

Entegre Su Kaynakları Yönetiminde WEAP Modelinin Kullanılması: Burdur Gölü Havzası Örneği

Zeliha SELEK^a, Cihangir ARSLAN^{*,b}

^a Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ANKARA, TÜRKİYE

^{b,*}Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ANKARA, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 16.02.2019
Kabul: 08.04.2019

Anahtar Kelimeler:

Havza Planlaması
ve Yönetimi,
Burdur Gölü
Havzası, WEAP
Modeli, Entegre Su
Kaynakları
Yönetimi

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
[cihangirarslan06@
gmail.com](mailto:cihangirarslan06@gmail.com)

ÖZET

Su kaynaklarının günden güne azalması ve su kıtlığı yaşayan ülkelerin artması sebebiyle suyla ilgili problemler küresel boyuta ulaşmıştır. Herhangi bir su kaynağına yapılan müdahale diğer havza elemanlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Çevrenin tüm doğal kaynaklarıyla bir bütün oluşturması "Entegre Su Kaynakları Yönetimi" yaklaşımının gelişmesine neden olmuştur. Bu sebeple su kaynakları planlanıp yönetilirken, suyun sadece miktarı değil, kalitesi, toprak ve havayla ilişkileri, tüm fiziksel faktörler bir arada dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, Burdur Gölü havzası entegre su kaynaklarının yönetimi için WEAP ("Water Evaluation and Planning" System) programından yararlanılmıştır. Burdur Gölü havzasında yer alan su kaynakları ile talep bölgeleri (içme suyu, sulama vb.) programa tanıtılmış ve WEAP modeli oluşturulmuştur. Akabinde havzadaki su kullanımları ile akım gözlem istasyonlarından elde edilen yağış, akış, buharlaşma vb. gibi hidrolojik veriler kullanılarak programda mevcut durumun su bilançosu hesaplanmıştır. Oluşturulan model ile geleceğe yönelik (2017-2050) su ihtiyacının belirlenmesi için iyimser ve kötümser senaryolar türetilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre yüzeysel ve yeraltı suları dahil Burdur Gölü havzasına giren su miktarı mevcut durumda 275,7 hm³, karşılanamayan su talebi 33,8 hm³'tür. İyimser senaryoda 2050 yılında havzaya giren su miktarı 353,5 hm³, karşılanamayan su talebi 9,3 hm³ iken kötümser senaryoda havzaya giren su miktarı 189,4 hm³, karşılanamayan su talebi 100,7 hm³ olarak bulunmuştur.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.06>

Usage of WEAP Model in Integrated Water Resources Management: A Case Study of Burdur Lake Basin

ARTICLE INFO

Received: 16.02.2019
Accepted: 08.04.2019

Keywords:

Basin Planning and
Management,
Burdur Lake Basin,
The WEAP Model,
Integrated Water
Resources
Management

***Corresponding**

Authors

e-mail:
[cihangirarslan06@
gmail.com](mailto:cihangirarslan06@gmail.com)

ABSTRACT

As water resources decrease day by day and water scarcity increases, water related problems have reached a global dimension. The intervention in any water source directly or indirectly affects other basin elements. The creation of a whole with the natural resources of the environment has led to the development of the "Integrated Water Resources Management" approach. Therefore, while water resources are planned and managed, not only the quantity of water, but also the quality, the relations with the soil and air, all physical factors should be considered together. In this study, WEAP ("Water Evaluation and Planning" System) program has been used for integrated water resources management regarding Burdur Lake basin. Water resources and demand areas (potable water, irrigation etc.) in the Burdur Lake basin have been introduced to the program and WEAP model has been created. Then the water balance sheet of the current situation has been calculated by using the hydrological data obtained from the stream gauge stations such as precipitation, inflow, evaporation etc. With created model, optimistic and pessimistic scenarios are derived for determining the future (2017-2050) water need. According to the calculations, the amount of water entering the Burdur Lake basin including the superficial and underground waters is currently 275,7 hm³ and the water demand is 33,8 hm³. In the optimistic scenario, the amount of water entering the basin in the year 2050 is 353,5 hm³ and the water demand is 9,3 hm³ while in pessimistic scenario, the amount of water entering the basin is 189,4 hm³ and unmet water demand is 100,7 hm³ was found.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.06>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yaşamın devamlılığı için vazgeçilemez olan su, en küçük organizmadan en büyük canlı varlığa kadar bütün biyolojik hayatı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan mucizevi bir maddedir [1]. Tarih sahnesinde yer alan medeniyetler merkezlerini olabildiğince suya yakın kurmaya çalışmışlar ve bu alanlarda kendilerini geliştirmeye çalışmışlardır [2]. Tarihsel süreç içerisinde, suyun tedariki ve suyu verimli bir şekilde kullanmak için çeşitli çalışmalar yapılmış bu kapsamda su yapıları inşa edilerek sudan çeşitli amaçlar (içme suyu, sulama, enerji üretimi vs.) için faydalanılmıştır.

Su kaynaklarının sabit kalmasına rağmen nüfusun hızla artması yani suya olan talebin artması sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Artan nüfus ve sanayileşmeyle beraber dünyanın ikliminde meydana gelen değişiklikler sonucu kullanılabilir su her geçen gün azalmaktadır [3]. Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi NASA'nın araştırmalarına göre, dünyada tatlı su tüketimi bu kaynakların yeniden oluşması sürecinden daha hızlı işlemektedir [4]. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m³ civarındadır. Dünya nüfusunun yaklaşık %20'sine karşılık gelen 1,4 milyar insan yeterli içme suyundan mahrum olup 2,3 milyar kişi sağlıklı suya hasrettir. Buna ek olarak, 2050 yılında su sıkıntısı çeken ülkelerin sayısı 54'e, bu şartlarda yaşamak zorunda kalan insanların sayısı 3,76 milyara yükselecektir. Bu durum 2050 de 9,4 milyar olması beklenen dünya nüfusunun %40'ının su sıkıntısı çekeceği anlamına gelmektedir [1].

