

Araştırma Makalesi

## Üniversite Yerleşkelerinde Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Uygulamalarının Belirlenmesi

Nilda Günaydın<sup>1\*</sup> 

Tülay Cengiz Taşlı<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu yazar: gunaydinilda@gmail.com

Geliş Tarihi: 23.02.2023

Kabul Tarihi: 24.07.2023

### Öz

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi, yağış suyunun yeşil alanlara yönlendirilerek verimli bir şekilde yönetilmesini sağlayan sistemlerden oluşan ekolojik bir yaklaşımdır. Araştırma alanında yağmur suyunun sürdürülebilir yönetiminin sağlanması, çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi'nde yağmur suyu yönetimi açısından sorunlu alanların belirlenip, uygulama önerilerinin sunulmasıdır.

Araştırmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır: İlk aşamada, literatür araştırması ve alan incelemesi yapılmıştır. İkinci aşamada, çalışma alanı ile ilgili veriler toplanmıştır. Bu verilerden faydalanarak alanın eğim, topoğrafya, yükseklik, baki, jeoloji, toprak, su erozyonu, bitki örtüsü, yüzeysel akış ve zemin özellikleri analiz edilmiştir. Yerleşkenin geçirimli ve geçirimsiz yüzeyleri belirlenerek, yağış suyunun yeraltına sızma durumu incelenmiştir. Ayrıca doğal akış hatları ile ulaşım ağında oluşan akış hatlarının analizi sonucunda yerleşkenin yüzeysel akış haritası oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada ise sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları için uygun alanlar belirlenmiş ve önerilen uygulamalar görselleştirilmiştir. Araştırma sonucunda alanda genel olarak bitkilendirilmiş hendek, yağmur suyu bitki şeridi, ağaç çukurları, yağmur bahçesi/biyotutma alanı, yeşil oluk, gabion duvarlar, yağmur tankı ve yağmur borusu bitki kutusu uygulamaları önerilmiştir. Ayrıca yağmur suyu verimi hesabı kullanılarak, çatı yüzeylerinden toplam 33745 m<sup>3</sup> yağmur suyu toplanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi, Yüzeysel Akış, Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeyler, Terzioğlu Yerleşkesi

### Determination of Sustainable Stormwater Management Practices in University Campuses Abstract

Sustainable stormwater management is an ecological approach consisting of systems that ensure efficient management of stormwater by directing it to the green areas. Sustainable management of stormwater in the research area is the subject of the study. The aim of the study is to determine the problematic areas and to suggest practices in terms of stormwater management in Çanakkale Onsekiz Mart University Terzioğlu Campus. The method of this research consists of three stages. In the first stage, literature research and field investigation were carried out. In the second stage, data related to the study area were collected. Using these data, slope, topography, elevation, aspect, geology, soil, water erosion, vegetation, runoff and ground characteristics of the area were analyzed. The permeable and impermeable surfaces of the campus were determined and the penetration of precipitation water into the ground was investigated. In addition, the surface flow map of the campus was created as a result of the analysis of the natural flow lines and the flow lines formed in the transportation network. In the third stage, suitable areas for sustainable stormwater management practices were determined and suggested practices were visualized. As a result of this research, bioswale, stormwater planter, tree pits, rain garden/bioretention area, green gutter, gabion walls, rain barrel and downspout planter applications were suggested in the area. In addition, using the stormwater yield calculation, it was concluded that a total of 33745 m<sup>3</sup> of stormwater could be collected from the roof surfaces.

**Keywords:** Sustainable Stormwater Management, Surface Flow, Permeable and Impermeable Surfaces, Terzioğlu Campus

## Giriş

Geçmiş zamanlarda yağış suları, yaşam alanlarından uzaklaştırılması gereken bir atık olarak görülmekteydi. Fakat günümüzde suyun önemi hakkında farkındalığın artmasıyla, yağış suları korunması gereken değerli bir kaynak olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu farkındalık doğrultusunda, kentlerde yağış sularının sürdürülebilirliğinin sağlanması için çeşitli yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Yaklaşımlar temelde aynı soruna yönelik çözümler üretse de farklı isimlerle ifade edilmektedir. Dereli (2020), araştırmasında bu yaklaşımları ortaya çıkış tarihlerine göre En İyi Yönetim Uygulamaları, Düşük Etkili Gelişme, Entegre Kentsel Su Yönetimi, Yeşil Altyapı, Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri, Su Duyarlı Kentsel Tasarım, Düşük Etkili Kentsel Gelişme ve Tasarım ve Sünger Şehirler olarak sıralamıştır. Bu araştırma kapsamında bahsedilen tüm bu yaklaşımlar sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi (SYSY) başlığı altında incelenmiştir.

İklim koşullarında meydana gelen değişimler sıcaklık değişimleri ile birlikte yağış şeklini ve miktarını da etkilemektedir (Yiğit Avdan ve ark., 2015). Yağışlar sonucu oluşan yüzeysel akışın doğrudan alıcı sulara ulaşması sel ve taşkın olaylarının artmasına neden olmaktadır. Akış sırasında kirlenmeye maruz kalan suyun alıcı ortamlara ulaşması sonucunda içme suları da kirlenmektedir (Demir, 2012). Sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin bir parçası olan yeşil altyapı sistemleri ile alakalı olarak Coşkun Hepcan (2019), yeşil altyapı çözümlerinin hava kalitesini iyileştirme, iklim düzenleme, toprak kalitesini iyileştirme, tozlaşma-polenizasyon, taşkın ve sel önleme gibi ekosistem hizmetleri sağladığını belirtmiştir. Ayrıca kentleri, iklim değişikliği nedeniyle kaynaklanan ani hava olaylarına karşı dayanıklı hale getirmenin ve bu olayların olumsuz etkilerini azaltmanın, ekosistemlerin sağladığı yararlar ile mümkün olacağını ifade etmiştir. Etkili yağmur suyu yönetimi, yerel topluluklara çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağlar. Yağmur suyu yönetimi iyi yapıldığında dereler, nehirler ve göller daha temiz olur, sel riskleri azalır, sel hasarından kaynaklanan maliyetler azalır ve toplum yaşam kalitesi yükselir (University of Nebraska Lincoln, 2014). Kent ve doğa dokusunu bir araya getiren sistemler ile yağmur suyu tutularak iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilmektedir (Pala ve ark., 2021).

Yağmur suyu yönetimi odaklı planlamalarda, alanın mevcut fiziksel özellikleri, drenaj ağları, yer altı su kaynakları, toprak, kayaç ve yüzeylerin geçirimsizlik özelliklerinin ele alınması gerekmektedir. Peyzaj mimarlığı ile diğer meslek disiplinlerinin iş birliği sonucunda sürdürülebilir yaşam alanlarına ulaşabilmek mümkün olmaktadır (Shakouri, 2016). Su duyarlı kentsel uygulamalarda planlama, tasarım ve yönetim çalışmalarının doğa ölçeğinde yapılması gerekmektedir. Önerilen çözümlerin ilk kurulum maliyeti fazla olsa da uzun vadede kazanımlar elde edilebilmektedir (Pala ve ark., 2021).

