



**AFGANİSTAN BELH NEHİR ALT HAVZASI  
ENTEĞRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN  
WEAP PROGRAMI İLE MODELLENMESİ**

**Ahmad Javid MOHAMMADY**

**2022  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**AFGANİSTAN BELH NEHİR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI  
YÖNETİMİNİN WEAP PROGRAMI İLE MODELLENMESİ**

**Ahmad Javid MOHAMMADY**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**KARABÜK  
Ağustos 2022**

Ahmad Javid MOHAMMADY tarafından hazırlanan “AFGANİSTAN BELH NEHİR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN WEAP PROGRAM İLE MODELLENMESİ” bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Hidrolik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 31/08/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ercan GEMİCİ (BARÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Ahmad Javid MOHAMMADY

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **AFGANİSTAN BELH NEHİR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN WEAP PROGRAMI İLE MODELLENMESİ**

**Ahmad Javid MOHAMMADY**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**Ağustos 2022, 74 sayfa**

Bu çalışmada, Afganistan'da Kuzey Nehir Havzası'nın alt havzası olan Belh Nehir Havzası'nın entegre su kaynakları yönetimi ve su bütçesi değerlendirilmesi amacıyla WEAP (Water Evaluation and Planning System) yazılımı kullanılmıştır. Havzada bulunan su kaynakları ile 10 adet talep bölgeleri (sulama, içme suyu vb.) yazılıma tanıtılmış, akım gözlem istasyonlarından temin edilen uzun yıllar (2010-2021) yağış, buharlaşma, akış vb. hidrolojik veriler ile nüfus, sulama arazileri ve içme suyu kullanımlarına dair bilgiler WEAP programına girilmiştir. Oluşturulan modelde mevcut veriler girilerek senaryo 1 (mevcut durum) oluşturulmuş daha sonra yağış, buharlaşma, akım vb. değerlerinin uzun süreli aylık ortalama maksimum ve minimum değerleri kullanılarak, mevcut senaryoya ilave edilmiş (2022- 2050) yılları arasındaki tahmin sonuçları, senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) ile oluşturularak üç farklı halde analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Gerçekleştirilen analizlere göre, Belh Nehir Havzası'na yüzeysel ve Mezar-ı- Şerif Bölgesinden gelen yeraltı sularının dahil edilmesiyle bulunan mevcut durumdaki su potansiyeli yıllık olarak 4747 milyon  $m^3$  iken; bu değerin iyimser senaryoda 2050 yılında 9741 milyon  $m^3$  olabileceği, kötümser senaryoda ise 1811 milyon  $m^3$  olabileceği belirlenmiştir. Mevcut durumda 29394 milyon  $m^3$  olarak karşılanamayan su ihtiyacının ise 2050 yılında iyimser senaryoda 14103  $m^3$  , kötümser senaryoda 49979 milyon  $m^3$  olabileceği tespit edilmiştir. Belh Nehir Havzası'nın mevcut durumda kayıplarla birlikte karşılanan ihtiyacı %7.81 iken, 2050 yılı için iyimser durumda %27.14 ve kötümser durumda %1.71 olarak hesaplanmıştır. Havzası'nın mevcut durumda kayıplar hariç, karşılanan ihtiyacı %12 iken, 2050 yılı için iyimser durumda %33.9 ve kötümser durumda %3.1 olarak hesaplanmıştır. Afganistan su kaynaklarının entegre su kaynakları yönetimi (IWRM) anlayışıyla ele alınması ve gelecek su kaynağı planlamalarının bu esaslar ile insan ve doğanın gereksinimleri ve hükümet vizyonları da göz önüne alınarak yapılmasının önemi anlaşılmaktadır. Mevcut sistemlerdeki kayıp-kaçakların, belgeli belgesiz kuyu ve sondaj uygulamaları ile çekilen suların, belli yöntemlerle kontrol edilerek su kaynaklarının en verimli şekilde planlaması yapılmalıdır.

**Anahtar Sözcükler :** Belh Nehir Havzası, Entegre su kaynakları yönetimi, Su kaynakları, WEAP Modeli, Afganistan

**Bilim Kodu** : 91106

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

# **MODELING OF AFGHANISTAN BALKH RIVER SUB-BASIN INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT WITH WEAP PROGRAM**

**Ahmad Javid MOHAMMADY**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Civil Engineering Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Fatih SAKA**

**August 2022, 74 pages**

In this study, WEAP (Water Evaluation and Planning System) software was used for the integrated water resources management and water budget calculation of the Balkh River Basin, which is the sub-basin of the Northern River Basin in Afghanistan. The water resources in the basin and 10 demand sites (irrigation, drinking water, etc.) were introduced to the software, and precipitation, evaporation, runoff, etc., obtained from flow observation stations for long years (2010-2021). Hydrological data and information on population, irrigation lands and drinking water use were entered into the WEAP program. Scenario 1 (current situation) was created by entering the existing data in the created model. Subsequently, the long-term monthly average maximum and minimum values of precipitation, evaporation, runoff and similar values were added to the current scenario. Forecast results between the years (2022-2050) were created with scenario 2 (optimistic case) and scenario 3 (pessimistic case) and analyzes were

carried out in three different situations and the results were examined. According to the analyzes carried out, the current water potential found by the inclusion of surface water and groundwater from the Mezar-i-Sharif Region in the Balkh River Basin is 4747 million m<sup>3</sup> annually; it has been determined that this value will be approximately 9741 million m<sup>3</sup> in 2050 in the optimistic scenario and 1811 million m<sup>3</sup> in the pessimistic scenario. It has been determined that the water need, which cannot be met as 29394 million m<sup>3</sup> in the current situation, approximately 14103 m<sup>3</sup> in the optimistic scenario and 49979 million m<sup>3</sup> in the pessimistic scenario in 2050. While the current met need of the Balkh River Basin is 7.81% with losses, it has been calculated as 27.14% in an optimistic situation and 1.71% in a pessimistic situation for 2050. While the current met needs of the Basin, excluding losses, is 12%, it is calculated as 33.9% in the optimistic situation and 3.1% in the pessimistic situation for 2050. It is understood that Afghanistan's water resources should be handled with an integrated water resources management (IWRM) approach and future water resource planning should be made by considering human needs, environmental impact and government visions. Water resources should be planned in the most efficient way by controlling the amount of undocumented wells, drilling and detect the losses and leakages in the existing systems with certain methods.