Su kaynaklarının kıt ve kısıtlı olduğu ülkemizde suyun verimli bir şekilde kullanılması ne kadar önem arz ediyorsa suyun kontrol altında tutularak yönetilmesi de o kadar önem arz etmektedir. Suyun azalması durumunda canlı yaşamının tehlikeye girmesi kadar suyun fazla olmasında da canlıların hayatı tehlike altına girmektedir. Sel ve taşkın gibi doğal afetler akış büyüklüğüne bağlı olarak çevresindeki; yerleşim ve tarım alanlarına, alt ve üst yapılara, tesislere ve canlılara zarar vererek can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir [5]. Sel ve taşkın, doğal bir olaydır ancak, insan faaliyetleri taşkınları bir felakete dönüştürebilmektedir [6].

Suyun kontrol edilmesi ve yönetilmesi mikro ve makro ölçekte oldukça önem arz etmektedir. Suyu verimli bir şekilde kullanmak, suyun zararlarından korunmak ve sudan en iyi şekilde yararlanmak için iyi bir su politikası oluşturulmalı bu politika

çerçevesinde iyi bir planlama yapılması ve bu planlamaların uygulamaya konulması gerekmektedir.

Su kaynaklarını planlamaya ve yönetmeye çalışan ülkeler, iklim dinamikleri sebebiyle büyük çaplı çevresel değişikliklerden kaynaklanan çeşitli sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır [7]. Suyun etkin bir biçimde kullanılabilmesi için su, çevre faktörleriyle beraber bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Herhangi bir su kaynağına yapılan müdahale diğer havza elemanlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemesi sebebiyle su kaynakları yönetiminin de çevre ile bütünleşik olarak değerlendirilmesi zaruri hale gelmiştir [8]. Su kaynakları ile ilgili büyüklüklerin sadece belli bir noktada zamana göre değişkenliklerinin incelenmesi yeterli olmadığından bu elemanların havza içerisindeki değişkenliklerinin de dikkate alınması zorunlu olmaktadır. Su kaynaklarının yönetimi söz konusu olduğunda tüm uzmanların birleştikleri konu, tüm havzanın bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiği ve planlamanın sürdürülebilirlik temelinde yapıldığı entegre su kaynakları yönetiminin bir zorunluluk olduğudur [9]. Günümüzde dünyanın gelişmiş ülkelerinde entegre havza yönetim planları oluşturulmakta ve havzaların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi sağlanmaktadır [10].

Entegre su kaynakları yönetimi; hayati öneme haiz ekosistemlerin sürdürülebilirliğinden ödün vermeden, ekonomik ve sosyal refahın eşitlikçi bir yaklaşımla en üst düzeye çıkarılması maksadıyla su, toprak ve ilgili kaynakların eşgüdüm içerisinde yönetimi ve geliştirilmesi sürecidir [11].

WEAP ("Water Evaluation and Planning" System), su kaynakları planlamasında entegre yaklaşımı esas alan bir programdır [12]. Program aracılığıyla oluşturulan model ile mevcut su talebi ve teminine ait dinamiklerin alternatif senaryoları üretilebilmekte bu sayede esnek, bütüncül ve şeffaf bir planlama yapılmaktadır [13].

Bu çalışma kapsamında, Burdur havzasının WEAP modeli oluşturularak entegre su kaynakları yönetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Havzada yer alan havza elemanlarının nüfus, sulama gibi yıldan yıla değişiklik gösteren verileri programa belirli kabuller ile tanımlanarak WEAP programına işlenmiş; senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser senaryo) ve senaryo 3 (kötümser senaryo) olmak üzere üç farklı analiz yapılmıştır. Mevcut havza verileri tanımlanarak gerçekleştirilen senaryo 1

(mevcut durum), havzaya gelen akımların fazla olduğu ve su taleplerinin daha az olduğu kabulleri ile gerçekleştirilen senaryo 2 (iyimser senaryo) analizi ile yağışların az olduğu, buharlaşmanın ve su taleplerinin fazla olduğu kabulleri ile gerçekleştirilen senaryo 3 (kötümser senaryo)'ün WEAP modelleri oluşturulmuş ve programda analizleri yapılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI (WORKING AREA)

Burdur havzası, Türkiye'nin güneybatısında; batıda Eşeler ve Maymun Dağları, doğuda Kestel ve Çatak Dağları, güneyde Rahat ve Kuru Dağları, kuzeyde Boz ve Akdağların su ayırım çizgileri arasında yer almakta olup kuzey ve batısında Büyük Menderes havzası, doğusunda Antalya havzası ve güneyinde Batı Akdeniz havzası bulunmaktadır.

Havza toplam olarak yaklaşık 6294 km² alanı kaplamakta olup havzadaki 4 adet büyük gölün toplam yüzey alanı 321 km²'dir. (Burdur, Salda, Yarışlı gölleri ve Acıgöl)

6294 km² gibi büyük yağış alanına sahip olan Burdur Göller havzasını daha ayrıntılı olarak çalışabilmek için alt havzalara ayırmanın daha uygun olacağı düşünülmüştür [14]. Söz konusu alt havzalar aşağıda yer almaktadır;

- 1 Nolu Atabey alt havzası 643 km²
- 2 Nolu Burdur Gölü alt havzası 3185 km²
- 3 Nolu Salda alt havzası 214 km²
- 4 Nolu Yarışlı alt havzası 322 km²
- 5 Nolu Akgöl alt havzası 316 km²
- 6 Nolu Acıgöl alt havzası 1614 km²'dir.

Bu çalışma kapsamında Burdur Gölü'nü de içine alan Burdur havzası çalışılmıştır. Burdur havzası ve Burdur Gölü havzasının konumu Şekil 1'de görülmektedir [14].