Yağış özellikleri, toprak geçirgenliği, eğim, güneş ve gölge alma durumu, yüzeylerin geçirimsizliği, yeraltı suyu seviyesi, bitki örtüsü, erozyon riski, uygulamaların bakımı, uygulama yapılacak alanın boyutu gibi özellikler SYSY uygulamalarının verimliliğini etkilemektedir. Bu durum yağmur bahçeleri ve biyolojik/bitkilendirilmiş hendekler üzerinden örneklendirilecek olursa; yağmur bahçesi bir göllenme ortamı oluşturduğundan alandaki toprağın geçirgenlik oranının emilim hızı açısından fazla olması gerekmektedir (ÇŞB, 2018). Yağmur bahçelerinde yağışlı günlerde su birikeceğinden suyu seven ve aynı zamanda kuru olduğu dönemlerde de toprak kuruluşuna dayanıklı bitki türleri seçilmelidir. Yağmur bahçesi için en uygun eğim %10 civarlarındadır ve en fazla %12 eğime kadar uygulanabilmektedir (Doğangönül ve Doğangönül, 2009). Biyolojik/bitkilendirilmiş hendeklerde ise, hendeğin boyuna eğimi en fazla %1-2 arasında olmalıdır. %2-10'luk boyuna eğim söz konusu olduğunda ise eğimi azaltmak için teraslama yapılmalı ve erozyonu önlemek için ise her basamak veya setin altına kaldırım taşı büyüklüğünde taşlar ile sıçrama yastığı oluşturulmalıdır. Bakım gereksinimleri, bitki örtüsünün mevsimsel olarak budanmasını ve kirliliğe neden olabilecek enkaz ve çöplerin kaldırılmasını içerir. Zamanla biriken çöpler ve kurumuş bitkiler temizlenmelidir (City of Victoria, 2015). Hendek toplam yüzey alanı, yağmur suyunu aldığı alanın yüzde biri olmalıdır. Yeraltı suyunun hendek dibine ulaştığı yüksek su tablası olan alanlara bitkili hendek kurulmamalıdır (Clark ve Acomb, 2008).

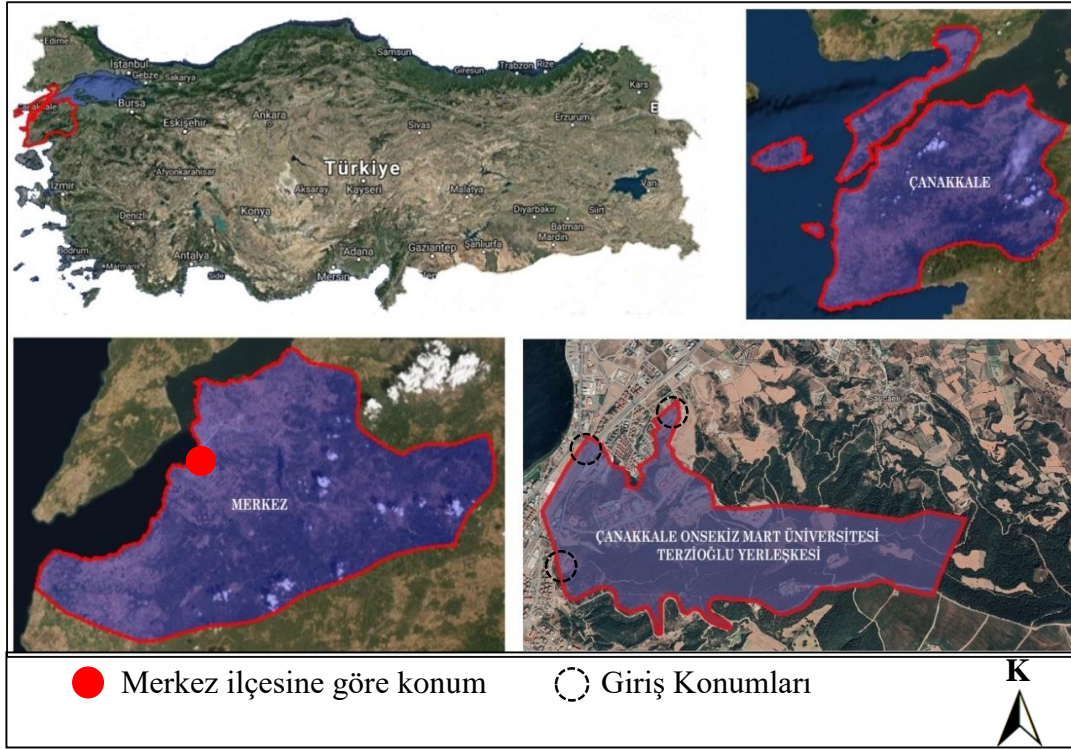
Her uygulamanın kendine özgü kaldırabileceği su kapasitesi bulunmaktadır. Bu nedenle yağış yoğunluğu, yağış süresi ve yağış hacmi de uygulamaların verimliliğini etkilemektedir. Axelsdóttir (2022) yapmış olduğu çalışmada, biyolojik tutma alanları, yağmur bahçesi, geçirgen kaplamalar, sızdırma hendekleri ve yeşil çatı uygulamalarının verimliliğini 3 farklı yağmur olayı (50 mm/sa, 100mm/sa ve 150 mm/sa) ile karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda; yeşil çatılar yüzeysel akışı azaltmada en iyi performansı gösterirken, biyolojik tutma alanlarının tüm yağış olaylarında açık ara en yüksek verime sahip olduğunu ortaya koymuştur. Joshi ve ark. (2021) ise yapmış olduğu çalışmada, birleşik kanalizasyon sistemlerinde meydana gelebilecek taşmaları azaltmada hangi uygulamaların daha verimli olabileceğini araştırmıştır. Biyolojik tutma alanlarının önemli ölçüde azalma sağladığını, geçirgen kaplamalar, yağmur tankı ve yeşil çatı uygulamalarının ise yüksek yoğunluklu yağış olaylarında sınırlı azalma gösterdiğini tespit etmiştir.

SYSY uygulamaları koruma, taşıma, depolama, sızdırma, filtreleme ve geciktirme işlevlerinden birine ya da daha fazlasına sahip olabilir (University of Arkansas Design Center, 2010; Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016; Biswas ve ark., 2020). Bu nedenle alanda yağmur suyu yönetimi açısından hangi işlevin sağlanması gerektiği de belirlenmelidir. Örneğin alanda yağmur suyunun taşınması isteniyorsa biyolojik/bitkilendirilmiş hendek ve yeşil oluklar uygun tercihler olacaktır. Böylece daha verimli bir sonuç elde edilecektir. Yukarıda bahsedilen verimliliği etkileyen özellikler dikkate alındığı takdirde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarından verimli sonuçlar elde edilebilmektedir.

