

DOI: [10.38027/ICCAUA2022TR0005](https://doi.org/10.38027/ICCAUA2022TR0005)

Investigation of Urban Flood Management Principles within the Scope of Buffalo Bayou Watershed Rehabilitation Project

Dr. Didem Dizdaroğlu

Bilkent University, Faculty of Urban Design and Landscape Architecture, Ankara, Turkey

E-mail : dizdaroglu@bilkent.edu.tr

Abstract

In this study, the 20-year watershed rehabilitation master plan, which was prepared after the severe Allison storm in 2001 in the Buffalo Bayou watershed in the city of Houston, is examined in detail. For this purpose, a literature review is conducted on the concepts of watershed and watershed management. Then, the existing situation of the study area is presented, and the flood control strategies and rehabilitation practices proposed within the scope of the master plan are investigated. The environmental and social outcomes of the rehabilitation project are evaluated in the conclusion. In Turkey, floods and overflows are one of the most important disasters that cause material and moral damages. Central and local governments need to develop sustainable approaches for the protection of watersheds and the preparation of management plans. In this context, the Buffalo Bayou watershed rehabilitation project can be considered as a resource in taking supportive steps for sustainable watershed management in Turkey. This project and similar good practices will contribute to solve the social, economic and environmental problems in watersheds of Turkey.

Keywords: Watershed rehabilitation; Flood management; Local government; Buffalo Bayou.

Buffalo Bayou Havzası Islah Projesi Kapsamında Kentsel Alanlarda Taşkın Yönetimi İlkelerinin İncelenmesi

Özet

Bu çalışmada, Texas Eyaleti sınırları içerisindeki Houston Şehri'nde yer Buffalo Bayou Havzası'nda 2001 yılında meydana gelen şiddetli Allison Fırtınası'nın ardından hazırlanan 20 yıllık sel taşkın yönetim master planı incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle havza kavramı ve kentsel alanlarda havza ıslahına yönelik bir literatür çalışması yapılmıştır. Ardından, çalışma alanının mevcut durumu ortaya konmuş, master plan kapsamında önerilen stratejiler ve ıslah uygulamaları araştırılmıştır. Sonuç bölümünde ise, master planının yayınlanması sonrasında, havza ve çevresinde gerçekleştirilen yenileme çalışmalarının günümüzdeki çevresel ve sosyal sonuçları değerlendirilmiştir. Ülkemizde, meydana gelen sel ve taşkınlar, maddi ve manevi zararlara neden olan en önemli afetlerden biridir. Merkezi ve yerel yönetimlerin havzaların korunması ve yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, Buffalo Bayou Havzası rehabilitasyon projesinin, Türkiye'de sürdürülebilir havza yönetimi için destekleyici adımları atmada bir kaynak olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ve benzer iyi uygulamalar, havzalarımızdaki sosyal, ekonomik ve çevresel sorunların çözümüne yönelik katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Su havzası ıslahı; Taşkın yönetimi; Yerel yönetim; Buffalo Bayou.

1. Giriş

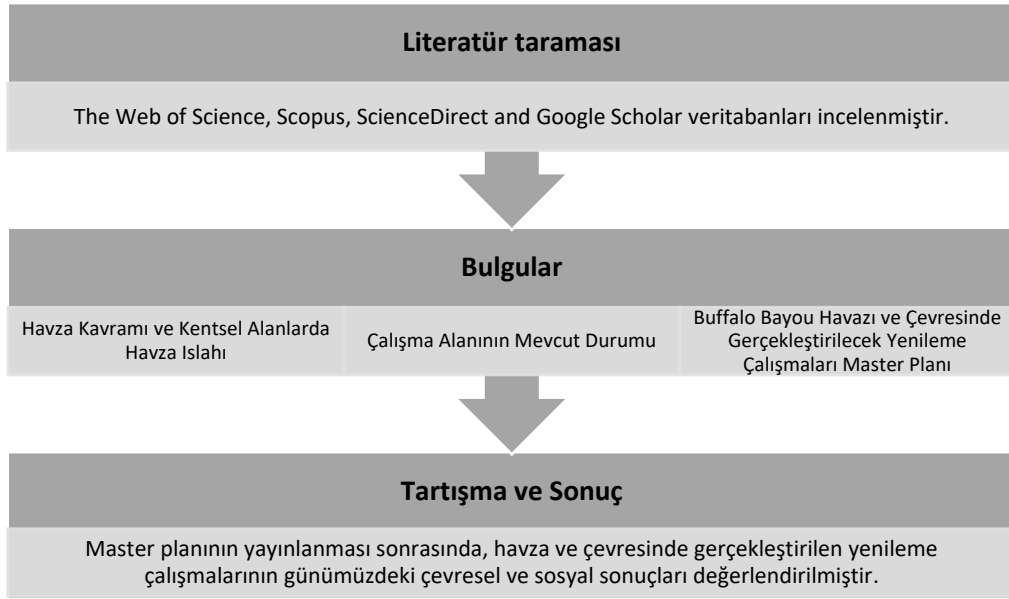
Yaklaşık son 50 yılda, çevre ve doğal kaynaklar, nüfus artışı ve beraberinde getirdiği insan ihtiyaçlarının artmasına bağlı olarak yoğun bir baskıya maruz kalmıştır (UNDESA, 2019). Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Raporuna (2020) göre, iklim değişikliği 39 milyondan fazla insanı etkileyerek ölümlere, geçim kaynaklarının aksamasına ve ekonomik kayıplara neden olmuştur. Küresel olarak bugüne kadar Dünya'daki kara alanının beşte biri (2 milyar hektardan fazla) bozulmuştur. Bu yüzyılın sonunda, tüm deniz yaşamının yarısını etkileyen okyanus asitleşmesinde %100-150'lik bir artış öngörülmektedir. 2015'ten 2020'ye kadar, yıllık ormansızlaşma oranının 10 milyon hektar olduğu tahmin edilmektedir. Türlerin yok olma riski, son 30 yılda yaklaşık %10 oranında artmıştır. Orman alanları endişe verici bir hızla azalmaya devam etmekte ve birçok bitki ve hayvan türlerinin nesli tükenme tehdidi altındadır. Bununla beraber, artan arazi kullanım değişiklikleri ve habitat parçalanması, COVID-19 dahil olmak üzere, halk sağlığını ve dünya ekonomisini tehdit edecek yeni bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkışında başlıca etkenlerden biri olarak görülmektedir.

