ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURTBOĞAZI BARAJI HAVZASININ HİDROLOJİK WEAP MODELİ ANALİZ UYGULAMASI

Turan KAYALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Turan KAYALI tarafından hazırlanan **"Kurtboğazı Barajı Havzasının Hidrolojik WEAP Modeli Analiz Uygulaması"** adlı tez çalışması 10/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Jüri Üyeleri **:**

Başkan: : Doç. Dr. Atila Gürhan ÇELİK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Giresun Üniversitesi

Üye: **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye: **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Kurtboğazı Barajı Havzasının Hidrolojik WEAP Modeli Analiz Uygulaması"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (10/09/2021).

Turan KAYALI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KURTBOĞAZI BARAJI HAVZASININ HİDROLOJİK WEAP MODELİ ANALİZ UYGULAMASI

Turan KAYALI

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Bu çalışmada, Kurtboğazı Havzasına dair su bütçesinin hesaplanması ve entegre su kaynakları yönetimi için WEAP ("Water Evaluation and Planning" System) programından yararlanılmıştır. WEAP Modelinde, akım gözlem istasyonlarından elde edilen uzun yıllar (1930-2015) yağış, akış, buharlaşma vb. gibi hidrolojik verileri ile nüfus, sulama arazileri ve endüstriyel su kullanımlarına ait istatistiki veriler kullanılmıştır. Söz konusu veriler dikkate alınarak WEAP programında model oluşturulmuştur. Oluşturulan model ile geleceğe yönelik (2010-2020) iyimser ve kötümser senaryolar türetilerek havzanın su bilançosu hesaplanmıştır.

2021, 77 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Entegre su kaynakları yönetimi, Havza yönetimi, WEAP modeli, Kurtboğazı havzası

ABSTRACT

Master of Science Thesis

ANALYSIS OF HYDROLOGIC WEAP MODEL OF KURTBOĞAZI DAM BASIN

Turan KAYALI

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Başak VARLI BINGOL

In this study, water budget calculation and integrated water resources management (WEAP) program were used for the Kurtboğazı Basin. In the WEAP model, hydrological data such as precipitation, flow, evaporation, etc., which are obtained from current observation stations (1930-2015), and data on population, irrigation lands and industrial water use were used. Based on these data, a model was created in the WEAP program. With the model, the optimistic and pessimistic scenarios were derived for the future (2010-2020) and the water balance of the basin was calculated.

2021, 77 pages

Keywords: Integrated water resources management, Watershed management, WEAP model, Kurtboğazı basin

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada, Türkiye' deki önemli havzalardan biri olan Kurtboğazı Barajı Havzasının su kaynakları yönetimi için WEAP modeli geliştirilmiştir. Su kaynaklarının yitirilmemesi, geleceğinin tehlikeye düşmemesi için sürdürülebilirlik bakış açısıyla uzun yılları kapsayan dönemler boyunca nihai hedeflere ulaşmayı nasıl sağlayacağını belirlemek için WEAP modelinin bileşenlerinin belirlenmesi ve davranışlarının tahmin edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Yüksek lisans tezimi yapma sürecinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doktor Öğretim Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL 'e çok teşekkür ederim. Ayrıca, Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği akademik personeline ve Çankırı ilinde bana yardım eden herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu günlere getiren anne babama, çalışmamı tamamlamam için gösterdiği manevi destek ve yardımları için sevgili eşim Şeyma'ya minnettarlığımı belirtmek isterim. Çalışmam boyunca bana kattıkları neşe ile enerjimi yenileyen oğullarım Orhan ve Sinan'a sevgilerimi gönderiyorum.

Turan KAYALI
Çankırı, Eylül 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tanımı **4**
1.1.1 Çalışmanın amacı ve kapsamı **4**
2. GENEL BİLGİLER **6**
2.1 Türkiye'de Su Kaynakları **6**
2.1.1 Akarsular ve göller **6**
2.1.2 Yağış **6**
2.1.3 Türkiye'de su tüketimi **7**
2.2 Türkiye'de Su Yönetimi **8**
2.2.1 DSİ **8**
2.2.2 Türkiye'de su yönetiminde sorunlar **9**
3. HİDROLOJİK MODELLEME **14**
3.1 Neden Hidrolojik Modellere İhtiyacımız Var? **15**
3.1.1 Süreç anlayışı **16**
3.1.2 Senaryo analizi **16**
3.2 2001-2015 Döneminde Hidrolojik Modelleme **16**
3.3 Hidrolojik Modelleme Kavramı **18**
3.4 Hidrolojik Modellerin Sınıflandırılması **19**
3.4.1 Yeraltı suyu modellemesi **19**
3.4.2 Dağıtılmış hidrolojik model **21**
3.4.3 Kompozit modeller **21**
3.5 Havza Modellemede Kullanılan Hidrolojik Modeller **22**
3.5.1 SWAT **22**

3.5.2 MIKE-SHE 23
3.5.3 HSPF 25
3.5.4 WEAP 28
4. ÇALIŞMA ALANI 32
4.1 Kurtboğazı Barajı Havzası' nın Tanıtımı 32
4.2 Kurtboğazı Barajı Havzası Konumu 35
4.3 Coğrafi Durum 36
4.4 Akarsular 37
4.5 Meteorolijik ve İklimsel Özellikler 40
4.6 Su Kaynakları ve Hidrolik Yapılar 48
4.7 Nüfus 49
4.8 Tarım ve Sulama 51
4.9 Bölge Hidrolojisi 52
5. KURTBOĞAZI BARAJI HAVZASI ANALİZİ UYGULAMASI 53
5.1 Veriler 54
5.2 Yapılan Kabuller 59
5.3 Kurtboğazı Barajı Havzası' nda Weap Modeli Uygulaması 60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 73
KAYNAKLAR 74
ÖZGEÇMİŞ 77

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa birliği
DMIP	Dağıtılmış model karşılaştırma projesi
DSİ	Devlet su işleri
GIS	Coğrafik bilgi sistemi
HRU	Hidrolojik yanıt havzası
HSPF	Hidrolojik simülasyon programı
NASA	Amerikan uzay ajansı
RS	Uzaktan algılama
SEI	Stockholm çevre enstitüsü
SWAT	Toprak ve su değerlendirme aracı
WEAP	Su değerlendirme ve planlanması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Kurtboğazı barajı havzası weap modelinin şeması 2
Şekil 1.2 WEAP veri görünümü 3
Şekil 1.3 Taleb bölgeleri birimleri 3
Şekil 1.4 Taleb ve kaynak birimleri 4
Şekil 3.1 Hidrolojik döngü 19
Şekil 3.2 Yüzey suyu döngüsü 20
Şekil 3.3 Saltmod bileşenleri 21
Şekil 3.4 Örnek MIKE-SHE modeli 24
Şekil 4.1 Kurtboğazı barajından bir görünüm 32
Şekil 4.2 Kurtboğazı Barajı havzası konumu 36
Şekil 4.3 Kurtboğazı Barajı Kuşbakışı Görünüşü (www.wowTURKEY.com) 37
Şekil 4.4 Kurtboğazı barajını besleyen akarsulardan olan mera çayı 39
Şekil 4.5 Kurtboğazı barajını besleyen akarsulardan olan pazar deresi 39
Şekil 4.6 İncegez tüneli çıkış noktası (kurtboğazı barajı). 40
Şekil 4.7 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2015 yılları aylara göre sıcaklık ortalaması 42
Şekil 4.8 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 2015 yılları arasında aylara göre toplam yağış miktarı 42
Şekil 4.9 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 2010 yılları arasında aylık maksimum yağış miktarı 43
Şekil 4.10 Kızılcahamam ilçesi 1973 ile 2011 yılları arasında aylık toplam buharlaşma 43
Şekil 4.11 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2007 yılları arasında aylara göre minimum sıcaklık değerleri 44
Şekil 4.12 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre maksimum sıcaklık değerleri 44
Şekil 4.13 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre ortalama nispi nem 45
Şekil 4.14 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2005 yılları arasında aylara göre ortalama rüzgar hızı 46
Şekil 4.15 Kızılcahamam ilçesi 1985 ile 2005 yılları arasında aylara göre maksimum rüzgar hızı 46
Şekil 4.16 Kızılcahamam ilçesi 1931 ile 1966 yılları arasında ayara göre en yüksek kar örtüsü 47
Şekil 4.17 Kızılcahamam ilçesi 1930 ile 1966 yılları arasında aylara göre kar yağışlı gün sayısı 47
Şekil 4.18 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 1967 yılları arasında aylara göre yağışlı gün sayısı 48
Şekil 4.19 Kızılcahamam ilçesinin yıllara göre nüfus değişimi 50
Şekil 4.20 Ankara ili için yıllara göre nüfus değişimi 51

Şekil 4.21 Gözlem süresi 37 yıl olan akım gözlem istasyonunun aylık ortalama debi miktarı…….52

Şekil 5.1 Sakarya havzası' nın genel görünümü 61
Şekil 5.2 Sakarya havzası entegre su kaynakları yönetimi konusunda oluşturulan model 61
Şekil 5.3 Kavşakkaya barajı' ndan kurtboğazı barajına aktarılan su miktarları (referans senaryo) 62
Şekil 5.4 Kavşakkaya barajı' ndan kurtboğazı barajına aktarılan su miktarları (kötümser senaryo) 63
Şekil 5.5 Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (kötümser senaryo) 63
Şekil 5.6 Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (iyimser senaryo) 64
Şekil 5.7 Tarımsal sulama talebine göre senaryoların grafikleri 64
Şekil 5.8 Tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının aylara göre kullanım oranları 65
Şekil 5.9 Ankara ilinin kötümser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri .. 65
Şekil 5.10 Ankara ilinin iyimser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri (iyimser senaryo) 66
Şekil 5.11 Kurtboğazı barajı' na ait taşkın su miktarı değerleri 66
Şekil 5.12 Kurtboğazı barajı' na ait buharlaşma değerleri (kötümser senaryo)..... 67
Şekil 5.13 Kurtboğazı barajı' na ait buharlaşma değerleri (iyimser senaryo)..... 67
Şekil 5.14 Organize sanayi bölgelerine aktarılan su miktarlarının yıllık kullanım miktarları (iyimser senaryo) 68
Şekil 5.15 Organize sanayi bölgelerine aktarılan su miktarlarının yıllık kullanım miktarları (kötümser senaryo) 68
Şekil 5.16 Organize sanayi su talebine göre senaryoların grafikleri..... 69
Şekil 5.17 Kötümser senaryo için yıllık içmesuyu tüketim değerleri. (2020-2030).. 69
Şekil 5.18 İyimser senaryo için yıllık içmesuyu tüketim değerleri. (2020-2030)..... 70
Şekil 5.19 İyimser senaryoya göre kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (2020-2030)... 70
Şekil 5.20 Kötümser senaryoya göre Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları. (2020-2030).. 71
Şekil 5.21 Organize Sanayi su talebine göre senaryoların grafikleri. (2020-2030)... 71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 WEAP yazılımında öne çıkan özellikler 2
Çizelge 4.1 2015 yılına ait kurtboğazı barajı/göleti aylık işletme tablosu (çıkan) .. 33
Çizelge 4.2 2015 yılına ait kurtboğazı barajı/göleti aylık işletme tablosu (giren) ... 34
Çizelge 4.3 Kızılcahamam ilçesinin yıllara göre nüfusu 50
Çizelge 4.4 Ankara ilinin yıllara göre nüfusu 51
Çizelge 5.1 Organize sanayi su talebi (hm^3) 54
Çizelge 5.2 Tarımsal sulama su talebi (hm^3) 55
Çizelge 5.3 İçmesuyu su talebi (hm^3) 55
Çizelge 5.4 Taşkın su kaybı (hm^3) 56
Çizelge 5.5 Buharlaşma su kaybı (hm^3) 57
Çizelge 5.6 Kavşakkaya' dan gelen su miktari (hm^3) 57
Çizelge 5.7 Eğrekkaya' dan gelen su miktari (hm^3) 58
Çizelge 5.8 Kendi havzasi' ndan gelen su miktari (hm^3) 59

1. GİRİŞ

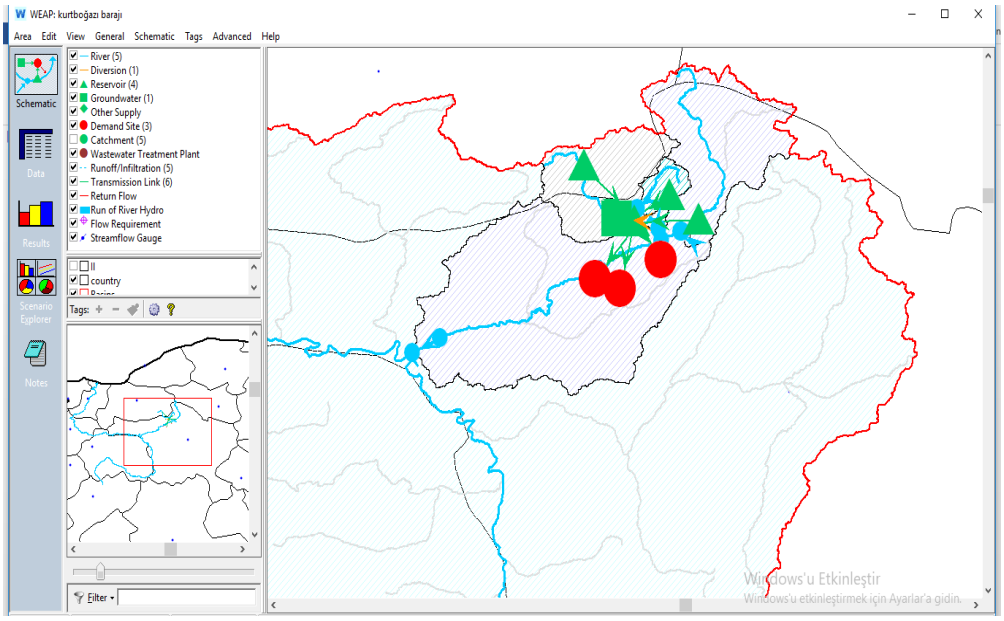
İnsanlar yaklaşık olarak 7000 yıl öncesinde yerleşik hayata geçmiştir ve su ile ilgili problemler yaşamaya başlamıştır, tarımda kullanmak üzere sulama yapma, nehir yataklarından kaynaklanan taşkınlardan korunmak, günlük kullanım için su ihtiyaçlarını karşılamak gibi problemler yaşamışlardır. Yerleşik hayata geçişin ardından insanlar yerleşim yerlerini suya yakın, sulak alanlar veya akarsu kenarları, konumlarda kurmuşlardır. Hayatın vazgeçilmezi olan su, insanlık tarihi boyunca vereceği zararları en aza indirmek, faydalanmak, paylaşmak gibi durumlarda uygulanmak üzere kuralları sürekli olarak var olmuştur. (Türkman vd. 2001). Suyun bu kadar önemli olması sebebiyle su kaynaklarının yönetimi gerekmektedir. Günümüzün en önemli konularından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su kaynakları yönetim kavramı; Bulunduğu bölgedeki enerji gereksinimleri, tarımsal faaliyetleri, sosyo-ekonomik gelişmeleri, toplumsal ihtiyaçları fazlasıyla etkilemektedir ve yön vermektedir. Bu sebepten suyun kullanımı konusu bilinçli şekilde ele alınması gereken biri konu olmaktadır (Grigg 1999).

Kurtboğazı Barajı havzası' nın su yönetim sisteminin modellenmesinde kullanılan yazılım, Stockholm Çevre Enstitüsü tarafından geliştirilen Su Değerlendirme ve Planlama Sistemidir (WEAP). Bu yazılım için lisans ücreti, Türkiye dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerdeki akademik, hükümet ve diğer kar amacı gütmeyen kuruluşlar için muaf tutulmaktadır. Bu yazılımı kullanmanın önemli sebeplerinden bazıları, entegre bir yaklaşıma sahip olması, kolayca modellenmesi, öncelikli bir su dengesi metodolojisi kullanması ve farklı bir senaryoyu kolayca uygulama imkanının olmasıdır (Çizelge 1.1). WEAP yazılımı ayrıca coğrafi bilgi sistemleri (GIS) Shapefiles gibi modeller oluşturmaya yardımcı olmak için grafik dosyalarını diğer yazılım sistemlerinden alan bir grafik Kullanıcı ara yüzü kullanmaktadır. Kurtboğazı Barajı Havzası için oluşturulan WEAP modeli şematik olarak Şekil 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1 WEAP yazılımında öne çıkan özellikler

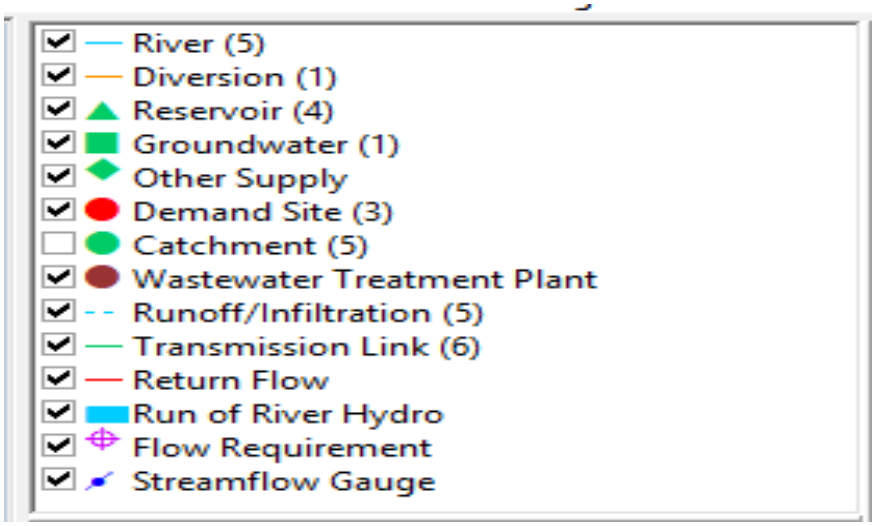
Entegre Yaklaşım	Entegre su kaynakları planlama değerlendirmelerini yürütmek için eşsiz bir yaklaşımdır.
Bütüncül Süreç	Şeffaf yapıya sahiptir, farklı bileşenlerin mevcut sürece katılımını kolaylaştırmaktadır.
Su Dengesi	Bir veritabanı, bağlantı-düğüm (link-node) mimarisinde toplam denge modelini yürütmek için su talebini ve tedarik bilgisini korur.
Simülasyon Tabanlı	Değişen hidrolojik ve farklı senaryolar altında su talebini, tedarik, su akışını, sızma, akışları, depolamayı ve kirlilik oluşumunu, arıtılmasını, tahliyesini ve akış suyu kalitesini hesaplar.
Farklı Senaryolar	Çok çeşitli su geliştirme ve yönetim seçeneklerini değerlendirir ve çoklu ve rekabet eden su sistemlerinin kullanımlarını dikkate alır.
Kullanıcı Dostu Arayüz	Grafiksel sürükle - ve - bırak GIS tabanlı bir arayüz, haritalar, çizelgeler ve tablolar gibi esnek model çıktısı mevcuttur.



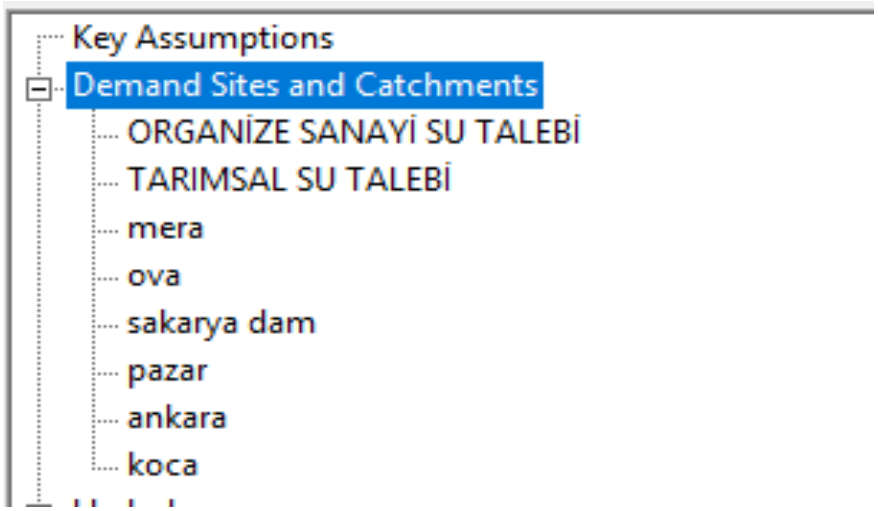
Şekil 1.1 Kurtboğazı barajı havzası WEAP modelinin şeması

Kurtboğazı Barajı Havzası WEAP modelinde üç ana ekran kullanılmaktadır. İlk ekran, Şekil 1.1'de gösterildiği gibi şematik görünümdür. Bu ekran kullanıcının düğümler, talep siteleri, iletim bağlantıları vb. bileşenleri eklemesini sağlamaktadır. İkinci ekran, Şekil 1.2' de gösterildiği gibi veri görünümüdür. Temel varsayımlar, talep alanları, hidroloji,

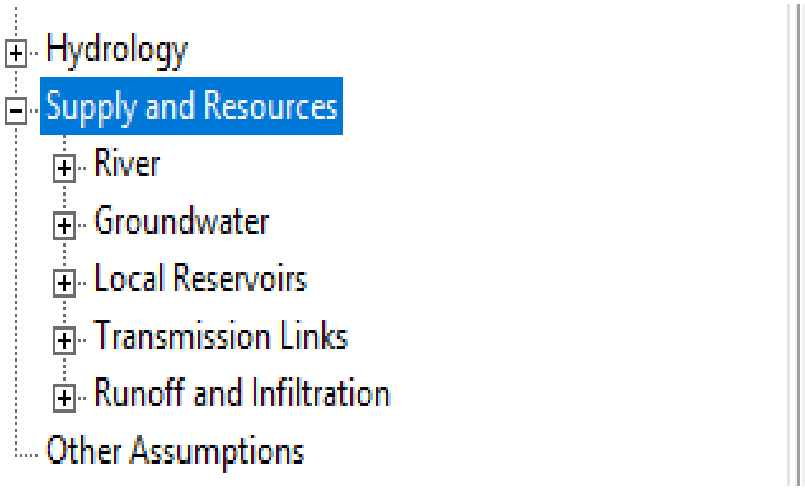
arz ve kaynaklar ve diğer varsayımlar dahil olmak üzere farklı bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin her biri Şekil 1.3'de daha küçük dallara ayrılmıştır. İlk olarak, arz ve kaynaklar beş alt şubeye ayrılmıştır; nehir, yeraltı suyu, yerel rezervuarlar ve iletim bağlantıları Şekil 1.4'de gösterildiği gibi bağlanması. Kullanılan son ekran görünümü sonuçlar içindir. Bu ekran, model çalıştırıldıktan sonra kullanılır ve sonuçları grafiksel veya tablo halinde görüntülenmektedir. Model ayrıca, kullanıcıya sonuçları değişken (csv) dosyasına veya bir elektronik tablo dosyası yardımıyla verebileceği bir özelliğe sahiptir.



Şekil 1.2 WEAP veri görünümü



Şekil 1.3 Talep bölgeleri birimleri



Şekil 1.4 Talep ve kaynak birimleri

1.1 Problemin Tanımı

Su kaynakların verimli kullanımı için gereken su kaynaklarının yönetimi sistemi detaylıca ele alınması gerekmektedir. Ankara ve çevresinin su ihtiyacını, tarımsal sulama ve sanayi ihtiyacını karşılan Kurtboğazı Barajı Havzası' nın su yönetimi sisteminin oluşturulması ve gelecek için senaryolarının ele alınması gerekmektedir. Amaçlar belirlenmez ve amaçlara ulaşmak için yapılması gerekenler belirlenmezse su sıkıntısının yaşanılması kaçınılmazdır. Bu tez kapsamında, bu durumla karşılaşmamak için su yönetim sistemi oluşturulmuştur.

1.1.1 Çalışmanın amacı ve kapsamı

Su kaynaklarıyla ilgili yapılacak çalışmalar uzun dönemli planlamayı gerektirmektedir. Su kaynakları geliştirme planları Türkiye'de ve diğer birçok ülkede uzun yılları içine alacak şekilde örnek verilecek olursa 50 yıl 100 yıl gibi dönemleri içine alacak şekilde yapılmaktadır. Fakat yaşadığımız zamanda uzun dönemleri kapsayan planların gerçekleşmesi zordur. Çünkü günümüz dünyası sürekli değişmektedir ve farklı durumlar gerçekleşmektedir. Bundan dolayı yapılan planların sürekli olarak yeniden ele alınması diğer bir deyişle revize edilmesi gerekmektedir. Dinamik yapıya sahip bir su kaynakları yönetimi yaklaşımı benimsenmesi faydalı olacaktır.