Üniversite yerleşkeleri, kentsel donatılara sahip olması, sosyo-kültürel ortam ve kullanıcı çeşitliliği sebebiyle küçük bir kent modeli sunmaktadır (Özdemir, 2019). Aynı zamanda üniversite yerleşkeleri kentsel açık alanlar içinde önemli bir yeşil alan varlığı oluşturmaktadır. Bu nedenle Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Terzioğlu Yerleşkesi, kentler için örnek teşkil edebilmesi ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin bütüncül bir yaklaşımla planlanması amacıyla araştırma alanı olarak belirlenmiştir. Ayrıca alanın eğimli olması nedeniyle yüzeysel akış hızının sorun teşkil edebileceği düşünüldüğünden ve daha önce SYSY kapsamında yerleşkede çalışma yapılmamış olması da alanın seçilmesinde etkili olmuştur. Araştırmanın konusu olan SYSY uygulamalarının seçilmesi ve uygulanması açısından araştırma alanı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu kapsamda ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi'nde doğal peyzaj özellikleri, yüzeysel akışın zemine sızma durumu ve yağışlar sırasında oluşan yüzeysel akış hatları belirlenerek alan konu kapsamında incelenmiştir. Böylelikle yerleşkede yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla uygun alanlar belirlenmiştir.

### **Materyal ve Yöntem**

Bu çalışmanın ana materyalini, ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi oluşturmaktadır. Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale ilinin Merkez ilçesinde bulunmakta olup 3 km<sup>2</sup>'lik (300 ha) bir alan üzerine kurulmuştur (Şekil 1). Yerleşkeye 3 farklı kapıdan giriş yapılmaktadır. Google Earth Pro üzerinden yapılan ölçüm ile yerleşkenin şehir merkezine olan uzaklığı 4.1 km olarak ölçülmüştür.



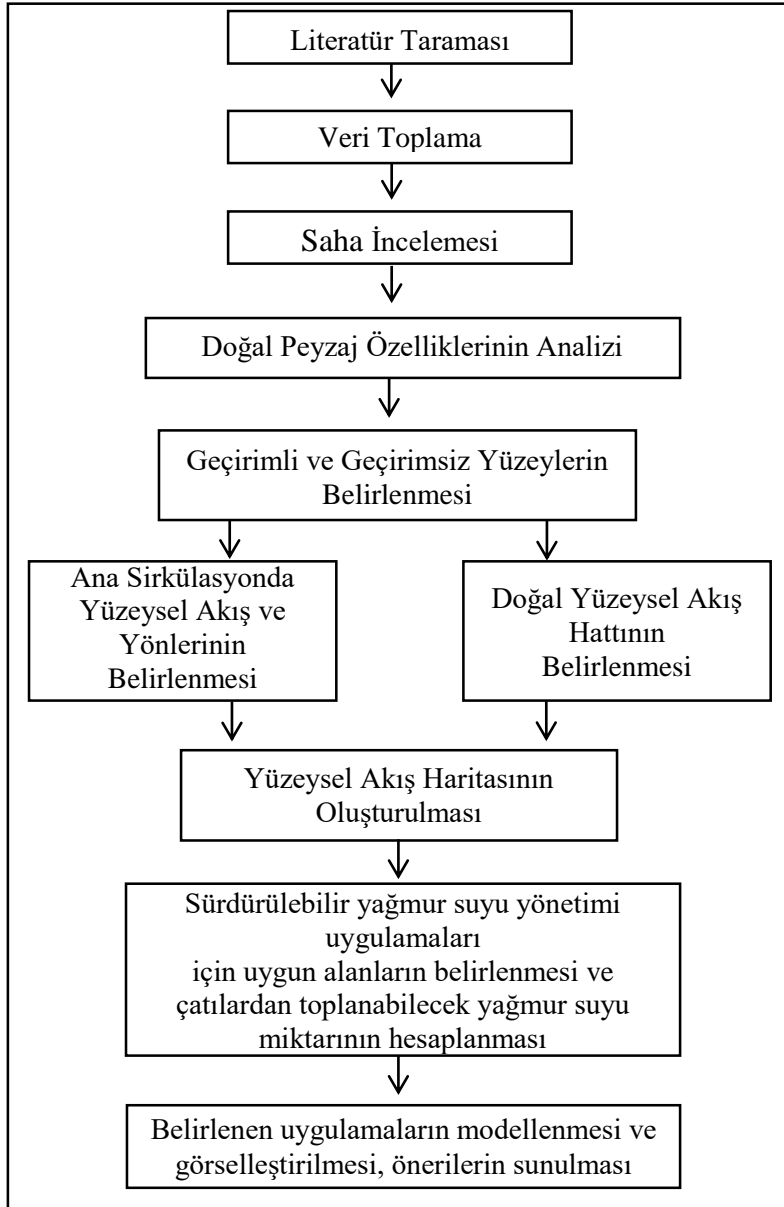
Şekil 1. Araştırma alanının konumu (Google Earth Pro, 2021)  
Figure 1. Location of the research area (Google Earth Pro, 2021)

Çalışma konusu ile ilgili yapılan literatür araştırmasından elde edilen tez ve makaleler, ÇOMÜ Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan alınan vaziyet planı ve eşyükselti haritası, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu'ndan alınan iklim verileri, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞB) Türkiye'nin Su Erozyonu Risk Haritası, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'ndan (ABDJAK) temin edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) (27x27 m yersel çözünürlüklü), Google Earth Pro programından temin edilen uydu görüntüleri ile araştırma alanını kapsayan planlar, projeler, haritalar, görsel ve yazılı veriler, saha incelemesi sırasında yapılan gözlemler, çekilen video ve fotoğraflar bu tez çalışmasında materyal olarak kullanılmıştır. ArcGIS 10.7 ve AutoCAD 2017 yazılımları elde edilen verilerin incelenmesinde ve veri üretilmesinde kullanılmıştır. Adobe Photoshop CC programı ile görselleştirmeler yapılmıştır.

Çalışmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve veriler toplanmıştır. Yağışlı bir günde saha incelemesi yapılarak fotoğraf ve videolar çekilmiştir. İkinci aşamada, elde edilen hazır veriler incelenerek, çalışma konusuna yönelik veriler üretilmiştir. Yerleşkenin doğal peyzaj özelliklerini analiz eden haritalar hazırlanmıştır. Yerleşkenin geçirimli ve geçirimsiz alanları tespit edilmiştir. AutoCAD ortamında yerleşkenin vaziyet planından yararlanılarak ana sirkülasyon üzerinde oluşan akış hattı belirlenmiştir. Noktasal kot değerleri ve saha incelemeleri dikkate alınarak, aynı zamanda akışın yönü de belirtilmiştir. ArcGIS 10.7 yazılımında ise ArcHydro Tools eklentisi kullanılarak yerleşkede sağanak yağış sırasında oluşan doğal akış hattı ortaya konulmuştur. Böylece bu iki akış hattı birleştirilerek, yerleşkenin yüzeysel akış haritası oluşturulmuştur. Ayrıca çatılardan toplanabilecek yağmur suyu miktarının hesaplanması için aşağıda formül açılımı (1) verilen yağmur suyu verimi hesabı kullanılmıştır. Üçüncü aşamada ise sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi (SYSY) uygulamaları için uygun alanlar belirlenmiş ve önerilen uygulamalar görselleştirilmiştir (Şekil 2).