Dünyadaki tüm su kaynaklarının yaklaşık %97,5'i okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmakta, tatlı su kaynakları toplam su hacminin yaklaşık %2,5'ini oluşturmaktadır. Tatlı suyun sadece %1'inden daha azı göllerde, nehirlerde ve diğer yüzey su kütlelerinde bulunmaktadır (Birleşmiş Milletler Su İstatistikleri, 2021). Tatlı su olarak aktif şekilde dolaşan suyun bu ufak kısmı, Dünya'daki yaşamda inanılmaz derecede önemli ve dinamik bir rol oynamakta, insan hayatını ve diğer tüm kara ve tatlı su türlerinin yaşamlarını sürdürmesine olanak sağlamaktadır (McCarton ve ark., 2020). Sağlıklı su havzaları, yaşamları su, jeoloji, toprak, bitki örtüsü ve vahşi yaşam arasındaki karmaşık etkileşimlere bağlı olan insanlar da dahil olmak üzere zengin bir tür çeşitliliğini desteklemektedir (Mwangi ve ark., 2016). Arazi ve su kaynaklarının yanlış ve bilinçsiz

kullanımı, dünyanın bazı bölgelerinde geri dönüşü olmayan hasarlar meydana getirmiş ve bu alanların büyük ölçüde bozulmasına neden olmuştur. İklim değişikliği, ormansızlaşma ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi küresel çevre sorunlarının boyutu artıkça arazi örtüsü ve ekosistem bozulmaları daha belirgin hale gelmiştir. İnsan, flora, fauna ve doğal kaynaklar arasındaki karmaşık etkileşimi anlamak, arazi kullanımı ve ekosistem sağlığında değişikliklere yol açan doğal ve insan kaynaklı süreçleri araştırmak gittikçe daha önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir (Baird ve Plummer, 2021).

2. Materyal ve Metot

Türkiye’de hızla artan nüfus ve mevcut kaynakların kirlenmesiyle birlikte kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı giderek azalmaktadır. Yaşanan su sıkıntılarının engellenmesi ve su kaynaklarının yönetiminin iyileştirilmesi için kapsamlı bir havza yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’deki idari otoritelerin su kaynaklarının etkin yönetimi farkındalığını artırmayı ve yerel yönetimleri insan-doğa ilişkisini göz önünde bulunduran bütüncül havza yönetimi uygulamalarına teşvik etmeye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Texas Eyaleti sınırları içerisindeki Houston Şehri’nde yer Buffalo Bayou Havzası’nda 2001 yılında meydana gelen şiddetli Allison Fırtına’sının ardından hazırlanan 20 yıllık sel taşkın yönetim master planı detaylı olarak incelenmiştir. Havzada çeşitli rekreasyonel aktivitelerin sağlanması, taşkın yönetimi ve erozyon kontrolü uygulamalarını içeren master planı, havza çevresinde yaşayan insanlar ve yaban hayatı arasında sağlıklı bir denge kurma ilkesine dayanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle havza kavramı ve kentsel alanlarda havza ıslahına yönelik bir literatür çalışması yapılmıştır (Şekil 1). Ardından, çalışma alanının mevcut durumu ortaya konmuş, master plan kapsamında önerilen stratejiler ve ıslah uygulamaları araştırılmıştır. Sonuç bölümünde ise, master planının yayınlanması sonrasında, havza ve çevresinde gerçekleştirilen yenileme çalışmalarının günümüzdeki çevresel ve sosyal sonuçları değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın özgünlüğü; Buffalo Bayou Havzası’nda başarıyla gerçekleştirilen sel taşkın yönetim master planının, ülkemizdeki havzaların sürdürülebilirliğini destekleyecek havza yönetim planlarının geliştirilmesinde örnek teşkil etmesidir.



Şekil 1. Araştırma metodolojisinin şematik gösterimi

3. Bulgular

3.1 Havza Kavramı ve Kentsel Alanlarda Havza Islahı

Havza, yağış ve kaynak suları aynı mecra ya veya göle akan, su kesimi (su ayırım çizgisi) denilen sırtlarla çevrili olan su çekim alanıdır. Sırtlardan geçen su bölüm hattının sınırladığı ve yağışlarla üzerinde toplanan yüzey sularının bir drenaj ağı sistemi ile ortak noktaya ulaştığı içbükey topografik arazi parçasıdır (Uzunsoy ve Görçelioğlu, 1985). Havzalar hidrolojik döngüyü yöneten ve besleyen kaynaklardır. Hidrolojik döngü, havzadaki yüzeysel su kaynaklarının nasıl depolandığını ve havza içerisinde nasıl hareket ettiğini açıklamaktadır. Bu döngünün devamlılığı yağış miktarı, buharlaşma, terleme, toprak suyu, yeraltı suyu ve akarsu akışına bağlıdır (Edwards ve ark., 2015). Su havzası dört ana bileşenden oluşmaktadır. *Üst bölge*, akarsu koridoru ve etrafındaki peyzaj arasında bir sınır oluşturur. Üst bölge bitki örtüsü ve toprak yüzeyini stabilize eder, yüzey erozyonunu azaltır ve çevredeki araziden yüzey suyu akışıyla taşınan çözünmüş ve askıda kalmış maddeleri filtreler ve tutar. *Akarsu kanalı*, yılın belli bir kısmında akan suya sahiptir. Akarsular yüksek arazilerden sulak alanlara, çayyrlardan taşkın yataklarına kadar tüm havzaları entegre eder. Başka bir deyişle, akarsular bir su havzasının dolaşım sistemini temsil eden dinamik ekosistemlerdir. *Taşkın yatağı*, periyodik olarak su baskınına uğrar. Şiddetli yağışlardan sonra taşkın yatağı

fazla suyu tutarak nehir sistemine yavaşça salınmasına veya yeraltı suyu akiferlerine sızmasına yardımcı olur. Taşkın yatakları bol miktarda *sucul habitat alanları* içermektedir. Sucul habitat alanları sel kontrolü, yaban yaşam alanı sağlama, su ve toprak koruma gibi çeşitli fiziksel ve biyolojik işlevleri yerine getirmektedir (USEPA, 1998).

Sulak alanlar, havza ekolojisinde su kalitesinin korunması ve su kaynakları yönetimi açısından önemli rol oynamaktadır. Sulak alanlar, sürekli veya periyodik sığ su baskınlarına maruz kalan veya en üst düzeydeki alt tabakanın doyduğu bölgelerde oluşur. Bir akarsu koridoru içerisinde yer alan sulak alanlar, akıntı kanalında, nehir bölgesinde veya taşkın düzlüğünde oluşabilir. Sulak alanlar oldukça verimli ekosistemlerdir. Karasal ve sucul ekosistemlerde yaşayan canlılar için beslenme, yuva yapma ve üreme alanı sağlar. Özellikle hem düşük akış hızlarından hem de bol gıda kaynaklarından faydalanan yavru balıklar için önemli bir habitatır. Akarsu kıyıları boyunca devam eden sucul habitat alanları ve bu alanları oluşturan bitki örtüsü, kök yapısı ile suyun akış hızını kıyı şeridi boyunca yavaşlatarak, akıntı kıyılarını stabilize eder. Akarsuların gölgelenmesine ve su sıcaklığının serin tutulmasına yardımcı olur. Fırtınalar sırasında sulak alanlar yağmur suyunu yavaşlatarak ve geçici olarak tutarak taşkın riskini azaltır. Sulak alanlar havza suyunun kalitesini çeşitli yollarla iyileştirebilir. Öncelikle suyun akışını yavaşlatarak çökeltinin ayrılmasını sağlar. Ağır metaller ve organik bileşikler gibi toksik kirletici maddeler çökelti partiküllerine yapışır. Böylelikle çökeltinin artırılmasıyla, sulak alanlar suyun toksik kirleticilerden temizlenmesine de yardımcı olur (Naiman, 1992; Mitsch ve Gosselink, 2000; Kusler, 2003).