**Key Word** : Balkh River Basin, Integrated water resources management, Su kaynakları, The WEAP Model, Afghanistan

**Science Code** : 91106



## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve çalışma hayatımda önemli katkılar sağlayan danıőmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA'ya en içten duygularımla teşekkür ederim.

WEAP programının kullanımında desteğini ve imkânlarını bana sunan sevgili ağabeyim Nawid'e minnettarlığımı belirtmek isterim. Veri temin etmede bana yardımcı olan Afganistan Enerji ve Su Bakanlığı, Belh Nehir Havzası Müdürlüğünde Yüzeysuyu kaynakları yöneticisi olarak alıőan Ahmad Fahim FARAND'a teşekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme manevi ve maddi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	5
AFGANİSTAN'IN HİDROLOJİK SU HAVZALARI VE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ .....	5
2.1. AFGANİSTAN HAKKINDA GENEL BİLGİ .....	5
2.2. İKLİM ÖZELLİKLERİ.....	7
2.3. AFGANİSTAN'DA YAĞIŞ VE BUHARLAŞMA.....	8
2.4. AFGANİSTAN'IN HİDROLOJİK SU HAVZALARI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	8
2.5. ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ .....	10
BÖLÜM 3 .....	14
ÇALIŞMA ALANI .....	14
3.1. BELH-BALHAB NEHİR ALT HAVZASI .....	17
3.1.1. Nahri Şahi Su Alma Yapısı .....	19
3.1.2. Samarkandiyan Su Alma Yapısı.....	20
3.1.3. Bangala Su Alma Yapısı.....	20

	<u>Sayfa</u>
3.2. İKLİM VE YAĞIŞ ÖZELLİKLERİ .....	21
3.3. TARIM .....	21
BÖLÜM 4 .....	22
METODOLOJİ .....	22
4.1. WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) MODELİ	22
4.1.1. Şematik Görünüm Sekmesi .....	24
4.1.2. Veri Giriş Sekmesi .....	25
4.1.3. Sonuçlar Sekmesi .....	26
4.1.4. Senaryo Gezgini / Araştırmacı Sekmesi .....	27
4.1.5. Notlar Sekmesi .....	27
BÖLÜM 5 .....	29
YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR .....	29
5.1. WEAP MODELİNİN OLUŞTURULMASI .....	29
5.2. WEAP MODELİNE AİT VERİLERİN UYGULANMASI .....	30
5.3. SENARYOLAR .....	36
5.3.1. Senaryo 1: Mevcut Durum .....	36
5.3.2. Senaryo 2: İyimser Senaryo .....	37
5.3.3. Senaryo 2: Kötümser Senaryo .....	39
5.4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	42
5.4.1 Tarım Bölgeleri İçin Gerekli Su Miktarları .....	42
5.4.1.1 Şolgara .....	42
5.4.1.2 Çimtal .....	44
5.4.1.3 Dihdadi ve Nahri Şahi .....	46
5.4.1.4 Belh .....	48
5.4.1.5 Devletabad .....	50
5.4.1.6 Çahar bulak .....	52
5.2.1.7 Akça .....	54
5.2.1.8 Mardyan .....	56
5.2.1.9 Mingacik .....	58
5.5. MEZAR-I ŞERİF ŞEHİRİ GEREKLİ İÇME SUYU MİKTARLARI .....	60

	<u>Sayfa</u>
5.6. BELH NEHİR HAVZASI TOPLAM SU İHTİYACI .....	62
BÖLÜM 6 .....	68
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR .....	70
ÖZGEÇMİŞ .....	74

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Afganistan'ın konum haritası.....	5
Şekil 2.2. Afganistan'ın nehir havzaları.....	7
Şekil 2.3. Entegre su kaynakları yönetiminin (IWRM) aşamaları.....	13
Şekil 3.1. Kuzey Nehir Havzası ve Belh Nehir Havzasının Afganistan'daki konumu.. .....	14
Şekil 3.2. Afganistan'ın Kuzey Nehir Havzasının yükseklik haritası.....	15
Şekil 3.3. Afganistan'ın Kuzey Nehir Havzasında ekili ve sulanan arazi .....	16
Şekil 3.4. Kuzey Nehir Havzası'nın alt havzaları .....	17
Şekil 3.5. Belh Nehir Alt Havzası .....	18
Şekil 3.6. Band-i Amir gölü .....	18
Şekil 3.7. Nahri Şahi su alma yapısının bir kısmı. ....	19
Şekil 3.8. Samarkandiyan su alma yapısının bir kısmı. ....	20
Şekil 3.9. Bangala su alma yapısının bir kısmı. ....	21
Şekil 4.1. WEAP yazılımının sekme ve çalışma sayfası görünümü. ....	24
Şekil 4.2. WEAP yazılımının şematik görünüm sekmesi. ....	25
Şekil 4.3. WEAP yazılımının veri sekmesi. ....	26
Şekil 4.4. WEAP yazılımının sonuçlar sekmesi .....	26
Şekil 4.5. WEAP yazılımının senaryo gezgini / araştırmacısı sekmesi. ....	27
Şekil 4.6. WEAP yazılımının notlar sekmesi. ....	28
Şekil 5.1. Belh Nehir Havzasının WEAP modeli. ....	29
Şekil 5.2. Belh Nehir Havzasının talep bölgelerinin veri giriş. ....	31
Şekil 5.3. Belh Nehir Havzasının talep bölgelerinin su kullanım miktarları. ....	31
Şekil 5.4. Belh Nehir Havzası talep bölgeleri kayıp veri girişi.....	32
Şekil 5.5. Belh Nehir Havzasının yağış verileri girişi.....	33
Şekil 5.6. Belh Nehir Havzasının buharlaşma verileri girişi.....	33
Şekil 5.7. Mezar-i- Şerif yeraltı suyu kaynaklarına ait bazı veriler. ....	34
Şekil 5.8. Belh Nehir Havzası WEAP modeli iletim bağlantıları. ....	35
Şekil 5.9. Belh Nehir Havzası WEAP modeli dönen akışları. ....	36