Yağmur Suyu Verimi Hesabı (TEMA, 2017):

$$\text{Yağmur suyu verimi (m}^3\text{)} = \text{Yağmur toplama alanı (m}^2\text{)} \times \text{Yağış miktarı (m)} \times \text{çatı katsayısı (0.8)} \times \text{Filtre etkinlik katsayısı (0.9)} \quad (1)$$



Şekil 2. Yöntem akış şeması

Figure 2. Flow chart

### Bulgular ve Tartışma

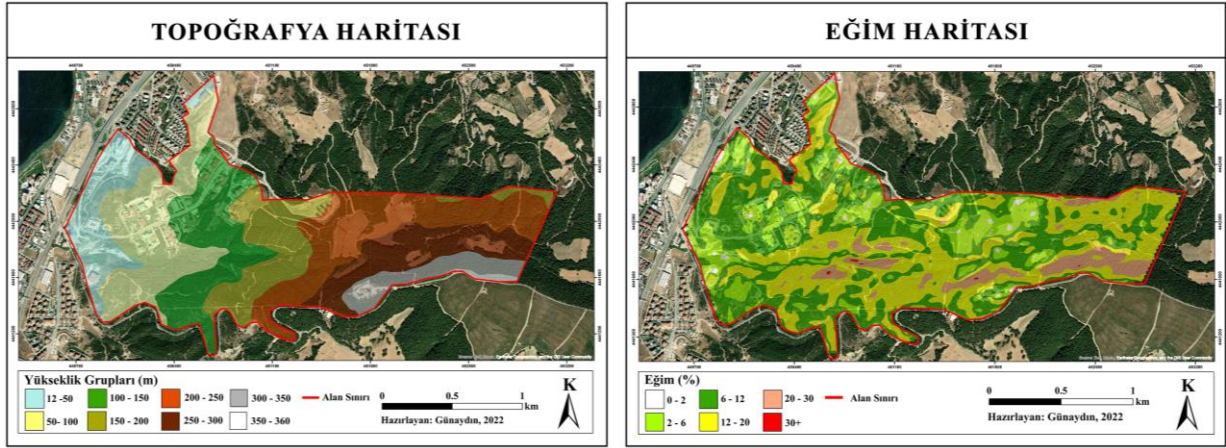
#### Doğal Peyzaj Özellikleri

#### İklim

Araştırma alanının bulunduğu Çanakkale ili Akdeniz ve Karadeniz iklim rejimi arasında geçiş göstermektedir (Çanakkale Belediyesi, 2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu'ndan alınan 2007-2021 yılları arasındaki yağış verilerine göre; Çanakkale'de ortalama yıllık yağış miktarı 641.88 mm'dir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 85.8 gün olup, yılın dörtte biri yağışlı geçmektedir. Yağışın mevsimsel dağılımına bakıldığında, en fazla yağış kış ve sonbahar mevsimlerinde görülmektedir.

#### Eğim

Terzioğlu Yerleşkesi eğimli bir araziye sahip olup, deniz seviyesine göre 12-360 m yükseklikleri arasında bulunmaktadır. Yerleşkenin eğim haritası incelendiğinde (Şekil 3); %6-12 ve %12-20 eğim grupları yerleşkede en fazla alana sahip eğim gruplarıdır.



Şekil 3. Terzioğlu Yerleşkesi topoğrafya ve eğim haritası  
Figure 3. Topography and slope maps of Terzioğlu Campus

### Jeoloji

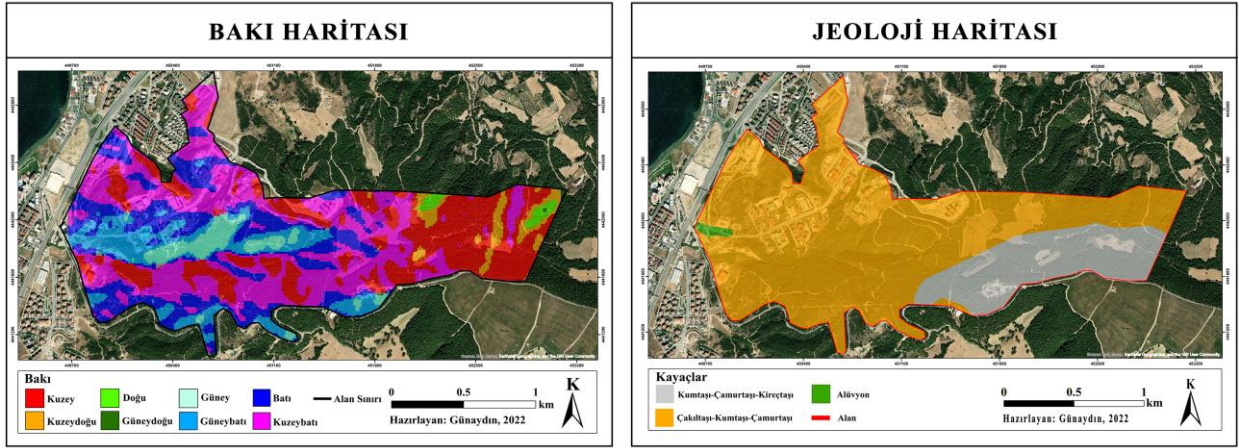
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün (MTA) (2022) yerbilimleri harita görüntüleyicisinden elde edilen bilgilere göre; Terzioğlu Yerleşkesi Üst Miyosen (Karasal Kırıntılılar) ve Kuvaterner (Ayrılmamış Kuvaterner) birimlerden oluşmaktadır. Şekil 4'te Kargın (2022) kaynağından yararlanılarak, oluşturulan jeoloji haritasında araştırma alanında bulunan kayaç yapılarının mekânsal dağılımı gösterilmiştir. Berberler Çetinkaya (2005) ve Yıldızoğlu'nun (2006) çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, yerleşkenin toprak altı zemininin genel olarak az geçirimli, dayanıksız ve erozyona meyilli bir özellik gösterdiği ve yağışlar sırasında suya doygun hale gelerek, akma riski oluşturduğu söylenebilmektedir.

### Bakı

Güneş ışığından yararlanma ve korunma alanlarının belirlenmesi, bitkilendirme çalışmaları ve yapısal elemanların yer seçiminin yapılması konularında bakı analizlerinden yararlanılmaktadır (Yılmaz, 2009). Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin tasarımında ve yer seçiminde gölge ve güneş koşulları incelenmeli ve bitki türleri ile malzeme seçimi üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır (Dickie ve ark., 2010). Bu nedenle, SYSY uygulamalarının yer seçiminde ve kullanılacak bitki türlerinin önerilmesinde doğru kararlar verebilmek amacıyla araştırma alanının bakı haritası oluşturulmuştur.

Bakı sıcaklığı etkilediğinden, SYSY uygulamalarında bakı faktörü, suyun topraktan daha hızlı tahliye olmasında ve bitki seçiminde önemli bir kriterdir. Geçici göllenme oluşturan SYSY uygulamalarında suyun 1-2 gün içinde tahliye olması gerekmektedir. Bunun için güneş gören sıcak konumların seçilmesi önemlidir. Çünkü gölge ve soğuk bölgelerde su alandan hızlı bir şekilde tahliye olamayabilir. Bu durum uygulamanın verimliliğini etkileyebilir ve kötü görüntü oluşumuna sebebiyet verebilir. SYSY uygulamalarında kendi kendini idame ettirebilen bitkilerin kullanılması gerektiğinden uygulamanın konumlandığı alana göre gölgeye, güneşe veya rüzgara dayanıklı bitkiler seçilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu kuzey yarı kürede kuzeye bakan yamaçlar daha soğuk ve daha az güneş alırken güneye bakan yamaçlar ise daha sıcaktır. Doğu bakarlar sabahları güneş görürken batı bakarlar ise akşam saatlerine doğru güneş alır. Bu bilgiler doğrultusunda SYSY için tüm bakarlar arasında kuzey bakarların en az uygun olduğu, güney bakarların ise en uygun yüzeyler olduğu düşünülmektedir.

