10.2009-147 tarih ve karar ile tescillenmiş ve koruma statüsüne alınmıştır. İlçedeki diğer sarnıç yapıları ise korumadan mahrumdur. Yöre insanı, avgan ve bülkelerin korunması konusunda teşvik edilmeli ve bilinçlendirilmelidir. Aksi durumda Paşalar köyündeki Kocaavgan (yerel adı ile gocaavgan) örneğinde olduğu gibi özgünlüklerini kaybedeceklerdir.

Avganların ve bülkelerin çoğu fonksiyonunu yitirmiştir. Büyük bir kısmı kuru haldedir. Özellikle bu yapıların yüzeysel beslenme alanına yapılan müdahaleler susuz kalmalarına yol açmıştır. Yüzeysel beslenme alanından geçirilen yollar, tarımsal amaçlı yapılar, toprak su tavaları, taş ve mermer ocakları gibi doğal topoğrafyada yapılan değişiklikler, akarsuların derine doğru yatağını kazması gibi nedenlerden dolayı yağmur suları başka yönlere akış göstermiş, avganların ve bülkelerin susuz çukurluklar haline dönüşmesine yol açmıştır.

Türkiye'nin başka bir yerinde bu kadar sayıda örneği olmayan tarihi yağmur suyu hasat yapıları kaderlerine terk edilmişlerdir. Düzenli bakımları yapılmadığından dolayı yıkılmakta, yok olma yolunda hızla ilerlemektedir. Terk edilmesinin sebeplerinden biri su kalitesinin düşük olmasıdır. Avganlarla ilgili en önemli sorun ise içinde yosunlaşma, çeşitli organizmaların yaşaması, sivrisinek üremesi, rüsubat taşınımı, bakımı ve yapımı için işçilik ve maliyet gerektirmesi gibi nedenlerden dolayı düzenli temizliğinin ve bakımının yapılmaması olarak sıralanabilir. Ortadan kalkmalarında antropojenik faktörlerin de etkisi vardır. Bakımsızlık, kötü kullanım, içinin rüsubatla dolması ve duvarında bitkilerin gelişmesi, bunlara bağlı olarak duvarlarının yıkılması gibi çeşitli olumsuzluklarla karşı karşıyadır (Fotoğraf 10). Bir kısım avganlar ve bülkeler tamamen ortadan kaldırılmıştır. Örneğin Paşalar köyü sakinleri önceleri yerleşme içinde çok sayıda avganın olduğunu ancak ortadan kaldırıldığını ifade etmektedir. Kayıklı köyü içindeki üç adet bülke için de bu husus geçerlidir. Karahallı batısındaki Alay avganları geçmiş tarihlerde sayısal olarak çok fazla iken bugün hafriyat ile çoğu doldurulmuştur. Paşalar Köyü'ndeki Ali Avganı grubunun bulunduğu alanda, 1971-1972 yıllarında ağaçlandırma çalışması yapılmış, ağaç kök sistemindeki gelişim avgan duvarlarında tahribata yol açmıştır.



Fotoğraf 10: Üzeri açık sarnıçlar bakımsızlık (a), içinde bitki gelişimi (b), doldurulma (38°17.005' K, 029°30.622' D), (c) ve özgünlüğünü kaybetme (d) gibi sorunları ile karşı karşıyadır

İlçede sarnıçlar ortadan kaldırılıp yok edilirken hayvanların gereksinimlerini gidermek için oluşturulan toprak su tavaşı (küçük çiftlik rezervi) yapılarının sayısı hızla artmaktadır. Yöre halkının göl diye nitelendirdiği bu su hasat yapılarının bir kısmı avgan ve bülkelerin yakında veya yüzeysel beslenme alanı sınırları içinde oluşturulmuştur. Bu işlem, sarnıçlara zarar vermiş ve bir kısmının işlevini kaybetmesine yol açmıştır.