Şekil 1. Burdur havzası ve Burdur Gölü havzasının Türkiye'deki konumu (Location of Burdur basin and Burdur Lake basin in Turkey)

3. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

3.1. WEAP Modeli (WEAP Model)

WEAP ("Water Evaluation and Planning" System), mevcut su talebi ve teminine ait dinamiklerin sürdürülebilirliğinin ve alternatif senaryoların uzun süreler için değerlendirilmesi amacıyla esnek, bütünlük ve şeffaf bir planlama aracı olarak 1988 yılında oluşturulan, su kaynakları planlamasında entegre yaklaşımı esas alan bir programdır.

WEAP yazılımı, entegre su kaynaklarının yönetiminde havza su hidrolojisini verimli bir şekilde planlamayı hedeflemektedir. Program sayesinde mevcut havza bilgileri programa girilerek çeşitli senaryolara göre su bütçeleri hesaplanabilmekte ve yönetim analizleri yapılabilmektedir [15].

3.2. WEAP Modelinin Oluşturulması (Creating WEAP Model)

Burdur havzasına ait hidrolojik veriler Şubat 2017 tarihli "Burdur Havzası Master Plan Nihai Raporu"ndan alınmıştır. Veri girişleri yapılan havza elemanları Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Burdur Gölü havza elemanları (Burdur Lake basin units)

TALEP BÖLGELERİ	SULAMA	KARAMANLI SULAMASI
		BADEMLİ SULAMASI
		KARATAŞ SULAMASI
KARAÇAL SULAMASI		
İÇME SUYU	BURDUR İLİ İÇME SUYU	
	KEMER İLÇESİ İÇME SUYU	
	KEÇİBORLU İLÇESİ İÇME SUYU	
	KARAMANLI İLÇESİ İÇME SUYU	
	TEFENNİ İLÇESİ İÇME SUYU	
OSB	BURDUR OSB	
	SÜLEYMAN DEMİREL OSB	
KAYNAKLAR	NEHİR	BOZÇAY DEREİ
		DEĞİRMEN DERE
		BADEMLİ DEREİ
	YERALTI SUYU	ÇATAĞIL AKİFERİ
		İNSUYU AKİFERİ
		GÖKPINAR AKİFERİ
		KEÇİBORLU AKİFERİ
		SÜLEYMAN DEMİREL AKİFERİ
	YERÜSTÜ SUYU	KARAMANLI YÜS
		TEFENNİ YÜS
KEMER YÜS		
DEPOLAMA TESİSLERİ	BARAJ	KARAMANLI BARAJI
		KARAÇAL BARAJI
		BADEMLİ BARAJI
		KARATAŞ DEPOLAMASI
	GÖL	BURDUR GÖLÜ

3.3. WEAP Modeline Ait Verilerin İşlenmesi (Data Processing Belonging to WEAP Model)

Havzada yer alan birimlere ait veriler havzada bulunan meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. Havzadaki meteoroloji istasyonları, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM) ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından işletilmektedir. MGM tarafından işletilen istasyonlarda ihtiyaç olan parametrelere bağlı olmakla birlikte genellikle yağış, sıcaklık, buharlaşma, nem, rüzgar ve basınç ile güneşlenme miktarı gözlemleri yapılmaktadır. DSİ istasyonlarında ise genellikle yağış ve buharlaşma gözlemleri yapılmaktadır [14].

Çalışma kapsamında eldeki verilerle mevcut durum oluşturmuş daha sonra belirli kabuller yapılarak iyimser ve kötümser senaryolar çalışılmıştır. Mevcut durum oluşturulurken talep bölgelerinden sulama ihtiyaçları için master plan raporundan alınan yıllık su ihtiyaçları programa işlenmiştir. İçme suyu ihtiyacı için havzada yer alan nüfus miktarı her yerleşim birimi için ayrı ayrı girilmiştir. Ayrıca organize sanayi için gerekli olan su miktarları da programda yer almaktadır.

Bozçay Deresi (Eren Çayı) üzerinde yer alan Karaçal Barajı, Değirmen Deresi üzerinde yer alan Karamanlı Barajı, Bademli Deresi üzerinde yer alan Karataş Depolaması ve Bademli Barajları ile Burdur Gölü'nün depolama kapasitesi, hacim-satın eğrileri, net buharlaşma miktarları gibi veriler de WEAP programına girilmiştir.

Burdur havzasında özellikle Burdur ili merkezi civarında belgeli-belgesiz çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu durum tekniğine uygun açılmamış sondajları olması sebebiyle istenilen bir durum değildir. Bu çalışma kapsamında Burdur il merkezine içme ve kullanma suyu sağlayan Çatağıl, İnsuyu ve Gökpınar akiferleri ile Keçiborlu ilçesine su sağlayan Keçiborlu akiferi ve Süleyman Demirel organize sanayi bölgesine su sağlayan Süleyman Demirel OSB akiferleri WEAP programına tanımlanmıştır [14].

Burdur havzasında yer alan Karamanlı ilçesine su temin eden Karamanlı yer üstü suyu (YÜS), Tefenni

ilçesine su temin eden Tefenni YÜS ve Kemer ilçesine su temin eden Kemer YÜS kaynakları da WEAP programına tanımlanmıştır. Karamanlı ilçesine içmesuyu ihtiyacı Hokurdaklı kaynak grubu, Küçük Süngülü, Eski Yayla kaynakları, Bağlı orman kaynağı ve Gedik yapı drenajından karşılanmaktadır. Su alma tesisi tipi kaptaj olup sondaj kuyuları kullanılmamaktadır. Tefenni ilçesine Çukurca 1-2, Suçıktı, Camızdamı 1-2, Beypınarı 1-2 ve Biyencik kaptajlarından su temin edilmektedir. Kemer ilçesinin içmesuyu 1956 yılında yapılan Akpınar kaptajından sağlanmaktadır [14].

Modelde kaynaktan talep bölgelerine giden su miktarını tanımlamak amacıyla transmission link (iletim bağlantısı) sekmesi kullanılmaktadır. Karamanlı Barajından Karamanlı Sulamasına, Bademli Barajından Bademli Sulamasına, Burdur'a içme suyu sağlayan akiferlerden Burdur iline gibi benzer iletim bağlantıları yazılıma tanımlanmıştır.