Kentsel sistemler içinde kalan su havzaları, hızlı ve çarpık gelişen kentlerin baskısı altındadır. Artan arazi kullanım değişiklikleri ve beraberinde getirdiği çevresel sorunlar, akarsu sisteminin fiziksel ve işlevsel özelliklerini önemli biçimde değiştirerek çevresinde yer alan havzanın hidrolojisinde köklü değişikliklere yol açmaktadır. Bir havzadaki kentleşme baskısı, hidrolojik rejimi önemli şekilde değiştirebilir ve bu durum artan miktarda yüzey akışı ve taşkın akışlarına, daha kısa zaman dilimine sıkışmış yoğun yağmur suyu akışlarına ve daha az yeraltı suyunun yeniden şarjına yol açar. Havzada gerilim yaratan temel faktörler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

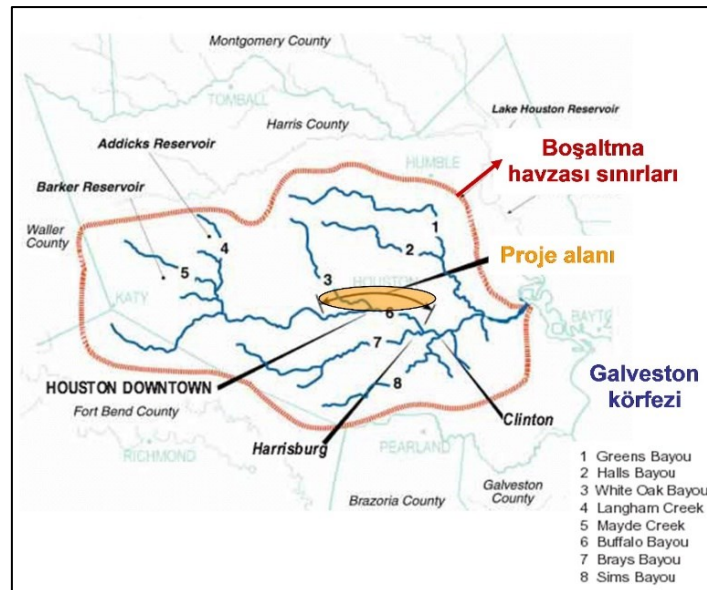
- *Hidrolojik rejimin bozulması:* Havzada kentleşmenin en önemli etkileri, evler, yollar ve otopark alanları gibi geçirimsiz yüzeylerdeki artıştan kaynaklanmaktadır. Geçirimsiz toprağın geçirimsiz yüzeylere dönüştürülmesi, suyun infiltrasyon miktarını azaltır ve akış miktarını artırır. Yağmur suyu akışları, pürüzsüz sert kaplama üzerinde doğal bitki örtüsünde olduğundan daha hızlı hareket eder. Sonuç olarak, yağmur suyu akışları kentsel alanlardaki akarsularda yoğunlaşır. Artan yüzeysel akış miktarı ve azalan akış süreci sonucunda kentsel alanlarda sel taşkınları meydana gelmektedir (Sarma ve ark., 2016).
- *Erozyon ve sedimentasyon:* Kentsel alanlarda yüzeysel akış miktarının artması erozyon ve sedimentasyona sebep olmaktadır. Sedimentasyon, suyu taşıyan akarsuyun ve suyu tutan rezervuarın kapasitesini azaltır. Kapasitedeki bu azalma, taşkın riskini yükseltir ve suyun temin edildiği su kaynaklarında su kalitesi ve miktarın azalmasına neden olur (Pamukçu ve ark., 2020).
- *Akarsu yataklarında meydana gelen değişiklikler:* Kentsel alanlardaki akarsular, özel arazi kullanımlarına yer açmak ve bitişikte yer alan mülkü taşkın veya nehir yatağı erozyonundan korumak için geniş ölçüde değişikliğe uğramaktadır. Akarsu yataklarının kentsel alanlarda sık sık yeri değişmekte ve akış kesiti daralmaktadır. Yatakların bazı bölümleri yer altında kalmakta veya beton kanallar içine alınarak doğal yapısı bozulmaktadır (Sarma ve ark., 2016).
- *Su kirliliği:* Kentsel alanlarda meydana gelen yüzeysel su akışı, pek çok kirletici madde içermektedir; yollarda ve otopark alanlarında biriken yağ, gres yağı ve ağır metaller; çöpler; ticari ve konut alanı peyzajı için kullanılan gübre ve pestisitler; boya gibi yanlış şekilde atılan toksik maddeler vs. Bu kirletici maddelerden oluşan akıntılar, pek çok havzada su kalitesini düşürerek hem suda yaşayan balıklar ve diğer sucul organizmalar ve havza çevresinde yaşayan yaban hayatını hem de havza suyundan faydalanan insan sağlığını tehdit etmektedir (Gregersen ve ark., 2007).

Havzalar, yerleşim, sanayi, tarım, orman ve rekreasyonel alanlar gibi farklı arazi kullanımlarını içeren bütünleşik sistemlerdir (UN, 1997). Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma politikaları oluşturulurken, kaynakların etkin bir şekilde yönetiminde değerlendirilmesi gereken önemli bir doğal eşiktir. Havza yönetimi, arazi ve su kaynaklarının kullanımını kapsamlı bir şekilde yöneterek, bir havzadaki su ve diğer doğal kaynakların kalitesini korumak ve iyileştirmek için arazi kullanım ve su yönetimi uygulamalarının sürecini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Brooks ve ark., 2013). Havza yönetimi, bir havzanın sürdürülebilir kaynak kullanımıyla ilgili özelliklerinin incelenerek, havzanın işlevini iyileştirmek ve sürdürmek için planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesidir. Havza içerisindeki ekolojik, ekonomik ve kültürel/sosyal koşullar arasında sağlıklı bir denge kurmayı amaçlayan kapsamlı bir kaynak yönetim planlama sürecidir (Wang ve ark., 2016). Havza yönetimi kapsamında uygulanan ıslah çalışmaları havzada, toprak, su, bitki örtüsü arasında doğal dengeyi sağlamaya yönelik teknik, kültürel ve idari tedbirlerin alınması ile havzada yaşayan halkın sosyal, kültürel ve ekonomik kalkınmalarının sağlanması için yapılan çalışmaların tamamı olarak tanımlanmaktadır (ÇEMGM, 2016). Havza ıslahı çalışmaları erozyon riskini azaltmak, taşkın sularına karşı koruyucu tesisler meydana getirmek ve içme suyu ve kanalizasyon problemlerini çözmek gibi amaçlarla yapılır. Havza ıslahına yönelik uygulamalar şu şekilde özetlenebilir (FISRWG, 2001):