Avgan ve bülkeler topografik düzeyin altında inşa edildikleri için arazide belirgin olarak seçilememektedir. Bu durum insanlar, yabani ve evcil hayvanlar için tehlike oluşturmaktadır. Canlıların içine düşme tehlikesine karşı avgan ve bülkelerin etrafının korkuluklarla veya tel örgülerle çevrilmesi ayrıca yanlarına uyarı levhalarının konulması önem arz etmektedir. Sarnıç üzerlerinin açık olması, yapıları kirletici unsurlara karşı savunmasız bırakmaktadır. Sisteme zarar vermeden üzerlerinin örtülmesi sadece buharlaşmaya karşı alınmış bir tedbir olmakla kalmayacak aynı zamanda kirlilik önemli ölçüde önlenmiş olacaktır.

Avgan ve bülkelerde toplanan yağmur suyunun kalitesini korumak için su toplama yüzeyindeki potansiyel kirletici maddelerin ortadan kaldırılması önemlidir. Bu nedenle sarnıçların bulunduğu yerlerin yerleşime açılmaması, su toplama alanlarının evsel ve endüstriyel kirleticilere karşı korunması, kuru sezonda periyodik temizlik ve bakımlarının yapılması, sivrisinek üremesine karşı biyolojik tedbirlerin alınması gereklidir.

| EXTENDED ABSTRACT |

Avgans and Bülkes Used as Traditional Rainwater Harvesting Method (Karahallı District, Uşak)

Selahattin POLAT 

INTRODUCTION

Water is an indispensable need for human life. The amount of fresh water available for human use worldwide is very limited and not evenly distributed on the earth. One of the solutions proposed to combat water scarcity is water harvesting practices. Water harvesting is divided into three as rainwater, flood water, and groundwater harvesting. Rainwater harvesting is the process of collecting fresh water from a catchment area such as rooftops or land surfaces and then storing it using physical structures such as reservoirs or soil profiles to meet the demand for domestic, industrial, agricultural, and environmental purposes when water resources are limited or water quality is not at the desired level (Aladenola & Adeboye, 2010; Hamid & Nordin, 2011; Worm & Hattum, 2006). Rainwater harvesting is defined as the utilization of rainfall through runoff for various purposes such as condensation, collection storage, and domestic, livestock, and agricultural use (Boers & Ben-Asher, 1982; Göl et al., 2011; Prinz, 1996; Beckers et al., 2013; Mengü & Akkuzu, 2008). Humans have developed various methods to accumulate rain, snow, and freshwater. The water harvesting method is divided into two as macro and micro basin water harvesting methods according to the basin size (Oweis et al., 2012; Yetik & Şen, 2020). One of these is cisterns from macro basin water harvesting methods. Cisterns have not lost their importance from ancient times to the present day and were built in settlements, castles, caravan routes, etc. to meet the water needs of travellers, animals, and people (Masy et al., 2013). Their construction and use date back to the Neolithic Age (Mays et al., 2013). There are examples in various places (Falkenmark et al., 2001; Barron, 2009; Fewkes, 2012).

Türkiye is a water scarce country (Atalık, 2006). Without effective steps, it will become a water-poor country (URL 1; URL 2; URL 3; Uyduranoglu Öktem & Aksoy, 2014). Some districts of Uşak province have limited water resources due to their climatological, geological, geomorphological, and hydrographic characteristics. Especially Karahallı and its surroundings are among the regions with limited water resources. Earthen water pans, wells, and cisterns were built to eliminate this unfavourable situation. Water has been the most important problem of the field in the past as it is today. In 1850, the people of Karahallı had twelve wells drilled in a place called Hisaraltı to solve the drinking water problem, but they were unsuccessful in conveying the water to the village (Çakmak, 2014).

METHOD

This study discusses the open cisterns called avgan and bülke by the local people, which are one of the traditional water harvesting methods where rainwater is collected in Karahallı district. It was tried to draw attention to the avgan and bülke, which are one of the oldest and most common methods known in water supply, in which rainwater is collected, which have lost their importance and functional features and are under the danger of extinction, and to bring suggestions for their protection.