Bu çalışmada Türkiye' deki önemli havzalardan biri olan Kurtboğazı Barajı Havzasının su kaynakları yönetimi için WEAP modeli geliştirilmiştir. Su kaynaklarının yitirilmemesi, geleceğinin tehlikeye düşmemesi için sürdürülebilirlik bakış açısıyla uzun yılları kapsayan dönemler boyunca nihai hedeflere ulaşmayı nasıl sağlayacağını belirlemek için WEAP modelinin bileşenlerinin belirlenmesi ve davranışlarının tahmin edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Sunulan tezde, genel bilgiler 2. bölümde, hidrolojik modelleme tanımı ve çeşitleri ise 3. Bölümde verilmektedir. Bölüm 4'te ise Kurtboğazı Barajı Havzası' nın özellikleri ve yapısı ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında Kurtboğazı Barajı Havzası hakkında bilgileri DSİ' den elde edilen bilgilerden faydalanılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

İkinci bölümde Türkiye' de su kaynakları, Türkiye' de su tüketimi ve Türkiye' de su yönetimi alt başlıkları açıklanmıştır. Bu genel bilgiler ışığında Türkiye' nin durumu anlaşılmaktadır.

2.1 Türkiye'de Su Kaynakları

2.1.1 Akarsular ve göller

Türkiye Akdeniz'in en su zengini ülkelerden biridir, fakat 1960 yılında 28 milyon ,2000 yılında 68 milyona muazzam nüfus artışından dolayı su kaynaklarının kullanılabilirliği 4000 m³' den bugün 1500 m³ kişi başına/yıl değerine düşmüştür. Türkiye'de su talebi, geçen yüzyılın ikinci yarısında yaklaşık iki katına çıkmıştır. Türkiye'deki genel su talebi, kuraklığın (veya iklim değişikliğinin) etkileri ışığında daha da artmaya devam etmektedir. Türkiye, önümüzdeki yıllarda su kıtlığından mustarip olacaktır (Doğdu ve Sağnak 2008).

Türkiye toplam su arzının % 73,2'si tarımsal sulamada, % 15,5'i, % 11,3'ü iç ve evsel kullanım için kullanılmaktadır (Doğdu ve Sağnak 2008).

Türkiye hidrolojik özelliklerine uyan 25 havzaya bölünmüştür. Nehirlerin çoğu Türkiye menşeli olup, 120'den fazla doğal göl, 293 baraj ve 1000 küçük baraj rezervuarı bulunmaktadır. Havzalarda yıllık ortalama akış 186 BCM' dir. Türkiye'nin su potansiyelinin% 28,4'üne sahip olan Fırat-Dicle Nehri Havzası, hem yüzey alanı hem de su potansiyeli açısından en büyük havzadır.

2.1.2 Yağış

Türkiye'de Ekim 2017 ile Şubat 2018 arasında ortalama yağış 292.6 milimetre (mm) şeklinde gerçekleşmiştir. Geçen sene aynı dönemde yağış miktarı 229.6 mm'dir. Bu yılki yağış miktarı ulusal tarihsel ortalamanın % 9 altında olsa da, geçen yıla göre % 28 daha

yüksek olarak gerçekleşmiştir. Şubat ve Mart aylarında ülkenin çoğunda oldukça şiddetli yağışlar görülmüştür.

Yağışlarda bir önceki yıla göre en fazla artış gösteren bölgeler Akdeniz Bölgesi, ardından Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleridir. Akdeniz bölgesindeki ekim ile ocak ayları arasında toplam yağış miktarı 438,5 mm, bu bölge için ortalama seviye 453,1 mm'dir. Bu yağış miktarı, Akdeniz bölgesi için ulusal tarihi ortalamanın % 3 altında, geçen yıla göre % 45 oranında daha düşüktür.

İç Anadolu Bölgesi'nde Ekim-Ocak ayları arasında toplam yağış miktarı 173,5 mm, bölge için ortalama seviye 198.9 mm'dir. Bu yağış miktarı İç Anadolu bölgesi için ulusal tarihi ortalamanın % 13'ünden daha düşük, geçen yıla göre ise % 44 daha yüksektir. Yeterli kış yağmuruna rağmen, büyümeyi olumsuz yönde etkileyen kar eksikliği bulunmaktadır.

2.1.3 Türkiye'de su tüketimi

Türkiye, büyümekte olan nüfusu, hızlı kentleşmesi, küresel ve bölgesel düzeydeki gelişmeleri ve devam eden AB katılım sürecini dikkate alarak mevcut ve gelecekteki su ihtiyaçlarını dikkate alarak su yönetimi politikasını geliştirmiştir. Türkiye, AB ile müzakere eden bir aday ülkedir ve su ile ilgili mevzuatını Avrupa Birliği ile uyumlu hale getirme sürecine başlamıştır. Türkiye'ye AB Su Çerçeve Direktifinin uygulama sürecinde yardım etmeyi amaçlayan bir proje hazırlanmıştır. Ulusal hedef, ülkenin imzalandığı uluslararası sözleşmelerin ilkelerine dayanan sürdürülebilir bir kalkınma politikası izlemektir. Geçtiğimiz otuz yıl boyunca, hükümet yaklaşımı, çevre konularında farkındalığı arttırmak ve politika belgelerinde koruma önlemlerinin uygulanmasını teşvik etmek şeklinde belirlenmiştir.

2.2 Türkiye'de Su Yönetimi

Türkiye'de yer alan 26 havzanın yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ile jeoteknik etüt çalışmaları, DSİ'nin merkez ve taşra teşkilatları yardımıyla yapılmakta olup 1969 yılı sonuna kadar Türkiye genelinde 342 ovada hidrojeolojik ön inceleme çalışmaları yapılmış bunlardan yerlatı suyu potansiyeli bakımından olumlu görülen 198 ovanın tamamında detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (DSİ 2015). Bununla birlikte talepler doğrultusunda her yıl hidrojeolojik etüt çalışmaları yapılmaktadır. Ancak yapılan çalışmaların büyük kısmı genel değerlendirmeler niteliğinde olup günümüz koşullarına ve geleceğe dönük planlama çalışmalarına yönelik olmamaktadır. Az bir kısmı hakkında detaylı çalışmalar yapılmış olup kalan bölgelerde su kaynaklarına yönelik genel bilgiler yer almaktadır. Türkiye'de su kaynaklarının yönetimi üzerine geliştirilmiş en ciddi çalışmalardan birisi de "Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi" adlı ve 30 maddeden oluşan eylem planıdır (Burak vd. 1997). Bu eylem planında su kaynakları, hem ekosistemin doğal bir parçası hem de kalitesi ve kullanım miktarına bağlı olarak değişkenlik gösteren bir madde olarak kabul edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Öte yandan su kaynaklarının yukarıda ifade edilen özellikleri itibariyle gerek ekolojik dengenin korunması gerekse su ihtiyaçların karşılanmasına ve su bedellerinin ödenmesine yönelik Entegre Su Kaynakları Yönetimi çalışmalarını önermektedir. Genel hatları ile su yönetimi şu şekilde ifade etmektedir.

2.2.1 DSİ

DSİ, barajların işletimi ve bakımı ile ilgili yasalarca sorumludur, bu nedenle, yeni su düzenlemeleri ile birlikte ortaya çıkan yeni su düzenlemeleri doğrultusunda, planlama aşamasında belirlenen barajların amaçlarında değişiklik yapabilmektedir. Değişiklik yapma nedenleri; iklim koşullarından veya nüfus artışından kaynaklı sebeplerden dolayı oluşan yeni taleplerdir (örneğin iklim değişikliği sorunları, sulama ihtiyaçları veya farklı ihtiyaçlar).

Tüzel kişiliğe ve ek bütçeye sahip Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Türkiye genelindeki su kaynakları planlaması, yönetimi, uygulaması ve işletmesi için Türkiye'

nin birincil yürütme organıdır. DSİ'nin temel amacı, Türkiye'deki tüm su ve toprak kaynaklarını geliştirmektir. Temel doğal kaynakların en akıllıca kullanımını amaçlamaktadır.

DSİ, 18 Aralık 1953' te 6200 sayılı Kanun ile tüzel kişilik olarak kurulmuştur ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı himayesindedir. "Yüzey ve yeraltı sularının tek ve çoklu kullanımı ve toprak erozyonu ve taşkın zararlarının önlenmesi" ile sorumludur. Bu sebeple DSİ, barajları, hidroelektrik santrallerini, evsel su ve sulama planlarını planlama, tasarlama, inşa etme ve işletme yetkisine sahiptir. DSİ' nin "Türkiye'de su ve toprak kaynaklarını geliştirmek" amacı, birbiriyle ilişkili çok çeşitli işlevleri kapsamaktadır. Bunlar; sulama, hidroelektrik enerji üretimi; büyük şehirler için evsel ve endüstriyel su kaynakları; su ile ilgili planlama, tasarım ve inşaat malzemeleri üzerine rekreasyon ve araştırmadır.

Su kaynaklarının geliştirilmesi için projeler, ana plan ve fizibilite raporları hazırlanmaktadır. Bu bağlamda, gerekli ana veriler DSİ tarafından akış ve meteorolojik, toprak sınıflandırması, tarımsal ekonomi, erozyon, haritalar, jeolojik koşullar vb. konularla ilgili nehir havzası araştırmalarından toplanmaktadır.

DSİ faaliyetleri aşağıdaki yasalara dayanmaktadır;
Resmi Gazete'de yayımlanan: 16 Temmuz 1968.

2.2.2 Türkiye'de su yönetiminde sorunlar

- 6200 Sayılı Kanun: DSİ'nin Kuruluş Kanunu
- Kabul edildi: 18 Aralık 1953,
- Resmi Gazete'de yayımlandı: 25 Aralık 1953,
- Etkili: 28 Şubat 1954
- 167 sayılı Kanun: Yeraltı Suları Kanunu
- Kabul edildi: 16 Aralık 1960,
- Resmi Gazete'de yayımlandı: 23 Aralık 1960,

- 1053 sayılı Kanun: 100.000'den fazla nüfusa sahip yerleşim yerleri için İçme Suyu Kanunu
- Yürürlükte: 3 Temmuz 1968,

Türkiye'de, başka yerlerde olduğu gibi, artan bir nüfus, kentleşme, iklim değişikliği, su dağıtım ağlarındaki kayıplar, yanlış yönetim ve uygun olmayan sulama yöntemleri su kaynaklarının miktarını, kalitesini ve etkin kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir.

- **Verimsiz su kullanımı ve yönetimi**

Türkiye'de, su kaynaklarının % 73'ü sulama için kullanılıyor ve geleneksel sulama yöntemleri hala çoğu tarımsal alanda norm olup, büyük miktarda su kaybına neden olmaktadır. Tarımsal su kullanımı aynı zamanda yerüstü ve yeraltı su kaynaklarını da kirletmektedir. Su kirletici maddeler sediment, bitki beslenmesi, çözülebilir tuzlar, tarımsal kimyasallar, toksin elementler ve patojenler şeklinde sıralanmaktadır. Sulama suyuyla birlikte verilen kimyasallar, gübreler ve böcek ilaçları da bir kirlilik tehdidi oluşturmaktadır.

Yeraltı suyu kaynaklarının kontrolsüz bir şekilde yetersiz yüzey suyu olan bölgelerde (nehirler ve göller) kullanılması başka bir zorluğu teşkil etmektedir. Kuyularla ilgili yasal düzenlemelere rağmen, yeraltı suyu çıkarılması için yasadışı kuyuların kullanılması, yaptırımlar ve denetimler düzelmedikçe durma olasılığı düşüktür. Yeraltı suyu kaynakları tarımsal amaçlar için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Aşırı ek traksiyon nedeniyle, yer altı suyu kaynaklarının çoğu nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır.

Yetersiz yağış ve sulama için kontrolsüz yeraltı suyu kullanımı yüzey suyu kaynakları için de benzer bir tehdit oluşmaktadır. Mesela Konya'daki Meke Gölü ve Kırşehir'deki Seyfe Gölü tamamen kurumuştur. DSİ'ye göre şu ana kadar 14 göl haritadan silinmiştir: Kayseri Yay, Çöl, Engir Gölü, Hatay Amik, Konya Akşehir, Eber, Akgöl, Hotamış ve Yunak, Kütahya'daki Simav, İzmir'deki Gölcük Gölü, Ece Gölü Çanakkale'de, Trabzon'da Sera Gölü ve Antalya'da Avlan Gölü'ndedir. Ramsar Bölgesi (önemli sulak

alan) olan Sultan Bataklıkları ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından alınan önlemler sayesinde Manyas Gölü korunmaktadır.

- **Enerji üretimi için suya bağımlılık**

Türkiye, elektriğinin % 22'sini hidroelektrik santralinden almaktadır. Hidroelektrik santrallerin en önemli avantajı bunun yanında termal ve nükleer gibi alternatiflere göre tercih edilmelerinin nedenlerinden biri değişen enerji taleplerine cevap verebilmeleridir. Bir üniteyi soğuk çalıştırmadan tam yüke getirmek ve fazlalık olduğunda tekrar enerji üretimini azaltmak sadece üç ila beş dakika sürmektedir.

- **Kuraklık**

2014 yılında Türkiye, 1961'den bu yana en kurak yılını yaşamıştır (MFA,http://www.mfa.gov.tr/no 22 4 july 2014 press release regarding the amount of water that turkey releases from the euphrates river.en.mfa., 2020). Kuraklık, ülkenin özellikle metropol bölgelerde su temini için zorluklar yaratmıştır ve tarım sektörünü doğrudan etkilemiştir. Baraj rezervuarlarının su seviyelerindeki düşüş de hidroelektrik enerji üretimi için sorunlara neden olmuştur. Bu rezervuarların eski kapasitelerine ulaşması için geçen süre, bazı hidroelektrik santrallerinin elektrik üretmesini bile önlemiştir.

- **Türkiye' de gelecek için yapılan su yönetimi çalışmaları**

Türkiye'deki meteorolojik kuraklığın hidrolojik kuraklığa neden olabileceğinden ve gelecek yıllarda su kaynaklarını etkilemeye devam edeceğinden endişe edilmektedir Su kaynakları aynı zamanda iklim değişikliğinden en çok etkilenen yapılardır. 2100 yılı öncesinde Türkiye genelinde yağışlar % 25-35 oranında azalacak ve sıcaklık 2,5-3,5 santigrat artacağı tahmin edilmektedir (Rushton 2003). Bu değişiklik muhtemelen de Türkiye' nin su bütçesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacak ve ülkenin su sıkıntısı artacaktır.

Potansiyel su sıkıntısını önlemek için acil adımlar atılması gerekmektedir. Bu nedenle, arz odaklı yönetim yerine talebe yönelik yaklaşım odak noktası olmalıdır. Talep odaklı yönetim, talebi sınırlayarak ve su tasarrufu için kurumsal, ekonomik ve idari teşvikler getirerek su kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamaktır. Su kaynakları yönetiminin, değişen iklim koşullarına, kuru havalara ve yeni yağış düzenlerine uyum sağlayacak kadar esnek ve etkili olması gerekmektedir.

Türkiye'de, belediyenin su sistemlerinde suyun % 50'si, suyu kaynağından hanelere aktarırken kaybedilmektedir. Bu kaybı en aza indirmek için eski ve hasar görmüş su şebekesi tamir edilmeli veya değiştirilmelidir. Kuraklık, artan kentsel su ihtiyaçları üzerinde ilave baskı uygulayarak, su talebini karşılama sorunu kritik hale gelebilir. İçme suyu sağlamak için inşa edilen barajlar yetersiz kaldığında su, çeşitli havzalardan İstanbul ve Ankara gibi şehirlere taşınmaktadır. Havzalar arası transferler sırasında, don ör havzasının su ihtiyacının hesaplanması en önemli kriterlerden biri olmalıdır. Aynı şekilde, havzalar arası su transfer projelerinin çevresel, tarımsal, sosyal ve ekonomik politikalarla bütünleşmesinin sürdürülebilirliği için esastır.

Yeraltı suyu çoğunlukla tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Serpme ve damla sulama gibi su tasarrufu teknikleri verimliliği artırmak için teşvik edilmelidir. Geleneksel yüzey sulamada su kayıpları çok daha yüksektir. Son yıllarda, çiftçilere çeşitli teşvikler verilmiştir ve su tasarrufu sağlayan sulama tekniklerini benimseme araçları bulunmaktadır. Bu önemli bir adımdır, ancak bu tür tekniklerin etkili bir şekilde uygulanması da izleme ve değerlendirme gerektirmektedir.

Yağmur suyu hasadı ve atık suların yeniden kullanımı gibi geleneksel olmayan su kaynakları da önem kazanmaktadır. Hiç şüphe yok ki su kaybını önlemede ve su verimliliğini sağlamada kilit bir faktör su kullanıcılarının kendisidir. Türkiye' nin sınırlı su kaynakları konusunda farkındalık yaratmak ve her bir insanı ve hane halkını su tasarrufu konusunda rol oynamaya teşvik etmek, Türkiye'nin su geleceğini güvence altına almak için anahtardır. Özel veya resmi kuruluşlar, medya ve okullar tarafından yürütülen bilgi paylaşımı ve eğitim projeleri ile bilinçlendirme sağlanabilir.

Türkiye son yıllarda önemli su yönetimi ve politika adımları atmıştır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2011 yılında kurulmuştur. Bakanlığa giren Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, ulusal ve uluslararası bir su yönetimi politikası geliştirmenin yanı sıra, su kaynaklarını daha iyi kullanmak için politikalar oluşturmaktan sorumludur. Bu Genel Müdürlük, parçalanmış su yönetim yapısını tek çatı altında toplamak üzere kurulmuştur. Avrupa Birliği (AB) üyeliği için aday olarak, Türkiye' nin AB Su Çerçeve Direktifinin 2009'dan bu yana su ile ilgili politika ve mevzuatlarına dahil etmesi istenmiştir.

Daha yakın bir zamanda, yeni bir su yasası hazırlama önerisi ortaya atılmıştır. Su Yasası (1926) mevcut ihtiyaçları karşılayamadığından, hükümet ile sorumlular arasındaki çatışmayı, su ile ilgili mevzuattaki boşlukları, artan nüfusu, kentleşmeyi ve suyun değerlendirmesini ele almak için nicelik açısından değil, aynı zamanda kalite açısından yeni bir yasa gerekli görülmüştür. 2016 yılı itibariyle yeni kanun hazırlanarak inceleme için kamuoyuna açıklanmıştır. Parlamentoya sunulmadan önce, hedef, Türkiye 'nin iç ihtiyaçlarını karşılarken AB Su Çerçeve direktifinin uygulanmasını daha da güçlendirmektir.

3. HİDROLOJİK MODELLEME

Son on yılda, özellikle jeo informatik alanındaki teknolojik gelişmeler, hidrolojik modellemede yeni fırsatlar sunmuştur. Mevcut çabalar, mevcut modelleri optimize etmek (bazılarını eski haline getirmek), bunları değerlendirmek (istatistiksel metotlar, duyarlılık analizi, saha verileri vb.), bunları birleştirmek, karşılaştırmak ve en önemlisi orijinal fikirlere ve araçlara dayalı olarak yeni öneriler üzerine hedeflenmektedir. Bu yeni teknolojilerin bir kısmı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Uzaktan Algılama (RS) tarafından kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, modern jeolojik bilimlerin öncüsü, doğal olayların analiz ve modellenmesinde doğrudan uygulama bulma ve hidroloji gibi kilit sektörlerde araştırma yapma üzerinde durmaktadır.

GIS tabanlı hidrolojik analiz, araştırma, planlama ve optimum yönetim gerektiren (gerçek) doğal olaylarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu metodolojiyi uygulamak için gereken yardım, uluslararası projeler (örneğin CORINE Arazi kullanımı / örtüsü), yeni teknolojiler tarafından sunulan ve sürekli artan mevcut serbest dijital veridir (topoğrafı, morfolojik, meteorolojik, arazi örtüsü, mekânsal olarak dağıtılmış veriler vb.). Bu veriler teknolojik gelişmelere bağlı olarak hacim, güvenilirlik ve mekânsal ayrıntılarda sürekli olarak gelişmekte, böylece ücretsiz GIS yazılımıyla (örneğin, QGIS ve HEC-RAS) maliyeti düşüren önemli veri tabanları (önemli zaman serileri, uzamsal çözünürlük vb.) oluşturmaktadır ve bu sayede hidrolojik modelleme etkinliğini artırmaktadır.

Sadece yeni bilimsel eğilimleri değil, aynı zamanda çağdaş talepleri ve bakış açılarını takiben, doğal süreçleri ve olayları modellemede disiplinler arası yaklaşımlara duyulan ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Örneğin, CBS yoluyla bir havzadaki akış modellemesi, çalışma konusu hakkında küresel bir algı talep eden uydu verisi, yerinde ölçümler, zaman serisi verileri vb. kombinasyonu ile hidroloji, jeoloji, jeomorfoloji ve hidra meteoroloji gibi çeşitli disiplinleri birleştirerek gerçekleştirilebilir (ör. Hidrografik ağ özellikleri, yağış dinamiği, ve arazi özellikleri). Ayrıca, GIS tabanlı doğal süreçlerin modellenmesi, sadece metodolojiyi uygulamak için değil, aynı zamanda modelleme hatalarını ayırt

etmek ve analizi doğrulamak için yazılım tarafından kullanılan algoritmaların veri doğasını, sınırlamalarını ve işlenmesini asgari düzeyde anlamayı gerektirmektedir.

Birçok bölge zorlu tatlı su yönetimi zorluklarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Sınırlı su kaynaklarının, çevresel kalitenin ve sürdürülebilir su kullanımı politikalarının tahsisi endişe verici konulardan birisidir. Geleneksel arz odaklı simülasyon modelleri her zaman yeterli değildir. Son on yılda, su temini projelerini talep yönüyle sorunları, su kalitesi ve ekosistemin korunması bağlamında ele alınan su mevcudiyetine entegre bir yaklaşım ortaya çıkmıştır.

3.1 Neden Hidrolojik Modellere İhtiyacımız Var?

Suya bağlı sorunların sayısının ve çeşitliliğinin büyük olduğu ve gelecekte artması beklendiği bilinmektedir. Mevcut ve gelecekteki su ile ilgili zorluklar yere ve zamana özgüdür ve buzul dinamikleri, ekonomik ve nüfus artışı, taşkınlar ya da diğerlerinin yanı sıra genişletilmiş ve daha uzun süreli kuraklıkların etkisinden dolayı farklılık gösterebilir.

Bu zorluklara cevap olarak, karar vericileri ve operasyon el su yöneticilerini desteklemek amacıyla sürdürülebilir su yönetimi çözümlerini analiz etmek, anlamak ve araştırmak için hidrolojik modeller geliştirilmiştir.

Hidrolojik modellerin uygulanması ve geliştirilmesi, FutureWater'in kilit faaliyetleri olduğu bilinmektedir. Bu, hidrolojik süreçler hakkındaki bilgilerimizi arttırmamızı ve entegre su kaynakları yönetimi için sürdürülebilir çözümler sunmamızı sağlamaktadır.

Genel olarak, iki ana nedenden ötürü hidrolojik modeller geliştirilmektedir ve uygulanmaktadır: süreç anlayışı ve senaryo analizi şeklinde sıralanabilir.

3.1.1 Süreç anlayışı

Hidrolojik süreçleri anlamak için, farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde büyük miktarda detaylı nicel ölçümler gerekmektedir. Hidrolojik modellerin gücü, yüksek zamansal çözünürlüklerde ve genel olarak uygulandıkları büyük ölçekte gözlemlenmesi zor olan hidrolojik süreçler için çıktı sağlayabilmeleridir. Bu nedenle hidrolojik modeller, sınırlı sayıda ölçüm kullanarak hidrolojik süreçler hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır.

3.1.2 Senaryo analizi

Model uygulamanın en önemli yönü, farklı nüfus senaryolarını araştırmak için kullanımıdır, örneğin nüfus ve iklimdeki değişikliklerin su döngüsü üzerindeki olası etkilerini ifade eder. Su yöneticileri ve politika yapıcılar tarafından kullanılacak müdahaleleri keşfetmek için modeller operasyon el düzeyde de uygulanmaktadır. Bunun örnekleri rezervuar işletme kurallarındaki değişiklikler, sektörler arasında su tahsisi, su arıtma veya tuz giderme tesisleri gibi altyapı yatırımları ve tarım ve sulama uygulamalarıdır.

Senaryo analizlerinde hidrolojik modelleri kullanarak farklı senaryolarda ne olurdu? Sorusunu çözmeye çalışmaktayız. Veri ve istatistikler, geçmişi ve bugünü değerlendirmek için çok önemlidir, ancak modeller gelecek için seçenekleri araştırmak için kritik öneme sahiptir.

3.2 2001-2015 Döneminde Hidrolojik Modelleme

21. yüzyıl, CBS, RS ve diğer modern teknolojilerin hidrolojik modellemedeki yeri ve önemi ile başlamıştır. Bilim adamları önceki çalışmalara ve araçlara dayanarak yeni fikirler geliştirmeyi hedeflemiştir. Özgür yazılım paketleri geliştirilmiştir ve dağıtılmıştır, devasa küresel dijital veri bankaları oluşturulmuştur ve çeşitli araştırma projeleri yapılmıştır. Hidrolojik modellemenin modern teknolojiler aracılığıyla evrimi ve devrimi

gelişmekte, sürekli yeni uygulamalar bulmak, sürekli artan talepleri karşılamak ve daha fazla sayıda bilim insanını bu alanda çalışmaya davet etmektedir. Aşağıdaki paragraflarda, genel olarak hidrolojik modelleme ile ilgili kısa bir literatür verilecek ve ardından bu bölümün ana konusu hakkında daha geniş bir bakıştan başlayarak, son 15 yılın kısa bir literatür taraması sunulacaktır.