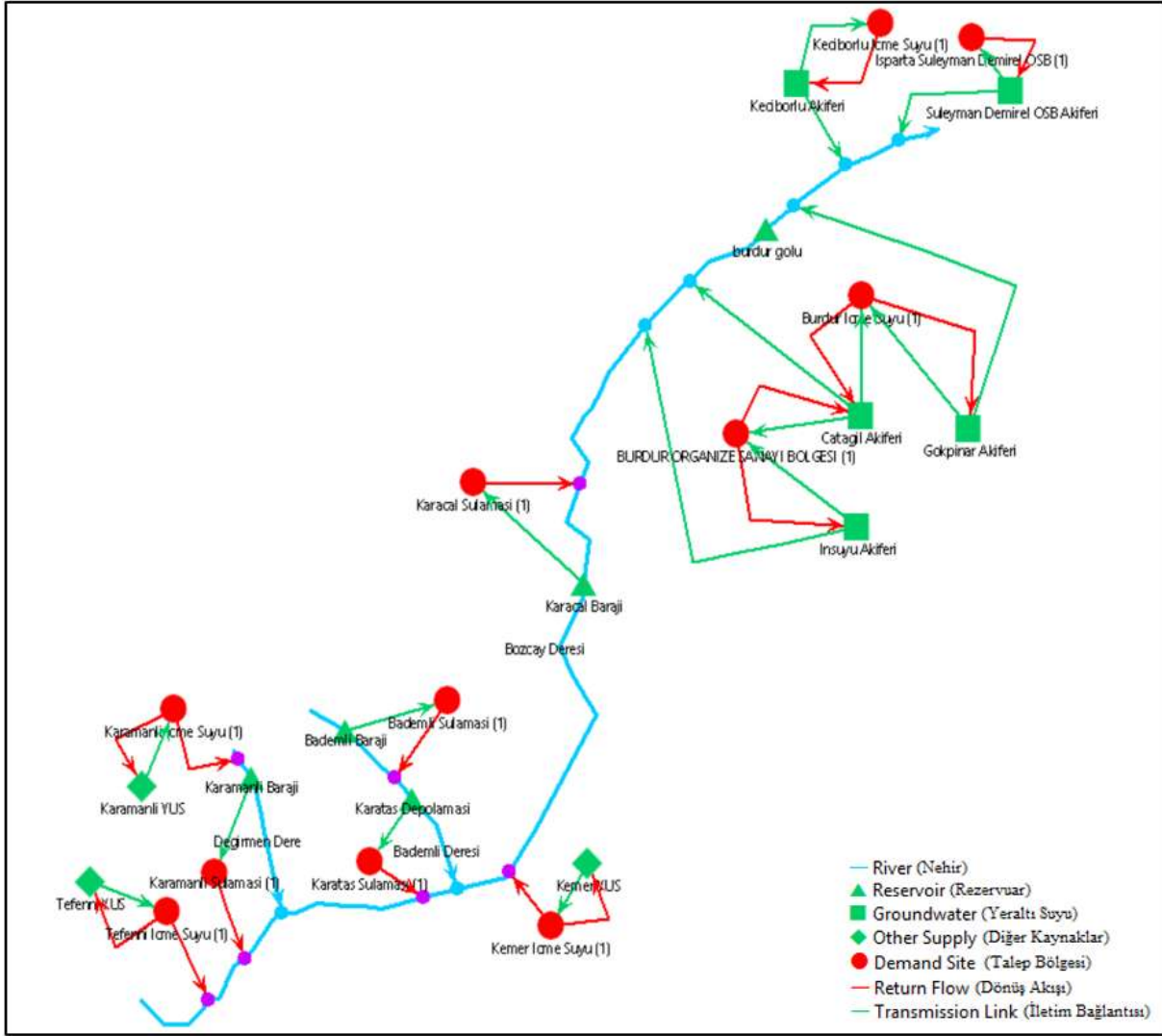
Su talep bölgesine iletdikten sonra geri dönen su miktarlarını tanımlamak için ise return flows (dönüş akışı) sekmesi kullanılmaktadır. Sulamada veya organize sanayide kullanılan suyun geri dönen su miktarı bu kısımda tanımlanmıştır. Programda iletim bağlantıları ve dönüş akışlarının belirli kabuller yapılarak tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Havzanın WEAP modeli Şekil 2'de görülmektedir.

3.3.1. Senaryolar (Scenarios)

Bu çalışma kapsamında WEAP modeli oluşturulup havza verileri programa işlendikten sonra belirli kabuller yapılarak çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Bunlar; senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser senaryo) ve senaryo 3 (kötümser senaryo) olmak üzere 3 kısımdan meydana gelmektedir

3.3.1.1. Senaryo 1: mevcut durum (Scenario 1: current situation)

Senaryo 1 (mevcut durum) senaryosunda, buharlaşma kayıpları, sulamaya veya içme sularında meydana gelen içme suyu kayıpları gibi faktörlerde 2050 yılına kadar herhangi bir artış veya azalış yapılmadan mevcut haliyle yansıtılmıştır.



Şekil 2. Burdur Gölü havzası WEAP modeli (WEAP model of Burdur Lake basin)

3.3.1.2. Senaryo 2: arzın fazla talebin az olması durumu (Scenario 2: high supply low demand situation)

Senaryo 2 (İyimser senaryo)'de havza genelinde su miktarının artacağı, yağışın fazla olacağı, baraj rezervuar hacimlerinde değişme olmayacağı, buharlaşmaların sabit kalacağı, sulamalar için bitki su ihtiyaçlarının azalacağı (%1), alt havzada yer alan il ve ilçelerin nüfuslarının azalacağı (%1), yer altı suyunun rezervuar miktarında artış olacağı (%1), mevcut durumda sulamada %35 olan kayıp miktarlarının %25'e kadar düşebileceği, benzer şekilde içme ve kullanma suyu hatlarında mevcut durumda %30 olan kayıp miktarının da %20'ye kadar düşebileceği kabul edilmiştir.