A field study was carried out within the borders of Karahallı district and each cistern was observed on site and photographed. The water capacity of the cisterns was calculated based on the measurements of the structures in the field. L22b1, L22b3, L23a1, L23a3, and L23a4 map sheets were digitized using ArcGIS 10.5 software, and the cistern coordinates data taken with handheld GPS in the field were processed on the map and a distribution map was produced. A geological map of Karahallı district was created.

LOCATION OF THE RESEARCH AREA

Karahallı district is located in the southeast of Uşak province. Uşak centre is located in the north, Sivasslı in the northeast and Ulubey in the west. Karahallı district, which has an administrative border with Denizli province, is neighbouring Bekilli district in the south and Çivril district in the southeast. The total area of the district is 337 km². There are 13 villages within the borders of the district.

FINDINGS

Karahallı district is located in the semi-arid climate zone. According to the long-term data of Uşak and Eşme meteorological stations, annual average temperatures vary between 13-14°C. It shows 'Continental Transition Type' regime characteristics in terms of thermal regime (Koçman, 1993). Total annual rainfall ranges between 490-560 mm. The maximum precipitation occurs in winter and spring. The least precipitation falls in August. The distribution of precipitation amounts according to seasons is not regular. The largest share of the annual precipitation amount belongs to the winter season (Uşak 37%, Eşme 35%) and the least to the summer season (Uşak 10%, Eşme 17%). It receives abundant precipitation in winter when the traveling cyclones arising from the Mediterranean front over the Mediterranean Sea enter the area of influence (Günel, 1995).

Palaeozoic-mesozoic, upper Miocene, Pliocene, and Quaternary formations surface in Karahallı district (Çakmakoğlu & Göktaş, 2022; Konak et al., 1986; Ercan et al., 1978; Tuncay & Bozkurt, 2022). Hydrogeologically, marbles, limnic limestones, sediments of river origin, and alluvium are the most important aquifers (Unsal & Yazıcıgil, 2014).

The research area is located within the Büyük Menderes River Hydrographic Basin. The waters of the area are drained by Banaz Stream and its tributary Burgaz Stream's Sarnıç Stream. Banaz Stream and Burgaz Stream have permanent flow. The flows in the tributaries joining these streams within the borders of Karahallı district are periodic. Short-term flow is seen in winter and spring. Karahallı district is poor in terms of water resources. Today, the water needs of the settlements in Karahallı District are met by water wells and springs.

In the past years, in Karahallı district, drinking and utility water in settlements where there was no groundwater and spring water was met from cisterns where rainwater called avgan and bülke was accumulated until the 1960s and 1970s. In the region, open cisterns with round plans are called avgan and cisterns with rectangular or square plans are called bülke (mülke). These cisterns are below the topographic level. They were built with a drywall system without mortar (Acar, 2018). The diameters of the avgans with cylindrical bodies vary between 1.5-8 m in diameter and 1-6 m in depth. The depths of the bülkes are a maximum 5.2 m.

The total number of avgan and bülke within the borders of the district is 407. Of these, 375 are avgan and 28 are bülke. Paşalar village has the status of the village with the highest number of open cisterns (236). Paşalar village is followed by Karahallı,

Kaykılı and Dumanlı settlements. It was observed that 155 of the 155 avgan and bülkes in the district have water in them and 248 of them are dry. The capacity of the avgan varies between 3-251 m³. The total water potential of the avgan and bülkes in the district is more than 14500 m³. This volume does not include the bülkes and avgans whose dimensions could not be measured due to their destruction.