Hidrolojik modelleme konusundaki eleştirel incelemesini dağıtık modellerin sorunlarına ilişkin bir tartışma ile sürmüştür (Beven 2010). Aynı dönemde, Dawson ve Wilby, yağış akışı akış modellemesi ve taşkın tahmini için oldukça gelişmekte olan bir araştırma alanı olan ANN' yi uygulamıştır (Dawson and Wilby 1998). Eş zamanlı olarak, (Thiemann *et.al*. 2001) uygulanan modelle ilişkili parametrenin, verinin ve yapısal belirsizliklerin birleşik etkisi olan hidrolojik modelleme belirsizliği sorunu ile başa çıkmıştır. Operasyonla bir ortamda eşzamanlı parametre tahmini için kullanılabilecek hidrolojik tahminde bir Bayesian özyinelemeli tahmin yaklaşımı çerçevesini sunmuştur. Benzer bir girişim birkaç yıl sonra (Ajami *et.al*. 2009), hidrolojik tahminlerdeki belirsizliklerle yüzleşmeye çalışan entegre hidrolojik Bayes multimodel kombinasyon çerçevesi ile çalışmasını yayınlamıştır.

Yeni fikirler ve teknikler bu alana hükmederken, (Hock 2003), çevresel ve iklim değişikliği üzerine doğrudan referans vererek, hidrolojik modellemenin farklı bir yönüne yaklaşmıştır. Sıcaklık endeksi kar veya buz eritmeli modellemeden başka bir şey değildir.

2004 yılında yayınlanan en yenilikçi fikirlerden biri (Nayak *et.al*. 2005), ANN ve bulanık mantık yaklaşımlarının birleşimiyle ilgili olarak, hidrolojik zaman serilerinin modellenmesi için bir sinir bulanık bulanık hesaplama tekniği geliştirmişlerdir. Son olarak, Dağıtılmış Model Karşılaştırma Projesi (DMIP), kendi aralarında birçok dağınık modelin geniş bir karşılaştırması ve kendi içinde operasyon el nehir tahmini için kullanılan bir toplanmış model ile formüle edildiğinden, ayırt edici konsepti nedeniyle ABD' de 2004 yılı için son referans olarak seçilmiştir.

Hidrolojik modellemeye ilişkin genel çalışmaların başlangıcı, 1990'ların başında su kaynakları yöneticilerinin yönetimin etkisini değerlendirmede yardımcı olmak için

geliştirilen kavramsal, sürekli bir zaman modeli olan Toprak ve Su Değerlendirme Aracı'ndan (SWAT) olarak düşünülebilir. Bu araç 21. yüzyılda daha fazla geliştirilmiştir (ve gelişmeye devam ediyor) ve birçok araştırma çalışması uygulamasına dayanmıştır. Endikatif olanlardan bazıları, (Arnold and Fohrer 2005) makalesi ve (Schuol *et.al*. 2008) dir. Birincisi SWAT2000 ve uygulamalı havza modelleme konusundaki yetenekleri ve araştırma fırsatlarını ifade ederken ikincisi, prealpin / Alpine Thur havzasındaki hidroloji ve su kalitesi modelinin bir uygulaması ile ilgilidir. Üçüncüsü, hidrolojik analiz ve SWAT modelini bir araya getirerek, küçük dağlık ve yayla tepeleri oluşturma potansiyeli olan bir su kaynakları bitirme metodolojisinin geliştirilmesidir. Dördüncüsü, bir Akdeniz havzasındaki iklim değişikliğinin çeşitli senaryolarını incelemek için SWAT modelini bir CBS ortamında birleştiren bir hidrolojik modelleme girişimidir. Aynı derecede önemli olan, hidrolojik - çevresel modellemeyi hedefleyen SC tabanlı yaklaşımlardır. Bunlardan en önemlileri, NASA' nın modern çağın ve uygulamalarının yeterince tanımlanmış olduğu araştırma ve uygulamalar (MERRA) için modern dönem retrospektif analizidir.

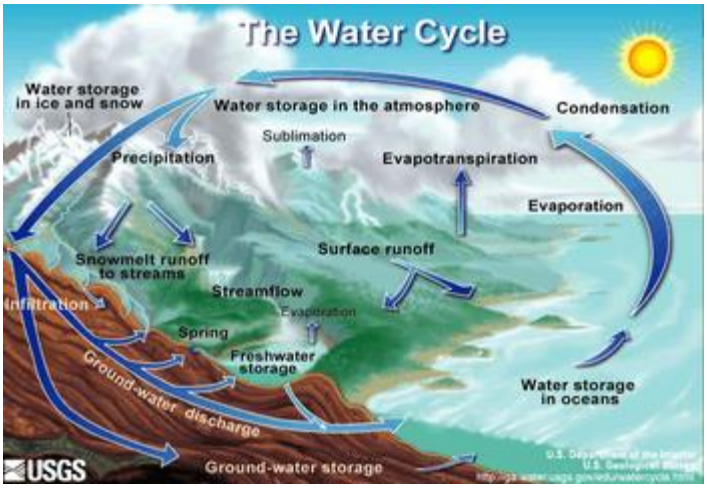
3.3 Hidrolojik Modelleme Kavramı

Hidrolojik modeller basitleştirilmiş, hidrolojik döngünün bir kısmının kavramsal temsilleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Öncelikle hidrolojik tahmin ve hidrolojik süreçleri anlamak için kullanılmaktadırlar. İki ana hidrolojik model türü mevcuttur. Bunlar;

- Stokastik Modeller: Bu modeller verilere dayanan ve belirli bir girişi (örneğin yağış) model çıktısına (örneğin akış) bağlamak için matematiksel ve istatistiksel kavramları kullanan kapalı sistemlerdir. Yaygın olarak kullanılan teknikler regresyon, transfer fonksiyonları, sinir ağları ve sistem tanımlamasıdır. Bu modeller stokastik hidroloji modelleri olarak bilinmektedir.

- Süreç Tabanlı Modeller: Bu modeller gerçek dünyada gözlenen fiziksel süreçleri temsil etmeye çalışmaktadır. Tipik olarak, bu tür modeller yüzeysel akış, yüzey altı akışı, evapotranspirasyon ve kanal akışının gösterimlerini içermektedir, ancak çok daha karmaşık olabilmektedirler. Bu modeller deterministik hidroloji modelleri olarak

bilinmektedirler. Deterministik hidroloji modelleri, tek olay modellerine ve sürekli simülasyon modellerine ayrılabilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Hidrolojik döngü

Hidrolojik modelleme konusundaki son araştırmalar , hidrolojik sistemlerin daha iyi tahminler yapma ve su kaynakları yönetimindeki büyük zorluklarla yüzleşme davranışını anlamada daha küresel bir yaklaşıma sahip olmaya çalışmaktadır.

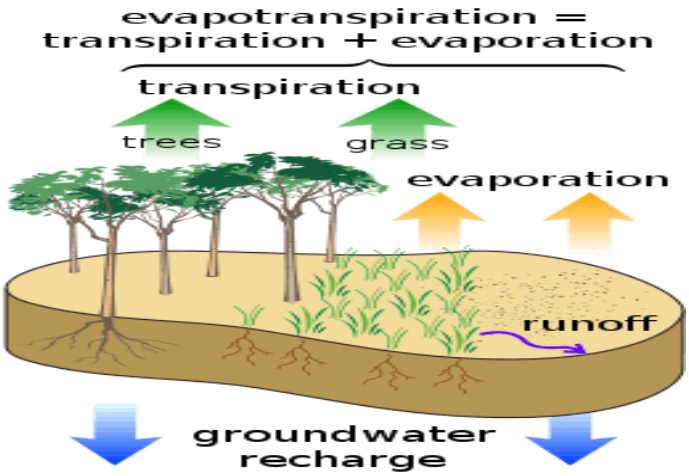
3.4 Hidrolojik Modellerin Sınıflandırılması

Hidrolojik modeller 3 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar; yeraltı suyu modellemesi, yüzey suyu modellemesi ve tarımsal hidro-tuzluluk modellemesi olarak belirtilebilir. Yüzey suyu modellemesi kendi içerisinde 5 alt başlık altında ele alınmaktadır. Bunlar; Akıntı modeli (ampirik), Akıntı modeli (hazne), Hidrolojik taşınım modeli, Dağıtılmış hidrolojik model, Kompozit modeller şeklinde sıralanabilirler.

3.4.1 Yeraltı suyu modellemesi

Yeraltı modelleri bilgisayar modelleri sayesinde yeraltı suyu akış sistemleri olarak hidrojeologlar tarafından kullanılmaktadır. Akifer koşullarını simüle etmek (Şekil 3.2) ve tahmin etmek için yeraltı suyu modelleri kullanılmıştır (Rushton 2003).

Yüzey Suyu Modellemesi



Şekil 3.2 Yüzey suyu döngüsü

- **Akıntı modeli (ampirik)**

Bu modeller, yağış hacmini akış hacmine dönüştürmek için ampirik bir yöntem olarak kullanmaktadır. Bir örnek, Eğri Numarası yöntemidir (United States Department of Agriculture 1986). Eğri numarası, akıntı eğrisi sayısı (ayrıca bir eğri numarası veya basitçe CN olarak da adlandırılır), hidrojilerde, doğrudan akıntı veya yağış fazlalığından sızmayı öngörmek için kullanılan ampirik bir parametredir. Birlikte kullanılabilir hidrografları türetmek için akış hızı ile doğrudan akıp gelen konvolüsyonla birlikte kullanılmaktadır.

- **Akıntı modeli (hazne)**

Bu modeller (doğrusal olmayan) rezervuar konseptini kullanarak yağış-akış ilişkilerini açıklamaktadır. Örnek olarak Vflo verilebilir.

- **Hidrolojik taşınım modeli**

Bu modeller, bir nehir/akarsu sistemine girdikten sonra suyun akışını ve yönlendirmesini ve bir nehir/akarsudaki çözünmüş veya askıya alınmış malzeme ve döküntülerin

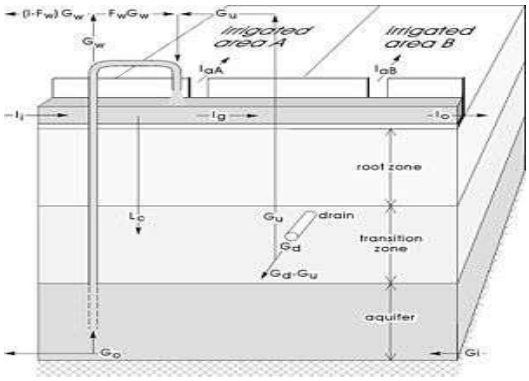
taşınmasını açıklamaktadır (Vijay 1995). Örnekler, MOHID, WAFLEX ve DSSAM olarak verilebilirler. Döngü Şekil 3.2 ‘de gösterilmiştir.

3.4.2 Dağıtılmış hidrolojik model

Dağıtılmış hidrolojik modeller hücre tabanlıdır ve meteorolojik girdilerin ve arazi, toprak, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi diğer girdilerin mekânsal değişkenliğini dikkate almaktadır. Dağıtılmış hidrolojik modellerde, bir hücrede üretilen akış, her bir hücrenin yerel tahliye yönünü kullanarak bir hücreden aşağı akış yönünde bir hücre ağına taşınmaktadır. Dağıtılmış hidrolojik modellere örnek olarak şunlar verilebilirler; PCR-GLOBWB, DHSVM, HL-RDHM ve glacio-hidrolojik SPHY.

3.4.3 Kompozit modeller

Birçok model bu tiplerden ikisini birleştirmektedir, örneğin bir ampirik akış modelini ve bir hidrolojik taşıma modelini birleştiren HBV bunlara örnek olarak verilebilir. Bazı modeller yüzey suyu modellerinin ve yeraltı suyu modellerinin öğelerini birleştirir, örneğin GSSHA, MIKE SHE, WEAPve RS MINERVE modelleridir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Saltmod bileşenleri

Tarımsal hidro-tuzluluk modelleri SaltMod, Swatre ve Drainmod entegre olan modeller hidrolojik faktörler gibi sulama, bitki su ve yeraltı suyu akışı davranışını simüle etmek işine yaramaktadır. Simule etmek için su tablası ve toprak tuzlanma ve benzerleri gibi

tarımsal ürünler önlemlerin değerlendirilmesini yapmaktadır. Değerlendirme yapmak için su altı kontrolü ve toprak tuzluluk kontrolü, yeraltı drenajları, kuyu drenajı gibi faktörlere bakması gerekmektedir. SahysMod, SaltMod'un yeraltı suyu modeliyle çokgen bir kombinasyon oluşturmaktadır.

3.5 Havza Modellemede Kullanılan Hidrolojik Modeller

3.5.1 SWAT

Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) modeli (Arnold *et.al*. 1998) ve (Arnold and Fohrer 2005), çok çeşitli ölçekler ve çevre koşulları için su kaynağı ve nokta kaynaklı olmayan kirlilik sorunlarını değerlendirmek için Dünya çapında etkili bir araç olduğunu kanıtlamıştır. ABD'de, SWAT, Toplam Maksimum Günlük Yük (TMDL) analizlerini desteklemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Borah *et.al*. 2006), USDA Koruma Etkileri Değerlendirme Programı girişimi, yukarı Mississippi Nehri havzası ve ABD'nin tamamı gibi büyük bölgeler (Arnold *et.al*. 1999), (Jha *et.al*. 2006) ve diğer pek çok farklı bölge için su kullanımı ve su kalitesi uygulamalarını gerçekleştirme adına "makro ölçekli değerlendirmeler" gerçekleştirmektedir.

SWAT uygulamalarının veya bileşenlerinin incelemeleri daha önce, bazen diğer modellerle karşılaştırmalı olarak rapor edilmiştir (Arnold and Fohrer 2005), (Shepherd *et.al*. 1999). Bununla birlikte, bu önceki çalışmalar, hakemli literatürde bildirilmiş olan SWAT uygulamalarının tümüne ilişkin kapsamlı bir genel bakış sunmamaktadır. SWAT ile yürütülen tüm çalışmaların incelenmesini sağlayarak ve ortaya çıkan uygulama eğilimlerini vurgulayarak bu boşluğu doldurmaya ihtiyaç vardır.

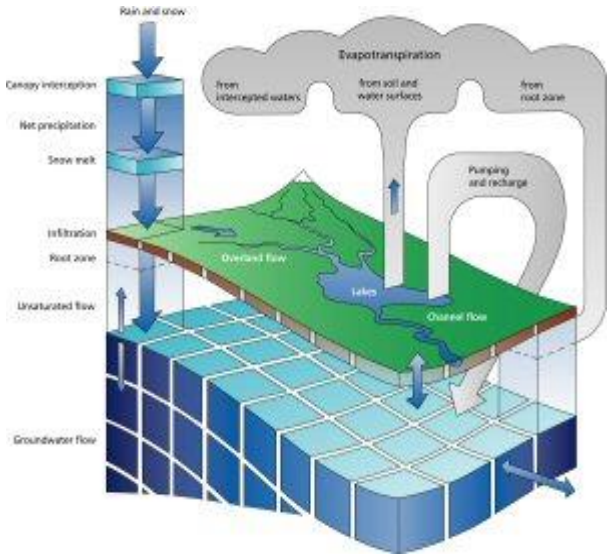
Swat' a genel bakış

SWAT, günlük zaman temelinde çalışan ve su alanlarındaki yönetimin su, tortu ve tarımsal kimyasal verim üzerindeki etkisini tahmin etmek üzere tasarlanmış, havza ölçekli, sürekli bir zaman model olarak karşımıza çıkmaktadır. Model fiziksel temelli, hesaplama açısından verimli ve uzun süre boyunca sürekli simülasyon yapabilmektedir.

Ana model bileşenleri; hava, hidroloji, toprak sıcaklığı ve özellikleri, bitki gelişimi, besinler, böcek ilaçları, bakteri ve patojenler ve arazi yönetimini içermektedir. SWAT'da, bir havza, daha sonra homojen arazi kullanımı, yönetimi ve toprak özelliklerinden oluşan hidrolojik yanıt ünitelerine (HRU'lar) bölünen çok sayıda alt havzaya bölünmüştür. HRU'lar su havzası alanının yüzdelerini temsil eder ve bir SWAT simülasyonu içinde mekansal olarak tanımlanmamıştır. Alternatif olarak, bir havza yalnızca baskın arazi kullanımı, toprak tipi ve yönetimi ile nitelendirilen alt havzalara bölünebilmektedir.

3.5.2 MIKE-SHE

MIKE SHE, yüzey suyu akışını ve yeraltı suyu akışını oluşturmak ve simüle etmek için entegre bir hidrolojik modelleme sistemidir (Şekil 3.4). MIKE SHE, hidrolojik döngünün tüm arazi fazını simüle edebilir ve bileşenlerin bağımsız olarak kullanılmasını ve yerel ihtiyaçlara göre özelleştirilmesini sağlamaktadır. MIKE SHE, 1977'den bu yana üç Avrupa kuruluşu konsorsiyumu tarafından geliştirilen ve yaygın olarak uygulanan Système Hydrologique Européen'den (SHE) ortaya çıkmıştır: Hydrology Institute (Birleşik Krallık), SOGREAH(Fransa) ve DHI (Danimarka).1977’ den beri, DHI sürekli olarak MIKE SHE'nin araştırma ve geliştirmesine yatırım yapmıştır. MIKE SHE, çok sayıda su kaynağının ve yüzey suyuyla ve yer altı suyuyla ilgili çevresel sorunların analizi, planlanması ve yönetimi için, özellikle de yeraltı suyunun çekilmesinden, yeraltı suyunun ve yüzey suyunun konjonktif kullanımından, sulak alan yönetiminden ve restorasyondan kaynaklanan yüzey suyu etkisinin analizi için kullanılabilmektedir. Nehir havzası yönetimi ve planlaması, arazi kullanımı ve iklim değişikliği için etkili çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 3.4 Örnek MIKE-SHE modeli

Entegre toplama modeli

- Hidrolojik döngünün tüm önemli süreçlerinin kesintisiz entegrasyonu sağlamaktadır
- Yakalama hidrolojisi, birleşik yüzey suyu ve yeraltı suyu, taşkın yatağı yönetimini yapmaktadır
- Arazi kullanımı ve iklim değişikliği, besin zinciri, yeraltı suyu ıslahı gibi konuları da ele almaktadır

Faydaları

- MIKE-SHE ile modelinizin karmaşıklığını özelleştirebilir ve değişikliklerin DHI, dünyadaki diğer organizasyonlardan daha fazla olan entegre hidrolojik modelleme konusunda 30 yıldan fazla bir deneyime sahiptir.
- Yağış miktarını akış, buharlaşma ve yeraltı suyu şarjına doğru şekilde bölmeniz gerekiyorsa, MIKE-SHE, doğru entegre modeller üretmek için en hızlı, en güvenilir yol olarak bilinmektedir.
- Proje alanınızdaki hidrolojik rejim üzerindeki etkilerini gerçekten keşfedebilirsiniz.

Tipik MIKE-SHE uygulamaları

- Yeraltı suyu iyileştirme Entegre havza hidrolojisi
- Yüzey suyu ve yeraltı sularının birlikte kullanımı
- Sulama ve kuraklık yönetimi
- Sulak alan yönetimi ve restorasyonu
- Çevresel nehir akışları
- Taşkın yatağı yönetimi
- Yeraltı suyu kaynaklı sel
- Arazi kullanımı ve iklim değişikliği
- Besin kaderi ve yönetimi

3.5.3 HSPF

HSPF olarak bilinen Hidrolojik Simülasyon Programı-FORTRAN, doğal ve insan yapımı su sistemlerinde hidrolojik ve su kalitesi süreçlerini simüle etmek için dijital bilgisayarlarda kullanılmak üzere EPA sponsorluğu altında geliştirilen matematiksel bir modeldir. Su kaynakları sistemlerinin planlama, tasarım ve işletiminde uygulama yapan analitik bir araçtır. Model, hidroloji ve su kalitesi yönetimi alanlarında olasılık analizinin kullanılmasını sağlamaktadır. HSPF, bir su havzasında meydana gelen süreçleri simüle etmek için yağmurun tarihçesi, sıcaklık, buharlaşma ve arazi kullanım şekilleri, toprak özellikleri ve tarımsal uygulamalar ile ilgili parametreler gibi bilgileri kullanmaktadır. Bir HSPF simülasyonunun ilk sonucu, arazi yüzeyinde ve çeşitli toprak bölgelerinde yeraltı suyu akiferlerine taşınan suyun miktarının ve kalitesinin tarihini ele almaktadır. Akıntı akış hızı, tortu yükleri, besin maddeleri, böcek ilaçları, toksik kimyasallar ve diğer kaliteli bileşen konsantrasyonları tahmin edilebilmektedir. Model bu sonuçları kullanır ve yayın içi süreçleri simüle etmek için kanal bilgilerini aktarmaktadır. Bu HSPF, su havzasının herhangi bir noktasında su miktarının ve kalitesinin zaman geçmişini oluşturmaktadır.

- **Arka plan**

HSPF, daha önce geliştirilen üç modelin bir uzantısı ve geliştirilmesidir:

1) EPA Tarımsal Akıntı Yönetim Modeli (ARM),
2) EPA Noktasal Olmayan Kaynak Akışı Modeli (NPS) ve
3) Hidrolojik Simülasyon Programı (HSP, HSP Kalitesi dahil),

özel olarak geliştirilmiş bir özel program. EPA, bu modellerde yer alan sürekli simülasyon yaklaşımının birçok karmaşık su kaynağı sorununu çözmede değerli olacağını kabul etmiştir. Bu nedenle, bu üç modelin özelliklerini ve birçok eklentiyi içeren oldukça esnek, tescilli olmayan bir FORTRAN programı geliştirmek için oldukça büyük bir yatırım yapılmıştır.

- **HSPF' nin yararları**

HSPF, su kaynağı planlamacıları için değerli bir araçtır. Çoğu sistemden daha kapsamlı olduğu için etkili planlamaya izin vermektedir. Kullanıcıya sağladığı faydalar aşağıdaki gibidir:

- Özel uygulamalar için program değişikliklerini ve eklemeleri kolaylaştıran Tek bir model kullanarak çok çeşitli su miktarı ve kalite problemlerini çözmede esneklik sağlamaktadır.
- Zamandan ve paradan tasarruf sağlayan kullanışlı veri yönetimi özelliklerini taşımaktadır.
- Modüler program yapısına sahiptir.

- **Uygulama ve kullanımı**

HSPF şu anda mevcut olan en kapsamlı ve esnek havza hidrolojisi ve su kalitesi modelidir. Bir havzadaki hem hidrolojik / hidrolik hem de su kalitesi işlemlerinin sürekli, dinamik olayı veya sabit durum davranışını simüle edebilen tek modeldir. Model ayrıca, çok çeşitli akarsu ve nehirlerin hidrolojik rejimlerini makul bir doğrulukla gösterme kabiliyetinde de olağandışıdır. Bu nedenle, modelin potansiyel uygulamaları ve kullanımları, aşağıdakileri içeren çalışmalardan nispeten büyüktür:

- Nokta ve nokta kaynaklı olmayan kaynak kirliliği analizleri
- Taşkın kontrol planlaması ve işlemleri
- Hidroelektrik çalışmaları
- Nehir havzası ve havza planlaması
- Fırtına drenaj analizleri
- Su kalitesi planlama ve yönetimi
- Toprak erozyonu ve sediment taşınımı çalışmaları
- Kentsel ve tarımsal en iyi yönetim uygulamalarının değerlendirilmesi
- Kader, nakil, maruz kalma değerlendirmesi ve böcek ilaçlarının, besin maddelerinin ve toksin maddelerin kontrolü
- Zaman serisi veri depolama, analiz ve görüntüleme

HSPF, mevcut meteorolojik ve hidrolojik verileri kullanarak çoğu havzaya uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bunlar; topraklar ve topoğrafı bilgi; ve arazi kullanımı, drenaj ve sistem (fiziksel ve insan yapımı) özellikleri gibi verilerdir. HSPF tarafından istenen girişler, diğer birçok basit model için gerekenlerden farklı değildir. Veri ihtiyaçlarındaki birincil fark, kısa zaman serisi kayıtlarının tercih edilmesinden ziyade uzun olmasıdır. Tipik uzun zaman serisi kayıtları, yağışları, atık deşarjlarını ve akış akışı ve bileşen konsantrasyonları gibi kalibrasyon verilerini içermektedir.

➢ **Program yapısı ve tasarım**

HSPF, kapsamlı bir hidrolojik ve su kalitesi süreçlerinin sürekli simülasyonunu sağlayan organize bir yapıda düzenlenmiş bir dizi modülden oluşmaktadır. Gelişmiş modellerle yapılan deneyimler, model uygulamadaki insan çabalarının çoğunun veri yönetimi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Genellikle model üreticileri tarafından göz ardı edilen bu gerçek, başarılı ve kapsamlı bir modelin sağlam bir veri yönetim sistemi içermesi gerektiği anlamına gelmektedir. Aksi takdirde, kullanıcı simülasyon üzerinde o kadar çok zaman harcayabilir ki, simülasyon çalışması üzerindeki gerçek ilerleme büyük ölçüde geciktirilmektedir. Bu nedenle HSPF programı, doğrudan erişim ilkeleriyle çalışan bir zaman serisi yönetim sistemi etrafında planlanmaktadır. Simülasyon modülleri, TSS ve WDM dosyalarından giriş verilerini okumaktadır ve bunlara çıkış yazabilmektedir.