Şekil 5.10. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller. ....	37
Şekil 5.11. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller. ....	38
Şekil 5.12. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller. ....	38
Şekil 5.13. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller. ....	39
Şekil 5.15. WEAP modeli kötümser senaryosunda yapılan kabuller.....	41
Şekil 5.16. Şolgara’da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	42
Şekil 5.17. Şolgara’da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	43
Şekil 5.18. Şolgara’da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.....	44
Şekil 5.19. Çimtal ilçesinin tarım sulamasının kayıpları içermeyen su taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	44
Şekil 5.20. Çimtal ilçesinin tarım sulamasının kayıpları içeren su taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	45
Şekil 5.21. Çimtal ilçesinin tarım sulamasında karşılanamayan taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	46
Şekil 5.22. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerin tarım sulamasının kayıpları içermeyen su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.....	47
Şekil 5.23. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerin tarım sulamasının kayıpları içeren su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.....	47
Şekil 5.24. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerinin tarım sulamasında karşılanamayan taleplerinin senaryolara göre dağılımı.....	48
Şekil 5.25. Belh’de kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı ....	49
Şekil 5.26. Belh’de kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı .	49
Şekil 5.27. Belh’de senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep .....	50
Şekil 5.28. Devletabad’da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	51
Şekil 5.29. Devletabad’da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	51
Şekil 5.30. Devletabad’da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.....	52

Şekil 5.31. Çahar Bulak'ta kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	53
Şekil 5.32. Çahar Bulak'ta kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	53
Şekil 5.33. Çahar Bulak'ta senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.....	54
Şekil 5.34. Akça'da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	55
Şekil 5.35. Akça'da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.	55
Şekil 5.36. Akça'da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep .....	56
Şekil 5.37. Mardyan'da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	57
Şekil 5.38. Mardyan'da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	57
Şekil 5.39. Akça'da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep. ....	58
Şekil 5.40. Mingacik'te kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	59
Şekil 5.41. Mingacik'te kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	59
Şekil 5.42. Mingacik'te senaryolara göre sulamada Karşılanamayan talep.....	60
Şekil 5.43. Mezar-1 Şerif'te kayıpları içermeyen içme su taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	61
Şekil 5.44. Mezar-1 Şerif'te kayıpları içeren içme su taleplerinin senaryolara göre dağılımı. ....	61
Şekil 5.45. Mezar-1 Şerif'te senaryolara göre içme suyunda Karşılanamayan talep.	62
Şekil 5.46. Sistemsel kayıpları içermeyen havzanın senaryolara göre toplam su talep miktarları. ....	63
Şekil 5.47. Sistematik kayıplarla birlikte senaryolara göre havzanın toplam su talep miktarları. ....	63
Şekil 5.48. Havza içerisinde çeşitli senaryolara göre temin edilemeyen su miktarı. ..	64
Şekil 5.49. Belh Nehir Havzasının toplam akışı. ....	67

## ÇİZELGE DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Afganistan'ın tahmini yüzey ve yeraltı su kaynakları (milyar m <sup>3</sup> / yıl) ..6	
Çizelge 2.2. Afganistan'da havza bazında yıllık yağış verileri . .... 8	8
Çizelge 3.1. Kuzey Nehir Havzasını deşarji ..... 17	17
Çizelge 5.1. Belh Nehir Havzasının tarım arazisi ve yıllık tarımsal su ihtiyacı. .... 30	30
Çizelge 5.2. Çalışma alanı bölgelerinin ve Belh Nehir Havzası su talep miktarları ile ihtiyaç değerlerinin; mevcut durum, iyimser ve kötümser senaryolarındaki program çıktıları. .... 65	65
Çizelge 5.3. Senaryolara göre talep bölgelerinin kayıpları içeren su talep miktarı ile karşılanan ihtiyacın yüzdeleri. .... 66	66



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$m^2$  : Metrekare

$m^3$  : Metreküp

$hm^3$  : Hektometreküp

ha : Hektar

$km^2$  : Kilometrekare

km : Kilometre

## **KISALTMALAR**

BM : Birleşmiş Milletler

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

IWRM: Integrated Water Resources Management (Entegre su kaynakları yönetimi)

MEW : Ministry of Energy and Water

WEAP: Water Evaluation and Planning (Su Kaynakları Değerlendirme ve Planlama Sistemi)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Su canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için en mühim kaynaklardan birisidir. Su kaynakları, yalnızca ekonomik kalkınma için hayati önem taşımamakta, tarımsal ve endüstriyel mal ve hizmetlerin üretimi için de önemli olmaktadır. Aynı zamanda doğal çevrenin en önemli bileşenidir. Ayrıca, sağlık ve doğa koruma üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle su kaynaklarının bilinçli kullanımı büyük önem taşımaktadır. Su fiziki yönden yerüstü ve yeraltı kaynaklarında; durgun olarak ya da hareket halinde, tatlı ya da tuzlu olarak bulunmaktadır. Su, doğal ortamda katı, sıvı ve gaz (buhar) halinde bulunur ve dünyamızın çeşitli bölgeleri arasında hidrolojik çevrim olarak bilinen bir döngü içerisinde yer alır.

Dünyadaki su her yerde olabilir, ancak miktar ve kalite açısından kısıtlanmıştır. Hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişme ve tarımsal faaliyetler ile su kaynaklarının kullanımı artmıştır. Ayrıca küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su miktarı üzerindeki olası etkileri ile sorun daha da karmaşık bir hal almaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı çok önemlidir. Yeryüzündeki tatlı su kaynakları gittikçe azalmaktadır. Bunun nedeni insanların doğal dengeyi bozması, yağışların azalması, bitkilerin seyrekleşmesi ve çıplak toprak arazisinin artmasıdır [1].

Dünyadaki toplam su hacmi yaklaşık 1.36 milyar  $km^3$ 'tür. Ancak bu büyük hacmin yaklaşık %96.5'i denizlerde ve okyanuslarda tuzlu su olarak, yaklaşık %2.5'i ise akarsularda, göllerde ve yeraltında tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu tatlı suyun üçte ikisinden fazlası buzullar ve kalıcı kar tabakaları, %30.1'i yeraltı suyu, toprak nemi, bataklıklar ve donmuş toprak olarak bulunmaktadır. Dünyanın tatlı suyunun geriye kalan yaklaşık %1,2'si esas olarak göller, yer altı buz örtüsü, atmosfer ve biyolojik su gibi yüzey sularından gelmektedir. Atmosfer dünyadaki suyun yaklaşık %0.04'ünü tutar ve biyolojik madde (bitkiler ve hayvanlar gibi) %0.003 daha içerir [2].