Avgan and bülke are generally known by the name of the person or family who built them. For example, Ali's Avgan, Kamer's Avgan, Avgan of Mollaahmets. Cisterns are found individually or in groups. Cisterns are concentrated near settlements, on agricultural land roads, and along village roads, and were mostly built for drinking and domestic water needs. These rainwater harvesting structures of unknown construction date were geomorphologically formed in the valley floor of seasonal streams or in the lower slope section of hills in schists and alluvial-colluvial lithological units.

DISCUSSION

Cisterns are open or closed ponds built to collect rain and snow water from the soil surface (Önge, 1997). Hari et al. (2018) point out that although rainwater harvesting is a good alternative to cope with water scarcity, it reduces groundwater levels. The cisterns in Karahallı district are organised in such a way that they leak water. Cisterns in the district differ from cisterns elsewhere in Türkiye. While cisterns in the river valleys of the Mediterranean and Southeastern Anatolia collect water from seasonal streams, most of them, as in the case of Ali's Avgan (Paşalar village), are located on the slope and are open. In Anatolia, cisterns are mostly scattered. The cisterns in Karahallı district are concentrated in a certain area as in the examples in the villages of Paşalar, Kaykılı, Beki, and within the borders of Karahallı center.

Open cisterns in the district serve not only as water harvesting but also as a method of flood control. They contribute to reducing the risk of flooding and floods by diverting, reducing and slowing down excessive water flow away from natural waterways. It also contributes to the prevention of soil erosion as it reduces surface runoff. This increases soil stability and protects vegetation and the integrity of ecosystems (Das et al., 2024; Qadirvd., 2007; Karamage, 2017).

In addition to rainfall characteristics, variables such as land slope, lithological characteristics of the catchment area and vegetation cover affect rainwater harvesting efficiency (Qadir et al., 2007; Rockström, 2000; Velasco-Muñoz et al., 2017). The water harvesting system is not recommended on slopes with a slope value exceeding 5% due to uneven distribution of runoff, soil erosion, and high cost of construction (Anschuetz et al., 2003). In Karahallı district, the traditional water harvesting methods of avgan and bülkes were generally constructed on low slopes and flat areas, but they were also constructed in areas with a slope of about 12%, such as the grouped avgans in the southeast of Buğdaylı neighbourhood.

It is suggested that these water harvesting structures are found especially in areas where garden cultivation is common (Kaya, 2007; Acar, 2018). The open cisterns within the administrative borders of the district are concentrated near the settlements, on the roads of agricultural land and on the sides of village roads and they are mostly constructed for drinking and domestic water needs.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Avgan and bülke are one of the symbols of the struggle of Karahallı district people against thirst in the past. They are among the methods that can be applied to meet some of the increasing water demands in the district today and to solve the water scarcity problem, which we think will become more serious in time. It is also possible to use these cisterns for flood control.

Since the waters in avgan and the bülke are not exposed to any chemical contamination, they are clean, salt-free and low in hardness, they are ideal water harvesting systems for emergency water supply, especially in agricultural irrigation, during dry seasons. By storing rainwater, this system has reduced the dependence on underground and surface water resources and is one of the methods that can be applied to get rid of the water stress that has made itself felt in recent years.

All of the cisterns in the district should be taken under protection and local people should be encouraged to protect the cisterns. As a result of the interventions made in the superficial feeding area, the avgan and bülke have become dehydrated. The most important problems related to the cisterns can be listed as mossing, survival of various organisms, mosquito breeding, sediment transport, lack of regular cleaning and maintenance due to reasons such as the need for labor and cost for maintenance and construction.