HSPF'nin tasarımı, her biri programın yürütülmesi sırasında büyük bir görev yerine getiren bir program çalışır ve alt program üst program sıra düzenini içermektedir. Alt programlar hiyerarşik bir yapıda farklı işlem seviyelerinde gruplandırılmıştır.

Bu işlem seviyelerinin tipik özelliği, kullanıcı kontrol girdini okuyan ve yorumlayan bir alt program grubu olan çalıştırma yorumlayıcı 'dır. Yapılacak işlemlerin sırasını belirten HSPF modüllerine talimatlar vermektedir. Her bir işlemin başlangıç koşullarını ve parametrelerini diskteki uygun dosyada saklamaktadır ve zaman serisi verilerinin gerektiğinde işlemler arasında doğru şekilde iletilmesini sağlayacak bir talimat dosyası oluşturmaktadır.

İşlemler arasında, Time Series Store' dan veri setlerini oluşturmak, değiştirmek veya kaldırmak için kullanılan TSS yönetim modülleri; Tercüman tarafından sağlanan bilgileri kullanan ve gerektiğinde uygun uygulama veya yardımcı modüllerini açan işlem denetleme modülleri; ve hidrolojik ve su kalitesiyle ilgili simülasyon hesaplamaları yapan gerçek uygulama ve faydalı modüller içermektedir.

Bu program yapısının önemi modüler tasarımından kaynaklanmaktadır. Bu, ayrı modüllerin eklenmesine veya değiştirilmesine izin vermektedir ve HSPF'nin kullanıcı tarafından tasarlanan özel uygulamalar için kolayca uyarlanmasını sağlamaktadır.

3.5.4 WEAP

WEAP, su sistemlerini similer etme konusundaki entegre yaklaşımı ve politika yönelimi ile ayrılmaktadır. WEAP denklemin talep tarafını - su kullanım düzenleri, ekipman verimlilikleri, yeniden kullanım, fiyatlar ve tahsis - arz tarafıyla eşit bir temele - akış, yeraltı suyu, rezervuarlar ve su transferlerine yerleştirmektedir. WEAP, bu değerleri su kaynakları planlaması için pratik bir araçla birleştirmeyi amaçlamaktadır. WEAP alternatif su geliştirme ve yönetim stratejilerini inceleyen bir laboratuvar olarak tanımlanabilmektedir.

WEAP kapsamlı, anlaşılır ve kullanımı kolay olarak bilinmektedir. Bir veri tabanı olarak WEAP, su talebini ve tedarik bilgilerini korumak için bir sistem sunmaktadır. Bir tahmin aracı olarak, WEAP su talebini, tedarik, akışları ve depolamayı ve kirlilik oluşumunu, arıtılmasını ve tahliyesini similer etmektedir. Politika analiz aracı olarak, WEAP su geliştirme ve yönetim seçeneklerini geniş bir yelpazede değerlendirmektedir ve su sistemlerinin çoklu ve rekabet eden kullanımlarını dikkate almaktadır.

Stockholm Çevre Enstitüsü, WEAP' ın geliştirilmesinde birincil destek sağlamıştır. ABD Ordusu Mühendisleri Birliği'nin Hidroloji Mühendisliği Merkezi, önemli iyileştirmeler sağlamıştır. Dünya Bankası, USAID ve Japonya'nın Küresel Altyapı Fonu da dahil olmak üzere bir dizi kurum proje desteği sağlamıştır. ABD, Meksika, Brezilya, Almanya, Gana, Burkina Faso, Kenya, Güney Afrika, Mozambik, Mısır, İsrail, Umman, Orta Asya, Sri Lanka, Hindistan, Nepal, Çin, Güney Kore ve Tayland gibi birçok ülkede su değerlendirmelerinde WEAP uygulanmıştır.

- **WEAP yaklaşımı**

Su dengesinin temel prensibi ile çalışan WEAP, belediye ve tarımsal sistemler, tek su toplama havzaları veya karmaşık sınır aşan nehir sistemlerine uygulanabilir. Ayrıca, WEAP sektör talep analizleri, su tasarrufu, su hakları ve tahsisat öncelikleri, yeraltı suyu ve akış akışı simülasyonları, rezervuar işlemleri, hidroelektrik üretimi, kirlilik takibi, ekosistem gereksinimleri, kırılganlık değerlendirmeleri ve proje avantajı gibi geniş bir yelpazedeki sorunları ve maliyet analizlerini ele alabilmektedir.

Analist, çeşitli tedarik kaynakları (örneğin nehirler, dere, yeraltı suyu, rezervuarlar ve tuz giderme tesisleri) çekilme, iletim ve atık su arıtma tesisleri; ekosistem gereksinimleri, su talepleri ve kirlilik üretimi bakımından sistemi temsil etmektedir. Veri yapısı ve ayrıntı düzeyi, belirli bir analizin gerekliliklerini yerine getirmek ve kısıtlı verilerin getirdiği sınırları yansıtmak için kolayca özelleştirilebilmektedir.

WEAP uygulamaları genellikle birkaç adım içermektedir. Çalışma tanımı zaman çerçevesi, uzamsal sınır, sistem bileşenleri ve problemin yapılandırılmasını

belirlemektedir. Bir uygulamanın geliştirilmesinde bir kalibrasyon adımı olarak görülebilen Cari Hesaplar, sistem için gerçek su talebi, kirlilik yükleri, kaynaklar ve sarf malzemelerinin anlık görüntüsünü sağlamaktadır. Talebi, kirliliği, arz ve hidrolojiyi etkileyen politikaları, maliyetleri ve faktörleri temsil etmek için Cari Hesaplara temel varsayımlar eklenebilmektedir. Senaryolar, Cari Hesaplar üzerine kuruludur ve alternatif varsayımların veya politikaların gelecekteki su kullanılabilirliği ve kullanımı üzerindeki etkilerini keşfetmesine izin verilmektedir. Son olarak, senaryolar su yeterliliği, maliyetler ve faydalar, çevresel hedeflerle uyumluluk ve anahtar değişkenlerde belirsizliğe duyarlılık açısından değerlendirilmektedir.

- **Program yapısı**

WEAP beş ana görünümden oluşur: Şematik, Veriler, Sonuçlar, Genel Bakış ve Notlar. Bu beş görüş aşağıda sunulmuştur.

Şematik: Bu görünüm, sisteminizin kolay yapılandırılması için GIS tabanlı araçlar içermektedir. Nesneler (örneğin, talep düğümleri, rezervuarlar), bir menüdeki öğeleri sürükleyip bırakarak sistem içerisinde oluşturulabilir ve konumlandırılabilir. Arc View veya diğer standart GIS vektörleri veya rasta dosyaları arka plan katmanları olarak eklenebilmektedir. İlgili nesneye tıklayarak herhangi bir düğüm için verilere ve sonuçlara hızlı bir şekilde erişim sağlanmaktadır.

Veri: Veri görünümü değişkenler ve ilişkiler oluşturmanıza, matematiksel ifadeleri kullanarak varsayımlara ve projeksiyonlara girmenize ve dinamik olarak Excel'e bağlanmanıza izin vermektedir.

Sonuçlar: Sonuçlar görünümü, tüm model çıktılarının, çizelgelerde ve tablolarda ve Şematik' te ayrıntılı ve esnek bir şekilde görüntülenmesini sağlamaktadır.

Genel bakış: Hızlı görüntüleme için sisteminizdeki ana göstergeleri vurgulayabilirsiniz.

Notlar: Notlar görünümü, verilerinizi ve varsayımlarınızı belgelemek için bir yer sağlamaktadır.

4. ÇALIŞMA ALANI

Yapılan çalışma kapsamında ele alınan Kurtboğazı Barajı Havzası hakkında genel bilgiler, konumu, coğrafi durumu, akarsular, meteorolojik ve iklimsel özellikler, su kaynakları ve hidrolik yapılar, nüfus, tarım ve sulama, bölge hidrolojisi gibi konular açıklanacaktır. Bu konuların açıklanması yapılacak çalışma hakkında fikri edinmek isteyen araştırmacılar için yol gösterici olacaktır.

4.1 Kurtboğazı Barajı Havzası' nın Tanıtımı

Kurtboğazı Çayı üzerinde bulunan sulama çalışmaları ve içme suyunu karşılama için inşa edilen Kurtboğazı Barajı, Ankara ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kurtboğazı Barajı inşası 1963 yılında başlamış ve 1967 yılında tamamlanmıştır. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 834.000 m^3, normal su kotunda göl hacmi 96.90 hm^3, akarsu yatağından yüksekliği (talvegden) 52.60 m, normal su kotunda göl alanı 5.50 km^2'dir. Sulama amacıyla hizmet verdiği alan 2.800 hektardır (net), 67 hm^3 içme-kullanma suyu temini amacıyla kullanılmaktadır (DSİ 2015).

Şekil 4.1'de görülen Kurtboğazı Barajı 1967 yılında tamamlanmıştır ve sanayide kullanılan suyun temini, içme suyu ve sulama suyu temini için kullanılan bir barajdır. Türkiye' nin ikinci büyük ili olan ve sürekli olarak göç alan Ankara ilinin kullanma-içme ve sanayide kullanılan suyun temin edilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. Havza büyüklüğü 331 km^2'dir ve 12 no'lu Sakarya havzasında yer almaktadır (Parlak vd. 2007).



Şekil 4.1 Kurtboğazı barajından bir görünüm

Yukarıdaki Şekil 4.1' de Kurtboğazı barajından bir görünüm verilmiştir. Kurtboğazı Barajı 1967 yılında tamamlandığında sulama yapmak amacıyla planlanmıştır. Sonradan Ankara ilimizin içme suyu ihtiyacını gidermek için kullanılmaya başlanmıştır. İçme suyu olarak kullanmak amacıyla Kurtboğazı Barajından çekilen ham su normal su seviyesinin 28 m altından çekilmektedir. İvedik Arıtma Tesisinde içme suyu ihtiyacını karşılamak için Çamlıdere Barajından alınan su ile birleştirilmektedir.

Kurtboğazı barajına 2015 yılının tüm ayları itibariyle DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ölçüm sonuçlarına göre çıkan su miktarları Çizelge 4.1' de gösterildiği gibidir. Toplam göle giren su miktarı 220 hm³ iken gölden çıkan su miktarı ise yaklaşık 200 hm³ olarak tespit edilmiştir. En çok gölden çıkan su miktarını içme suyu oluşturmaktadır ve toplamda 186 hm³ olarak belirlenmiştir. Sulama için çok düşük bir miktar kullanılmıştır. 2015 yılının aylarına göre çıkan su miktarını değerlendirmek istediğimizde anlamlı bir farklılık görememekteyiz. Sebebi ise çıkan su miktarının büyük bölümünün içme suyundan kaynaklı olmasıdır. Buharlaşma, taşkın veya sulamadan kaynaklı olamamasıdır. Bu gibi nedenler çıkan su miktarının büyük bölümünü oluştursaydı, çıkan su miktarı aylara göre değişiklik gösterebilirdi.

Çizelge 4.1 2015 yılına ait Kurtboğazı barajı/göleti aylık işletme tablosu (çıkan)

AY	KOT	HACİM	ENDÜSTRI	TAŞKIN	SULAMA	BUHARLAŞMA	IÇMESUYU	TOPLAM
	(m)	(hm3)	hm3	(hm3)	(hm3)	(hm3)	(hm3)	(hm3)
OCAK	946,06	31,948	0,093				7,957	8,050
ŞUBAT	945,28	29,914	0,084				7,770	7,854
MART	946,52	33,191	0,093				11,119	11,212
NİSAN	950,00	43,394				0,301	17,192	17,493
MAYIS	953,72	56,629				0,572	16,491	17,063
HAZİRAN	957,19	71,807	0,090		0,041	0,759	15,904	16,794
TEMMUZ	959,24	82,246	0,093		2,657	0,975	22,658	26,383
AĞUSTOS	959,54	68,730	0,093		3,019	0,854	22,223	26,189
EYLÜL	954,11	57,172	0,090		1,931		19,290	21,311
EKİM	952,49	51,959	0,093		0,033	0,324	15,532	16,982

KASIM	952,99	53,790	0,090				14,903	14,993
ARALIK	951,55	48,600	0,093			0,109	15,019	15,215
				7,681	3,894		186,058	199,539

Kurtboğazı barajına 2015 yılının tüm ayları itibariyle DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ölçüm sonuçlarına göre giren su miktarları Çizelge 4.2' de gösterildiği gibidir. Baraja/Gölet'e giren su miktarının gelen kaynaklara göre değerlendirdiğimizde; en fazla Eğrekkaya' dan su gelmiştir ve sonrasında Kavşakkaya takip etmektedir. Aylara göre gölete giren su miktarı değerlendirdiğimizde ise en çok su giren aylar Nisan, Mayıs, Haziran olmaktadır. Bu durumun sebebi ise bahar ayları olması ve yağışlardan kaynaklı su miktarının artmasıdır. Takviye (pompa) ile gelen su miktarının toplam giren su miktarı içerisindeki oranı çok düşüktür. Kurtboğazı Barajını besleyen Eğrekkaya Barajı ve Kavşakkaya Barajı hakkında genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kavşakkaya Barajı, Ankara İli Kazan İlçesinin 25 km. kuzey doğusundadır. Ankara İçme Suyu II. Merhale projesi kapsamında, Ankara Çayı' nın yan kollarından olan Ova çayı üzerinde içme suyu amaçlı olarak ASKİ Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiştir. Kavşakkaya Barajı, Kurtboğazı Barajı' nı beslemekte olup, suyunu doğrudan Ankara' ya göndermemektedir. Barajın gövde kapasitesi 80.835.000 m³' tür. Kurtboğazı Barajı' na 1.300 mm çapında 23.120 metrelik çelik bir boru hattıyla bağlanmıştır (ASKİ 2018).

1985-1992 yılları arasında Kurtboğazı Barajını beslemesi amacıyla yapılmıştır. Ankara' nın 75 km. kuzeyinde, Kızılcahamam' a 3 km. uzaklıkta yapılmış olup, azami su hacmi 112.000.000. m³' tür. 15 km' lik 22.000 mm hat ile Kurtboğazı Barajını beslemektedir. Barajı Çekerek ve Sey dereleri beslemektedir.

Çizelge 4.2 2015 yılına ait kurtboğazı barajı/göleti aylık işletme tablosu (giren)

AY	TOPLAM GÖLE GELEN	KAVŞAKKAYA	EĞREKKAYA	HAVZASI	
	(hm3)	Gelen su	gelen su	gelen su	Takviye(Pompa)
OCAK	6,016			6,016	
ŞUBAT	11,131	2,670	3,950	3,986	0,525
MART	21,417	4,980	9,357	6,340	0,74
NİSAN	30,728	16,960	9,000	4,768	0,920
MAYIS	32,241	18,100	9,300	4,841	0,220
HAZİRAN	27,251	6,510	9,000	10,771	0,715
TEMMUZ	12,867	2,072	9,300	1,342	0,060
AĞUSTOS	15,631	5,487	9,300	0,751	
EYLÜL	16,098	5,310	10,620	0,078	
EKİM	18,813	5,487	12,555	0,678	
KASIM	9,803	5,310	3,045	1,358	
ARALIK	18,024	5,487	10,490	2,047	
	220,020	78,373	95,917	42,976	3,180

2000 yılından 2016 yılına kadar Kurtboğazı Barajına giren ve çıkan su miktarları hakkında bilgiler çalışmamız kapsamında uygulanacak WEAP analizi çalışmasında kullanılacaktır. 2000 yılı ile 2016 yılı arasındaki veriler elde edilmiştir. Çalışmamız kapsamında WEAP modeline girilecektir.

4.2 Kurtboğazı Barajı Havzası Konumu

Havza kavramı tanımlamak gerekirse; fiziksel, biyolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerden meydana gelen sistemdir. Hidrolojik anlamda havza kavramı ise bir göl veya nehre boşalan ya da akıma katkıda bulunan arazi parçası veya sırt, tepe, gibi topoğrafı özelliklerle kuşatılan alandır. Su kaynaklarının ve toprağın miktarını ve kalitesini belirleyen en önemli etken insanların havzalarda yaptıkları faaliyetlerdir. Bu faaliyetler endüstri, yerleşme, tarımsal faaliyetler, inşaat şeklinde sıralanabilirler. Yukarıda tanımı yapılan havzalar içme, sulama, kullanma ve endüstriyel faaliyetler için su sağlamaktadır (Öztürk 2007).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' de havza "bir akarsu, göl, baraj rezervuarı veya yer altı su haznesi gibi bir su kaynağını besleyen yer altı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamı" olarak tanımlanmıştır. Su toplama havzası ise "göllerde ve rezervuarlarda su

kaynağını besleyen yer altı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamı" olarak ifade edilmiştir.

Ankara ilimizin sınırları içerisinde yer alan barajlardan biri olan Kurtboğazı Barajı, Ova Çayının bir kolu olan Kurtboğazı Çayı üzerinde yer almaktadır. Türkiye' nin ikinci büyük ili olan Ankara'nın yaklaşık 56 km. kuzeyinde Şekil 4.2' de görüldüğü gibi Ankara-İstanbul karayolunun çok yakınında bulunmaktadır (Şekil 4.2). Kızılcahamam İlçesine uzaklığı yaklaşık olarak 25 km.'dir (DSİ 1983).

Kurtboğazı Barajı coğrafi konumu 40° 16′ 11″ Kuzey ile 32° 42′ 2″ Doğu GPS koordinatlarıdır. Kurtboğazı Barajı haritası konumu 40.2698 enlem ve 32.7008 boylam olarak haritada gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Kurtboğazı Barajı havzası konumu

4.3 Coğrafi Durum

Ankara'ya yaklaşık 50 km. mesafede yer alan baraj, Kurtboğazı Deresi üzerindedir. Ankara - İstanbul yolu üzerindedir. Ankara' nın kuzeybatısında yer alan bu baraj eski Ankara-İstanbul yolu üzerinden gidişte rahatlıkla görülebiliyor. Ankara kentine içme suyu sağlamak için kurulan baraj, Mürted Ovası' nın sulanmasında da kullanılır. 1967 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kurtboğazı Barajı Kuşbakışı Görünüşü

Bu dere Kızılcahamam'dan doğmaktadır. Kızılcahamam'a bağlı Pazar beldesi yakınlarından geçerek daha sonra İstanbul Devlet Yolu yani D-750 kenarına gelmekte ve buradan da Kurtboğazı' na ulaşmaktadır. Ayrıca Kızılcahamam çıkışında, Çerkeş Yolu ayrımında yer alan Eğrekkaya ve İstanbul Devlet Yolu Akyarma mevkiinde yer alan Akyar Barajları da Kurtboğazı'nı beslemektedir. Bu iki barajın suları da muhtemeldir ki işbu dere aracılığıyla aynı havza içerisinde yer aldıkları Kurtboğazı' na ulaşmaktadır (Anonim 2013).

4.4 Akarsular

Akarsular yeryüzünde yaşayan canlılar ve insanlar için gerekli olan içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır ve yaşadığımız dünyanın şekil almasında etkisi büyüktür. Eğim ve yer çekiminden dolayı akarsuların tümünün akış yönü aşağı doğrudur. Akarsuların önemli özelliklerinden biri olan hızı birden fazla etkene bağlıdır. Bunlar; taşıdığı su miktarı, akarsuyun daralması ve genişlemesi ve akarsu yatağının eğimi şeklinde sıralanabilirler.

Akarsu yatağı daralırsa ve akan su miktarı artarsa akarsuyun hızı artar, bu durumun aksi olan akarsu yatağı genişlerse akarsu hızı azalır. Akarsu çeşitlerini sıralayabiliriz. Bunlar küçükten büyüğe; en küçüğü deredir, derelerin birleşmesi sonucu çay oluşur, çay ve

derelerin birleşmesi sonucu ırmaklar oluşur. Akarsular genelde tatlı sudan meydana gelmektedir ve insanların içme suyu ihtiyacını gidermektedir.

Akarsular içme suyu ihtiyacını karşılamanın yanında enerji üretimi, spor, tarımsal alanların sulanması, taşımacılık gibi faaliyetler için de kullanılmaktadır. Akarsuların taşıdığı su miktarı farklı etkenlerden etkilenmektedir. Bunlar; sıcaklık, iklim ve yağış miktarı olarak sıralanabilirler. İklim sıcaklık ve yağış miktarını etkilediği için en önemli etkendir denebilir.

Kurtboğazı Barajı havzasını besleyen akarsular aşağıda detaylı şekilde anlatılmıştır. Bu akarsularda tarımsal sulama, içme suyu gibi faaliyetler için kullanılmaktadır.

Kurtboğazı barajını aşağıdaki dereler beslemektedir;

- Karaboya
- Mera
- Kınık
- Pazar
- Uzunöz
- Bostan
- Kayıcık
- Batak
- İğmir
- Kirazlı
- Eneğim

Yukarıda bahsedilen derelerden Mera ve Pazar kendi içlerinde birleşerek aynı ismi taşıyan çayları oluşturmaktadır ve Kurtboğazı Barajını besleyen en önemli çaylar Pazar Çayı ve Mera (Kurt) Çayı şeklinde bilinmektedir.

İki tane akarsu Kurtboğazı Baraj gölünü beslemektedir. Bu akarsulardan biri Ova Çayı'nın kolu olan Mera Çayı, diğeri ise Pazar Çayı'dır. Mera Çayı bölgede Kurt Çayı

adı ile de bilinmektedir ve Şekil 4.4' te görüldüğü gibi Mera Çayı Kurtboğazı Barajını beslemektedir.



Şekil 4.4 Kurtboğazı barajını besleyen akarsulardan olan mera çayı

Kurtboğazı Baraj gölünü besleyen diğer akarsu Pazar Çayı' nın konumu hakkında bilgiye Şekil 4.5' ten araştırmacılar ulaşabilirler. Mera (Kurt) Çayına Ankara Kenti Su Temin Projesi dahilinde yapılmış olan diğer bir baraj gölü olan Eğrekkaya Barajı'ndan İncegez Tüneli aracılığı ile su iletimi yapılmaktadır. Şekil 4.6' te Kurtboğazı Barajına İncegez Tüneli çıkış noktası görülmektedir.



Şekil 4.5 Kurtboğazı barajını besleyen akarsulardan olan pazar deresi



Şekil 4.6 İncegez tüneli çıkış noktası (kurtboğazı barajı).

4.5 Meteorolijik ve İklimsel Özellikler

İklim kavramı; dünyada yer alan yerleşimlerdeki yıl içinde değişen atmosfer olaylarının ortalamasını bize sunan meteorolojik olaylara denmektedir. Diğer bir ifadeyle, iklim kavramı, insanların, hayvanların ve bitkilerin yaşayabileceği dünyadaki yerleşimlerin atmosfer koşullarıdır. Bu özelliğinden ötürü iklim, ekolojik etmenlerin tümünün bileşimdir ve tümünden etkilenmektedir. İklim, doğada bulunan tüm maddeleri etkilemektedir, özellikle bitkileri daha fazla etkilemektedir. Bitkiler iklim elemanlarının belirli aralıklarında yaşamını sürdürebilirler ve gelişebilirler. Eğer bu aralıkların dışına çıkılırsa yaşamlarını idame ettiremezler. Farklı iklimlerin kendilerine özgü bitki çeşitleri mevcuttur ve kendine özgüdür. Bu durumundan dolayı tüm dünyada bitkiler yayılmış şekilde bulunurlar ve çeşitlilik meydana gelir. Bazı iklim çeşitleri belirli bazı türlerin gelişmesine uygundur, diğer türlerin gelişmesi mümkün değildir.

Dünyada yer alan bir yerleşimin veya bölgenin iklimini tespit etmek için o bölgenin meteorolojik verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Kurtboğazı Barajı Havzası' nın iklim verilerini belirlemek için Kızılcahamam ilçesinin meteorolojik verileri kullanılmıştır.

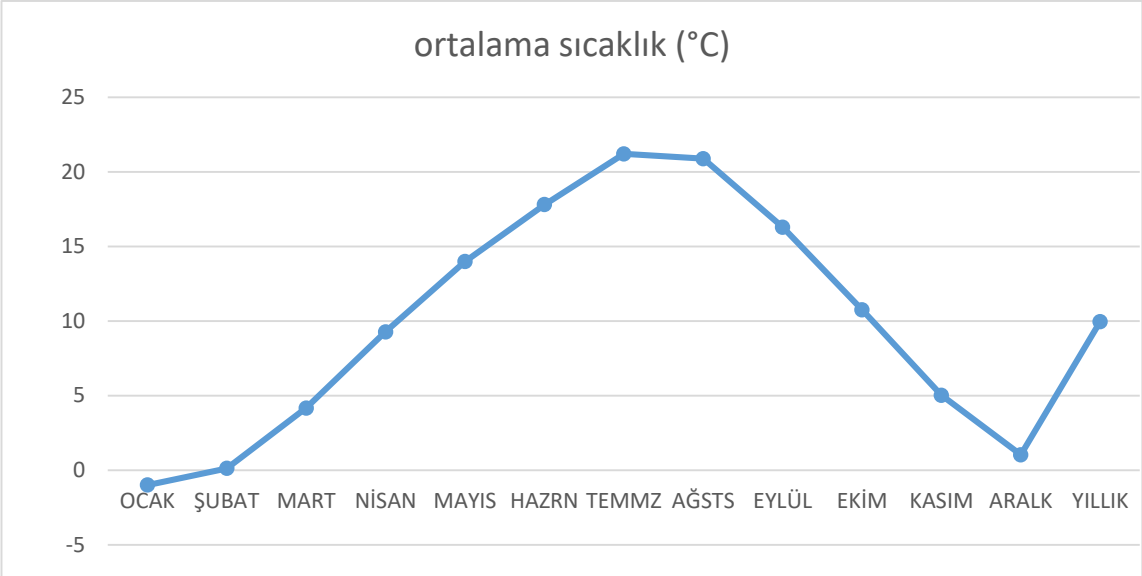
Kızılcahamam İlçesinde karasal iklim görülmektedir fakat farklı amaçlar için yapılan barajlar ve Karadeniz Bölgesine komşu olması nedeniyle Batı Karadeniz iklimi ve özelliklerini görmek mümkündür. Yağışlar ilkbahar aylarında yoğunlaşmaktadır, ormanlık arazilerin çoğunlukta olması sebebiyle yıl içindeki toplam yağışlı gün sayısı fazladır. İlçenin ortalama sıcaklığı +11° C'dir. En yüksek sıcaklık yaz aylarından olan ağustos ayında görülmektedir ve 34° C olarak ölçülmüştür, en düşük sıcaklık kış aylarından olan şubat ayında görülmektedir ve -20° C olarak ölçülmüştür.