- **Akarsu kanalının stabilize edilmesi:** Bir akarsu kanalının stabilize edilmesi için kullanılabilecek pek çok yöntem mevcuttur;
 - **Kanal açma:** Akarsuların beton kanallara yerleştirilmesi, en yaygın kanal sabitleme yaklaşımlarından biridir. Bu yaklaşım kanal yatağı erozyonunu önlemede etkilidir, fakat beton kanallar suda yaşayan canlı türleri için uygun habitat sağlamaz ve su kenarı bitkilerinin büyümesini engeller.
 - **Tesviye kontrol yapıları:** Kanal yatağındaki akış hızını azaltmak ve eğimi stabilize etmek için kullanılır. Ancak, balıklar ve yaban hayatı için bir bariyer haline gelmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.
 - **Şev stabilizasyonu:** En yaygın yaklaşım, şeve kayalar veya çakıl taşları dizilmesidir. Kayaların arasındaki boşluklara, ilave stabilize sağlayacak bitkiler dikilir. Şev stabilizasyonuna yönelik yeni biyoteknik yöntemler giderek yaygınlaşmaktadır.
- **Sulak alan bitki örtüsü:** Akarsu sistemlerinin önemli bir bileşeni olarak çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır. Öncelikle, kök yapısı kıyıya ilave güç sağlayarak stabilize olmasına yardımcı olur. Su kenarı ağaçları, akarsu kanalının gölgelenmesine ve su sıcaklıklarının düşürülmesine yardımcı olur. Su kenarı bitkileri, buharlaşma hızını artırır ve aşağı doğru akıntıyı azaltır. Bitki örtüsü, kuşlar ve diğer yaban hayatı için habitat sağlayarak biyolojik çeşitliliği artırır.
- **Sulak Alanlar:** Taşkın sularının depolanması ve böylelikle yüksek düzeyde akışların azaltmasına yardımcı olur. Sulak alanlar akış hızlarını azaltarak yeraltı suyunun yeniden dolmasını ve kıyı koylarına tatlı su akışının azaltılmasını sağlar. Sudaki tortu, besin ve kirleticileri gideren bir filtreleme sistemi görevi görerek su kalitesini iyileştirirler.
- **Yağmur hendekleri ve su tutma havzaları:** Yağmur hendekleri, su tutma havzaları ve diğer su toplamaya yönelik olarak tasarlanmış yapılar, yüksek düzeydeki akış hızlarının azaltılması için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Yapımlarına bağlı olarak, bu yapılar sel yatağı oluşumlarının önlenmesine, sürüklenen toprakların tutulmasına ve yağmur suyunun toplanarak süzülmesine yardımcı olur.
- **Geniş akarsu koridorunun korunması:** Kentsel akarsuları ve aşağı havza kıyı kaynaklarını korumanın en etkili yöntemlerinden biri, aktif kanalı, taşkın yatağını ve geçiş arazi tamponunu içine alabilecek geniş bir akıntı koridoru elde etmektir. Böylelikle geniş bir akıntı koridoru ile, havza çevresindeki toplulukların taşkın kontrolü ihtiyaçları karşılanırken doğal akıntı fonksiyonları sürdürülebilir.

3.2 Çalışma Alanının Mevcut Durumu

Yaklaşık 120 km. uzunluktaki Buffalo Bayou Havzası Amerika'nın güneydoğusunda bulunan Teksas Eyaleti sınırları içerisindeki Houston Şehri'nde yer almaktadır (Şekil 2). Batıda Waller Bölgesi'nden başlayarak, doğu-batı istikametinde bir akıntıyla ilerlemekte ve San Jacinto Nehri ile birleşerek Galveston Körfezi'ne dökülmektedir. Beş adet kuzeyden (Greens Bayou, Halls Bayou, White Oak Bayou, Langham Creek, Mayde Creek) ve iki adet güneyden (Brays Bayou, Sims Bayou) birleşen toplam yedi büyük kolu bulunmaktadır. Buffalo Bayou Havza yatağı, geniş ve düz bir yapıya sahip bir ova üzerinde uzanmaktadır. Arazi yüzeyi Galveston Körfezi'nden kuzeybatı yönüne yükselen hafif bir eğime sahiptir (Turner Collie & Braden Inc., 2002).



Şekil 2. Buffalo Bayou Havzasının Genel Konumu (Turner Collie & Braden Inc., 2002)

Houston'da sert hava koşullarından dolayı sık sık tropikal fırtınalar ve kasırgalar meydana gelmektedir. Bu fırtına ve kasırgalar Atlantik Okyanusu veya Meksika Körfezi'nde oluşarak Houston'a ulaşmakta ve beraberinde şiddetli yağmur ve rüzgâr getirmektedir. 2001 yılının haziran ayında meydana gelen Allison Tropikal Fırtınası ile sel taşkını oluşmuş ve bölge sular altında kalmıştır. Teksas kıyı körfezi ovası subtropikal iklim kuşağında yer almaktadır. Bölgenin iklimini kontrol eden en büyük faktör Meksika Körfezi'dir. Yüksek sıcaklıklar ve nemin etkili olduğu bölgede Meksika Körfezi'nden esen rüzgarlar yazın sıcak boğucu havayı serinletmektedir. Hâkim rüzgarlar yazın güney/güneydoğu yönünde esmektedir. Kışın ise yüksek basınç etkisi altında kalarak kuzeyden esen rüzgarlarla sıcaklık ve nem gün içerisinde yükselip azalan bir değişkenlik göstermekte ve sis bulutları oluşmaktadır. Nadiren de olsa bölgeden mal ve can kaybına neden olabilecek büyüklükte yıkıcı kasırgalar ve fırtınalar geçmektedir. Örneğin: 2008 Ike Kasırgası, 2015 Memorial Day Sel Taşkını, 2016 Tax Day Sel Taşkını ve 2017 Harvey Kasırgası. Buffalo Bayou Havzası, Erken Pleistosen dönemi jeolojik formasyonlarından biri olan Beaumont formasyonu üzerinde bulunmaktadır. Beaumont formasyonu yüzeye yakın olmasından dolayı kil, alüvyon ve ince kum tanecikleri içeren bir yapıya sahip katmanlardan oluşmaktadır. Buffalo Bayou Havzası'nın Beaumont formasyonunu kesmesi sonucunda ince kumlu yapıdaki bu katmanlar açığa çıkarak bölgeyi erozyona karşı hassas hale getirmektedir (Van Siclen, 1985; Abbott, 2001). Ayrıca fırtınalar sonucu hızı artan akıntılarla topraktaki kil parçacıklarının yıkanması sonucu havzanın suyunun berraklığı azalmakta ve çamurlu bir görünüm almaktadır.