3.3.1.3. Senaryo 3: talebin fazla arzın az olması durumu (Scenario 3: high demand low supply situation)

Senaryo 3 (kötümser senaryo)'de ise Senaryo 1'in tersi olarak havza genelinde su miktarının azalacağı, yağışın daha az olacağı bu sebeple baraj doluluk oranlarında bir azalma olacağı (%1), buharlaşmaların artacağı (%1), sulamalar için bitki su ihtiyaçlarının artacağı (%1), alt havzada yer alan il ve ilçelerin nüfuslarının artacağı (%1 ila %2), yer altı suyunun rezervuar miktarında azalma olacağı (%1), mevcut durumda sulamada %35 olan kayıp miktarlarının %50'ye kadar çıkabileceği, benzer şekilde içme ve kullanma suyu hatlarında mevcut durumda %30 olan kayıp miktarının da %40'a kadar çıkabileceği kabul edilmiştir.

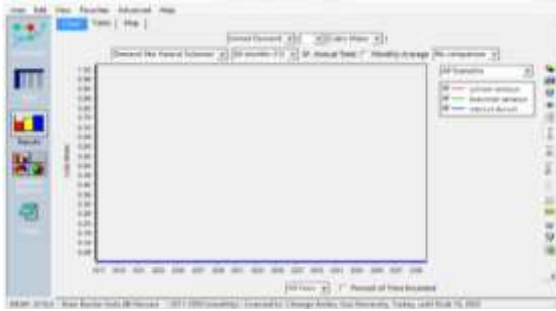
4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Senaryo 1,2 ve 3 şeklinde üç farklı senaryo ile programda analizi yapılan Burdur gölü havzasının analiz sonuçları incelenmiştir. Buna göre;

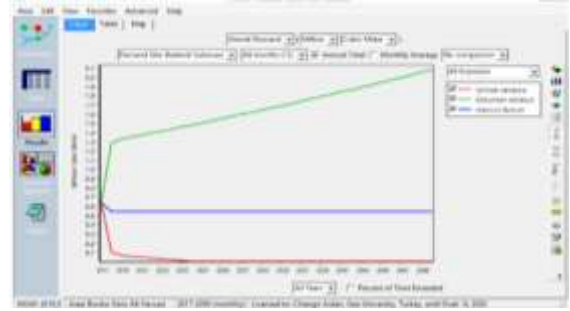
Karaçal sulamasında mevcut durum, iyimser ve kötümser senaryoda 2050 yılına kadar karşılanamayan bir su ihtiyacı yoktur. Bademli ve Karataş sulamalarında sadece iyimser senaryoda karşılanamayan su ihtiyacı yokken kötümser senaryoda Bademli sulamasında 2,1 hm³, Karataş sulamasında ise 45,8 hm³'lük karşılanamayan su ihtiyacı tespit edilmiştir. Karamanlı sulamasında ise iyimser senaryoda 9,1 hm³ kötümser senaryoda 32,2 hm³'lük bir ihtiyaç vardır. Havzada yer alan

sulama taleplerine dair grafikler Şekil 3a, 3b, 3c ve 3d'de yer almaktadır.

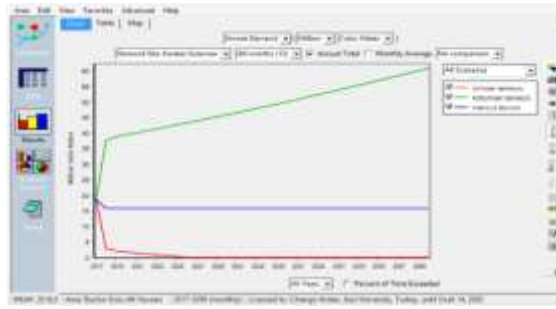
Burdur İlinde mevcut durum, iyimser ve kötümser senaryoda 2050 yılına kadar karşılanamayan bir içme suyu ihtiyacı yoktur. Kemer, Keçiborlu ve Tefenni ilçelerinde mevcut durumda ve iyimser senaryoda karşılanamayan su ihtiyacı yokken kötümser senaryoda Kemer ilçesinde 0,11 hm³ Keçiborlu ilçesinde 0,48 hm³ ve Tefenni ilçesinde 0,91 hm³'lük içme suyu ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Karamanlı ilçesinde ise iyimser senaryoda 0,086 hm³ kötümser senaryoda 1,008 hm³'lük bir ihtiyaç vardır. Havzada yer alan içme suyu taleplerine dair grafikler Şekil 4a, 4b, 4c, 4d ve 4e'de yer almaktadır.



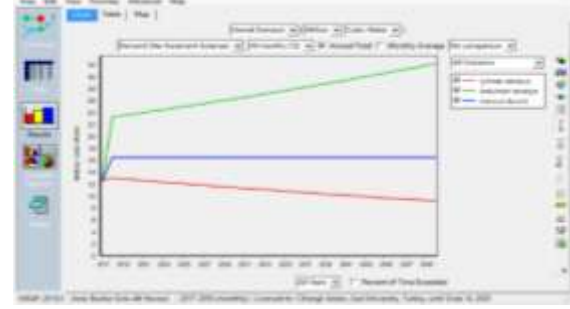
(a)



(b)