Yerleşkede kuzey bakarlar 0.77 km<sup>2</sup> ve kuzeybatı bakarlar 1.01 km<sup>2</sup> alan kaplamak üzere diğer bakarlar göre hakim durumdadır. Batı bakarlar 0.59 km<sup>2</sup> ve güneybatı bakarlar 0.33 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Güney bakarlar 0.13 km<sup>2</sup>, kuzeydoğu bakarlar 0.1 km<sup>2</sup>, doğu bakarlar 0.03 km<sup>2</sup> ve güneydoğu bakarlar ise 0.001 km<sup>2</sup> olmak üzere alanda yer kaplamaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Terzioğlu Yerleşkesi bakı ve jeoloji haritası  
Figure 4. Aspect and geology maps of Terzioğlu Campus

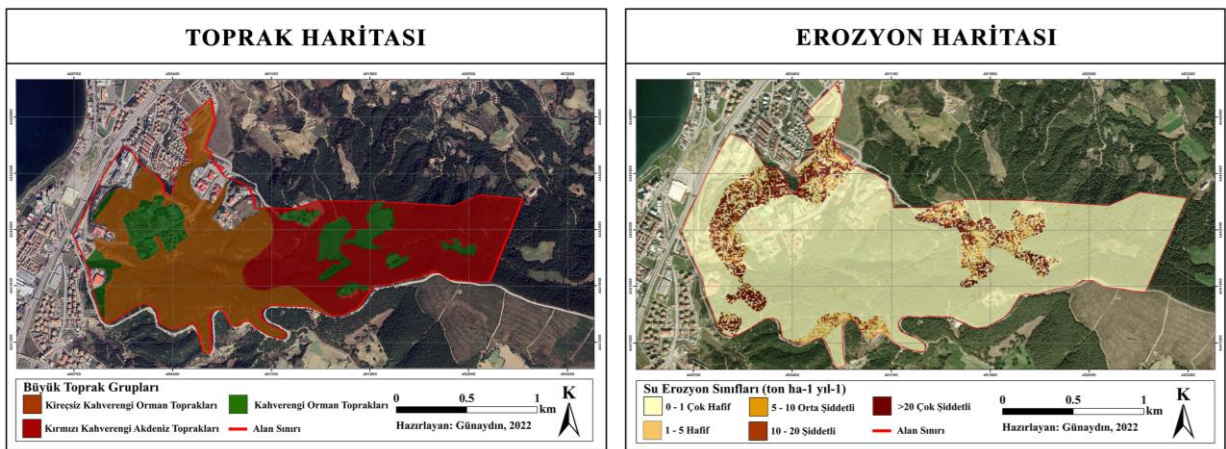
### Toprak

Türkiye'nin büyük toprak grubu haritasına (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Atlas Uygulaması, 2022) göre yerleşkede üç büyük toprak grubu bulunmaktadır. Bu toprak grupları zonal toprak grubuna ait kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızı kahverengi akdeniz orman topraklarıdır. Alanda en geniş yayılım gösteren toprak grubu kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır (Şekil 5). Kireçsiz kahverengi orman toprakların doğal verimliliği fazla olmayıp, iyi drenaja sahiptir. Kahverengi orman toprakları yüksek kireç içeriğine sahip olup, drenajı iyi ve humusça zengin verimli topraklardır. Kireçsiz özellikte olan kırmızı-kahverengi akdeniz toprakları ise orta verime sahiptir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2012).

İyi geçirgenliğe sahip topraklar yüzey akış suyunun sızmasına olanak sağlar. Eğer toprağın geçirgenliği düşükse ıslah edilebilir veya bir alt drenaj sistemi kullanılarak da sürdürülebilir uygulamalar uygulanabilir. Fakat bazı durumlarda etraftaki yapılara zarar vermemek için sızma önlenmelidir. Bu durumda tasarıma geçirimsiz astar ve alt drenaj sistemi dahil edilirse sızdırma işlevine sahip uygulamalar uzman onayı ile birlikte kullanılabilir (City and Country Denver Public Works, 2016).

### Erozyon

Türkiye'de yıllık meydana gelen toprak kaybını gösteren Türkiye'nin Su Erozyonu Risk Haritası'na (ÇŞB, 2020) göre yerleşke sınırları içerisinde meydana gelen su erozyonu şekil 5'te gösterilmiştir. Haritaya göre araştırma alanının büyük bir bölümü çok hafif şiddetli erozyon şartlarına sahiptir.



Şekil 5. Terzioğlu Yerleşkesi toprak ve su erozyonu haritası  
Figure 5. Soil and water erosion maps of Terzioğlu Campus

### Hidroloji

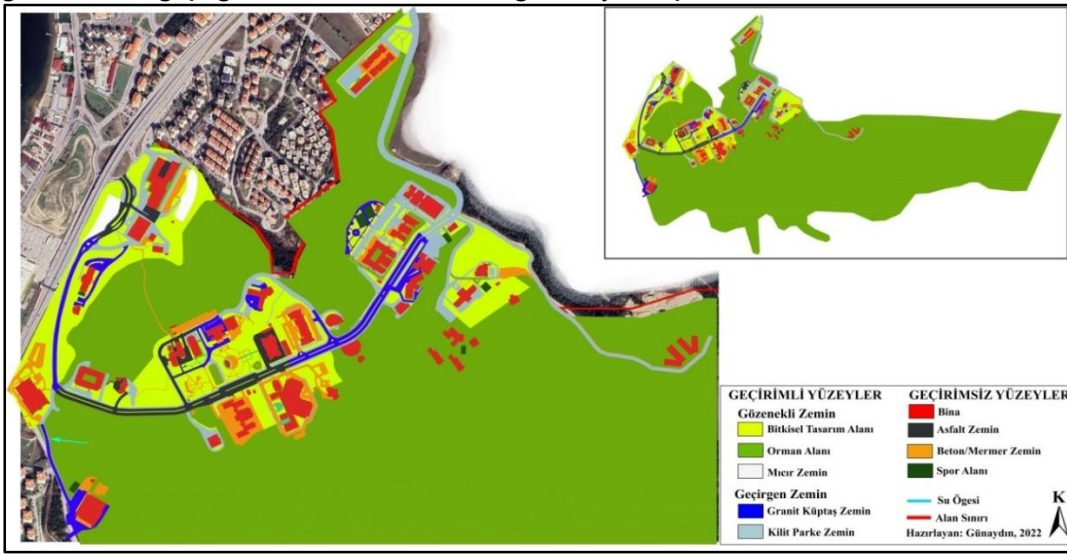
Hidroloji özelliklerine bakıldığında, yerleşkede Sarp Deresi dışında büyük bir su varlığı bulunmamaktadır. Sarp Deresi yerleşkenin güney bölgesinde bulunmakta olup, doğudan batıya doğru uzanmaktadır.