Kızılcahamam İlçesinde ortalama nem % 66 olarak tespit edilmiştir. En yüksek nem kış aylarında görülmektedir ve % 76 olarak ölçülmüştür, en düşük nem sonbahar aylarından olan Eylül ayında görülmektedir ve % 4 olarak ölçülmüştür. Kızılcahamam İlçe merkezinin rakımı 975 metre olarak bilinmektedir ve toplam kurulu olduğu alan 1711.87 Km^2' dir.

Çalışmamızda Kızılcahamam ilçesinin meteorolojik verileri DSİ Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Rasatlar Şube Müdürlüğü tarafından oluşturulan Rasat Tablolarından elde edilmiştir. İstasyon numarası 17664, İstasyon adı Kızılcahamam, Rakım 1033, Enlem-Boylam 40° 28' - 32° 39' ile bilinen istasyon verileri kullanılmıştır. Rasat türü olarak kullanılan veriler; Aylık toplam yağış (mm), Aylık maksimum yağış (mm), Ortalama sıcaklık (°C), Aylık toplam buharlaşma (mm), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama nispi nem (%), aylık ortalama rüzgar hızı (m/sn), maksimum rüzgar hızı ve yönü (m/sn), en yüksek kar örtüsü (cm), kar yağışlı günler sayısı, yağışlı günler sayısı şeklinde sıralanabilirler.

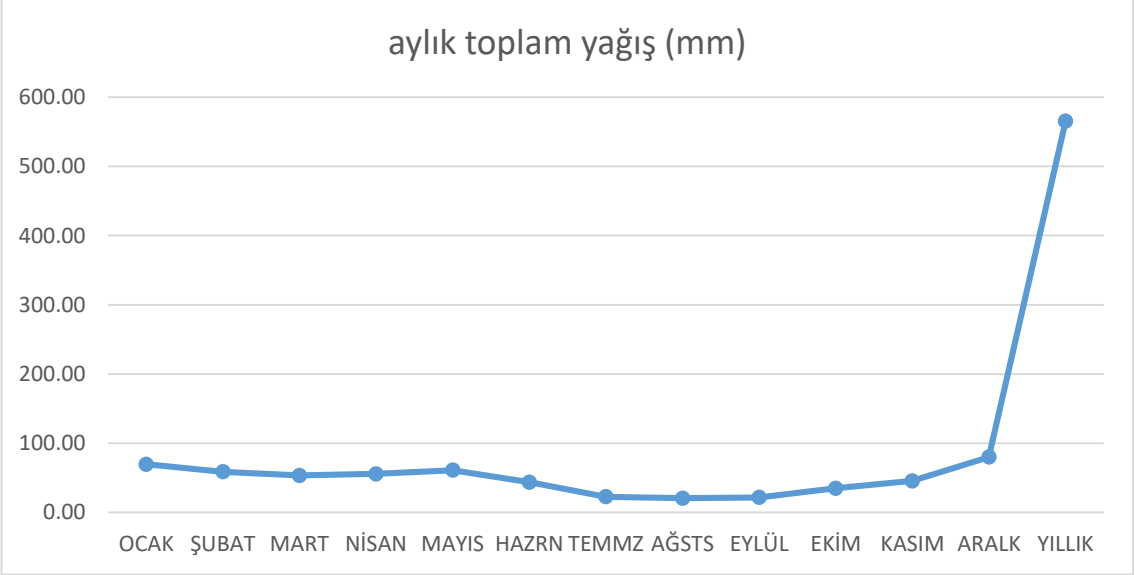
Yukarıda bahsedilen rasat türü verileri farklı yıllar için kaydedilmiştir. Bu yıllar 1929 ile 2016 arasında değişmektedir ve ekte tüm verilere ait tablolar verilmiştir. Ekte yer alan tablolarda boş kalan kısımlar o aylarda ölçüm yapılmadığını ifade etmektedir.

Kızılcahamam ilçesinin sıcak ve ılıman bir ikim hakimdir. Kış aylarında bile sıcaklık ortalaması -1 °C olmaktadır, yaz aylarında ise sıcaklık ortalaması 19 °C olarak belirlenmiştir. 1959 ile 2015 yılları arasında sıcaklık ortalaması 10 °C olmuştur ve Grafik Şekil 4.7' de görüldüğü gibidir.



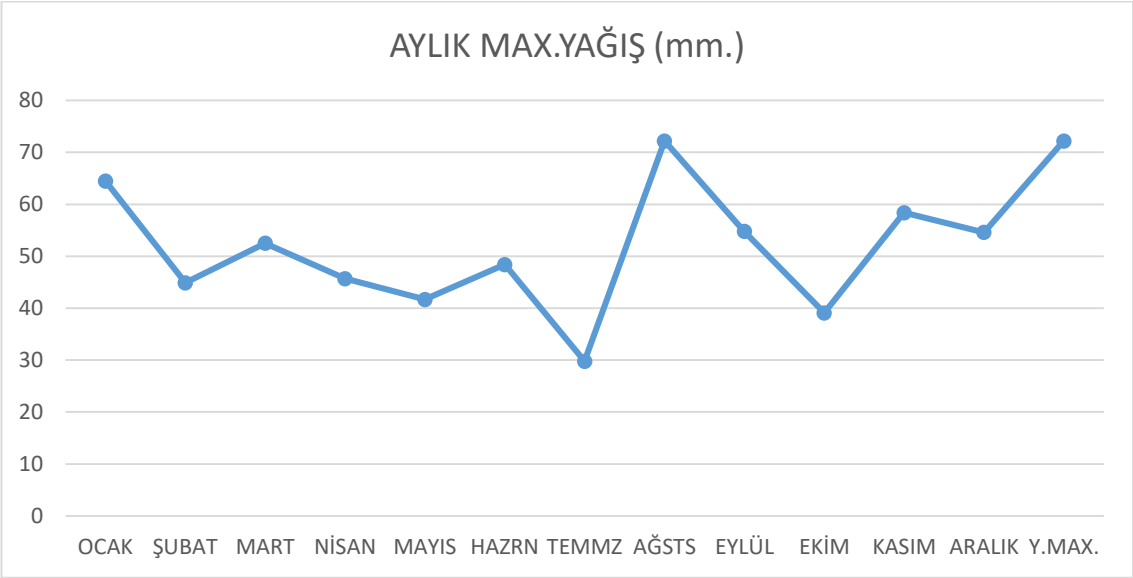
Şekil 4.7 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2015 yılları aylara göre sıcaklık ortalaması

1929 ile 2015 yılları arasında yıllık toplam yağış miktarı 565,37 mm olarak belirlenmiştir ve Şekil 4.8' de gösterildiği gibidir. Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında toplam yağış miktarı 21 mm'dir ve en düşük değerdedir. Diğer aylarda toplam yağış miktarları daha yüksektir.



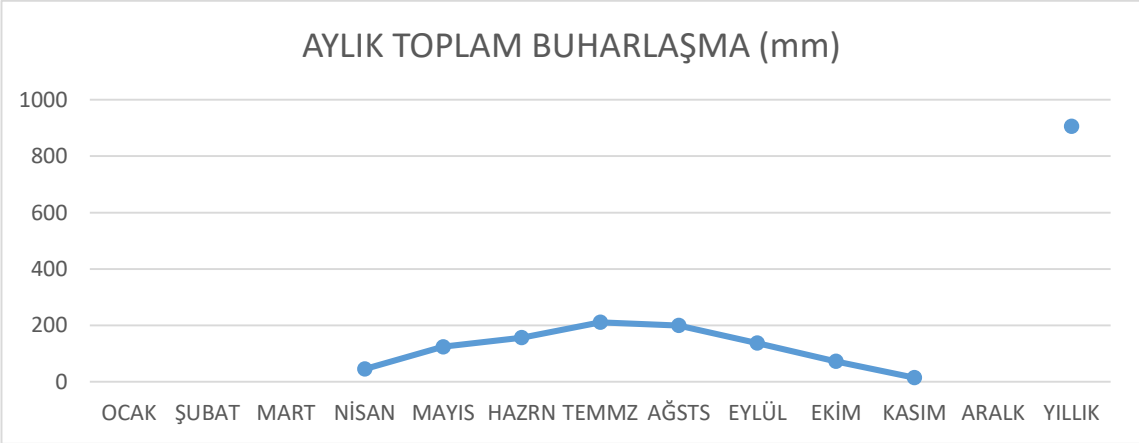
Şekil 4.8 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 2015 yılları arasında aylara göre toplam yağış miktarı

1929 ile 2010 yılları arasında aylık maksimum yağış miktarı verileri Şekil 4.9' da yer almaktadır. Ocak ve Ağustos aylarında aylık maksimum yağış miktarı 64,5 ve 72,2 mm dir ve tüm ayların arasında en yüksek değerdedir.



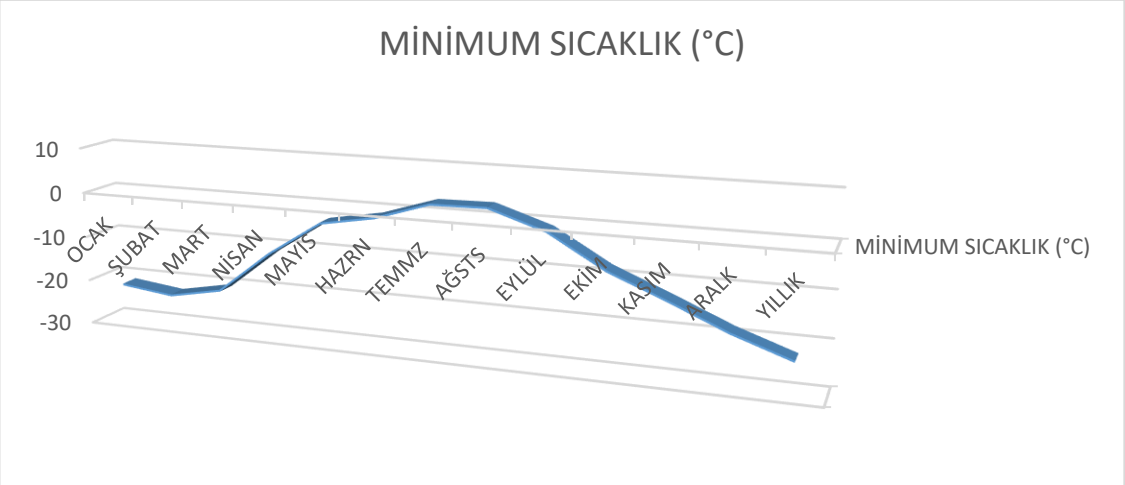
Şekil 4.9 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 2010 yılları arasında aylık maksimum yağış miktarı

1973 ile 2011 yılları arasında aylık toplam buharlaşma verileri Şekil 4.10' da yer almaktadır. En fazla buharlaşma Temmuz ve ağustos aylarında gerçekleşmiştir ve 213 mm ve 200 mm şeklinde gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama buharlaşma miktarı 928 mm değerindedir.



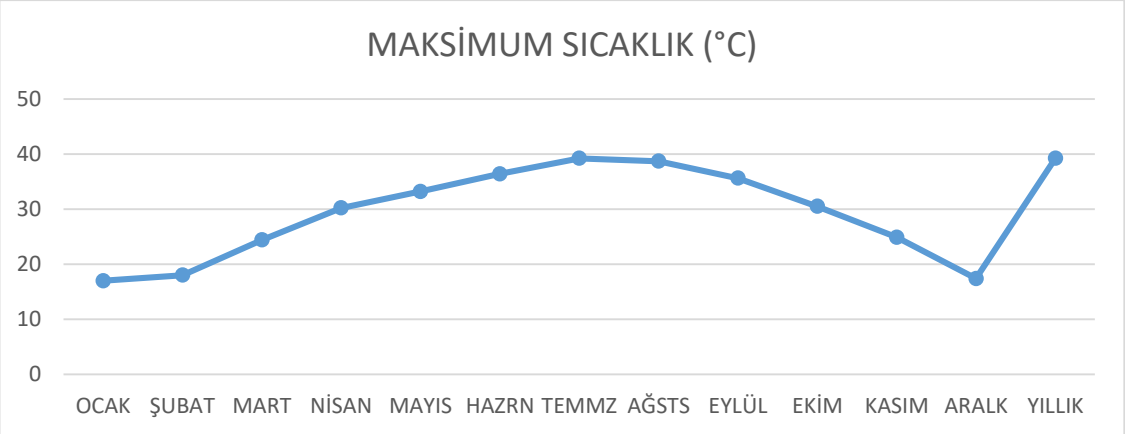
Şekil 4.10 Kızılcahamam ilçesi 1973 ile 2011 yılları arasında aylık toplam buharlaşma

1959 ile 2007 yılları arasında aylara göre minimum sıcaklık değerleri Şekil 4.11' de yer almaktadır. Kızılcahamam ilçesi için en düşük sıcaklık 2004 yılının Şubat ayında -22,4 °C olarak gerçekleşmiştir. Daha sonra 1985 yılının Şubat ayında -22,8 °C, 1965 yılının Şubat ayında -20,5 °C şeklinde gerçekleşmiştir.



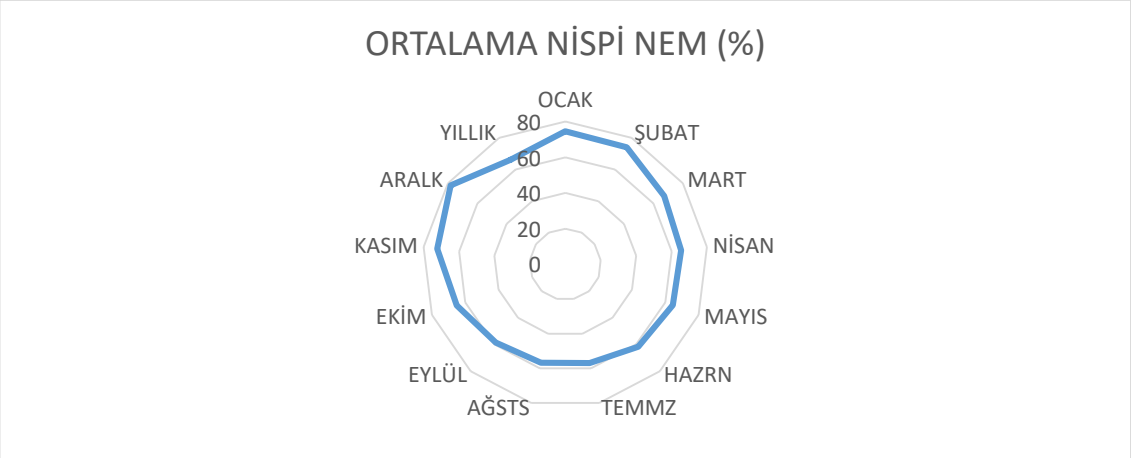
Şekil 4.11 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2007 yılları arasında aylara göre minimum sıcaklık değerleri

1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre maksimum sıcaklık değerleri Şekil 4.12' de yer almaktadır. Kızılcahamam ilçesi için en yüksek sıcaklık 2000 yılının Temmuz ayında 39,2 °C şeklinde gerçekleşmiştir. Sonrasında 2006 yılının Ağustos ayında 38,7 °C, 1965 yılının Ağustos ayında 38,4 °C şeklinde gerçekleşmiştir.



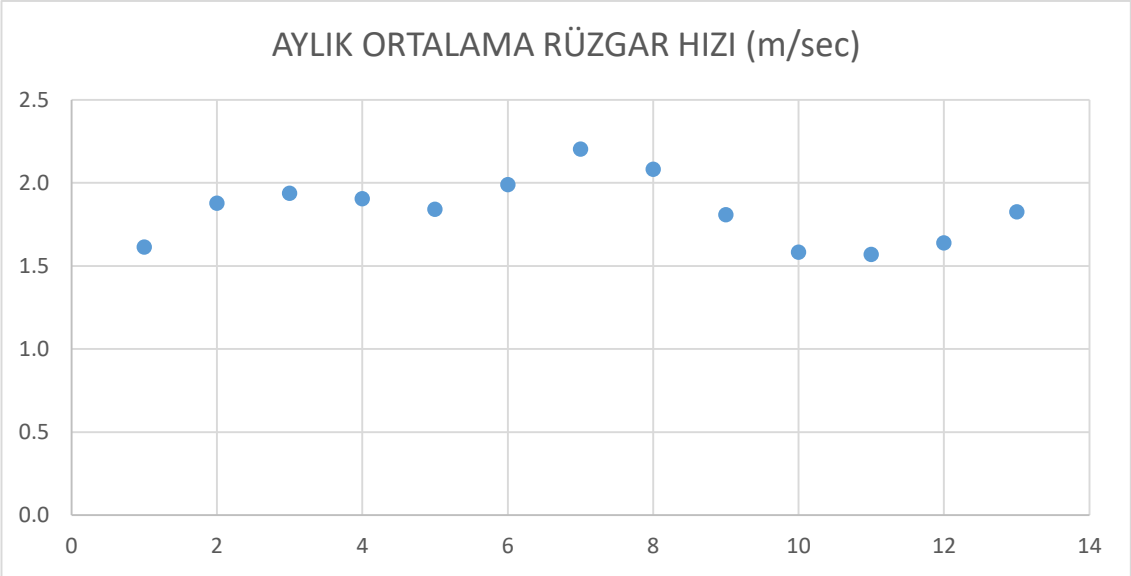
Şekil 4.12 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre maksimum sıcaklık değerleri

1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre ortalama nispi nem Şekil 4.13’ de yer almaktadır. Kızılcahamam ilçesinin ortalama nispi nemi en fazla Aralık ayında gerçekleşmektedir ve değeri %78 dir. Yıllara göre en yüksek ortalama nispi nem oranı 1982 ve 1991 yıllarında %71 şeklinde gerçekleşmiştir.



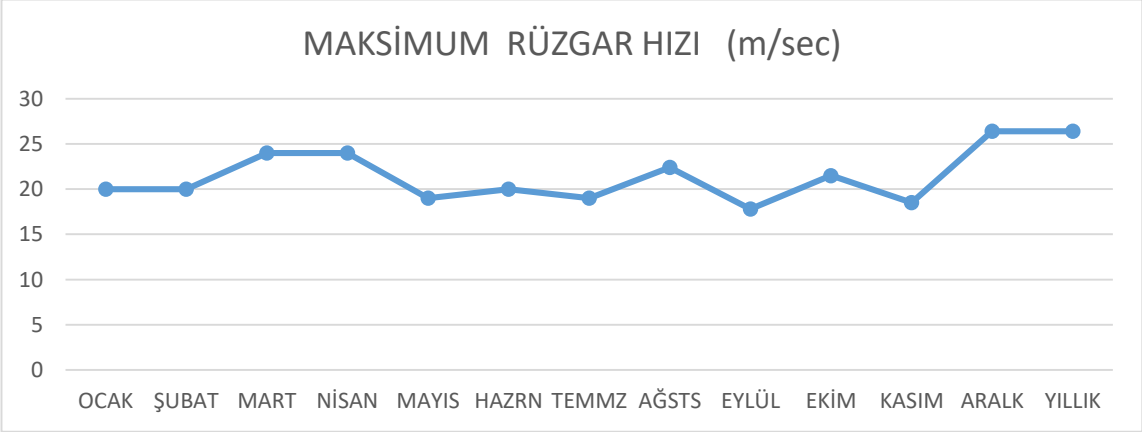
Şekil 4.13 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2006 yılları arasında aylara göre ortalama nispi nem

1959 ile 2005 yılları arasında aylara göre ortalama rüzgar hızı Şekil 4.14’ de yer almaktadır. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en fazla rüzgar hızı ölçülmüştür ve 2, 2.2, 2.1 m/sn şeklinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.14 Kızılcahamam ilçesi 1959 ile 2005 yılları arasında aylara göre ortalama rüzgar hızı

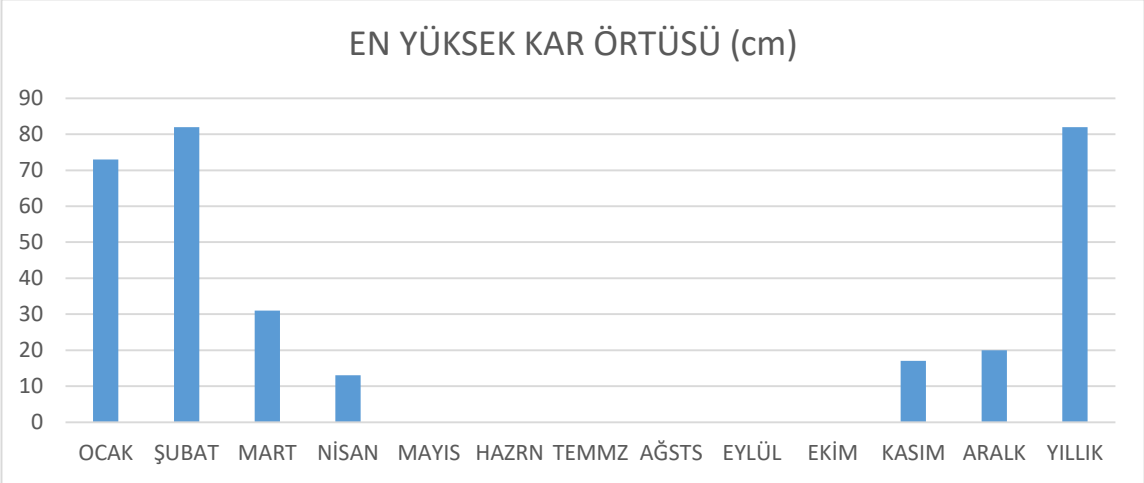
1985 ile 2005 yılları arasında aylara göre maksimum rüzgar hızı Şekil 4.15' de yer almaktadır. Yıllara göre en yüksek değerler farklı aylarda gerçekleşmiştir. Bazen Mart ayında bazen Aralık ayında bazen de Nisan ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.15 Kızılcahamam ilçesi 1985 ile 2005 yılları arasında aylara göre maksimum rüzgar hızı

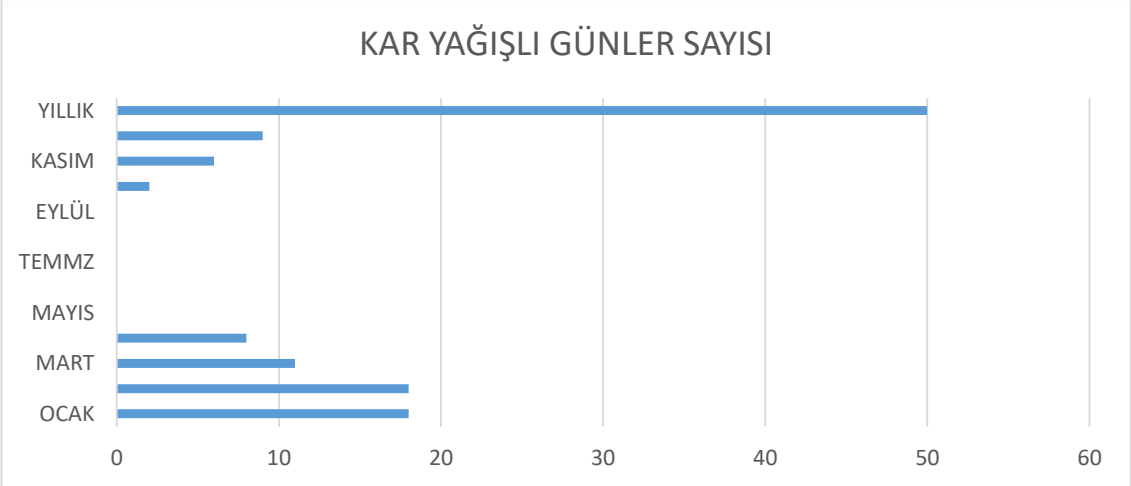
1931 ile 1966 yılları arasında ayara göre en yüksek kar örtüsü Şekil 4.16' da yer almaktadır. Kızılcahamam ilçesine kar yağışı Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında

gerçeklemiştir. 1942 yılının Şubat ayında 82 cm olarak gerçekleşmiştir. Sonrasında 1943 yılının Ocak ayında 43 cm olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16 Kızılcahamam ilçesi 1931 ile 1966 yılları arasında aylara göre en yüksek kar örtüsü

1930 ile 1966 yılları arasında aylara göre kar yağışlı gün sayısı Şekil 4.17' de yer almaktadır. En fazla kar yağışlı gün sayısı 1949 yılında 50 gün olarak ölçülmüştür. Sonrasında 1945 ve 1948 yıllarında 43 gün olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.17 Kızılcahamam ilçesi 1930 ile 1966 yılları arasında aylara göre kar yağışlı gün sayısı

1929 ile 1967 yılları arasında aylara göre yağışlı gün sayısı Şekil 4.18'de yer almaktadır. En fazla yağışlı gün sayısı 1967 yılında 127 gün olarak ölçülmüştür. Sonrasında 1963 ve 1965 yıllarında 126 ve 123 gün olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.18 Kızılcahamam ilçesi 1929 ile 1967 yılları arasında aylara göre yağışlı gün sayısı

1929 ile 1967 yılları arasında aylara göre yağışlı gün sayısı Şekil 4.18'de yer almaktadır. En fazla yağışlı gün sayısı 1967 yılında 127 gün olarak ölçülmüştür. Sonrasında 1963 ve 1965 yıllarında 126 ve 123 gün olarak ölçülmüştür.