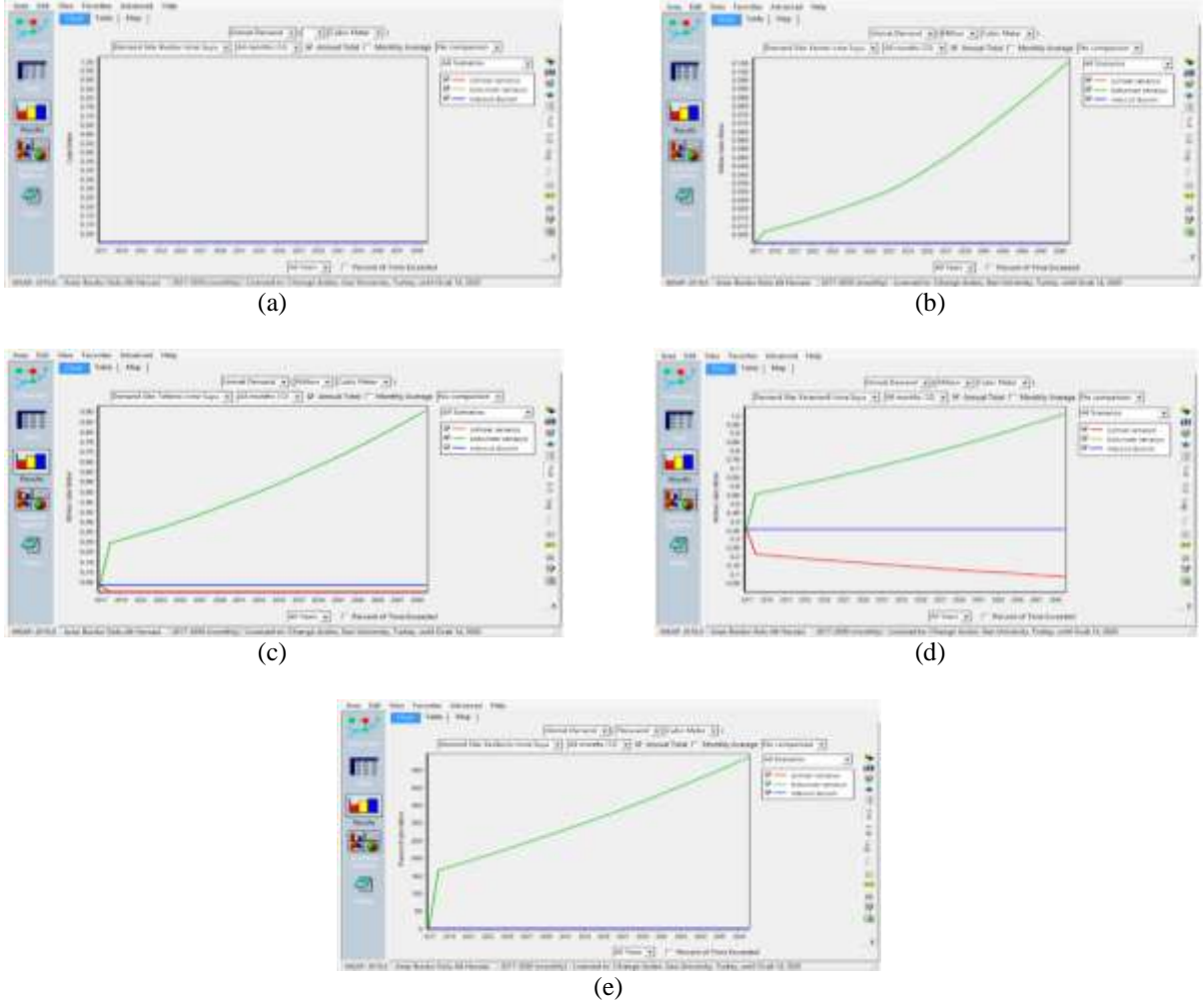


(c)



(d)

Şekil 3. (a) Karaçal sulamasının farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Karaçal irrigation), (b) Bademli sulamasının farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Bademli irrigation), (c) Karataş sulamasının farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Karataş irrigation), (d) Karamanlı sulamasının farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Karamanlı irrigation)

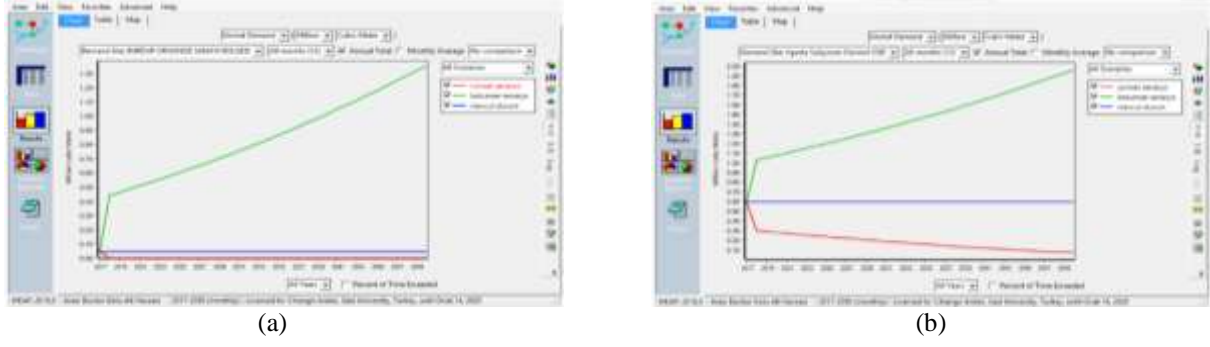


Şekil 4. (a) Burdur ilinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Burdur province), (b) Kemer ilçesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Kemer districts), (c) Tefenni ilçesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Tefenni districts), (d) Karamanlı ilçesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (according to different scenarios unmet demand curves of Karamanlı districts), (e) Keçiborlu ilçesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Keçiborlu districts)

Burdur organize sanayi bölgesinde iyimser senaryoda su ihtiyacı çıkmazken kötümser durumda $1,35 \text{ hm}^3$ su ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesinde iyimser senaryoda $0,69 \text{ hm}^3$ kötümser senaryoda $1,96 \text{ hm}^3$ su ihtiyacı vardır. Havzada yer alan organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyu taleplerine dair grafikler Şekil 5a ve 5b'de yer almaktadır.