### Bitki Örtüsü

Yerleşkenin büyük bir kısmını ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Geri kalan alanlarda ise, yapılan peyzaj çalışmalarındaki bitkisel tasarımlar ile oluşan bitki örtüsü bulunmaktadır. Yerleşkede bulunan bitki türleri araştırmanın konusu ile alakalı olarak su isteklerine göre incelenmiştir. Yerleşkede bulunan bitki türleri genel olarak orta derecede su talebine sahiptir.

### Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeyle

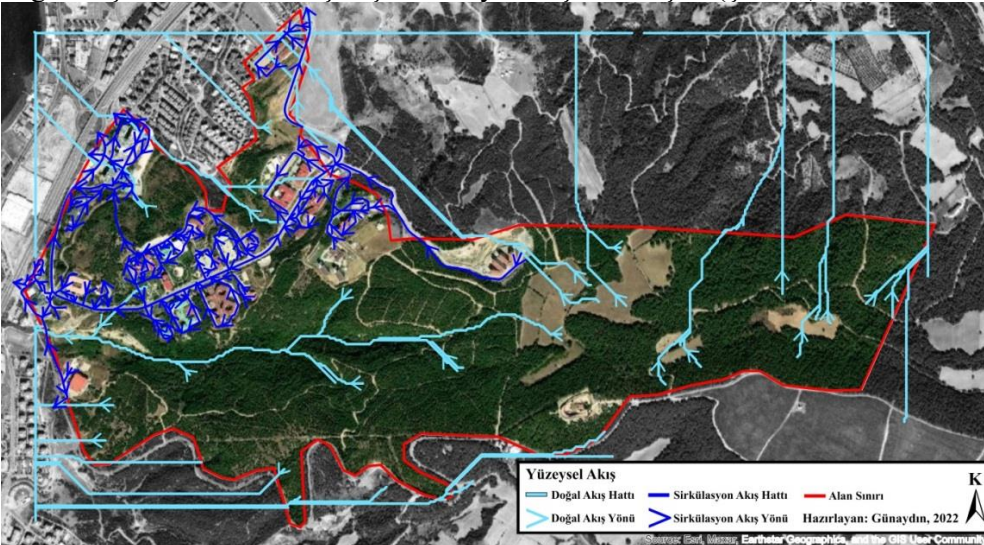
Vaziyet planı ve saha incelemesi ile araştırma alanının geçirimli ve geçirimsiz yüzeyleri belirlenmiştir (Şekil 6). Alanlar geçirimli ve geçirimsiz olarak gruplandırılıp, geçirimli alanlar gözenekli ve geçirgen zemin adı altında iki gruba ayrılmıştır.



Şekil 6. Terzioğlu Yerleşkesi geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler  
Figure 6. Permeable and impermeable surfaces of Terzioğlu Campus

### Yüzeysel Akış Haritası

Terzioğlu Yerleşkesi'nin yüzeysel akış haritası ana sirkülasyonda oluşan yüzeysel akış hattı ile doğal akış hattının üst üste çakıştırılmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi yüzeysel akış haritası  
Figure 7. Surface flow map of COMU Terzioğlu Campus



### Çatılardan Toplanabilecek Yağmur Suyu Miktarı

Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan binaların çatı yüzeylerinden toplanabilecek su miktarları yağmur suyu verimi hesabı ile hesaplanarak ortaya konulmuştur. Vaziyet planı üzerinden bütün binaların çatı alanları hesaplanmış ve formülde yer alan yağış miktarı için Çanakkale'nin 15 yıllık ortalama yağış miktarı olan 641.88 mm (0.64188 m) değeri kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda çatılardan 33745 m<sup>3</sup> yağmur suyunun toplanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

### Sonuç ve Öneriler

ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi SYSY kapsamında iklim, topoğrafya, jeoloji, toprak, su erozyonu, hidroloji, bitki örtüsü, geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler ve yüzeysel akış özellikleri bakımından incelenmiştir. İncelemelerden elde edilen sonuçlar çizelge 1'de sıralanmıştır.

Table 1. The characteristics and current situation of Terzioğlu Campus examined within the scope of sustainable stormwater management (SSM)

Çizelge 1. Terzioğlu Yerleşkesi'nin SYSY kapsamında incelenen özellikleri ve mevcut durumu

Özellik	Mevcut Durum
<b>İklim</b>	-Yılın ortalama 87.6 günü yağışlı, -Yıllık toplam yağış miktarı 641.9 mm, -Sıcaklığın son yıllarda arttığı görülmektedir.
<b>Topoğrafya</b>	-Genel olarak orta eğimlidir (%6-12 arası).
<b>Jeoloji</b>	-Az geçirimli, -Dayanaksız, -Erozyona meyilli, -Yağışlar sırasında suya doymuş hale gelmektedir.
<b>Toprak</b>	-Orta verimli, -Drenaj iyi, -Asitli, nötr ve alkali toprak reaksiyonuna sahiptir.
<b>Su Erozyonu</b>	-Genel olarak çok hafif şiddetli erozyon riski bulunmaktadır.
<b>Hidroloji</b>	-Sarp Deresi dışında büyük bir su varlığı bulunmamaktadır.
<b>Bitki Örtüsü</b>	-Orta derecede su isteğine sahip bitki türleri çoğunluktadır.
<b>Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeyler</b>	-Yaklaşık 17.7 ha alan geçirimsizdir.
<b>Yüzeysel Akış Hattı</b>	-Ulaşım ağının kesişim noktalarında göllenmeler mevcut, -Ağaçsız alanlardan doğal yüzeysel akış hattı geçmektedir.

Bulgular kısmında yapılan analizler SYSY kapsamında yorumlandığında, iklim özellikleri bakımından Çanakkale'de iklim değişikliğinin olumsuz etkileri görülmektedir. Bu durumda SYSY uygulamaları ile su döngüsünün sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanarak iklim değişikliğinin etkileri azaltılmalıdır.

Topoğrafik özelliklerine bakıldığında, arazinin eğimli olması sağanak yağışlar sırasında yüzey sularının hızlı bir şekilde akışa geçmesine sebep olmaktadır. Özellikle geçirimsiz zeminlerde bu hız artmaktadır. Hızlı ve yoğun yüzeysel akış sel ve taşkın riski oluşturabilmektedir. Bu nedenle geçirgen yüzey miktarı artırılmalı ve yüzeysel akışın verimli bir şekilde yönetilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca alanda batı ve kuzeybatı bakırlarının hakim olması nedeniyle geçici göllenme oluşturan SYSY uygulamaları için suyun en kısa sürede tahliye edilebileceği güneş gören bir konum seçilmesi gerekmektedir.

Araştırma alanının jeolojik özelliklerine göre toprak yüzeyinde göllenme tespit edilen bölgelere dikkat edilmelidir. Bu alanlarda yüzeysel akış, mevcut yeşil alanlara ya da öneri SYSY uygulamalarına yönlendirilerek akış hacmi azaltılmalıdır.

Toprak özelliklerine bakıldığında ise, toprakların drenajları iyi olup asitliğin, alkaliliğin ve tuzluluğun artmaması için drenaj iyi sağlanmalıdır. Bu nedenle SYSY uygulamalarına karar verilirken, toprakta hızlı emilim sağlanıyorsa toprak ıslah edilmeli, alt drenaj sistemine sahip olan uygulamalar tercih edilmeli ve tuza dayanıklı bitkiler kullanılmalıdır.