Avgan and bülke cannot be clearly distinguished in the terrain because they are built below the topographic level. Since there is a danger of people, wild and domestic animals falling into them, they should be surrounded by railings or wire fences and warning signs should be placed next to them.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada kullanılan haritaların hazırlanmasındaki değerli katkılarından dolayı Erhan Aslaner'e teşekkür ederim.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Acar, T. (2018). Beki ve Paşalar Köyü özelinde Uşak Sarnıçları. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies* 65: 369-380. <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS7405>
- Aladenola, O.O., & Adeboye, O.B. (2010). Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resource Management*. 24 (10): 2129-2137. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9542-y>
- Anschuetz, J., Kome, A., Nederlof, M., de Neef, R., & van de Ven, T. (2003). *Water harvesting and soil moisture retention*. Agrodok 13, Wageningen: Agromisa Foundation.
- Atalık, A. (2006). Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. *Bilim ve Ütopya*, 139, 18-21.
- Barron, J. (2009). *Background: The water component of ecosystem services and in human well-being development target*. In J. Barron (Ed.), *Rainwater harvesting: A lifeline for human well-being*, United Nations Environment Programme, (Chapter 2), 4-13, Nairobi, Kenya.
- Beckers, B., Berking, J., & Schütt, B. (2013). Ancient water harvesting methods in the drylands of the Mediterranean and Western Asia. *eTopoi Journal of Ancient Studies*, 2, 145-164.
- Boers, T. M., & Ben-Asher, J. (1982). A review of rain-water harvesting. *Agricultural Water Management*, 5, 145-158. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-3774\(82\)90003-8](http://dx.doi.org/10.1016/0378-3774(82)90003-8)
- Çakmak, B. (2014). Osmanlı taşrasında yönetilme kaygıları: Karahallı Mülki Nahiyesi'nin kuruluşu. *Cumhuriyet Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 10(19), 3-25.
- Çakmakoğlu, A., & Göktaş, F. (2022). 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Uşak-L23 Paftası, no: 281, MTA Jeolojik Etütler Dairesi, Ankara.
- Çolak, M. (2021). *Mazideki Karahallı*. Karahallılar Kültür Yayını.
- Das, M., Behera, S., Rath, A., Mishra, D.P., & Mishra, D.B.K. (2024). Rainwater harvesting for water conservation for utilisation of water for various purposes, *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 18 (4) 09-12.
- DSİ (1993). Uşak, Banaz, Ulubey, Sivaslı ve Karahallı Ovaları hidrojeolojik etüt raporu. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü II. Bölge*, İzmir.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A., & Günay, E. (1978). Uşak yöresindeki neojen havzalarının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 97-106.
- Falkenmark, M., Fox, P., Persson, G., & Rockström, J. (2001). *Water harvesting for upgrading of rainfed agriculture: Problem analysis and research needs*. Stockholm International Water Institute (SIWI), Stockholm.
- Fewkes, A. (2012). A review of rainwater harvesting in the UK. *Structural Survey*, 30(2), 174-194. <https://doi.org/10.1108/026.308.01211228761>
- Göl, C., Ediş, S., & Yılmaz, H. (2011). Water harvesting in rural micro-watersheds. *Research people and actual tasks on multidisciplinary sciences, Third International Conference, Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work*, 3, 10-15.
- Günel, N. (1995). *Gediz Havzasının iklimi*. *Türk Coğrafya Dergisi*, 30, 67-96.
- Hamid, T.A., & Nordin, B. (2011). Green campus initiative: Introducing RWH system in Kolej Perindu 3 UiTM Malaysia, *3 rd International Symposium and Exhibition in Sustainable Energy Environment (ISESEE)*, Melaka. <https://doi.org/10.1109/ISESEE.2011.597.7121>
- Hari, D., Reddy, K.R., Vikas, K., Srinivas, N., & Vikas, G. (2018). Assessment of rainwater harvesting potential using GIS. *Proceedings of the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, India, 330(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/330/1/012119>