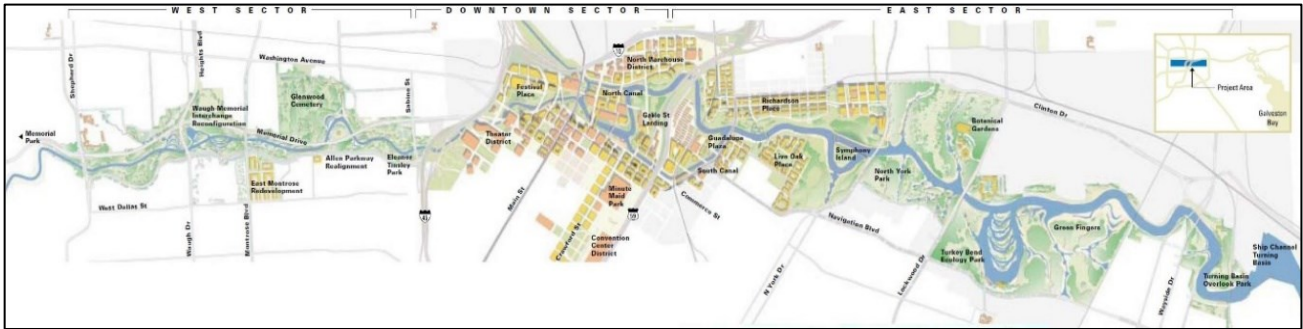
Buffalo Bayou Havzası'nın geçmişine baktığımızda; 1820'li yıllarda bölgenin tarımsal amaçlı kullanıldığı görülmektedir. 1830'larda ise bölgedeki öncelikli alan kullanımı büyükbaş hayvanların otlatılması olmuştur. 1900'lerin başında ise yerleşim alanları ve endüstriyel alanlar kurularak kentleşme süreci başlamıştır. Ayrıca 1910 ile 1920 yılları arasındaki dönemde bölgede kum ocakları bulunmaktaydı. Giderek ticari bir öneme sahip olmaya başlayan Houston Şehri'nin bu durumu ulaşımı etkilemiştir. Gemilerin daha iç kısımlara kadar girebilmesi için havza bölgesi genişletilerek, su yüzeyi derinleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda tren yolları, köprüler ve otoyollarla havzanın iki yakası arasında ulaşım ağı kurularak bölge gelişmeye başlamış ve günümüzdeki halini almıştır (Turner Collie & Braden Inc., 2002). Günümüzde havza boyunca en baskın kullanım alanı olarak (özellikle doğu kısmında) endüstriyel alanlar yer almaktadır. Havzanın ortasında şehir merkezi olarak kullanılan alanda yoğun olarak ticari yapılar bulunmakta ve batı kısmında ise karışık bir alan kullanımı görülmektedir. Arazi kullanım çalışmaları sırasında proje alanının yakın çevresinde zararlı atık maddeler üreten çok sayıda fabrika alanları tespit edilmiştir. Özellikle havzanın kuzeyinde yaklaşık 2,5 km. uzaklıkta kimyasal atık deposu yer almaktadır. Bu alanının içerdiği arsenik, krom, kobalt, kurşun, bakır ve nikel gibi ağır metallerden oluşan tehlikeli maddelerin sızarak havzanın suyuna karışma tehlikesi bulunmaktadır. Kısacası, Buffalo Bayou Havzası hem şehir içindeki fabrika, hastane, okul, ev, iş yeri gibi çeşitli kaynaklardan ulaşan zararlı atıklarla hem de havzaya dökülen derelerden fırtına, rüzgâr ve yağışlarla oluşan akıntılar sonucu ulaşan çöp ve kirletici maddelerle kirlenerek çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmektedir.

Buffalo Bayou Havzası çevresindeki yapılaşma ve endüstriyel alanlara rağmen bitki örtüsü bakımından çeşitlilik göstermektedir. Havza yatağının eğimine, akıntının şiddetine ve toprak durumuna göre çeşitlilik gösteren bazı bitki türleri şu şekildedir; *Ulmus americana* (American elm), *Salix nigra* (Black willow), *Betula nigra* (River birch), *Platanus occidentalis* (American sycamore), *Acer negundo* (Boxelder maple), *Fraxinus pennsylvanica* (Green Ash), *Quercus virginiana* (Southern live oak), *Quercus phellos* (Willow oak), *Catalpa bignonioides* (Southern catalpa), *Populus deltoides* (Eastern cottonwood), *Gleditsia triacanthos* (Honey locust), *Pinus taeda* (Loblolly pine), *Baccharis halimifolia* (Eastern baccharis), *Andropogon glomeratus* (Bushy bluestem), *Phragmites australis* (Common reed), *Equisetum hyemale* (Scouring rush), *Bidens aristosa* (Tickseed sunflower), *Ambrosia trifida* (Giant ragweed), *Polygonum hydropiperoides* (Swamp smartweed), *Cynodon dactylon* (Scutch grass), *Paspalum dilatatum* (Dallis grass), *Paspalum distichum* (Knotgrass), *Ampelopsis arborea* (Pepper vine) and *Parthenocissus quinquefolia* (Virginia creeper) (Turner Collie & Braden Inc., 2002). Büyük bir taşkın yatağı olarak çevresinde küçük gölcükler, bataklık ve sulak alanlar yer almaktadır. Sık dokulu ağaçlık alanların bazı kısımlarında güneş ışığı yetersizliği, akıntıların neden olduğu toprak yıkanması ve besleyici organik maddelerce yetersiz kalan toprak yapısından dolayı yer örtücülerden yoksun alanlar bulunmaktadır.

3.3 Buffalo Bayou Havzası ve Çevresinde Gerçekleştirilecek Yenileme Çalışmaları Master Planı

Buffalo Bayou Havzası, taşkın sularını taşıyarak uzaklaştırıcı büyük bir kanal olarak hem Houston Şehri için hem de tüm güneydoğu Teksas Körfezi kıyı bölgeleri için kamusal güvenliği sağlamak adına önemli bir doğal kaynaktır. Fakat günümüzde kentleşme sürecinde yapılan birtakım olumsuz müdahaleler sonucu bu görevini yerine getirememekte ve birtakım problemlere neden olmaktadır. Havzanın çevresel kalitesini etkileyen birçok olumsuz faktör bulunmaktadır. Günümüzde havzanın %80'e yakın bir kısmı kentleşmiş durumdadır. Kentleşme ile asfalt, beton vb. su geçirmez yüzeylerin artması sonucu, fırtına ve yağış suları doğal koşullardan daha hızlı bir şekilde havzaya ulaşarak su seviyesini artırmakta ve havza suyunun düzensiz ve hızlı bir şekilde akmasına neden olmaktadır. Çevresindeki derelerden akan suların havzaya karışması, havza yatağı çevresindeki yoğun yapıların suyun akış alanını daraltması, havza üzerinden geçen köprülerin destek kısımlarının suyun akışını zorlaştırarak yavaşlatması gibi olumsuz faktörler havzada sel taşkınlarına neden olmaktadır. Havza çevresinde yer alan endüstriyel alanların meydana getirdiği kirlilik sonucu havza suyunun kalitesi

azalmakta ve bu durum havzadaki doğal balık türlerini ve çevredeki bataklıklarda yaşayan hayvan türlerinin neslini tehdit etmektedir. Endüstriyel alanların ve yapılaşmanın fiziksel ve görsel açıdan engel oluşturduğu havza çevresi yeşil alanlar bakımından yetersiz olmakla birlikte bu kısıtlı açık alanlardaki yaya yolları ve kentsel donatı elemanları da konfor bakımından yetersiz durumdadır. Tüm bu olumsuz özelliklere sahip havzada 2001 yılında meydana gelen Allison Fırtınası sonucu oluşan sel taşkını ile bölge büyük bir tahribata uğramıştır. Bu olay sonrasında 2002 yılında havza ve çevresinde yenileme çalışmalarına başlanmıştır. Araştırmalar sonucu oluşturulan çevresel raporlar ışığında bölgenin rehabilitasyonu için geniş kapsamlı 20 yıllık bir master plan oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Proje Alanı Master Planı (Thompson Design Group Inc./EcoPlan, 2002)