Burdur gölü havzasına giren yüzeysel ve yeraltı sularının miktarı mevcut durumda $275,7 \text{ hm}^3$ tür. Bu değer 2017 – 2050 yılları arası iyimser

senaryoda giderek artmakta ve 2050 yılında $353,5 \text{ hm}^3$ olmaktadır. Bu senaryoda havzaya düşen yağışların en bol olduğu, su tüketimlerinin bilinçli ve tasarruflu yapıldığı, kayıpların en az olduğu durumda havzaya girecek su miktarını göstermektedir. 2017 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise su miktarı giderek azalmakta ve 2050 yılında $189,4 \text{ hm}^3$ olmaktadır. Bu senaryoda ise havzaya düşen yağışların çok az olduğu, su tüketimlerinin bilinçsiz bir şekilde yapıldığı, kayıpların çok fazla olduğu durumda havzaya giren su miktarını göstermektedir. Havzadaki toplam akım, rezervuar hacimleri ve karşılanamayan toplam talep miktarları Şekil 6'da yer almaktadır.



Şekil 5. (a) Burdur organize sanayi bölgesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Burdur organized industry site), (b) Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesinin farklı senaryolara göre karşılanamayan talep eğrileri (According to different scenarios unmet demand curves of Isparta Süleyman Demirel organized industry site)

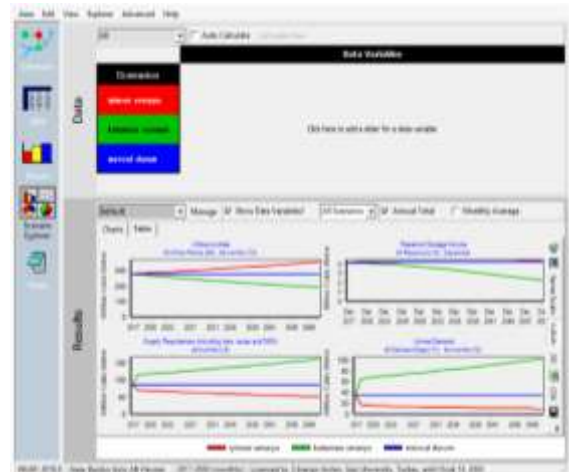


Şekil 6. Burdur Gölü havzası toplam su bilançosu (Total water balance sheet of Burdur Lake basin)

Burdur gölü havzası toplam su ihtiyacı incelenecek olursa havzada kayıpları içermeyen toplam su talep miktarı (water demand) mevcut durumda yaklaşık $57,9 \text{ hm}^3$ iken iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $41,6 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $82,8 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise (supply requirement) mevcut durumda $83,6 \text{ hm}^3$ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda $49,4 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $160,3 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı (unmet demand) grafiği incelendiğinde ise Burdur gölü havzasının mevcut durumda toplam $33,8 \text{ hm}^3$ 'lük bir ihtiyacın karşılanmadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda $9,3 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık $100,7 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit

edilmiştir. Yukarıda yer alan miktarların grafikleri Şekil 7'de yer almaktadır.



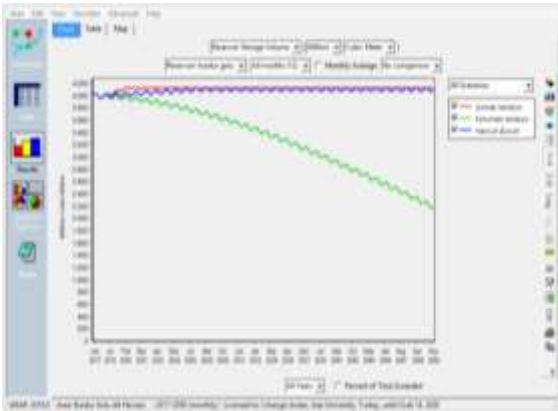
Şekil 7. Burdur Gölü havzası toplam akış, toplam rezervuar hacmi ve karşılanamayan talep eğrileri

(Total flow, total reservoir volume and unmet demand curves of Burdur Lake basin)

Mevcut durumdaki hacmi 4109,22 hm³ olan Burdur gölünün etrafında oldukça fazla kayıtlı olmayan sondaj bulunmaktadır [14]. Bu sondajlar doğrudan veya dolaylı olarak göl hacmini etkilemektedir. Burdur havzası master plan raporunda yer alan ve Şekil 8'de yer alan Burdur gölünün 1984'te ve 2016'da çekilmiş uydu görüntüleri durumun ciddiyetini göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda ise kötümser durumda mevcut göl hacminin 2164 hm³'e kadar düşebileceği Şekil 9'da yer almaktadır.



Şekil 8. Burdur Gölü 1984 ve 2016 yılları uydu görüntüleri (1984 and 2016 satellite images of Burdur Lake)



Şekil 9. Burdur Gölü'nün farklı senaryolara göre 2017 - 2050 yılı rezervuar hacmi eğrileri (According to different scenarios reservoir volume curves of Burdur Lake between 2017 - 2050)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) meteoroloji istasyonlarından temin edilen hidrolojik veriler ile Türkiye İstatistik Kurumu, İller Bankası gibi kurumlardan elde edilen veriler doğrultusunda Burdur gölü havzasında yer alan nehir (Bozçay, Değirmen, Bademli), yeraltı suyu (Çatağıl, İnsuyu, Gökpınar, Keçiborlu, Süleyman Demirel OSB), yerüstü suyu (Karamanlı, Tefenni, Kemer), baraj/göl (Karamanlı, Karaçal, Bademli, Karataş Barajları ve Burdur Gölü) ile sulama (Karamanlı, Bademli, Karaçal, Karataş), içme ve kullanma suyu (Burdur ili, Tefenni ilçesi, Karamanlı ilçesi, Kemer ilçesi, Keçiborlu ilçesi, Burdur ve Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgeleri) elemanları sisteme tanımlanarak WEAP programına girilmesiyle WEAP modeli oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında mevcut verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturmuş daha sonra belirli kabuller yapılarak senaryo 2 (iyimser senaryo) ve senaryo 3 (kötümser senaryo) ile farklı analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda Burdur gölü havzasına giren yüzeysel ve yeraltı sularının miktarı mevcut durumda 275,7 hm³ iken bu değer 2050 yılında 353,5 hm³ olabileceği, kötümser senaryoda ise 189,4 hm³ olabileceği belirlenmiştir. Mevcut durumda 33,8 hm³ olan karşılanamayan su ihtiyacının ise 2050 yılında iyimser senaryoda 9,3 hm³, kötümser senaryoda 100,7 hm³ olabileceği tespit edilmiştir.