Su kaynaklarının miktarı yıllar içinde sabit kalmasına rağmen nüfus, tarımsal ve endüstriyel su kullanımı arttıkça, su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Arz ve talep arasındaki dengesizliklerden dolayı su kıtlığı tehlikesi küresel bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Su kıtlığı kavramı ikiye ayrılabilir. Birincisi fiziksel su kıtlığı, ikincisi ekonomik su kıtlığıdır. Basitçe; doğal su kaynaklarının, belirli bir bölgenin su talep miktarının tamamını karşılayamamasına Fiziksel su kıtlığı denir. Doğal su kaynaklarının amacına uygun olmayan biçimde kullanılmasına ve yönetilmesine ise ekonomik su kıtlığı denir. Yağışların genellikle az olduğu bölgelerde su kıtlığı meydana gelse de nüfus yoğunluğu, insan faaliyetleri, yoğun tarım, turist girişi ve su talebi yoğun olan sektörlerin de tesiriyle farklı bölgelerde de problem oluşturabilmektedir [3].

Kullanılabilir su kaynağı bakımından, Afganistan'daki su kaynakları incelenecek olursa, su kıtlığı yaşayan bir ülke olduğu kabul edilmese de su stresi yaşamayan bir ülke olarak da varsayılmaz. Afganistan kuru iklim ve dağlık alanlarına rağmen, su kaynakları açısından en zengin ülkeler arasında olma potansiyeline sahiptir. Ancak iç savaşlar ve uzman eksikliği nedeniyle su kaynaklarının yalnızca %30'u kullanılırken, değerlendirilmeyen kaynakların geri kalanı doğal olarak sınırların ötesine komşu ülkelere akmaktadır [4].

Dünya Bankası, Afganistan'ın yaklaşık 40 milyon olan mevcut nüfusunun 2050 yılına kadar yaklaşık 90 milyona ulaşacağını tahmin etmektedir [5]. Böyle bir artış, ülkenin zaten stresli olan su kaynaklarına olan talebi artıracaktır. Ek olarak, son araştırmalar, küresel iklim değişikliğinin Afganistan'daki yağış modellerini değiştirebileceğini öne sürmektedir. Özellikle, yüksek rakımlarda yağışının hem miktarı hem de zamanlaması değişerek Afganistan'daki birçok bölgenin ana su kaynağını etkileyebilir [6].

Afganistan'da ve dünyada suyun verimli ve bilinçli bir şekilde kullanılması ne kadar önemli ise suyun kontrol altında tutularak yönetilmesi de o kadar önemlidir. Suyun azalması durumunda canlı yaşamının tehlikeye girmesi gibi suyun fazla olması da canlıların hayatı için tehlike oluşturmaktadır. Taşkın, sel ve tsunami gibi doğal afetler sonucunda Afganistan'da ve bütün yerkürede tehlike arz eden durumlar oluşmakta hatta bu doğal afetlerin ciddi sonuçları meydana gelebilmektedir.

Su konuları ile ilgili kapsamlı bir strateji planı, entegre su kaynakları yönetimi (IWRM) olmaması Afganistan Hükümeti'nin üzerine eğilmesi gereken önemli konulardır. Günümüzde su kaynaklarının yönetimi ve işletmesi en az planlama aşaması kadar özen gerektiren bir husustur. Su kaynaklarının yönetimi havzasal olarak ve diğer doğal kaynakların yanısıra değerlendirilmelidir. Bu yönetim şekline entegre havza yönetimi adı verilir.

Baz alınan havzanın sadece doğal su kaynakları bakımından değil, bütün kaynakları ve yönleri ile tanınması ve daha çok örtüşen ve tutarlı yönetim kararların verilmesi entegre havza yönetiminin temel amacıdır. Entegre havza yönetiminin başarılı bir biçimde uygulanabilmesi uğruna su kaynaklarının amaçlanan zaman ve noktada doğru bir biçimde ölçülebilme olanağı, suyla ilgili tesislerin gerçek zamanlı işletilebilmesi çokça önemlidir [7].

WEAP yazılımı mevcut ve gelecekteki su taleplerinin analizi, su arz-talebinin değerlendirilmesi veya su kaynaklarının planlanması ve sistematik yönetimi gibi farklı amaçlar için geniş uygulamalara sahiptir. WEAP, kentsel su kullanıcıları ile havzalarda su tahsisi modellendiğinde tercih edilen yazılımdır. Bunun nedeni, modelin kullanıcı türleri veya farklı anlayış sağlayan mekansal konum bazında oluşturulabilmesidir [8]. Ayrıca mevcut havza verileri ve bilgileri yazılıma girilerek farklı senaryolara göre su bütçeleri hesaplanabilmekte ve yönetim analizleri yapılabilmektedir [9].

WEAP programının, Afganistan'da özellikle bütünleşik havza yönetimi konusunda daha önce kullanımına rastlanılmadığından, bu çalışma kapsamında Afganistan'daki Kuzey Nehir Havzası'nın alt havzası olan Belh Nehir Havzasına dair entegre su kaynakları yönetimi ve su bütçesinin hesaplanması için WEAP programı kullanılmıştır. Havzada bulunan su kaynakları ile 10 adet talep bölgeleri (sulama, içme suyu vb.) programa tanıtılarak akım gözlem istasyonlarından temin edilen uzun yıllar (2010-2021) akış, yağış, buharlaşma vb. hidrolojik verileri ile nüfus, sulama arazileri ve içme suyu kullanımlarına ait veriler WEAP programına girilmiştir. Oluşturulan model ile mevcut verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturulmuş daha sonra eldeki veriler kullanılarak akım, nüfus, buharlaşma vs. değerlerinin uzun süreli aylık ortalama

maksimum ve minimum değerleri kullanılarak, mevcut senaryoya ilave edilmiş (2022-2050) yılları arası senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) oluşturularak üç farklı halde analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