Çalışma ile ilgili genel plan stratejileri şu şekildedir;

- *Havzanın ekolojik olarak işlevsel bir sisteme dönüştürülmek üzere rehabilit edilmesi:* Havzanın su tutma ve drenaj kapasitesinin artırılması, yaban hayatı habitatının sürdürülmesi, yağmur suyunun temizlenmesi ve su kalitesini sürdürme kapasitesi dahil olmak üzere doğal fonksiyonlarına yeniden kavuşturulması.
- *Havzanın taşkın suyu taşıma kapasitesinin artırılması:* Havzanın taşkın suyu taşıma kapasitesini destekleyici kanallar ve setlerin düzenlenmesi, şehir merkezindeki havza suyunun hareketini engelleyici yapıların kaldırılması gibi önlemlerle su taşıma kapasitesinin artırılması, bölgesel taşkın etkilerine çözüm bulunması.
- *Havza çevresinde düşük etkili kentsel uygulamaları:* Koruma bilinçli planlama ve mühendislikle, havzanın ekolojik yapısının korunarak çevresindeki kentsel yapılaşmanın yeniden planlanarak iyileştirilmesi.
- *Havza bölgesinin görünürlüğünün artırılması:* Havza kıyılarının yeniden şekillendirilmesi ile doğal habitatın ve rekreasyonel kullanım kapasitesinin artırılması, kullanıcıların ulaşım olanaklarının kolaylaştırılması, havza kıyısında oluşturulacak gezinti yolları ile bölgenin görsel kalitesinin artırılması.
- *Havza boyunca ulaşım olanaklarının artırılması, kolay erişilebilirliğin sağlanması:* Planlama ve tasarım standartları ile havza setlerine ve su kıyısına halkın erişiminin sağlanması.
- *Bölgenin karma kullanımının yeniden geliştirilmesinin teşvik edilmesi:* Havza çevresindeki kullanım çeşitliliğinin artırılması, gerçekleştirilecek birçok su kıyısı etkinlikleri ve festivallerle hem halkın katılımının artırılması hem de turizm açısından bölgede bir çekim noktası oluşturulması.

Plan stratejileri kapsamında ele alınan havza ıslah çalışmaları incelendiğinde genel olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır;

- *“Yeşil Parmaklar” yaratılmalı havzanın ekoloji ve hidrolojisinin geliştirilmesi:* Uygulanan küçük yeşil parmaklar yaklaşık 7-20 metre genişliğinde; büyük yeşil parmaklar ise 75-300 metre genişliğindedir. Bu sistem ile pasif teknikler (sulak alanlar vb.) uygulanarak yağmur sularının havzaya dökülmeden önce tutulması, süzülmesi ve temizlenmesi sağlanmaktadır. Yeşil parmakların her birinde akan yağmur suyunu kanallamak üzere bir dere, kirlletici maddeleri süzmek ve ince kumu yakalamak için bir durultma göleti, ve suyun havalandırıldığı basamaklı bir set yer almaktadır. Göletin ve derenin kenarları sulak arazi bitkilerinden oluşan bir bataklık halinde bulunmaktadır. Yavaşlayan akış ayrıca suyu arındırmakta ve yaban hayatına fayda sağlamaktadır. Havzanın çevresinde ve yeşil parmaklar boyunca oluşturulan yeni sulak alanlar, kirlletici maddelerin sudan süzülmesine yardımcı olmaktadır.
- *Set kenarlarının geliştirilmesiyle taşkın etkilerinin azaltılması:* Havzada uygulanan değişiklikler erozyonu büyük ölçüde azaltsa da bazı bölgelerin yüksek hızda taşkın akımlarından korunması gerekmektedir. Mendereslerin dış kenarları gibi yerlerde ve sulak alanlar gibi hassas bölgelerde erozyon kontrolü için, bitkilerin ve doğal tekniklerin kullanıldığı, aşınabilir setleri sabitlemeye yönelik biyomühendislik teknikleri uygulanmıştır.
- *Yeni doğal yaşama alanları yaratılarak yaban hayatı habitatının genişletilmesi ve artırılması:* Havzanın mevcut kıyı alanları, yaban hayatı habitatı bakımından yetersiz durumdaydı. Bu alanların yeniden düzenlenerek yeni sulak alanların, göletlerin oluşturulması ve su kenarı bitkilendirmesi ile havzanın biyolojik çeşitliliğinin büyük ölçüde artırılması hedeflenmiştir.