Ayrıca mevcut hacmi 4109,22 hm³ olan Burdur gölünün hacminde havzada yer alan sondajların fazlalığı sebebiyle azalma olduğu, kötümser senaryoda bu miktarın 2164 hm³'e kadar düşebileceği belirlenmiştir.

Burdur gölü havzasında yer alan mevcut suyun uzun vadede etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak için aşağıda yer alan hususlara dikkat edilmelidir;

- Havzada belgeli - belgesiz fazla miktarda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Sondaj kuyularının fazla olması yer altı suyu miktarını oldukça fazla etkilemekte bu durum hem Burdur gölü üzerinde olumsuz bir etki yapmakta hem de Burdur gölüne boşalan akımlar üzerinde olumsuz bir etki yapmaktadır. Bu sebeple yeraltı suyu kullanımları ve özellikle belgesiz kuyuların kontrol altına alınması gerekmektedir.
- Havzada gerek sulama gerekse içme suyu teminindeki kayıp - kaçak oranı oldukça fazladır. Havzada yer alan belediyelerin içme suyu şebekelerini yenilemesi ve oldukça fazla olan kayıp kaçak miktarının azaltılması gerekmektedir. Benzer şekilde sulamada meydana gelen kayıp kaçak miktarlarının önüne geçilebilmesi için sulama tesislerinin de modernize edilmesi gerekmektedir. Havzada yer alan rezervuarlarda meydana gelen buharlaşma kayıplarını önlemek için çeşitli çalışmalar yapılmalıdır.
- Su kullanımı konusunda gerek lokal ve bölgesel halkın bilinçlendirilmesi, insanların bireysel düzeyde su tasarrufuna yönlendirilmesi bu konuda çeşitli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, "Suyun Önemi", *isu.gov.tr*, [Online]. Available: <https://www.isu.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=42>. [Accessed: Jan. 02,2019]
- [2] Su Vakfı, "Su Medeniyeti", *suvakfi.org.tr*, [Online]. Available: <http://www.suvakfi.org.tr/su-medeniyeti/>. [Accessed: Jan. 08,2019]
- [3] A. Ünver, "Su Kaynaklarının Yönetimi ve Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Sulama Kooperatifleri", M. S. thesis, Namık Kemal University, Tekirdağ, 2016.
- [4] T. Smedly, "Is the World Running out of Fresh Water", *bbc.com*, [Online]. Available: <http://www.bbc.com/future/story/20170412-is-the-world-running-out-of-fresh-water>. [Accessed: Jan. 02,2019]
- [5] M.T. Özmen, *Sel - Taşkın Türkiye ve Antalya*, Antalya, Turkey, 2015.

- [6] A. Ulurmak, "Türkiye'de Su Yönetimi," M. S. thesis, Ankara University, Ankara, 2014.
- [7] K. White, S. V. Vaddey, A. F. Hamlet, S. Cohen, D. Neilsen, W. Taylor, "Integrating climate impacts in water resource planning and management", 13th International Conference on Cold Regions Engineering, 2006.
- [8] N. B. Harmancıoğlu, A. Gül, O. Fıstıkoğlu, "Entegre su kaynakları yönetimi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, vol. 419, no. 3, pp. 35-39, 2002.
- [9] B.Ç. Muluk, B. Kurt, A. Turak, A. Türker, M.A. Çalışkan, Ö. Balkız, S. Gümrükçü, G. Sarıgül, U. Zeydanlı, "Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif," İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi, Istanbul, Turkey, Tech Report. 2013.
- [10] S. Yılmaz, "Abdal Çayı Havzasında (Samsun) Su Yönetimi", M. S. thesis, Ondokuz Mayıs University, Samsun, 2017.
- [11] Global Water Partnership Technical Advisory Committee (TAC), "Integrated Water Resources Management," Global Water Partnership, Stockholm, Sweden, Tech. Report. 2000.
- [12] R. Arranz, M. McCartney, "Application of the Water Evaluation and Planning (WEAP) model to assess future water demands and resources in the Olifants catchment, South Africa", Colombo, Sri Lanka: *International Water Management Institute*, pp. 103 (IWMI Working Paper 116), 2007.
- [13] Stockholm Çevre Enstitüsü, "WEAP", *weap21.org*, [Online]. Available: <https://www.weap21.org/index.asp?action=200>. [Accessed: Jan. 08,2019]
- [14] E.D. Löker, "Burdur Havzası Master Plan Raporu," Hidromark Mühendislik Müşavirlik A.Ş., Ankara, (2017).
- [15] Stockholm Çevre Enstitüsü, "WEAP tarihçesi", *weap21.org*, [Online]. Available: <https://www.weap21.org/index.asp>. [Accessed: Jan. 08,2019]

ÖZGEÇMİŞ

Zeliha SELEK

Zeliha Selek, Mersin - Erdemli doğumludur. 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği anabilim dalında doktorasını tamamlamıştır. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği'nde Doçent olarak görev yapmaktadır. Hidrolik anabilim dalı, su kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması konularında çalışmalar yapmaktadır.

Cihangir ARSLAN

Cihangir Arslan, Ankara doğumludur. 2013 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği ve Makine Mühendisliği bölümlerinden mezun olmuştur. 2018 yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği'nde yüksek lisansını tamamlamış aynı fakültenin İnşaat Mühendisliği'nde yüksek lisansına devam etmektedir. Su kaynaklarının geliştirilmesi ile barajlar ve hidroelektrik santraller üzerine çalışmalar yapmaktadır.