## BÖLÜM 2

### AFGANİSTAN'IN HİDROLOJİK SU HAVZALARI VE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ

#### 2.1. AFGANİSTAN HAKKINDA GENEL BİLGİ

Afganistan, Orta ve Güney Asya'da denize sınırı olmayan bir ülkedir. Doğu ve güneyde Pakistan, batıda İran, kuzeyde Türkmenistan, Özbekistan ve Tacikistan, doğuda da ufak bir sınırla Çin ile çevrilidir [10]. Toplam 652860 km<sup>2</sup> alan içinde 40 milyon nüfusa sahiptir. Dünyanın en sert coğrafi koşullarından birine sahip olan Afganistan'ın dörtte üçü dağlardan oluşur ve dağlar ülkenin doğu ve batı omurgasını oluşturarak, Afganistan'ı iki bölüme (kuzey ve güneye) ayırmaktadır. Bu dağların rakımları da doğudan batıya doğru azalırken, birçok nehir ve akarsu dağların her iki tarafından uzanıp, Afganistan ve komşuları için önemli su kaynaklarını sağlamaktadır. Genel olarak, Afganistan toprakları Pamir, Hindukuş ve yaylalar gibi dağlık alanlarda bulunan ve büyük kayalarla kaplı Litosol grupları ve sığ kaya topraklarından oluşmaktadır [11].



Şekil 2.1. Afganistan'ın konum haritası [12].

Afganistan doğal kaynaklar ve madenler açısından zengin bir ülkedir, ancak kırk yıllık savaşlar, altyapı eksikliği ve ekonomik yetersizlik sebebiyle bu kaynaklardan yararlanılmamaktadır. Afganistan, uzun ömürlü ve geçici nehirlerine ve akarsularına su sağlayan kar alanlarını ve buzulları yenilemek için dağlarda kar yağışına ihtiyaç duymaktadır. İklim değişikliği nedeniyle dağlardaki kar örtüsünün ve buzulların azalması, Afganistan'ın su kaynakları üzerinde derin bir etkiye sahip olabilmektedir [13].

Afganistan'ın su kaynaklarının %80'inden fazlası Hindukuş dağlarından ve yüksek dağlarda biriken karın yaz aylarında erimesinden kaynaklanmaktadır. Çizelge 2.1'de gösterildiği gibi, tahmini toplam yıllık potansiyel su kaynağı 75 milyar  $m^3$ 'tür, bunun 57 milyar  $m^3$ 'ü yüzey suyu ve 18 milyar  $m^3$ 'ü ise yeraltı suyudur [14].

Çizelge 2.1. Afganistan'ın tahmini yüzey ve yeraltı su kaynakları (milyar  $m^3$  / yıl) [15].

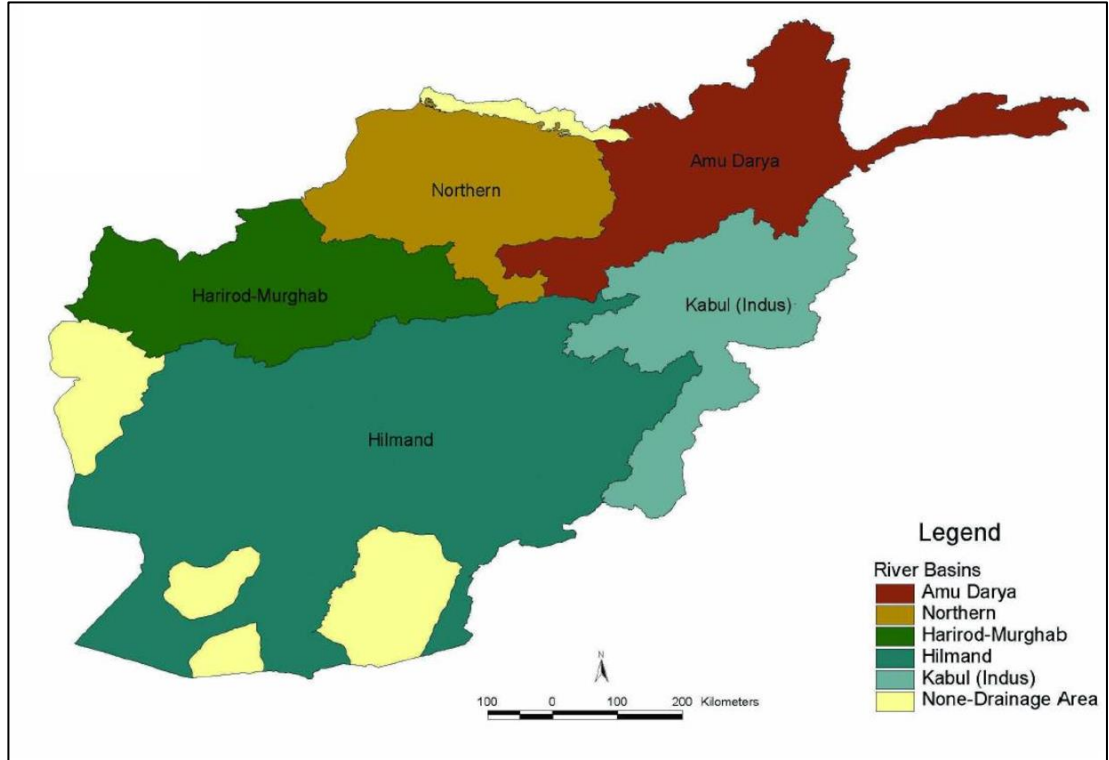
Su kaynağının türü	Potansiyel milyar $m^3$	Mevcut durum milyar $m^3$	
		kullanılan	kullanılmayan
Yüzey Suyu	57	17	40
Yeraltı Suyu	18	3	15
Toplam	75	20	55

Hidrolojik ve morfolojik sınıflandırmaya göre, Afganistan Şekil 2.2'de gösterildiği gibi beş büyük nehir havzasına bölünmüştür. Bunlar:

1. Amu Nehri havzası
2. Kabil Nehir havzası
3. Hilmand Nehir havzası
4. Harirud-Murghab Nehir havzası
5. Kuzey Nehir havzası



Son araştırmalar, Afganistan yıllık su debisini, yaklaşık %57'sini Amu Derya'dan, yaklaşık %26'sını Kabil nehrinden, %2'sini Kuzey'den, %4'ünü Harirud'dan ve %11'ini Hilmand'dan karşılamaktadır [16].



şekil 2.2. Afganistan'ın nehir havzaları [17].