4.6 Su Kaynakları ve Hidrolik Yapılar

Ankara' ya içme suyu sağlayan ve tarımsal sulama için kullanılan barajlar aşağıda belirtildiği gibidir:

- Kurtboğazı Barajı
- Çubuk I Barajı
- Çubuk II Barajı
- Kayaş-Bayındır Barajı

Bu barajlarda toplanan ve depolanan sular akarsular üzerindeki baraj ve regülatörler sayesinde temin edilmektedir ve sonrasında içme suyu olarak kullanılmak üzere salıverilmektedir.

Kurtboğazı Barajı sistemi, Ova Çayı'nın bir kolu olan Kurtboğazı deresi üzerinde Ankara' nın 56 km. kuzeyinde tesis edilmiş olan Kurtboğazı Barajı ile Ova Çayı üzerinde Ankara'nın 30 km. kadar kuzeyinde inşa edilmiş Köprübaşı regülatöründen Ova Çayının sularını Kurtboğazı'na aktaran Kışlacık derivasyonundan ibarettir. 1967 yılında inşasına başlanan bu baraja, 1974 yılında Kurtboğazı-İvedik 2200 mm. çapındaki aktarım hattı eklenmiştir. Kurtboğazı Deresi'nin tabii suları ile Ova Çayından deriver edilen suları toplayan ve regüle eden Kurtboğazı Barajı'ndan alınan sular beton bir boru sistemi ile İvedik Arıtma tesislerine isale edilmekte ve buradan dağıtım şebekesine verilmektedir. Barajdan yaz aylarında sulama maksadıyla bir miktar su alınmaktadır.

Kurtboğazı İsalesi açıklanacak olursa; Kurtboğazı Çayı'nın kendi suları ve Ova Çayı'ndan Kışlacık derivasyonu ile Kurtboğazı'na aktarılan ve bu barajda regüle edilen suların Ankara'daki İvedik Arıtma Tesisleri'ne isalesi, beton borularla yapılmaktadır. İsalenin toplam boyu 47200 m.'dir. Bu hatla Ankara kentine isale edilen su miktarı yılda 60-65 milyon m^3 dür. Normal su kotunda gövde hacmi 96,6 hm^3, normal su kotunda gövde alanı 5,5 km^2 dir.

Kurtboğazı Barajı havzasını besleyen akarsular aşağıda detaylı şekilde anlatılmıştır. Bu akarsularda tarımsal sulama, içme suyu gibi faaliyetler için kullanılmaktadır. Yukarıda belirtilen derelerin ortalama uzunlukları ve debileri hakkında sağlıklı bilgilere ulaşılamamıştır. Bundan dolayı belirtilmemiştir.

4.7 Nüfus

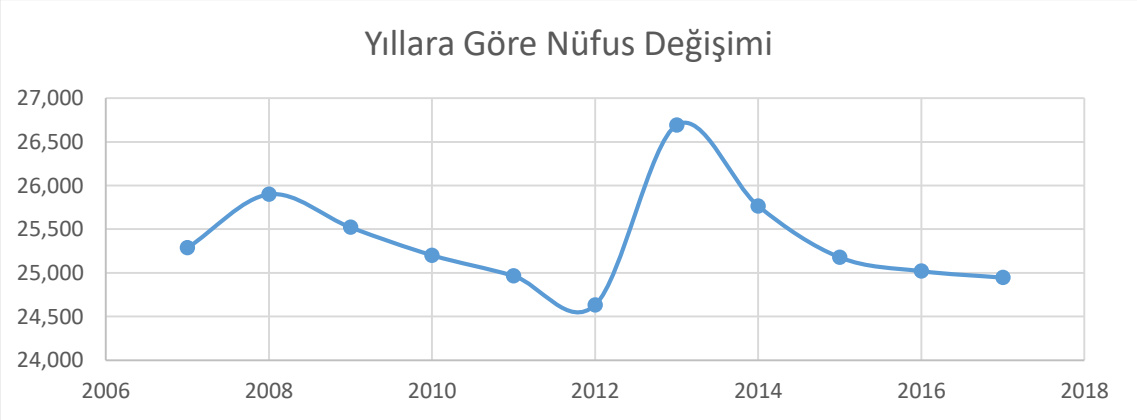
Kızılcahamam ilçesinin ve Ankara ilinin nüfuslarının Kurtboğazı Barajı Havzası için önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü Kurtboğazı Barajı Havzası sadece Kızılcahamam ilçesine değil aynı zamanda ve esasında Ankara ilinin içme suyu ihtiyacını

karşılamaktadır. Bu durumdan dolayı Ankara ilinin de yıllara göre nüfus değişimi tablosu eklenmiştir.

Kızılcahamam ilçesinin yıllara göre ciddi bir nüfus değişimi yoktur. 2008 yılından 2012 yılına kadar azalan bir durum söz konusudur. 2012 yılından 2013 yılına geçerken 2000 kişilik bir artış olmuştur. Bu artışta Çizelge 4.3 ve Şekil 4.19'da görüldüğü gibi en büyük değişimdir.

Çizelge 4.3 Kızılcahamam ilçesinin yıllara göre nüfusu

Yıl	Kızılcahamam Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu
2017	24.947	12.433	12.514
2016	25.021	12.448	12.573
2015	25.179	12.554	12.625
2014	25.767	12.853	12.914
2013	26.694	13.283	13.411
2012	24.635	12.217	12.418
2011	24.966	12.350	12.616
2010	25.203	12.390	12.813
2009	25.522	12.547	12.975
2008	25.900	12.680	13.220
2007	**25.288**	**12.420**	**12.868**



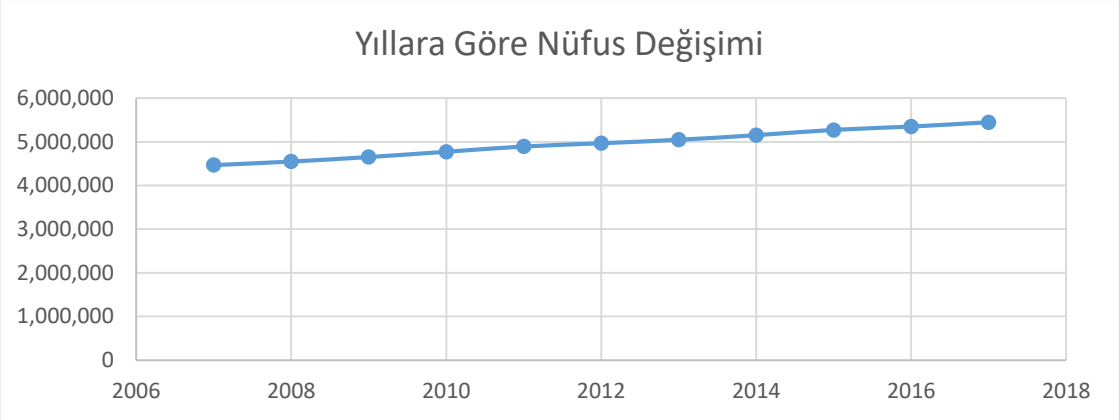
Şekil 4.19 Kızılcahamam ilçesinin yıllara göre nüfus değişimi

Ankara ilinin her yıl düzenli olarak nüfusu artmıştır (Şekil 4.20). 2007 yılından 2017 yılına gelindiğinde Ankara' nın nüfusu 1 milyon kişi artmıştır (Çizelge 4.4). Bu artış ilin su kaynakları açısından ciddi bir artıştır ve yüktür. Bu artıştan kaynaklı içme suyu ihtiyacında artış meydana gelmiştir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda

Kurtboğazı Barajı Havzası hidrolojik analizinin yapılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.4 Ankara ilinin yıllara göre nüfusu

Yıl	Toplam Nüfus	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu
2017	5.445.026	2.702.492	2.742.534
2016	5.346.518	2.653.431	2.693.087
2015	5.270.575	2.621.235	2.649.340
2014	5.150.072	2.562.805	2.587.267
2013	5.045.083	2.507.525	2.537.558
2012	4.965.542	2.474.456	2.491.086
2011	4.890.893	2.439.058	2.451.835
2010	4.771.716	2.379.226	2.392.490
2009	4.650.802	2.318.633	2.332.169
2008	4.548.939	2.267.779	2.281.160
2007	**4.466.756**	**2.225.033**	**2.241.723**



Şekil 4.20 Ankara ili için yıllara göre nüfus değişimi

4.8 Tarım ve Sulama

Kızılcahamam ilçesi genellikle dağlık ve ormanlık bir yapıya sahip olup tarımsal arazi azdır. İlçede toprak yapısı ağırlıklı olarak 6–7. sınıf orman toprağıdır. İlçede karasal iklim hâkimdir. Kışları soğuk ve karlı, yazları sıcak ve kuraktır. Yağmurlar genelde ilkbaharda yağmaktadır. İlçenin ormanlık olması nedeniyle her mevsimde az çok yağış düşmektedir. İlçe topografyası oldukça engebeli olup, kaya topluluklarının sertliği

nedeniyle sarp yamaçlı vadi ve tepeler oluşmuştur. Aşınma niteliği farklı kayaçların düzensiz yayılmaları nedeniyle, dorukların gidişi belirli bir düzen göstermemektedir. Akarsu ağı dallı-budaklı örneklidir. Kuru dereler oldukça dik yatak eğimlidir. Çeşitli jeolojik etüt verilerinin değerlendirilmesi ışığında, bölgede denizsel birimlerin bulunmadığı Kurtboğazı Barajı' nın sulama alanı net 4800 ha dır.

4.9 Bölge Hidrolojisi

İki tane akarsu Kurtboğazı Baraj gölünü beslemektedir. Bu akarsulardan biri Ova Çayı'nın kolu olan Mera Çayı, diğeri ise Pazar Çayı'dır. İstasyon no 1239, istasyon adı Ova Çayı-Eybek, Açılış tarihi 22.07.1955 ve kapanış tarihi 30.09.2003, gözlem süresi 37 yıl olan akım gözlem istasyonun aylık ortalama debi miktarı aşağıdaki Şekil 4.21' de görülmektedir.



Şekil 4.21 Gözlem süresi 37 yıl olan akım gözlem istasyonun aylık ortalama debi miktarı

5. KURTBOĞAZI BARAJI HAVZASI ANALİZİ UYGULAMASI

A.B.D'de bulunan ve SEI "Stockhol Enviroment Institute" tarafından geliştirilen WEAP "Water Evulation and Planning System", çeşitli senaryolara göre su bütçesi çıkarılma ve havza su kaynaklarına dair verimli bir planlama çalışmalarının yapılabilmesine hizmet etmektedir. Programda model oluşturma çeşitli senaryolara göre sulama, içme suyu, endüstri-sanayi, atık su arıtma, yeniden kullanım, su kirliliği, zirai ve biyolojik talepler, yer altı suyu, rezervuar vs. ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mevcut kaynakların etkili bir şekilde planlanmasına imkân sağlamaktadır.

Kurtboğazı havzası mastır plan çalışmasından alınan hidrolojik veriler kullanılarak havzaya ait mevcut noktasal elemanlar (talep bölgesi, baraj, akarsu vs.) girilmiş ve model oluşturulmuştur. Havza için hali hazırda işletmede olan yapılardan; Kurtboğazı Barajı, Kavşakkaya Barajı, Eğrekkaya Barajı, Ankara ilinde bulunan Kurtboğazı Barajının suladıkları tarım arazileri kullanılmıştır. Bu yapılara ait hidrolojik veriler Devlet Su İşleri' nin (DSİ) 5, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) 9 ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nden 1 adet akım gözlem istasyonunun 1996-2010 yılları arası verileri temin edilmiştir. Öncelikle su bütçesine ilişkin mevcut durum 1996-2015 yılları arası hidrolojik verilerin ortalaması alınarak ortalamaya en yakın hidrolojik değerleri içeren yıl mevcut durum olarak kabul edilmiştir.

Modelde mevcut durum tanıtıldıktan sonra kötümser senaryo için; havzada yer alan su kaynaklarına (baraj, göl ve nehir) ait 1996-2015 yılları arası en düşük akım değerleri, en yüksek buharlaşma değerleri, en kalabalık nüfus miktarı, TÜİK ten alınan kişi başı yıllık su tüketimi, kentsel nüfusa verilen içme suyu şebekelerindeki kaybın en yüksek değeri, yeraltı akiferine sızan su miktarlarının en fazla olduğu vb. koşullara ait veriler girilmiştir. Girilen bu değerler ile 2010- 2020 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır. Benzer şekilde iyimser senaryo için de tam tersi koşullar dikkate alınarak veriler girilmiş ve 2010-2020 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır. Bunun birlikte küresel ısınmanın her geçen yıl artması nedeniyle buharlaşma verileri iyimser senaryoda azalmayacağı ancak kötümser senaryoda artacağı düşünülmüştür.

5.1 Veriler

Yukarıda bahsedildiği gibi organize sanayinin su talebi iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki minimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için maksimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki Çizelge 5.1'de gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m³ olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1 Organize sanayi su talebi (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0,093	0,093	0,093
0,087	0,084	0,084
0,093	0,093	0,093
0,09	0	0,03
0	0	0
0,09	0,09	0,09
0,093	0,093	0,093
0,093	0,093	0,093
0,09	0,09	0,09
0,093	0,093	0,093
0,09	0,09	0,09
0,093	0,093	0,093

Çizelge 5.2'de tarımsal sulama için tarım arazilerinin su talebi iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki minimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için maksimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m3 olarak verilmiştir.

Çizelge 5.2 Tarımsal sulama su talebi (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
24,096	3,842	10,908
21,987	4,236	10,009
24,563	2,936	12,468
24,206	5,615	13,390
25,513	4,766	14,379
24,724	4,769	14,776
25,789	5,337	15,051
24,345	4,667	13,907
22,24	5,295	12,774
21,85	5,046	11,367
22,252	3,205	11,092
24,964	5,711	12,033

İçme suyu su talebi Çizelge 5.3'de iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki minimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için maksimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m^3 olarak verilmiştir.

Çizelge 5.3 İçme suyu su talebi (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0,176	0,176	0,176
0,494	0,007	0,196
1,864	0,041	0,750
4,531	1,287	2,806
4,839	0,124	2,905
1,938	0,084	1,057
0,706	0,033	0,263
0	0	0
0	0	0

Taşkın su kaybı Çizelge 5.4'de iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki minimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için maksimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m^3 olarak verilmiştir.

Çizelge 5.4 Taşkın su kaybı (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0,161	0	0,080
0,145	0,145	0,145
0,161	0,161	0,161
1,522	0,156	0,872
6,69	0,221	2,684
0,337	0,337	0,337
0,324	0,324	0,324
0,324	0,324	0,324
0,314	0,314	0,314
0,161	0,118	0,139
0,156	0,04	0,098
0,161	0,161	0,161

Buharlaşma su kaybı Çizelge 5.5'de iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki minimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için maksimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m^3 olarak verilmiştir.

Çizelge 5.5 Buharlaşma su kaybı (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0	0	0
0	0	0
0,058	0,058	0,058
0,37	0,072	0,235
0,854	0,095	0,501
1,824	0,414	0,923
2,892	0,538	1,315
3,586	0,604	1,496
2,588	0,107	1,009
1,893	0,197	0,631
0,669	0,018	0,192
0,347	0	0,152

Kavşakkaya' dan Kurtboğazı Barajına gelen su miktarı Çizelge 5.6'de iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki maksimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için minimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m^3 olarak verilmiştir.

Çizelge 5.6 Kavşakkaya' dan gelen su miktarı (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0	5,487	1,491
0	5,133	2,168
0	6,045	3,365
0	16,96	5,207
0	18,1	6,114
0	10,512	5,146
0	24,835	6,158
0	8,985	5,096
1,5	8,116	4,664
2,575	28,91	9,890
0	17,619	5,074
0	5,487	1,468

Eğrekkaya’ dan Kurtboğazı Barajına gelen su miktarı Çizelge 5.7’da iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki maksimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için minimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m³ olarak verilmiştir.

Çizelge 5.7 Eğrekkaya' dan gelen su miktarı (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0	12,4	6,263
0	11,2	5,126
0	12,058	4,806
0,104	33,945	9,368
0,1	12,534	8,546
0,317	15,006	8,062
3,466	18,601	10,830
0,965	18,101	10,494
0,245	16,222	9,440
0,495	18,859	9,164
0	16,512	6,280
0	12,305	5,390

Kendi havzasından Kurtboğazı Barajına gelen su miktarı Çizelge 5.7’de iyimser senaryo için 1996-2015 yıllarındaki maksimum değerler temel alınmıştır. Kötümser senaryo için 1996-2015 yılları için minimum değerler ve referans senaryo için ise 1996-2015 yıllarındaki aylık değerlerin ortalamaları alınmıştır. Veriler aylara göre aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir. Su talebi milyon m³ olarak verilmiştir.

Çizelge 5.8’de kendi havzasından gelen su miktarları milyon m³ olarak verilmiştir

Çizelge 5.8 Kendi havzası' ndan gelen su miktarı (hm^3)

KÖTÜMSER SENARYO	İYİMSER SENARYO	REFERANS SENARYO
0,952	16,747	6,480
0,856	28,384	8,608
3,017	31,431	15,101
0	36,215	12,806
0,693	20,021	5,294
-0,85	12,262	3,410
-4,07	8,175	0,802
-3,238	5,581	0,745
-3,348	9,243	1,206
-2,272	13,525	1,438
-3,376	8,273	1,600
0,353	32,331	5,261

5.2 Yapılan Kabuller

1. Akarçay havzasında mevcut hal itibariyle; Kurtboğazı Barajı, Eğrekkaya ve Kavşakkaya barajları modele girilmiştir. Ayrıca Ova, Mera ve Pazar çayları modele işlenmiştir.

2. Bununla birlikte Kurtboğazı barajının suladığı tarım arazileri, Ankara şehri içme suyu yapıları su talep birimleri olarak tanıtılmıştır.

3. Kurtboğazı Barajı; Ankara şehrine içme suyu sağlamakta olup yıllık su tüketimi modele tanıtılmıştır.

4. Kurtboğazı barajı sulama amacıyla kullanılmaktadır ve barajdan tarım arazilerine aktarılan sulama borularında sürtünme kaybı ve kaçaklar olacağı düşünülerek normal durum için (%0) kayıp tanımlanmıştır. İyimser ve kötümser durum için ise sırasıyla % 2 ve % 4 kayıp tanımlanmıştır.

5. Bununla birlikte, baraj, nehir ve göllerde yeraltına su sızıntısı olmadığı kabul edilmiştir ancak Kurtboğazı barajından taşkın olduğu kabul edilmiştir.

6. Baraj ve göllerin rezervuar hacimleri için referans olarak normal su seviyeleri alınmıştır. 1996-2010 arası ölçülen minimum ve maksimum hacimler iyimser ve kötümser senaryolara işlenmiştir.

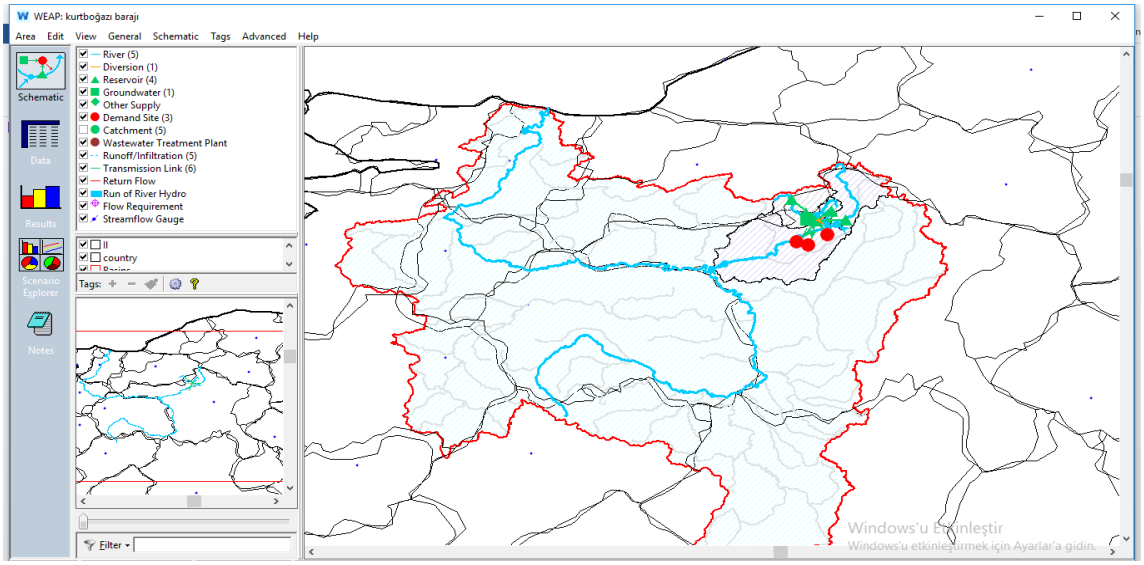
7. 2000-2010 arası ölçülen nüfus değerlerinin ortalaması alınmış ve referans yılına tanıtılmıştır (TÜİK). Sayım yapılan yıllara göre artış değeri yaklaşık %1 değerindedir. Azalış ise gözlemlenmemiştir. Azalış yaşanmaması sebebiyle iyimser senaryoda nüfus azalışı girilmemiş olup mevcut yıldaki nüfus değeri sabit tutulmuştur. Ancak kötümser senaryoda ise nüfusun arttığı (%0,5) senaryoda tanımlanmıştır.

8. Sakarya havzasında yer alan Kurtboğazı çevresinde içme suyu ihtiyacının karşılanmasında Kurtboğazı Barajı görev yapmakta olup Ankara merkez ilçesine hizmet etmektedir. Bununla birlikte sanayi ve endüstri anlamında Ankara merkezde organize sanayi bölgesi yer almakta olup 2582 m^3/gün' lük bir su tüketimi olmaktadır.

9. Tüm bu kabuller ile birlikte havza sistemi WEAP'ta tanımlanmıştır. Sisteme ait su yapıları, arz ve talep değerleri ve hidrolojik verilerin yer aldığı bölümler aşağıda gösterilmektedir.

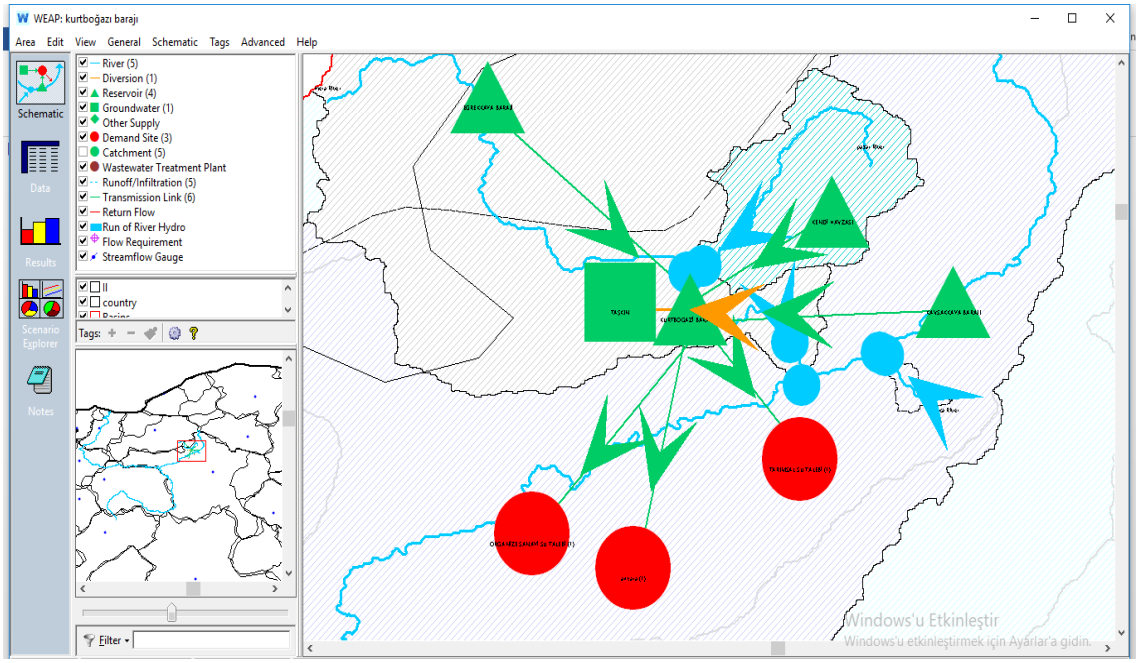
5.3 Kurtboğazı Barajı Havzası' nda Weap Modeli Uygulaması

Aşağıda Şekil 5.1'de Sakarya Havzası' nın genel görünümü verilmiştir. Sakarya havzası' nın Ankara ili sınırları içerisinde yer alan kısmı görülmektedir. Daha fazla küçük veya büyük akarsu mevcuttur fakat modelde onların görünmesi engellenmiştir.