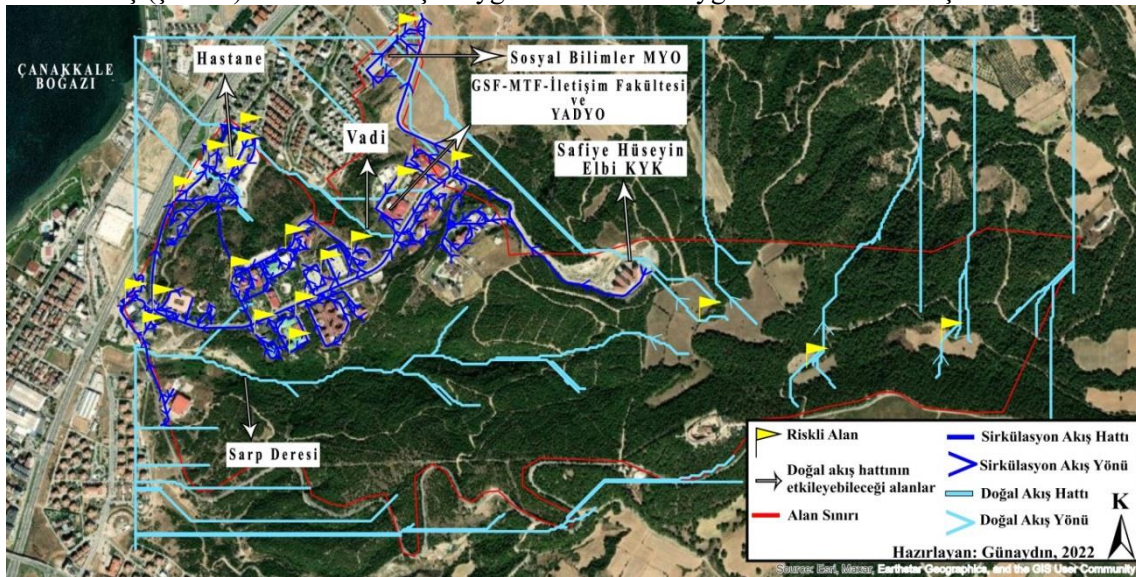
Su erozyonu haritası incelendiğinde, orman dışı açıklıklar ve bitki örtüsü az ya da yetersiz olan alanlar erozyonun oluşma riskini artırmaktadır. Bahsedilen bu riskli alanlarda SYSY uygulamaları önerilirken akıntıyı yavaşlatan uygulamalar tercih edilmeli ve sürdürülebilir sisteme ek olarak erozyon kontrol sistemleri uygulanmalıdır.

Yerleşkenin tek su varlığı olan Sarp deresinde yapılan ıslah çalışması sonucunda dere yatağı betonlaştırılarak doğal yapı bozulmuştur. Sel ve taşkın riskini önlemek adına bu tip beton sistemler yerine ekolojik çözümler tercih edilmelidir. SYSY uygulamaları ile dereye ulaşan yüzeysel akış azaltılmalı ve yavaşlatılmalıdır.

Bitki örtüsü özelliklerine bakıldığında toplam 131 bitki türünden 17 tür kuraklığa dayanıklıdır. 26 tür yüksek, 92 tür orta ve 42 tür ise az su isteklerine sahiptir. SYSY uygulamalarında genel olarak kendi kendini idame ettirebilen bitki türleri ve yerel türler tercih edilmelidir. Aynı zamanda uygulamanın çeşidine bağlı olarak hem kuraklığa hem de suya dayanıklı türler olmalıdır.

Terzioğlu Yerleşkesi'nde geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerin kapladıkları alanlar hesaplandığında geçirimsiz yüzeyler yaklaşık olarak 176841 m<sup>2</sup> (17.7 ha) alan kaplamaktadır. Yaklaşık 2823157 m<sup>2</sup> (282.3 ha) alanı ise geçirimli yüzeyler oluşturmaktadır. Yerleşke bölgesinin büyük çoğunluğu ormanlık alandan oluştuğu için geçirimsiz zeminler geçirimli zeminlere oranla daha azdır. Fakat alanın eğimli olması nedeniyle yüzeysel akışın hız ve kalitesine olan olumsuz etkileri göz ardı edilmemelidir.

Analizlerden elde edilen bulgular neticesinde alanda SYSY açısından sorunlu ve riskli alanlar belirlenmiş (şekil 8) ve bu alanlar için uygun olan SYSY uygulamaları önerilmiştir.



Şekil 8. Terzioğlu Yerleşkesi'nde SYSY kapsamında belirlenen sorunlu ve riskli alanlar

Figure 8. Problematic and risky areas determined within the scope of SSM in Terzioğlu Campus

Sarı bayrak ile belirlenen alanlar ulaşım ağında yağış sularının yoğunluk oluşturabileceği ve orman dışı açıklıklarda ise yüzeysel akışın erozyona neden olabileceği riskli noktalar. Bununla birlikte haritada doğal akış hattının olumsuz etkileyebileceği bölgeler de gösterilmiştir. Sağanak bir yağışın olumsuz etkileyebileceği bu alanlarda yağmur suyunu uzaklaştırabilecek uygulamalar tercih edilerek akışın yoğunluğu ve hızı azaltılmalıdır.

Elde edilen haritalar ve yapılan gözlemler ile her üniversite birimi ayrı ayrı değerlendirilerek uygun görülen alanlarda SYSY uygulamaları önerilmiştir (Çizelge 1). Önerilen uygulamalardan

bazıları modellenerek fotoğraflar üzerinde gösterilmiştir. Aynı zamanda çatılardan yağmur sularının toplanabilmesini sağlayan yağmur tankları için de uygun alanlar belirlenmiştir (Şekil 9).

Table 2. Suggested SSM practices in Terzioğlu Campus  
Çizelge 2. Terzioğlu Yerleşkesi öneri SYSY uygulamaları

Mevcut Durum	Önerilen SYSY Uygulaması	
		Yağmur Suyu Bitki Şeridi ve Geçirgen Kaplama
		Yağmur Suyu Bitki Şeridi ve Geçirgen Kaplama
		Bitkilendirilmiş Hendek
		Yağmur Bahçesi/Biyotutma Alanı
		Nehir Kenarı Tampon Uygulaması
		Gabion Duvar

Çizelge 2. Devam

	Ağaç Çukuru
	Yağmur Suyu Bitki Şeridi
	Yeşil Oluk



Şekil 9. Terzioğlu Yerleşkesi yağmur tankları için öneri alanlar  
Figure 9 . Suggested areas for rain barrel in Terzioğlu Campus

Sonuç olarak, bu çalışmada sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi'nde uygulanabileceği alanlar belirlenmiştir. Alanın iklim, eğim, bakı, toprak, erozyon, jeoloji, bitki örtüsü ve hidrolojik özellikleri detaylı olarak analiz edilmiştir. Suyun toprağa sızabileceği alanları belirlemek açısından geçirimli ve geçirimsiz alanlar tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma alanında suyun hareketini anlayabilmek için yağış suyunun yüzeysel akışa geçtiği hatlar ve akış yönleri belirlenmiştir. Tüm bu elde edilen veriler ışığında yerleşkede yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimini sağlayabilecek uygulamalar önerilmiştir. Alanda genel olarak bitkilendirilmiş hendek, yağmur suyu bitki şeridi, ağaç çukurları, yağmur bahçesi/biyotutma alanı, yeşil oluk, gabion duvarlar, yağmur tankı ve yağmur borusu bitki kutusu uygulamaları önerilmiştir. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi'nde SYSY'nin sağlanması durumunda;