## 2.2. İKLİM ÖZELLİKLERİ

Ülkenin en büyük kısmı, yazları sıcak ve kışları soğuk olan kuru bir karasal iklime sahiptir. Ovaların bazı kısımlarında, özellikle güney ve doğu Afganistan'da, yaz sıcaklığı 50 °C'ye yükselebilirken, ancak kışın 20 °C civarında kalmaktadır. Dağlık bölgelerde kış sıcaklıkları -25 °C'ye kadar düşebilir. Daha yüksek dağlık bölgelerde kış sıcaklıkları bundan önemli ölçüde daha düşük olabilmektedir. Ancak, bölgeye ve rakıma bağılı olarak önemli farklılıklar vardır. Genel ortalama sıcaklık Temmuz'da 32 °C ve Ocak'ta -2 °C'dir, maksimum 50 °C ve minimum -50 °C'dir [18].

### 2.3. AFGANİSTAN'DA YAĞIŞ VE BUHARLAŞMA

Afganistan'da yıllık ortalama yağış miktarı 270 mm'dir ve kuzeydoğudaki yüksek dağlarda 1270 mm'den güneybatıda 75 mm'ye kadar değişmektedir. Yağışların %80'den fazlası kar şeklinde düşer. Biriken kar mart ayında erimeye başlar, akışı Afganistan Enerji ve Su Bakanlığı'nın ölçümlerine göre mayıs ayında zirveye ulaşır ve temmuz ayına kadar devam etmektedir. Afganistan'da yıllık evapotranspirasyon düşük sıcaklıklar nedeniyle Hindukuş dağlarında 900 mm'den 1200 mm'ye, güney ve güneybatı bölgelerinde 1800 mm'ye kadar geniş bir aralığa sahiptir [15].

Afganistan'da yıllık toplam yağış 164 milyar metreküp ve yıllık evapotranspirasyon 87 milyar  $m^3$ 'tür. Ancak yıllık toplam kullanılabilir su kaynakları 75 milyar  $m^3$  civarındadır [19].

Çizelge 2.2. Afganistan'da havza bazında yıllık yağış verileri [20].

Havza	Alan $km^2$	Yıllık ortalama yağış (mm)	Toplam yağış (milyar $m^3$ /yıl)	% toplam yağış
Kabil	108392	298	32.3	20
Hilmand	202006	180	36.36	22
Amu	101498	393	39.889	24
Kuzey	78099	268	20.93	13
Harrirud	162659	210	34.16	21
Toplam	652654	270	163.64	100

### 2.4. AFGANİSTAN'IN HİDROLOJİK SU HAVZALARI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasının bu kısmında Afganistan'da yer alan su havzalarıyla ilgili bugüne kadar yapılmış literatürdeki en mühim ve önemli çalışmaların bir kısmı özetlenmiştir. Afganistan'ın beş hidrolojik su havzasını daha verimli analiz etmek, su kaynaklarının

detaylı bir şekilde planlamak ve yönetmek amacıyla literatürde oldukça fazla çalışma irdelenmiştir.

Akhtar, F., (2017), “Water availability and demand analysis in the Kabul River Basin, Afganistan ” isimli çalışmasında Afganistan'ın en kalabalık ve son derece heterojen nehir havzası olan Kabil Nehir Havzasının gerçek evapotranspirasyonun mekansal dağılımının analizi ve su mevcudiyetini değerlendirmek için SWAT modelini kullanarak akım tahmini gerçekleştirmiştir [21].

Goes, B., vd., (2015), “Integrated water resources management in an insecure river basin: a case study of Helmand River Basin, Afghanistan” isimli çalışmasında verilerin kıt ve erişimin zor olduğu Helmand Nehri Havzasında su kaynakları ve su yönetimi üzerine genel bir inceleme yapılmıştır. Ayrıca küresel olarak gridlenmiş veri setlerinin kullanımı da dahil olmak üzere, havza için simüle edilmiş akış verileri oluşturmak için kullanılan yenilikçi yöntemlerin açıklaması yapılarak sulama ve hidroelektrik talebi ışığında rezervuarların nasıl işletileceği irdelenmiştir [22].

Nagheeb, M., (2018), “The geopolitical overlay of the hydropolitics of the Harirud River” isimli makale, Afganistan, İran ve Türkmenistan'ı kapsayan bir havza olan Harirud Nehri Havzasının dinamik hidropolitik etkileşimlerini şekillendiren jeopolitik örtüşmeyi incelemektedir. Su kaynaklarının kontrolünün ve doğru kullanımının yalnızca ekonomik kalkınma için değil, özellikle ABD ve Hindistan gibi havza dışı güçler olmak üzere ilgili aktörlerin güvenlik çıkarlarına hizmet eden jeopolitik nedenlerle olduğunu savunmaktadır. Ayrıca havzanın jeopolitik doğası ve dış müdahaleler, tüm kıyıdaş devletlerin bölgesel çıkarları, kimlikleri ve ortaklıkları hakkında normatif bir anlayışa odaklanmadıkça sürdürülebilir çözümlere ulaşamayacağını öne sürmektedir [23].

Hanif, M., (2020), “Impact of climate change and water resources management in panjsher sub basin (Afganistan)” isimli çalışma kapsamında iklim değişikliğinin ve su kaynakları yönetiminin Pençşir alt havzasındaki etkilerini araştırmıştır. Pençşir alt havzasındaki iklim değişikliğinde ne kadar hassas olduğunu bulmak için hidrometeorolojik verilerle ArcGIS ve Trend yöntem analizi kullanmıştır. Ayrıca

iklim değişikliğinin havzadaki su miktarına etkileri, temel havza yönetim elemanları ve teknikleri çalışılmıştır. Nehir boyunca küçük sulama barajları inşa etmek, nehrin savunmasız taraflarına istinat duvarları, gabionlar inşa etmek ve mevsimlik yağışları emmek için fidan dikmek, işletme refahı ve büyümesi için düzenli su yönetimi, ayrıca ekonomik fayda sağlamak için pratik önlemler önerilmiştir [24].