- Karamage, F., Zhang, C., Fang, X., Liu, T., Ndayisaba, F., Nahayo, L., Kayiranga, A., & Nsengiyumva, J. B. (2017). Modeling rainfall-runoff response to land use and land cover change in Rwanda (1990–2016). *Water*, 9 (2), 1-24. <https://doi.org/10.3390/w9020147>
- Kaya, A. (2007). *Karahallı (Uşak) İlçesi'nin coğrafi etüdü*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon).
- Koçman, A. (1993). *Türkiye iklimi*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Konak, N., Akdeniz, N., & Çakır, H. (1986). Çal-Çivril-Karahallı dolayının Jeolojisi. *MTA Jeolojik Etüt Dairesi*, Rap. No.8945.
- Mays, L. W. (2014). Use of cisterns during antiquity in the Mediterranean region for water resources sustainability. *Water Science and Technology: Water Supply*, 14(1), 38-47. <https://doi.org/10.2166/ws.2013.171>
- Mays, L., Antoniou, G.P., & Angelakis, A.N. (2013). History of water cisterns: legacies and lessons. *Water*, 5(4), 1916-1940. <https://doi.org/10.3390/w5041916>
- Mengü, G. P., & Akkuzu, E. (2008). Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 75-85.
- Oweis, T., Prinze, D., & Hachum, A. (2012). *Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas*. CRC press/Balkema.
- Önge, Y. (1997). *Türk mimarisinde Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde su yapıları*. Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Prinz, D. (1996). Water harvesting: Past and future. *Pereira, L.S., (Ed.), Sustainability of Irrigated Agriculture. Proceedings, NATO Advanced Research Workshop*, Vimeiro, (ss. 135-144), Balkema, Rotterdam.
- Qadir, M., Sharma, B.R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R., & Karajeh, F. (2007). Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural Water Management*, 87, 2–22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.018>
- Reij, C., Maulder, P., & Begemann, L. (1988). *Water harvesting for plant production*. World Bank Technical Paper.
- Rockström, J. (2000). Water resources management in smallholder farms in Eastern and Southern Africa: An overview. *Physics and Chemistry of the Earth. Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25 (3), 275–283. [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00015-0](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00015-0)
- Seyitoğlu, G., Alçiçek, M. C., Işık, V., Alçiçek, H., Varol, B. & Esat, K. (2007). Kemiklitepe fosil lokalitesinin (Uşak-Eşme) stratigrafik konumunun yeniden değerlendirilmesi ve bunun Batı Anadolu'daki neojen havzaların tektono-sedimanter gelişimi üzerine etkileri. *60. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara.
- Tuncay, E., & Bozkurt, A. (2022). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Uşak-L22 Paftası*. No: 280, MTA Jeolojik Etütler Dairesi, Ankara.
- Unsal, B. (2008). *Modeling and development of a groundwater management plan for Ulubey Aquifer System, Uşak-Turkey*. (MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara).
- Unsal, B., & Yazıcıgil, H. (2014). Investigation of sustainable development potential for Ulubey Aquifer System, Turkey, *Evolving Water Resources Systems: Understanding, Predicting and Managing Water-Society Interactions Proceedings of ICWRS2014*, (ss. 513-518).
- URL 1 (2024). 29.08.2024 tarihinde https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/BGT/Su_Hasadi.pdf. adresinden edinilmiştir.
- URL 2 (2024). 29.08.2024 tarihinde <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>. adresinden edinilmiştir.
- URL 3 (2024). 29.08.2024 tarihinde http://kmo.org.tr/resimler/ekler/f7588ab034502e1_ek.pdf adresinden edinilmiştir.
- Uyduranoğlu Öktem, A., & Aksoy, A. (2014). Türkiye'nin su riskleri raporu. 31.08.2024 tarihinde http://awsassets.wwfr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri_raporu_web.pdf. adresinden edinilmiştir.
- Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Batlles-delaFuente, A., & Fidelibus, M. D. (2019). Rainwater harvesting for agricultural irrigation: an analysis of global research, *Water*, 11 (7), 13-20. <https://doi.org/10.3390/w11071320>
- Worm, J., & Hattum, van T. (2006). *Rainwater harvesting for domestic use*. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen, Netherlands
- Yetik, A. K., & Şen, B. (2020). Importance and techniques of water harvesting systems. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 8(1), 46-53. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.46-53.3952>