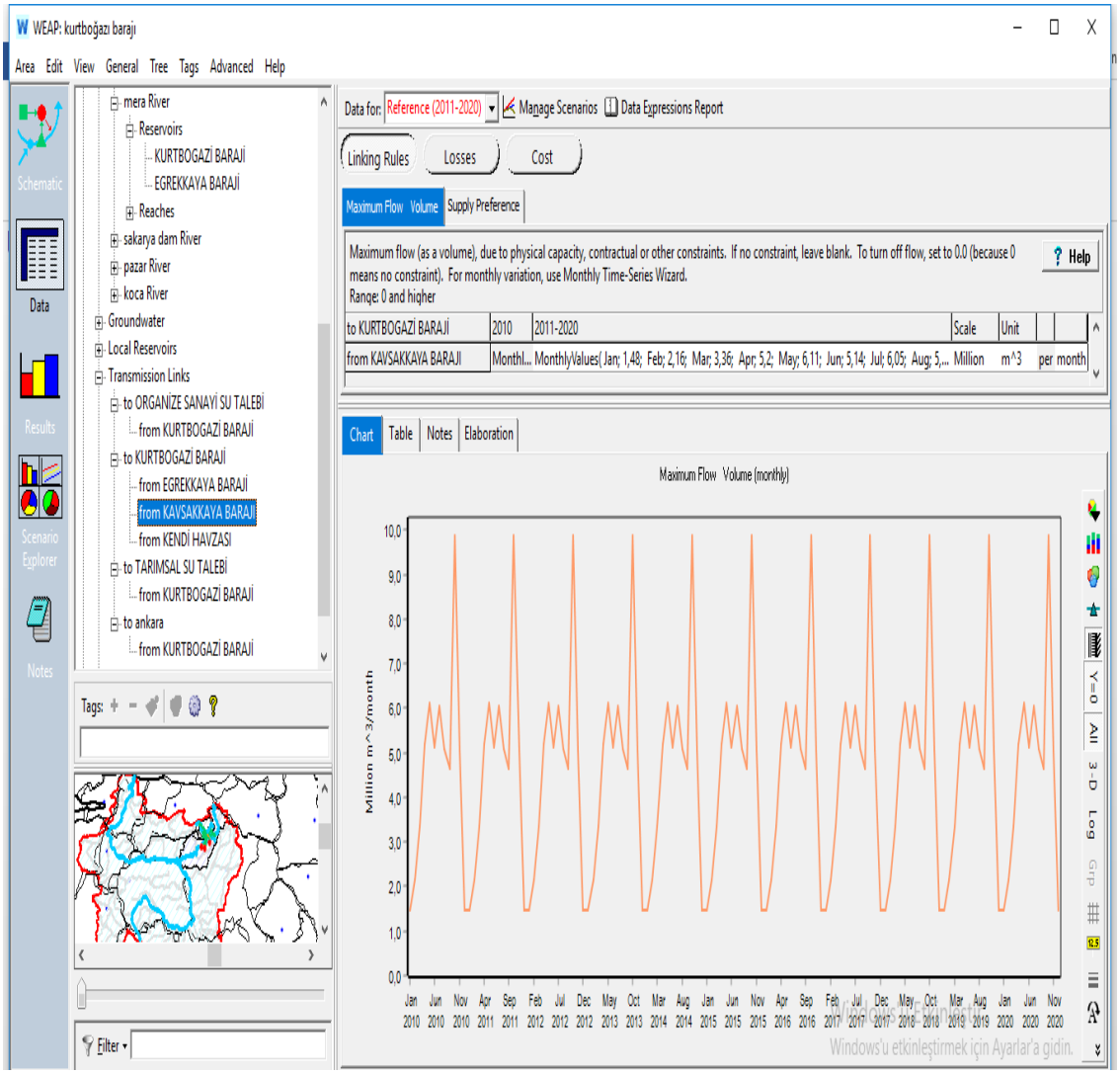
Şekil 5.1 Sakarya havzası' nın genel görünümü

Şekil 5.2'de oluşturulan model sistemi gösterilmektedir. Sistemde yer alan yapılar itibariyle; Kurtboğazı Barajı, Kavşakkaya Barajı, Eğrekkaya Barajı, Ankara Organize Sanayi Bölgesi, Ankara içme suyu, Kurtboğazı Barajı tarım sulaması için de kullanılmaktadır. Tarım sulamaları su talep bölgeleri tanımlanmıştır. Bununla birlikte havzada yer alan Ova Çayı, Mera Çayı, Pazar Çayı ve Koca Çayı sisteme tanıtılmıştır.



Şekil 5.2 Sakarya havzası entegre su kaynakları yönetimi konusunda oluşturulan model

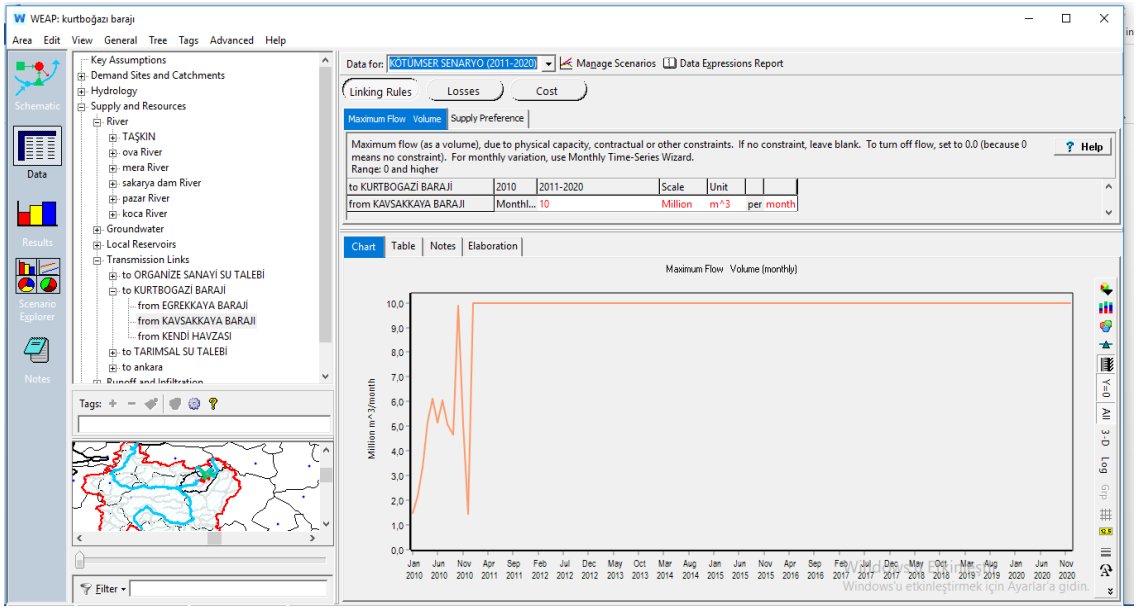
Şekil 5.3'te Kavşakkaya Barajı' ndan Kurtboğazı Barajına aktarılan su miktarları mevcut 2010 – 2020 yılları arası referans senaryoda aynıdır ve yukarıdaki gibi kabul edilmiştir. Maksimum akış hacmidir ve Kavşakkaya Barajı ile Kurtboğazı Barajı arasında bağlantı olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 5.3 Kavşakkaya barajı' ndan kurtboğazı barajına aktarılan su miktarları (referans senaryo)

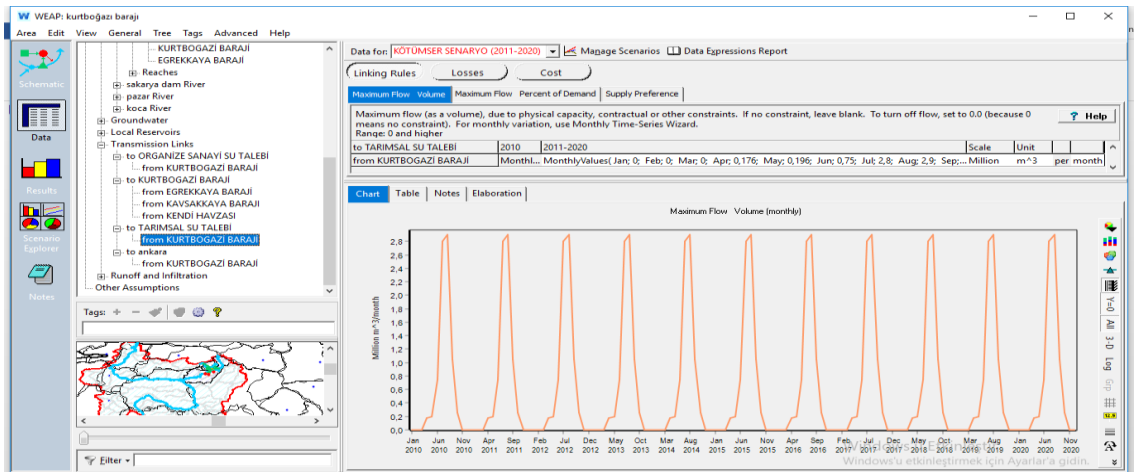
Şekil 5.4'de Kavşakkaya Barajı' ndan Kurtboğazı Barajına aktarılan su miktarları mevcut 2010 – 2020 yılları arası kötümser senaryoda önce kötüleşip sonra sabit kalmaktadır ve

yukarıdaki gibi kabul edilmiştir. Maximum akış hacmidir ve Kavşakkaya Barajı ile Kurtboğazı Barajı arasında bağlantı olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 5.4 Kavşakkaya barajı' ndan kurtboğazı barajına aktarılan su miktarları (kötümser senaryo)

Şekil 5.5'de Kurtboğazı Barajı tarım sulaması için iletilen su miktarının mevcut (referans) yılda toprak tarafından %100'ünün kullanıldığı kabul edilmiştir. 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda sızarak akifere iletilen su miktarı %10, 2010 – 2020 yılları arası kötümser senaryoda ise %20 olarak kabul edilmiştir.



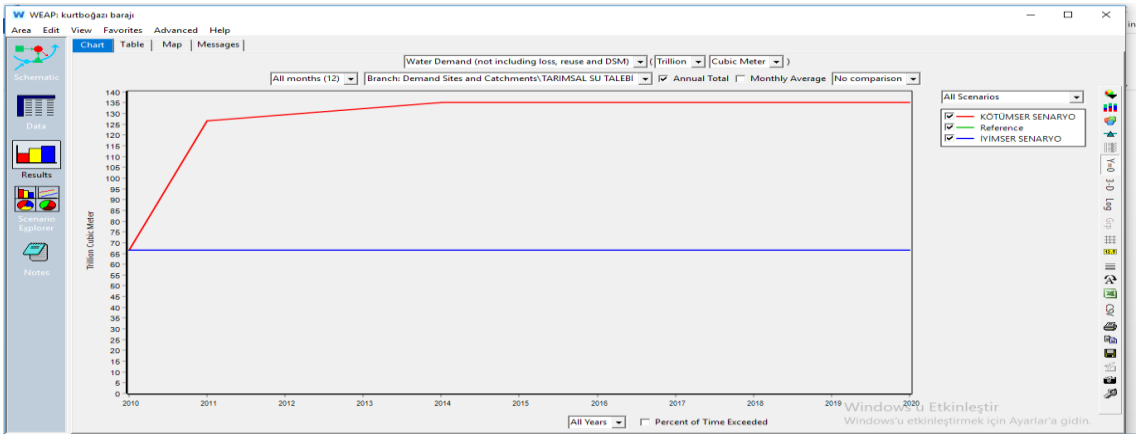
Şekil 5.5 Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (kötümser senaryo)

Şekil 5.6'da Kurtboğazı Barajı tarım sulaması için iletilen su miktarının mevcut (referans) yılda toprak tarafından %100'ünün kullanıldığı kabul edilmiştir. 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda sızarak akifere iletilen su miktarı %10, 2010 – 2020 yılları arası kötümser senaryoda ise %20 olarak kabul edilmiştir.



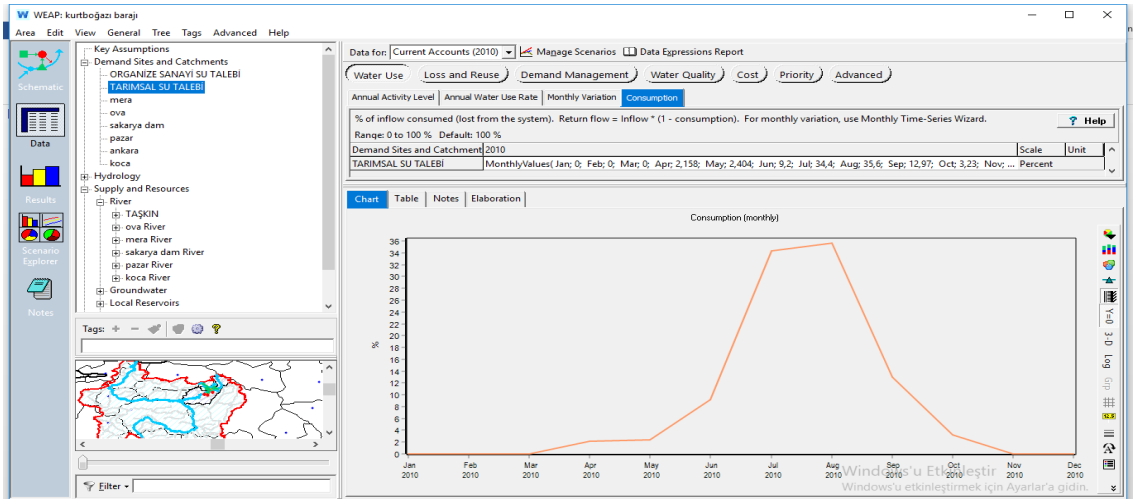
Şekil 5.6 Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (iyimser senaryo)

Tarımsal sulama talebine göre senaryoların grafikleri yukarıda Şekil 5.7'deki gibidir. İyimser senaryo ile referans senaryo değerleri aynı şekilde oluşmuştur.



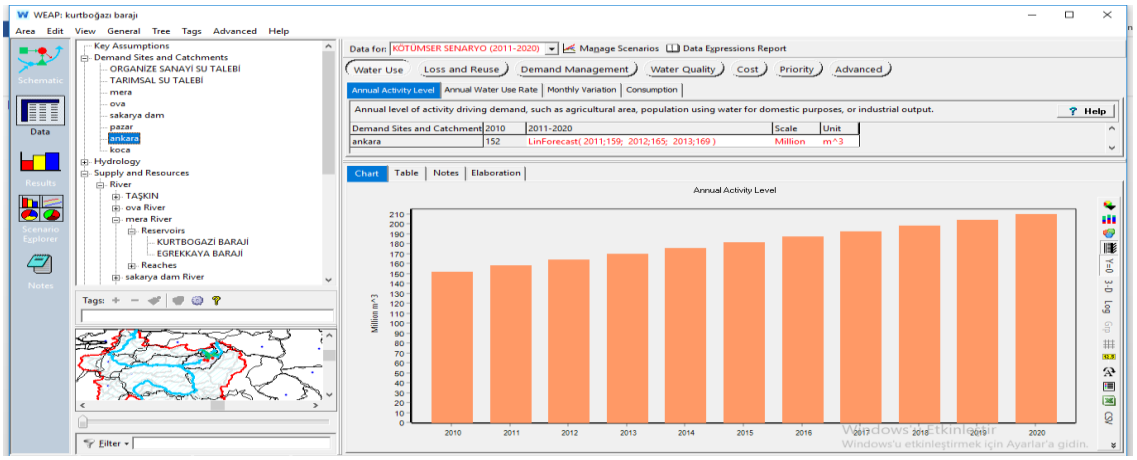
Şekil 5.7 Tarımsal sulama talebine göre senaryoların grafikleri

Şekil 5.8'de Kurtboğazı Barajı tarım sulaması için iletilen su miktarının aylara göre kullanım oranları verilmiştir. En çok kullanım Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleşmektedir. Bu durum tarımsal sulamanın en çok yapıldığı dönem olması şeklinde açıklanabilmektedir.



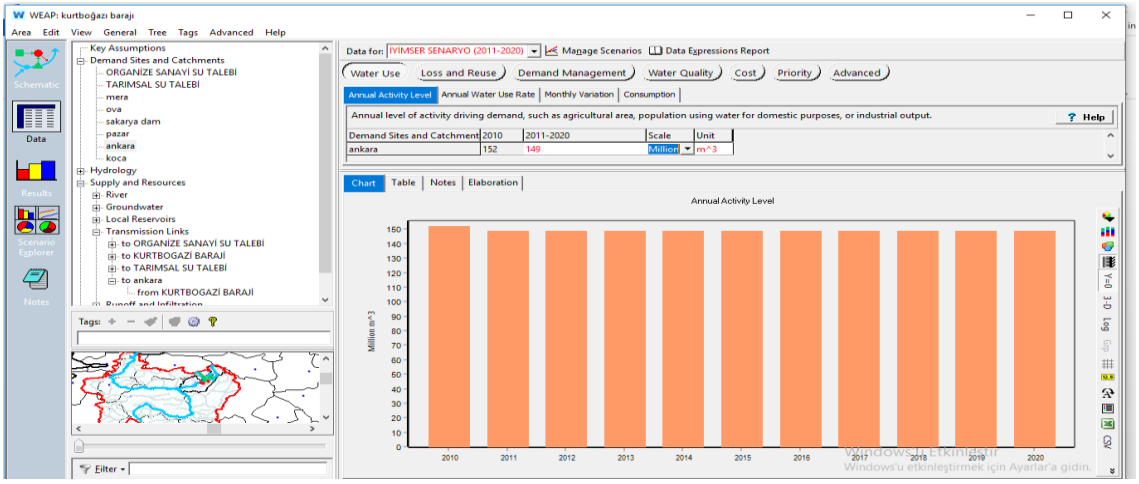
Şekil 5.8 Tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının aylara göre kullanım oranları

Şekil 5.9'da Ankara ilinin kötümser senaryo için yıllık içme suyu yıllık 152 milyon m^3 su tüketimi olarak sisteme girilmiştir. Benzer şekilde 2010 - 2020 yılları arası iyimser senaryoda kullanılan yıllık su tüketimi, halkın bilinçlendirilerek suda tasarrufa gitmesi varsayımı ile % 0,5 düşürülmüştür. 2010 – 2020 yılları arası kötümser senaryoda ise bilinçsiz su tüketimi ve nüfusun artacağı da dikkate alınarak % 0,5 artırılmıştır.



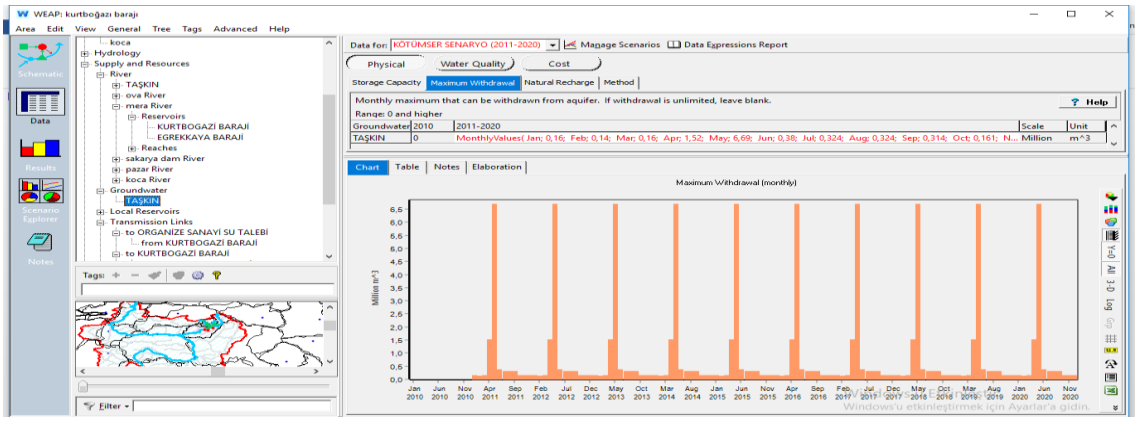
Şekil 5.9 Ankara ilinin kötümser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri

Şekil 5.10'da Ankara ilinin iyimser senaryo için yıllık içme suyu yıllık 152 milyon m^3 su tüketimi olarak sisteme girilmiştir. Benzer şekilde 2010 - 2020 yılları arası iyimser senaryoda kullanılan yıllık su tüketimi, halkın bilinçlendirilerek suda tasarrufa gitmesi varsayımı ile % 0,5 düşürülmüştür.



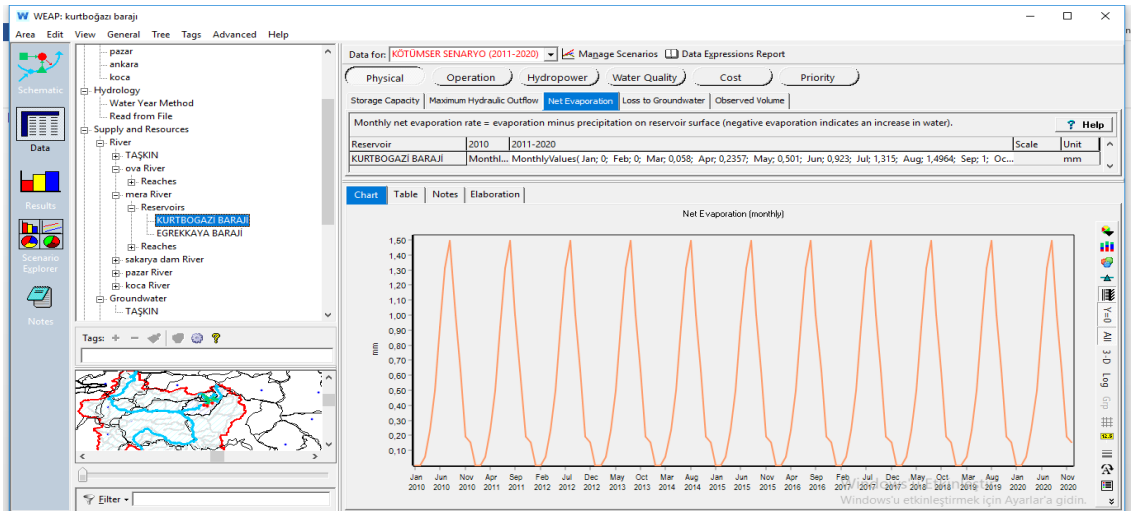
Şekil 5.10 Ankara ilinin iyimser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri (iyimser senaryo)

Şekil 5.11'de Kurtboğazı Barajı' na ilişkin taşkın su miktarı değerleri modele tanıtılmıştır. 1996 – 2010 yılları arası değerlerin ortalaması alınmış ve mevcut (referans) yılda sisteme girilmiştir. 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda buharlaşma değerleri 1996 – 2010 arası ölçülen değerler arasındaki en düşük taşkın değerleri girilmiş, 2010 - 2020 yılları arası kötümser senaryoda ise 1996 – 2010 arası ölçülen en yüksek taşkın değerleri kullanılmıştır.



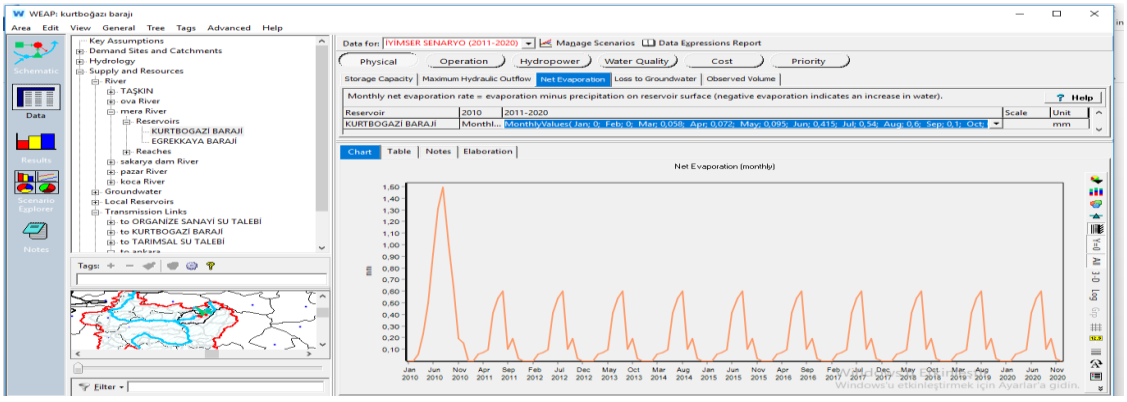
Şekil 5.11 Kurtboğazı barajı' na ait taşkın su miktarı değerleri

Şekil 5.12'de Kurtboğazı Barajı' na ilişkin buharlaşma değerleri modele tanıtılmıştır. 1239 nolu AGİ istasyonundan 1996 – 2010 yılları arası değerlerin ortalaması alınmış ve mevcut (referans) yılda sisteme girilmiştir. 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda buharlaşma değerleri 1996 – 2010 arası ölçülen değerler arasındaki en düşük buharlaşma değerleri girilmiş, 2010 - 2020 yılları arası kötümser senaryoda ise 1996 – 2010 arası ölçülen en yüksek buharlaşma değerleri kullanılmıştır.