Akhundzadah, N.A., vd., (2020), “Impacts of climate change on the water resources of the Kunduz River Basin, Afghanistan” isimli çalışmasında, iklim değişikliğinin Kunduz nehir havzası üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla havza içerisinde bulunan dört istasyonundan 20 yıllık veriler kullanarak Mann-Kendall ve Theil-Sen trend analizleriyle, sıcaklık, yağış ve nehir deşarjındaki sistematik eğilimleri analiz etmiştir. 1960'lardan bu yana kısmen 2 °C 'nin üzerinde aşırı ısınma eğilimi, %30'dan fazla dramatik yağış düşüşü ve nehir deşarjında güçlü bir azalma olduğunu belirlemiştir. Ayrıca su mevcudiyetinin azalması ve arazi üzerindeki ek stres, çorak arazide güçlü bir artışa ve bitki örtüsünün azalmasına sebep olacağını belirtmiştir. Havza hidrolojisinde tespit edilen eğilimler ve değişikliklerle, havza'daki tarım ve ekosistemlerdeki su teminini sürdürmek için kıt olan su kaynaklarının aktif bir şekilde yönetilmesini önermiştir [25].

## **2.5. ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ**

Entegre yani bütünleşik havza yönetimi; “bir nehir havzasındaki doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlamasının koordine edilmesi” ve su kaynaklarının, ilgili grupların katılımıyla, havza bazında ele alındığı bir planlama anlayışıdır [26].

Entegre havza yönetimi'nin esasları aşağıdaki gibi sayılabilir.

- Havzada yaşanan çok çeşitli sorunları ve bunların irtibatını ele almaktadır.
- Sadece su temini ve taşkın kontrolü gibi meselelerle ilgilenmez, su kalitesi ve miktarını da dikkate almaktadır.
- Toplumun her kesimi ile beraber tüm ekosisteme hitabeder.
- Uzun vadede sürdürülebilir kalkınmayı amaçlar, gelecekteki sorun ve beklentiler üzerine çalışmalar yapmaktadır.
- Entegre havza yönetiminin sosyal bütünlüğü ele alışı oldukça geniştir.

- Toplumun bu şekilde eğitilmesini hedeflemektedir.
- Devletin tüm kuruluşları arasında koordinasyonun sağlanmasını sağlar.

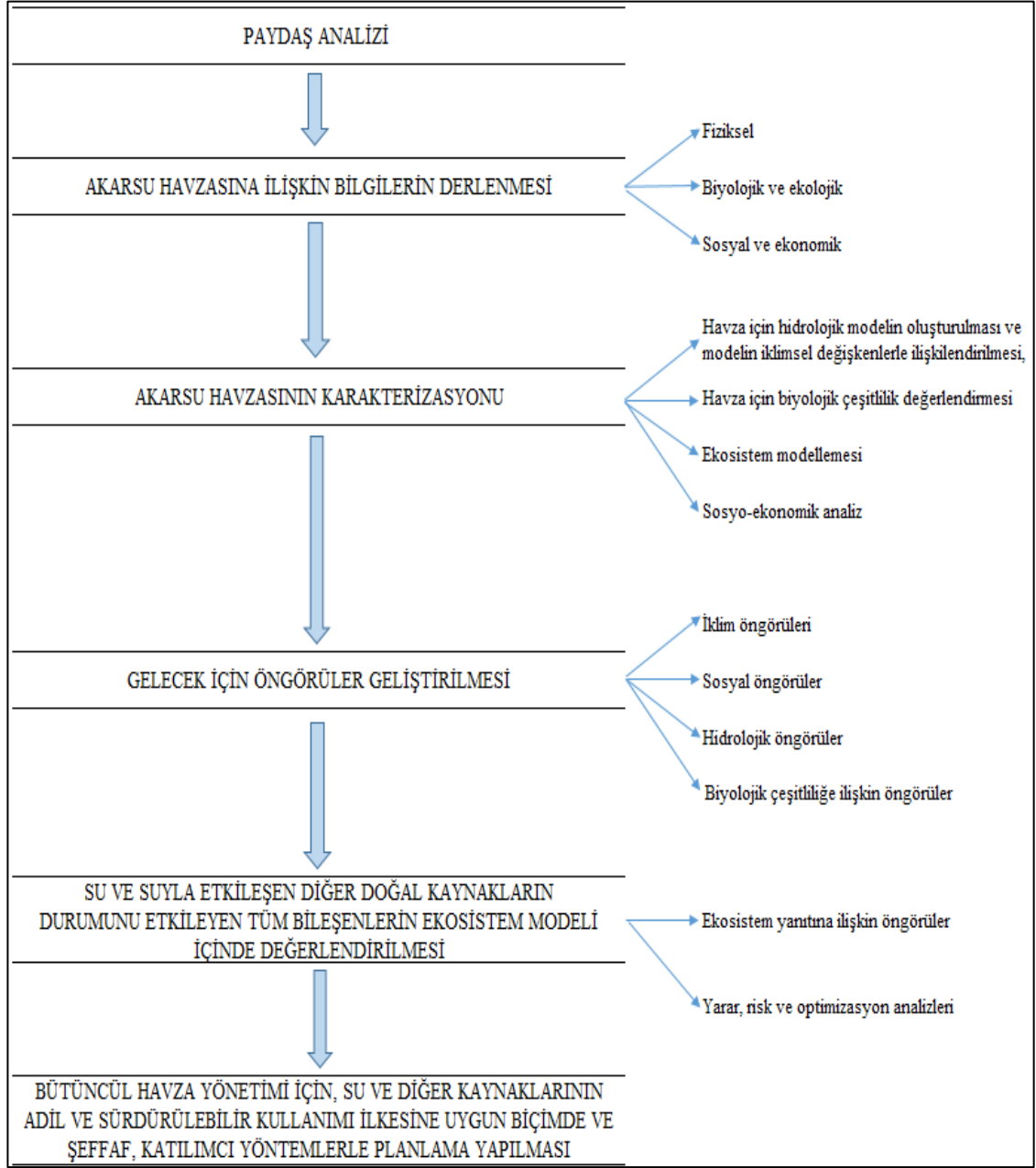
Entegre havza yönetimlerinin esas amacı, havzanın tek su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanımlanması ve böylelikle daha geniş ve uygun yönetim kararlarının ortaya konulmasıdır [26].