Yeşil alanların miktarını artırması nedeniyle rekreasyonel fayda sağlanması ve biyoçeşitliliğin artması,

Yağmur suyunun etkin yönetimi ve yeniden kullanımı sayesinde doğal kaynakların verimli kullanımı,

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesi,

Geleneksel yağmur suyu altyapısı üzerindeki yükü azaltarak ekonomik bir zararın önüne geçilmesi,

Su kaynaklarındaki kirliliğin önlenmesi ile çevresel fayda sağlama, Sel ve taşkın riskini azaltarak toplum güvenliğini sağlama ve çevreye olan zararı engelleme, Yüzeysel akışın azaltılması ile erozyon riskinin azaltılması, Mevcut bitki örtüsünün kullanılması ile peyzajın devamlılığını sağlama (bütünlüğü koruma) gibi faydalar sağlaması öngörülmektedir.

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarına karar vermeden önce, detaylı bir planlama çalışması yapılması oldukça önemlidir. Uygulama yapılacak bölge çok iyi bir şekilde analiz edilmelidir. Yağış suyunun hareketi, doğal yüzeysel akış hatları, hidroloji, iklim, toprak, eğim, jeoloji, erozyon, bitki örtüsü ve geçirimsiz yüzeyler SYSY uygulamalarının seçilmesinde ve uygulanmasında etkin bir faktördür. Bununla birlikte uygulamaların bütüncül bir yaklaşımla kurgulanması, verimli bir sonuç elde edilebilmesi açısından önemlidir.

#### **Teşekkür:**

Bu araştırma, sorumlu yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürütülmüş olan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **Kaynaklar**

- Axelsdóttir, S., 2022. Efficiency of sustainable urban drainage systems during flash floods. KTH Royal Institute of Technology, Hydraulic Engineering, Environmental Engineering and Sustainable Infrastructure. Degree Project. 46 s.
- Berberler Çetinkaya, F., 2005. Eğimli alanlarda peyzaj onarım tekniğinin çanakkale onsekiz mart üniversitesi terzioğlu yerleşkesi örneğinde irdelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 119 s.
- Biswas, S.K., Raj, P., R S, L., Balaganesan, B., KP, S., 2019. The Sponge Handbook: Chennai - Using the Landscape Approach to transform the South Buckingham Canal Area, Cities Fit for Climate Change (CFCC) of GIZ, 83 s. India.
- Coşkun Hepcan, Ç., 2019. Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele için Yeşil Altyapı Çözümleri. İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi: 12, 40 s. Ankara.
- Çanakkale Belediyesi, (t.y). Coğrafi Yapı. <https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1125-cografi-yapi> (Erişim tarihi: 12 Mayıs 2022).
- ÇŞB, 2020. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye Su Erozyonu Haritası. <https://www.turkiye.gov.tr/csb-su-erozyonunun-izlenmesi-ve-degerlendirilmesi> (Erişim tarihi: 3 Mart 2020)
- ÇŞB, 2018. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/yagmur-bahces-\\_230718-20180724082855.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/yagmur-bahces-_230718-20180724082855.pdf) (Erişim Tarihi: 17 Eylül 2021).
- City and County of Denver Public Works, 2016. Ultra-Urban Green Infrastructure Guidelines. Public Works. 101 s. Denver
- City of Victoria, 2015. Rainwater Management Standards. Professional Edition, City of Victoria Stormwater Utility. 84 s. Victoria.
- Clark, M. ve Acomb, G., 2008. University of Florida, Bioswales/Vegetated Swales. [https://buildgreen.ifas.ufl.edu/Fact\\_sheet\\_Bioswales\\_Vegetated\\_Swales.pdf](https://buildgreen.ifas.ufl.edu/Fact_sheet_Bioswales_Vegetated_Swales.pdf) (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2021).
- Demir, D., 2012. Konvansiyonel yağmursuyu yönetim sistemleri ile sürdürülebilir yağmursuyu yönetim sistemlerinin karşılaştırılması itü ayazağa yerleşkesi örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 191 s.
- Dereli, K. C., 2020. Su duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı kapsamında sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi edirne kent örneği. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 167 s.
- Dickie, S., McKay, G., Ions, L., Shaffer, P., 2010. Planning for SuDS - making it happen. CIRIA. 102 s. London.
- Doğangönül ve Doğangönül, 2009. Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. Teknik Yayınevi. 417 s. Ankara.
- University of Nebraska Lincoln, 2014. Stormwater management: what stormwater management is and why it is important. <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g2238.pdf> (Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2023).
- Joshi, P., Leitão, J. P., Maurer, M., Bach, P. M., 2021. Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on

- combined sewer overflows. *Water Research*.191(2021): 1-13.
- Kargın, A., (2022, 4 Şubat). Canlı Ders 5 [Jeoloji haritası]. Erişim adresi: <https://drive.google.com/drive/folders/1Z9G1OzPCGuMozLQCqGwL1Munt0rtgcuw>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2006. Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. Maden Tetkik ve Arama Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi:2. 83 s. Ankara.
- MTA, 2022. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Yerbilimleri Harita Görüntüleyici. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> (Erişim Tarihi: 28 Şubat 2022)
- Pala, B., Yaman, N. E., Yasdıkcıoğlu, M. S., Altun Turan, İ., 2021. Su Temelli Kentsel Çözümler Uygulama İlkeleri ve Çıkarılacak Dersler.
- Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016. Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey, The State University of New Jersey. 144 s. U.S.
- Shakouri, N., 2016. Kentlerde yağmursuyu yönetimi kapsamında yeşil altyapı peyzaj planlama ve tasarım yaklaşımı sakarya-hendek örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 214 s.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2012. Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı. [https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat\\_yeni.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf) (Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2023)
- TEMA, 2017. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı, Geleceğin suyu. <https://sutema.org/yagmur-hasadi> (Erişim Tarihi: 6 Şubat 2022).
- Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Atlas Uygulaması, 2022. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Büyük Toprak Grubu (BTG) Haritaları. <https://atlas.gov.tr> (Erişim Tarihi: 21 Ocak 2022)
- University of Arkansas Community Design Center, 2010. Low Impact Development A Design Manual For Urban Areas, Uninersity of Arkansas Press/Fayetteville. 29 s. Arkansas.
- Yıldızoğlu, Z.M., 2006. Üniversite Yerleşkeleri Fiziksel Gelişim Planlaması ve Tasarımı: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi Örneği. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 151 s.
- Yılmaz, T., 2009. Vadilerde fiziki yapıya bağlı bitkilendirme olanakları, Ankara Büyükesat vadisi örneği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Çevre Bilimleri Dergisi. 1(1):0-0.
- Yiğit Avdan, Z., Yıldız, D., Çabuk, A., 2015. Yağmur suyu yönetimi açısından yeşil altyapı sistemlerinin değerlendirilmesi. 2nd International Sustainable Buildings Symposium. 733-740. 28 -30 Mayıs, Ankara.