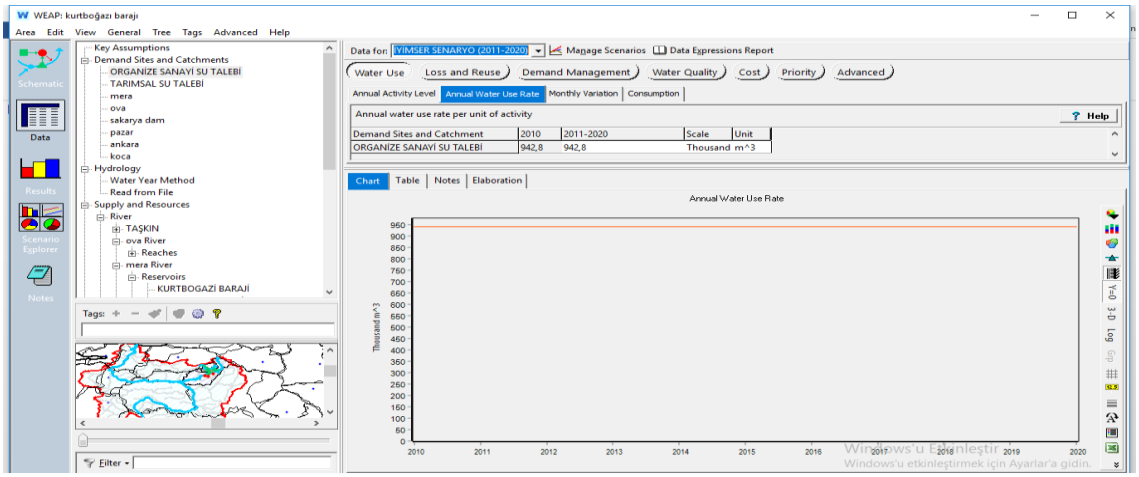
Şekil 5.12 Kurtboğazı barajı' na ait buharlaşma değerleri (kötümser senaryo)

Şekil 5.13'de Kurtboğazı Barajı' na ilişkin buharlaşma değerleri modele tanıtılmıştır. 1239 nolu AGİ istasyonundan 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda buharlaşma değerleri 1996 – 2010 arası ölçülen değerler arasındaki en düşük buharlaşma değerleri girilmiştir.



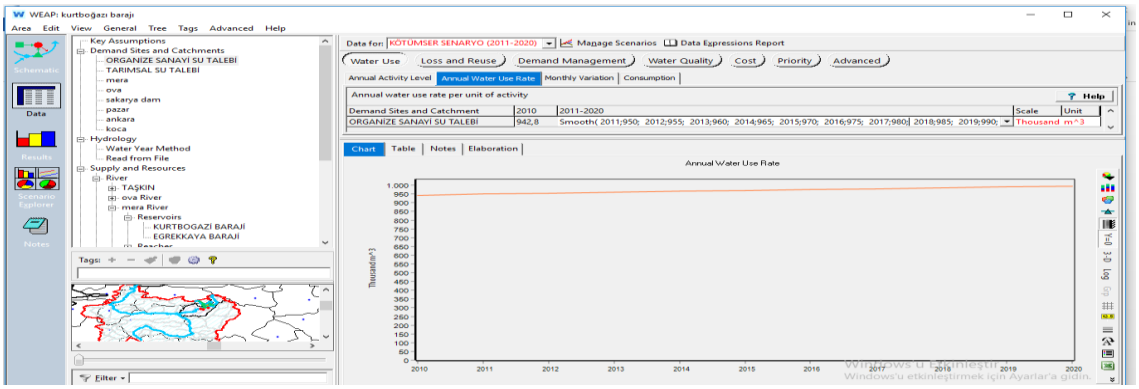
Şekil 5.13 Kurtboğazı barajı' na ait buharlaşma değerleri (iyimser senaryo)

Şekil 5.14'de Kurtboğazı Barajı' ndan Organize Sanayi bölgeleri için iletilen su miktarının 2010 – 2020 yılları arası iyimser senaryoda hiç değişmediği, yani organize sanayi bölgesinin su talebinin hiç artmadığı kabul edilmiştir. Yıllık organize sanayi su talebi ise 950 bin m³ olarak girilmiştir. Bu veri DSİ Kurtboğazı Barajı/Gölet Aylık İşletme Tablosu' ndan elde edilmiştir.



Şekil 5.14 Organize sanayi bölgelerine aktarılan su miktarlarının yıllık kullanım miktarları (iyimser senaryo)

Şekil 5.15'te Kurtboğazı Barajı' ndan Organize Sanayi bölgeleri için iletilen su miktarının 2010 – 2020 yılları arası kötümse senaryoda hiç azalmadığı, yani organize sanayi bölgesinin su talebinin sürekli arttığı kabul edilmiştir.



Şekil 5.15 Organize sanayi bölgelerine aktarılan su miktarlarının yıllık kullanım miktarları (kötümser senaryo)

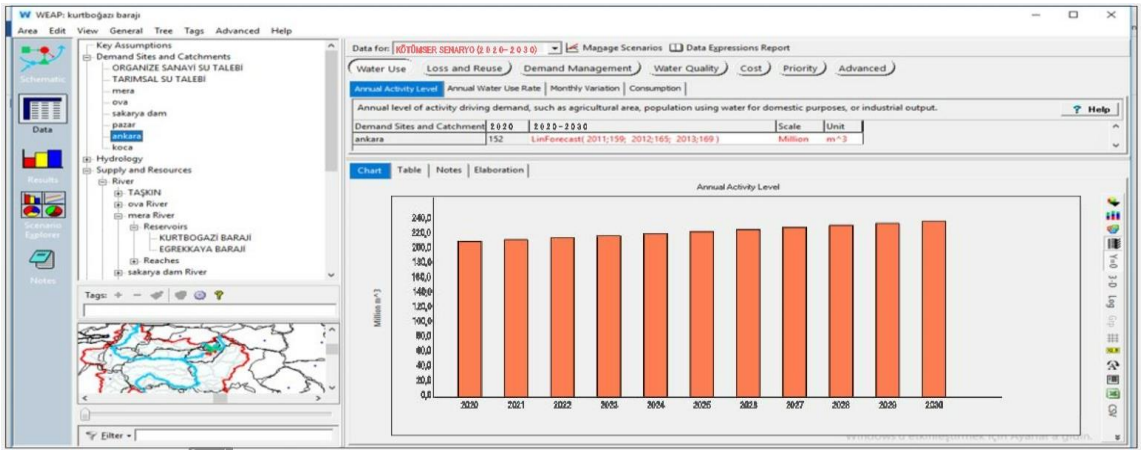
Organize Sanayi su talebine göre senaryoların grafikleri Şekil 5.16'daki gibidir. İyimser senaryo ile referans senaryo değerleri aynı şekilde oluşmuştur.



Şekil 5.16 Organize sanayi su talebine göre senaryoların grafikleri

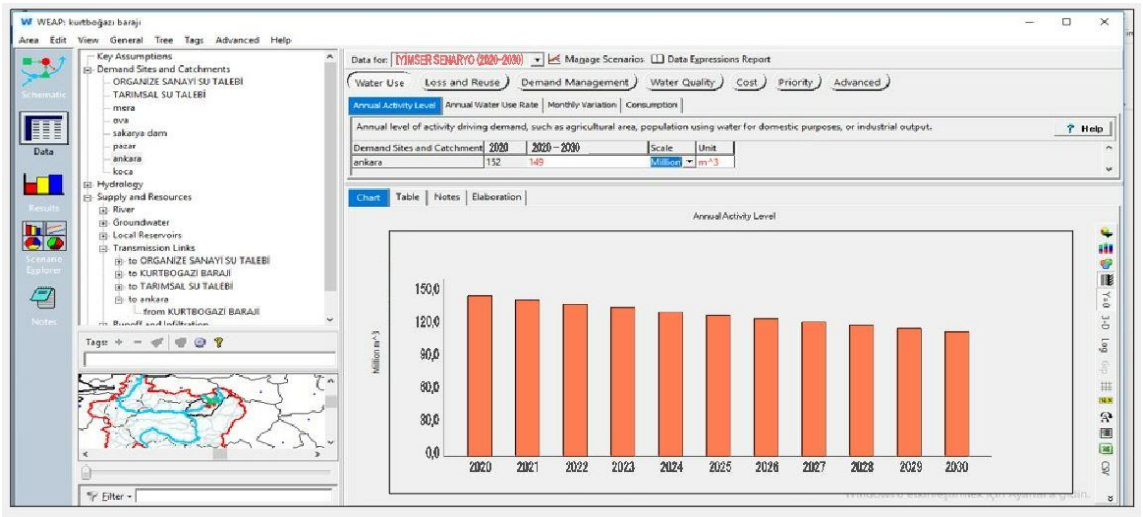
Aşağıda, istasyonlardan alınan aynı veriler kullanılarak fakat kabullerde farklı yaklaşımlar ile 2020-2030 yılları arası su talep bölgelerindeki ihtiyaçlar iyimser ve kötümser senaryo olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 5.17'de kötümser senaryoda, her yıl tekrarlayan şekilde %1 nüfus artışı ve %0,25 bilinçsiz su tüketimi olduğu takdirde yaklaşık 210 milyon m³ içme suyu ihtiyacından,237 milyon m³ içme suyu ihtiyacına yükseldiği görülmüştür.



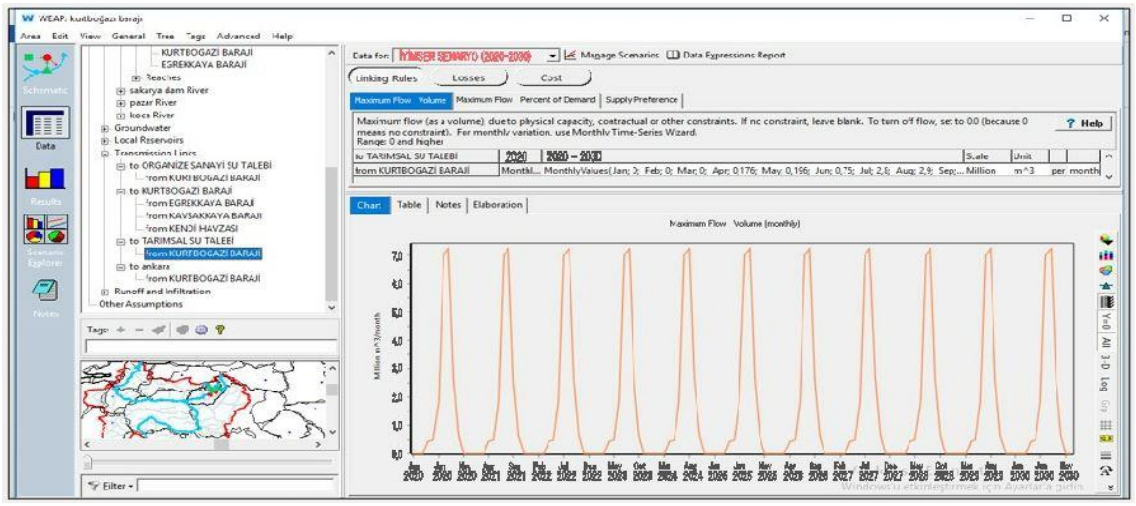
Şekil 5.17 Kötümser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri. (2020-2030)

Şekil 5.18'de iyimser senaryoda, her yıl tekrarlayan şekilde %0 nüfus artışı ve %0,25 bilinçli su tüketimi olduğu takdirde yaklaşık 147 milyon m³ içme suyu ihtiyacından,114 milyon m³ içme suyu ihtiyacına düştüğü görülmüştür.



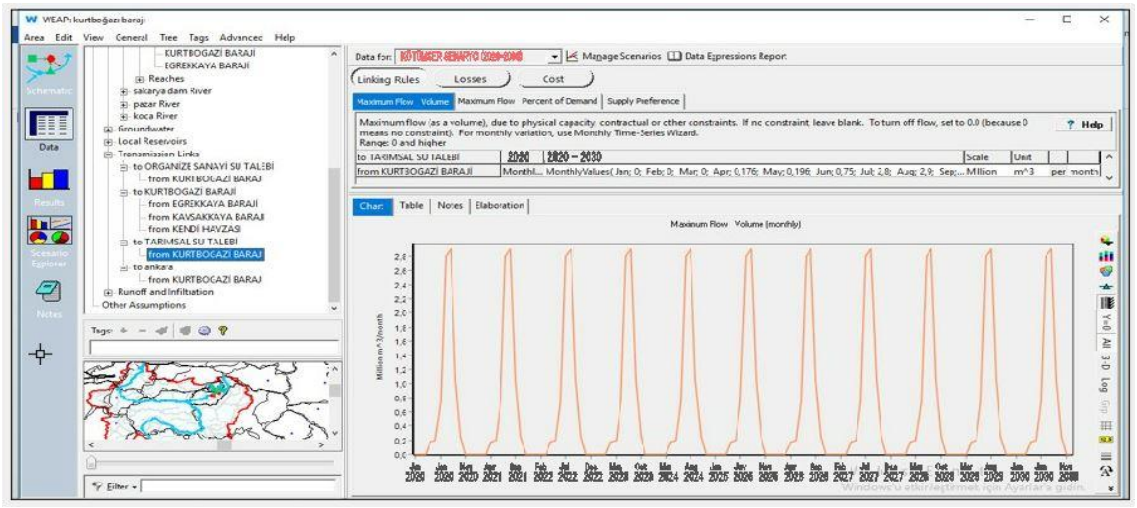
Şekil 5.18 İyimser senaryo için yıllık içme suyu tüketim değerleri. (2020-2030)

Şekil 5.19'da iyimser tarımsal su ihtiyaçlarında akifere sızan su miktarı %5 olarak alınmış olup en fazla su ihtiyaçları umulduğu gibi yaz aylarında olduğu görülmüştür.



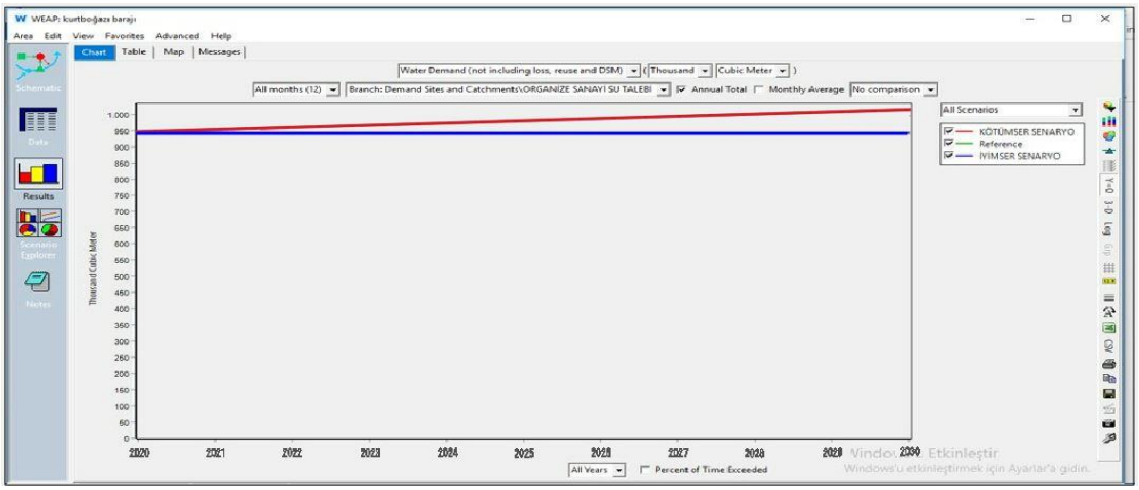
Şekil 5.19 İyimser senaryoya göre Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları (2020-2030)

Şekil 5.20'de kötümser tarımsal su ihtiyaçlarında akifere sızan su miktarı %30 olarak alınmış olup akifere sızıntının fazla olmasından dolayı maksimum su sağlama durumu anlık 2,8 milyon m³ ' ü ancak geçebilmektedir.



Şekil 5.20 Kötümser senaryoya göre Kurtboğazı barajı' ndan tarımsal su talep bölgelerine aktarılan su miktarlarının kullanım miktarları. (2020-2030)

Şekil 5.21'de kötümser senaryo için her yıl artarak devam eden ve %2 olarak gerçekleşeceği düşünülen yeni sanayi yerlerinin açılmasından dolayı 0,94 milyon m³ olan su ihtiyacı 2030 sonu 1,15 milyon m³ seviyesine çıkmıştır.



Şekil 5.21 Organize Sanayi su talebine göre senaryoların grafikleri. (2020-2030)

Şekil 5.21'de iyimser senaryoda ise yeni sanayileşme olmayacağı tahmin edilmiş ve grafik, referans senaryo ile aynı şekilde 0,94 milyon m^3 su ihtiyacı olarak görülmüştür.

Yukarıdaki sonuç tablolarından yola çıkarak ve de girdiğimiz referans senaryo, iyimser senaryo ve kötümser senaryo verileri ışığında Kurtboğazı havzasında sisteme giren su miktarında azalmaların oluşacağı bu nedenden dolayı yukarıdaki tablonun kısa bir zaman içinde (10 yıl) gerçekleşeceği varsayılmaktadır.

Bununla birlikte Kurtboğazı baraj göletinin en büyük su giderinin çizelgelerde görüleceği üzere Ankara iline sağladığı içme suyu olduğu bilinmektedir. Rezervuar depo hacminin aynı kaldığını düşündüğümüz takdirde meydana gelecek karşılanamayan su talebinin karşılanmasının ancak verimli tüketimden geçtiği anlaşılmıştır.

Tüm bunların yanında hepimizin bildiği üzere Kızılırmak'tan sağlanan su girdilerine son yıllarda Gerede suları ilave edilmiş ve Ankara'nın 2050 yılına kadar su ihtiyacı karşılanmış durumdadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfusta meydana gelen yüksek artış ve bunun yanında su tüketiminin bilinçsizce yapılması sonucunda suya olan ihtiyacın sürekli olarak artması öngörülmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, suyun bilinçli tüketimi ve sudan sağlanacak tasarrufun teşvik edilmesi gerekmektedir. Bilinçli tüketim sağlanırsa Kurtboğazı Barajı Havzası' ndan sağlanması gereken içme suyu miktarı düşecektir ve bu durum gelecekte suya olan ihtiyaç üzerindeki baskıyı azaltacaktır.

Nüfus artışının yanında organize sanayi bölgesinin su ihtiyacının artması da havzadan sağlaması gereken su miktarı üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Bilinçli kullanım ile bilinçsiz kullanım senaryoları arasındaki farkı görmek mümkündür.

Yağış miktarı ve hidroloji açısından yapılabilecek bir çalışma bulunmamaktadır fakat kullanımı bilinçli hale getirerek su kaynaklarını verimli şekilde kullanmak mümkündür. Bunun yanında gerekli planlamalarında yapılması gerekmektedir.

Elde edilen sonuçlar ışığında bir takım önlemlerin alınması zaruriyet arz etmektedir. Bu bağlamda alınması gereken önlemlerden bazıları şunlardır:

1. Organize sanayinin su kullanımı ve kentsel su ihtiyacından oluşan atık suyun arıtılarak yeniden kullanıma kazandırılması su sarfiyatını azaltacaktır.

2. Hava sıcaklıklarındaki artıştan kaynaklı meydana gelen buharlaşma barajlar ve göllerdeki su miktarında düşüşlere neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için su tüketimini bilinçli hale getirmek gerekmektedir. Bilinçlendirme çalışmaları da devlet ve sivil toplum kuruluşları vasıtasıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

3. Sulama şebekelerinde açık kanallı sistemden kaynaklı kayıpları en aza indirebilmek için borulu sisteme geçilmelidir.

KAYNAKLAR

Ajami, Q. Y., Duan, N. K. and Sorooshian, S. 2009. An integrated hyrologic Bayesizn multimodel combination framework: Confronting input,parameter and model structural uncertainty in hydrologic prediction. Water Resources Research, 45: W03603.

Anonim.2013. Web sitesi. http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php=3381714 Erişim Tarihi: 28.10.2018

Arnold, J.G., Srinavasan, R., Muttiah, R. S. and Williams, J. R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment: Part 1. Model development. Journal of the American Water Resources Association., 34: 73–89.

Arnold, J.G., Fohrer, N. 2005. Swat2000: Current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. Hydrol Process., 19(3): 563–572

Arnold, J. G. and Allen, P. M. 1999. Automated methods for estimating baseflow and groundwater recharge from streamflow records. Journal of the American Water Resources Association., 35: 411–424.

Aski, 2018. Web sitesi. http://www.aski.gov.tr/TR/ICERIKDETAY/Kavsakkaya-Baraji/32/11. Erişim Tarihi: 28.10.2018

Beven, K. J. 2010. Preferential flows and travel time distributions: Defining adequate hypothesis tests for hydrological process models. Hydrological Processes., 24: 1537–1547.

Borah, D.K., Yagow, G., Saleh, A., Barnes, P.L., Rosenthal, W., Krug, E.C. & Hauch, L.M. 2006. Sedimentation and nutrient modeling for TMDL development and implementation. Trans. ASABE., 49: 967-986.

Burak, S., Duranyıldız, L., Yetiş, Ü. 1997. Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklan Yönetimi, Devlet Planlama Teşkilatı, 116 sayfa, Ankara.

Dawson, C. and Wilby, R. 1998. An artificial neural network approach to rainfall–runoff modelling. Journal of Hydrology., 43: 47.

Devlet Su İşleri. 1983. Kurtboğazı Baraj Gölü Kirlilik Araştırması, Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı-Tarım Orman Bakanlığı-Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yayınları, 143 sayfa, Ankara.

Devlet Su İşleri, 2015. Web sitesi. http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi5/ankara.htm #kurtbogazi. Erişim Tarihi: 20.01.2015.

Doğdu, M. S., Sağnak, C. 2008. Climate change, drought and over pumping impacts on groundwaters: Two examples from Turkey. Balwois 2008., 427: 98-99.

Grigg, N.S. 1999. "Integrated Water Resources Management: Who should Lead, Who should Pay, Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, no. 3, pp. 527-534, Virginia.

Hock, R. 2003. Temperature index melt modelling in mountain areas. Journal of Hydrology., 282: 104–115.

Jha, M., Arnold, J.G., Gassman, P.W., Gıorgı, F. & Gu, R. 2006.Climate change sensitivity assessment on upper Mississippi river basin steam flows using SWAT. J. Am. Water Res. Assoc., 42: 997-1015.

MFA, 2014. Web sitesi.http://www.mfa.gov.tr/no 22 4 july 2014 press release regarding the amount of water that turkey releases from the euphrates river.en.mfa. Erişim Tarihi: 10.08.2020.

Nayak, P. C., Sudheer, K. P. and Ramasastri, K. S. 2005. Fuzzy computing based rainfall–runoff model for real time flood forecasting. Hydrological Processes., 19: 955–968.

Öztürk, R. 2007. Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlenmesinde Havza Yönetimi Önerileri.Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 133 sayfa , Adana.

Parlak, M., Dinçsoy, Y. ve Seyrek, K. 2007. Determination Of Erosion Risk According To Corine Methodology (A Case Study: Kurtbogazı Dam), International Congress River Basin Management, DSI, Volume 1, pp. 844-846, Antalya.

Rushton, K.R. 2003. Groundwater Hydrology: Conceptual and Computational Models. John Wiley and Sons Ltd., 430 p, New Jersey.

Schuol, J., Abbaspour, K.C., Sarinivasan, R., Yang, H. 2008. Estimation of freshwater availability in the West African Sub-continent using the SWAT hydrologic model. Journal of Hydroloy., 352(1-2): 30-49.

Shepherd, B., Harper,D. and Millington, A. 1999. Modelling catchment-scale nutrient transport to watercourses in the U.K. Hydrobiologia., 395-396: 227-237.

Thiemann, M., Trosset, M., Gupta, H. and Sorooshian, S. 2001. Bayesian recursive parameter estimation for hydrologic models. Water Resources Research., 37(10): 2521–2535.

Türkman, F., Baran, T. ve Dalkılıç, Y. 2001. Su kaynaklarının korunmasında hukukun işlevi. III. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, pp. 163– 168, İzmir.

United States Department of Agriculture.1986. Urban hydrology for small watersheds (PDF), Technical Release 55 (TR-55) (Second ed.), Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, 164 p, Washington.

Vijay, P. 1995. Singh Computer Models of Watershed Hydrology, Water Resource Publications, pp. 563-594, Colorado.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı :Turan KAYALI

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-Halen
Lisans	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	1999-2004

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2012-Halen	T.K.D.K.	Uzman
2010-2012	Açı Yapı Denetim	Kontrol Müh.
2009-2012	Ankara B.B.Fen İşleri	Kontrol Müh.
2005-2006	1.H.İ.B.M. Kom.	Asteğmen