- *Düşük etkili kentleşme teknikleri yoluyla boşaltma havzası üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması:* Uygulanan teknikler şu şekilde özetlenebilir: (1) Binaların, asfaltın ve peyzajın tasarlanma ve inşa edilme yollarının değiştirilerek yağmur sularının sahada tutulması; (2) Bitkilendirilmiş çatı örtüleri ile yağmur suyunun emilmesi ve taban düzeyinde drenaj yapılarına akışının yavaşlatılması; (3) Yeraltı saklama sarnıçları ile yağmur sularının depolanarak alandan yavaş yavaş tahliye edilmesi ve böylelikle kentsel yüzey akışının hacim ve hızının azaltılması; (4) Bitkilerle oluşturulan hendeklerin, yağmur sularının akışını yavaşlatması ve kirlетici maddeleri süzmesi; (5) Gözenekli kaplama elemanları ile yağmur sularının bir bölümünün yeraltı bekletme havzalarına girmesinin sağlanması, ve; (6) Yollardan, park alanlarından, meydanlardan ve binaların altındaki yaya alanlarından gelen yağmur sularının yeraltı havzalarına boşalmasından önce arıtılabileceği biyofiltre kanallarının oluşturulması.
- *Havza kıyısı boyunca yer alan kamusal alanlarda sürekliliğin sağlanması:* Sel sularının akışına karşı direnci azaltmak için havzanın köprü geçişleri sağlamlaştırılmış, gereken yerlerde geçişler kaldırılarak köprüler yeniden inşa edilmiştir. Teraslandırılmış kanal kıyıları ile alana erişim ve kullanımın artırılması amaçlanmıştır. Yer yer oluşturulan istinat duvarları, rampalar ve merdivenler yardımıyla, havza kıyısı boyunca uzanan kamusal alanlar ve kıyı kesiminin dik, eğimli ve doğal bitki örtüsü ile kaplı alanları arasında süreklilik sağlanmıştır. Kentsel alanlarda terasların bir avantajı, taşkın meydana geldiğinde insan kullanımı için alternatif alanlar sağlamalarıdır. Daha alçak teraslar taşkın altında kalırken, üst teraslar kullanılabilir. Ayrıca önerilen iskele ve kıyı kenarı yürüme alanları, kıyı kesimi boyunca kesintisiz erişimi sağlamaktadır. Dış mekân oturma yerleri, özel etkinlikler, kafe ve restoranlar için çeşitli yüksekliklerde daha büyük teraslar ve meydanlar oluşturulmuştur.
- *Havza boyunca birbirleriyle bağlantılı içerisinde gezinti yolları, dinlenme ve oyun alanları içeren geniş bir park sisteminin oluşturulması:* 250 dönümlük mevcut park alanı artırılarak 850 dönümlük yeni park alanı ilave edilmiştir. Ayrıca henüz yapım aşamasında olan Memorial Parkı Turning Havza'sına bağlayan 2500 dönümlük bir yeşil alan sistemi düzenlemesi önerilmiştir.
- *Havza kıyısı boyunca çeşitli rekreasyonel aktivite alanlarının oluşturulması:* Havza kıyısı boyunca su kenarı aktivitelerinin gerçekleştirileceği iskeleler sistemi uygulanmıştır. Sistem ana ve ikincil iskelelerin yanı sıra kanolara ve küçük kayıklara yönelik küçük erişim noktalarını içermektedir. Erişim noktalarına ek olarak, havza kıyısı boyunca yer alan patikalar, yürüme yolları ve ahşap kaldırımlar ile iskeleler yayalar ve tekne sahipleri için erişilebilir hale getirilmiştir. Yeni tekne tesisleri tekneleri konuk ederek, teknecilere ve ziyaretçilere yiyecek-icecek, ambar ve duş hizmeti sağlamaktadır. Önerilen tekne tesisleri, havza sularında yapılan kürek çekme gibi yarışma organizasyonları için gelen sporcuları da konuk edebilmektedir. Havza boyunca kilit noktalara pavyonlar yerleştirilmiştir. Küçük pavyonlar, park ziyaretçilerine barınma ve bilgilendirme imkanları sağlamakta, daha büyük pavyonlar ise kafe, restoran vb. yiyecek ve içecek mekanlarını içermektedir. Büyük ve açık yeşil alanların yanı sıra, havza boyunca güneşten mümkün olduğunca korunma sağlamak için yoğun şekilde gölge veren ağaçlar dikilmiştir.
- *Havza erişim ve ulaşım planı* kapsamında, havzanın her iki kıyısı boyunca yürüyüş ve bisiklet yollarının birbiriyle bağlandığı bir sistem oluşturulmuş, Geleceğe yönelik METRO Mobility 2025 planlama çalışmaları kapsamında, Buffalo Bayou bölgesine erişimi ve daha etkin trafik akışını sağlamak için Main Street Hafif Raylı Sistemi önerilmiştir.

4.Tartışma ve Sonuç

Houston Şehri'nin yapılaşma sonucu artan geçirimsiz yüzey oranı, kasırga ve sel felaketlerine karşı şehri savunmasız bırakmıştır. Bununla birlikte, sanayi ve liman faaliyetleri, havzanın su kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. 2001 yılında Allison Tropikal Fırtınası'nın bölgeyi sular altında bırakmasının ardından, 2002 yılından itibaren, Buffalo Bayou Havzası'ndaki suyun sürdürülebilir yönetimi ve afete dayanıklılık amacıyla, master plan doğrultusunda havza boyunca birbiriyle bağlantılı yeşil alanlar sistemi geliştirilmiştir. Plan kapsamında havzanın büyük ölçüde doğal hali korunarak, doğa temelli taşkın yönetim stratejileri uygulanmıştır. Havza üç ana bölgeye ayrılmıştır. Kent merkezinde, bisiklet ve yaya gezinti yolları, festival ve sergi alanları, yaya köprüleri, tekne inişleri ve çeşitli su kenarı faaliyetler için kayıkhaneler ve yeme-içme alanları önerilerek "konforlu ve canlı bir kent kıyısı" tasarlanmıştır. Batı bölgesinde, mevcut yeşil alanların restore edilerek yeni park alanları ile desteklenmesi ve havza kanalının genişletilerek su kenarı rekreasyonel aktivitelerinin artırılması hedeflenmiştir. Ayrıca, havzadaki su miktarını ve kalitesini iyileştirmek için mevcut kıyılar yeniden düzenlenerek, yeşil parmaklar, sulak alanlar, göletler ve su kenarı bitkileri ile ekolojik restorasyon amaçlanmıştır. Doğu bölgesinde yer alan atıl sanayi alanlarının, sulak alanlardan oluşan bir ekoloji parkına dönüştürülmesi önerilmiştir. Terk edilmiş kanalizasyon arıtma tesisinin kubbe şekilli cam konstrüksiyon yapıları içerisinde sera alanları içeren bir botanik bahçesine dönüştürülmesi planlanmıştır.

Havzanın rehabilitasyonu ve canlandırılması amacıyla kurulan Buffalo Bayou Ortaklığı, proje alanında devam eden temizlik ve bakım çalışmaları ve yeni projeler için kamu özel sektör iş birliği ile sürekli bir fon sağlamaktadır. 2002'de proje çalışmaları başladıktan sonra bölgeyi, 2008 yılında Ike Kasırgası, 2015'te Memorial Day Sel Taşkını, 2016'da Tax Day Sel

Taşkın ve 2017’de Harvey Kasırgası vurmuştur. Harvey Kasırgası’nın ardından, 2019 yılında Buffalo Bayou Ortaklığı tarafından havzanın doğusunda yer alan endüstriyel, ticari ve konut alanlarının içerisinde bulunduğu bölge için yeni bir master plan hazırlanmıştır. Doğal alanların ve vahşi yaşamın korunması ile birlikte bölgedeki kültürel ve rekreasyonel faaliyetlerin iyileştirilmesini amaçlayan planda, 263 dönüm yeni park alanı, 70 km. uzunluğunda yürüyüş ve bisiklet yolları, 7 adet yeni yaya köprüsü önerilmektedir. Planda yer alan sel taşkın yönetimi ilgili stratejiler şu şekilde özetlenebilir: (1) havza boyunca yer alan yapıların su baskını, enkaz ve döküntülerin yaratacağı darbelere dayanıklı şekilde yeniden tasarlanması; (2) sel suları altında kalan açık alanların sulak alan olarak restore edilmesi; (3) dik yamaçların yeniden kademeli olarak yükseltilerek havzanın taşıma kapasitesinin iyileştirilmesi; (4) korkuluklar, duvarlar, yürüyüş yolları, rampalar ve merdivenlerin potansiyel erozyon ve su kaynaklı döküntüler nedeniyle bozulmaya karşı dayanıklı hale getirilmesi, ve; (5) aydınlatma sistemlerinin suya dayanıklı armatürler monte edilerek sel sırasında elektriği kesen su sensörleri ile tasarlanması (Buffalo Bayou Partnership, 2021). Projenin bir diğer başarısı, tasarım sürecinin her aşamasında, halkın katılımı sağlanarak ihtiyaçları ve istekleri göz önünde bulundurulmuştur. Yerel işletmeler içinde yeni alanlar tasarlanarak istihdamın artırılması hedeflenmiştir.

Özetle, su havzaları, geniş bir fauna ve flora yelpazesi için yaşam alanı sağlamada önemli role sahip ekosistemlerden biridir. Ayrıca, toplumsal refah düzeyinin ve yaşam kalitesinin artırılmasına katkı sağlayan birçok hizmet bu ekosistemler tarafından sağlanmaktadır. Fakat günümüzde, su havzaları yoğun kentleşme ve yanlış arazi kullanımları nedeniyle geri dönüşü olmayan kayıplara uğramaktadır. Havza yönetimi tüm dünyada önemli bir konu haline gelmiştir. Dünya çapında gerçekleştirilen başarılı rehabilitasyon projelerinin incelenmesi, birçok ülke için etkin ve sürdürülebilir havza yönetimi planlarının hazırlanmasında örnek teşkil etmesi açısından önemlidir. Ülkemizde, meydana gelen sel ve taşkınlar, maddi ve manevi zararlara neden olan en önemli afetlerden biridir. Merkezi ve yerel yönetimlerin havzaların korunması ve yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, Buffalo Bayou Havzası rehabilitasyon projesinin, Türkiye’de sürdürülebilir havza yönetimi için destekleyici adımları atmada bir kaynak olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ve benzer iyi uygulamalar, havzalarımızdaki sosyal, ekonomik ve çevresel sorunların çözümüne yönelik katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Abbott, J. T. (2001). *Houston Area Geoarcheology – A Framework for archeological Investigation, Interpretation, and cultural resource management in the Houston Highway District*. Environmental Affairs Division, Texas Department of Transportation, Austin. <https://doi.org/10.21112/ita.2001.1.20>
- Amen, M. A. (2021). The Assessment of Cities Physical Complexity through Urban Energy Consumption. *Civil Engineering and Architecture*, 9(7), 2517–2527. doi:10.13189/cea.2021.090735
- Baird, J., & Plummer, R. (Eds.) (2021). *Water resilience: management and governance in times of change*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-48110-0>
- Birleşmiş Milletler Su İstatistikleri (2021). *United Nations Water Statistics: Graphs and Maps – Water Resources*. Retrieved April 4, 2021, from <http://www.unwater.org/>
- Brooks K. N., Ffolliott P. F., & Magner J. A. (2013). *Hydrology and the management of watersheds*, (4th ed.). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118459751>
- Buffalo Bayou Partnership (2021). *A Vision for East Buffalo Bayou Master Plan*. Retrieved April 5, 2021, <https://buffalobayou.org/our-vision/buffalo-bayou-east/>
- ÇEMGM (2016). *Entegre mikrohavza rehabilitasyon projeleri izleme ve değerlendirme çalıştay raporu*, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM) Yayınları. Retrieved April 1, 2021, from <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/Havza%20Belgeler/Havza%20Reh.%20Projeleri%20C4%B0-D%20C3%87a1%C4%B1%C5%9Ftay%C4%B1-%20RAPOR-5%2020%205Nisan2016.pdf>
- Edwards, P. J., Williard, K.W., & Schoonover, J. E. (2015). Fundamentals of watershed hydrology. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154(1), 3-20. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03185.x>
- FISRWG (2001). *Stream corridor restoration: principles, processes, and practices*. The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG). ISBN-0-934213-59-3. Retrieved March 31, 2021, from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf
- Gregersen, H. M., Ffolliott, P. F., & Brooks, K. N. (Eds.) (2007). *Integrated watershed management: connecting people to their land and water*. Cambridge, MA : CABI Pub. <https://doi.org/10.1079/9781845932817.0000>
- Kusler, J. (2003). *A guide for local governments: wetlands and watershed management: wetlands, riparian areas, floodplains*. Institute for Wetland Science and Public Policy of the Association of State Wetland. Retrieved March 31, 2021, from https://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/GuideForLocalGovernmentsWetlandsWatershedManagement2003_000.pdf
- McCarton, L., O’Hogain, S., & Reid, A. (2021). *The worth of water: designing climate resilient rainwater harvesting systems*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50605-6>

- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2000). *Wetlands*, (3rd ed). John Wiley & Sons, New York. <https://doi.org/10.1002/rrr.637>
- Mwangi H. M., Julich S., & Feger K. H. (2016). Introduction to watershed management. In Pancel L., Köhl M. (Es.), *Tropical Forestry Handbook* (pp. 1869-1896). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3_153
- Naiman, R. J. (Eds.) (1992). *Watershed management: balancing sustainability and environmental change*. Springer Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4382-3>
- Pamukçu Albers, P., Demirbaş Çağlayan, S., Çalışkan, B. K., Kılıç, M., Lise, Y., Zeydanlı, U., & Oliver, C. D. (2020). Ormanların hidrolojik fonksiyonlarının orman amenajman planlarına entegrasyonu kılavuzu. Doğa Koruma Merkezi, Ankara. Retrieved March 31, 2021, from <https://dkm.org.tr/uploads/yayinlar/1611294868799.pdf>
- Sarma, A. K., Singh, V. P., Kartha, S. A., & Bhattacharjya, R. K. (Eds.) (2016). *Urban hydrology, watershed management and socio-economic aspects*. Springer International Publishing Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40195-9>
- Thompson Design Group Inc./EcoPlan (2002). *Master Plan for Buffalo Bayou and Beyond*. Retrieved April 3, 2021, from <http://www.houstontx.gov/planhouston/sites/default/files/plans/MasterPlanforBuffaloBayouandBeyondJW.pdf>
- Turner Collie & Braden Inc. (2002). *Existing Environmental Conditions of Buffalo Bayou, Houston, Texas and Environmental Issues Relative to Master Plan Development*. Retrieved April 3, 2021, from <https://www.houstontx.gov/planhouston/sites/default/files/plans/ExistingEnvironmentalConditionsofBuffaloBayouHoustonTexasandEnvironmentalIssuesRelativetoMasterPlanDevelopmentJW.pdf>
- UN (1997). *Guidelines and manual land-use planning and practices in watershed management and disaster reduction, economic and social commission for asia and the pacific*. United Nations (UN), ST/ESCAP/1781, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, New York: United Nations. Retrieved April 5, 2021, from <https://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/eng/doc15169/doc15169.htm>
- UNDESA (2019). *World urbanization prospects: the 2018 revision* (ST/ESA/SER.A/420). United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA), New York: United Nations. Retrieved April 5, 2021, from <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- USEPA (1998). *Stream corridor restoration: principles, processes, and practices*. Federal Interagency Stream Restoration Working Group, U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Washington, DC. EPA 841-R-98-900. Retrieved April 5, 2021, from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf
- Uzunsoy, O., & Görcelioğlu, E. (1985). *Havza ıslahında temel ilke ve uygulamalar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 371, İstanbul.
- Van Siclen, D. C. (1985). Pleistocene meander-belt ridge patterns in the vicinity of Houston, Texas. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 35, 525-532.
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research*, 27, 967-994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>