Entegre su kaynakları yönetimi (IWRM) konusunda çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Bazı çevrelere göre sistemin bir bütün olarak doğal ortamıyla beraber dikkate alınarak sosyo-ekonomik hedeflerle bağdaşacak şekilde entegrasyonun gerçekleştirilmesi gerektiği, bazı çevrelere göre ise sosyo-ekonomik sistemlerde bağımlılıklarının söz konusu olduğu gibi entegre yönetimde de bağımlılığın olması gerektiği, yapılan planlama ve sistemsel çalışmalar arasında çelişmelerin yaşanması durumunda devletin tüm birimleriyle beraber su ile alakalı kurum ve kuruluşların koordineli olarak çalışması ve yapıcı kararların ortaya konulması gerektiği ifade edilmektedir. Ancak bu çalışmalar gerçekleştirilirken su kaynaklarının mevcut potansiyel durumu ile talep arasındaki dengelemenin sağlanması gerektiği özellikle vurgulanmaktadır [27].

Çevrenin doğal kaynaklarla bir bütünlük türetilmesi ve gelişim planlarının tümünün “sürdürülebilir kalkınma” felsefesi ile gerçekleştirilmesinin gerekli olması entegre havza yönetim yaklaşımının gelişmesine neden olmuştur. 1970’li yıllardan bu yana farklı özelliklerinde zaman içinde çeşitlilikler sergileyen su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesinde “entegre” yani bütünlük havza yönetiminin benimsenmesinde üç ana etken mevcuttur. Birincisi çevrenin hava, toprak ve su gibi doğal kaynaklardan ortaya çıkan bir bütün olmasıdır. Bu kaynaklar birbirleriyle devamlı etkileşim içindedirler. Bu nedenle herhangi bir kaynağa yapılan en azami müdahale bile diğerlerini de etkilemektedir. Buna göre su kaynaklarının devamlı bir şekilde yönetilmesi ve geliştirilmesi için birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınmalıdır. Özet olarak su kaynakları günümüz dünyasında çevre bütününe bir parçasıdır ve bu kaynaklar havza bazında ve diğer çevresel kaynaklarla birlikte yönetilmelidir. İkinci neden çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmadır. Seri ekonomik gelişmelerin neticesinde çevrede geri dönüşü olmayan kalıcı hasarlar bırakabilmektedir. Bu nedenle havza gelişimi ekonomik, sosyal, idari, yasal ve politik

öğelerle birlikte bütünleşik olarak ele alınması gerekmektedir. Üçüncü neden ise global iklim değişikliğidir. Küresel boyutta iklimde meydana gelen değişiklikler sonucunda tüm çevresel etkenler farklı biçimlerde etkilenmekte ve bu etkileşimler bir kaynaktan diğerine yansımaktadır. Bu şartlar da entegre su kaynakları yönetimini zorunlu kılmaktadır [28].

Entegre su kaynakları yönetimi çok kompleks hidrolojik, sosyal, politik, kültürel ve ekolojik sistemlerin anlaşılmasını ve bu sistemlere bağlı öngörülerin geliştirilmesini gerekli kılar. Havza sisteminin ana bileşenleri için oluşturulan bu öngörüler, çeşitli senaryolara tabi olarak gerçekleşebilir. Şekil 2.3'te planlamanın ana aşamalarının genel yapısı verilmektedir [29].



Şekil 2.3. Entegre su kaynakları yönetiminin (IWRM) aşamaları [29].

## BÖLÜM 3

### ÇALIŞMA ALANI

Çalışmamızda Afganistan'da kuzey nehir havzası'nın alt havzası olan Belh Nehir havzası ele alınmıştır. Kuzey Nehir havzası Afganistan'ın kuzeyinde yer alır ve kapalı bir havza olarak kabul edilmektedir. Havza sınırları içerisinde 5 adet il merkezi (Mezar-i şerif, Meymene, Sar-i pol, Aybek, Şibirgan), 48 adet ilçe merkezi olmak üzere 52 adet belediye ve 3691 adet köy bulunmaktadır. Havzanın toplam alanı yaklaşık  $70900 \text{ km}^2$ 'dir (Şekil 3.1) [30].

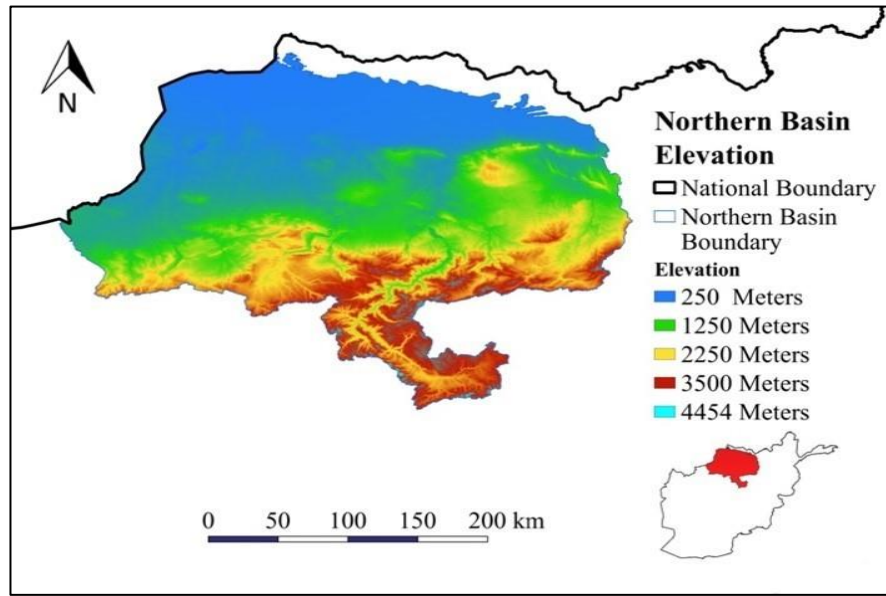


Şekil 3.1. Kuzey Nehir Havzası ve Belh Nehir Havzasının Afganistan'daki konumu.

Yıllık yüzey su kapasitesi havzanın su master planındaki yağış miktarına ve alanına göre 4,1 milyar  $m^3$ 'tür. Hidrometeorolojik istasyonların yaptığı yeni ölçümlere göre yıllık su kapasitesi 2,2 milyar  $m^3$  olarak belirlenmiştir. Kuzey Nehir havzasını master planını hazırlayan yetkililere göre hidrometeorolojik istasyonları havzadaki tüm alanları kapsamamaktadır [30].

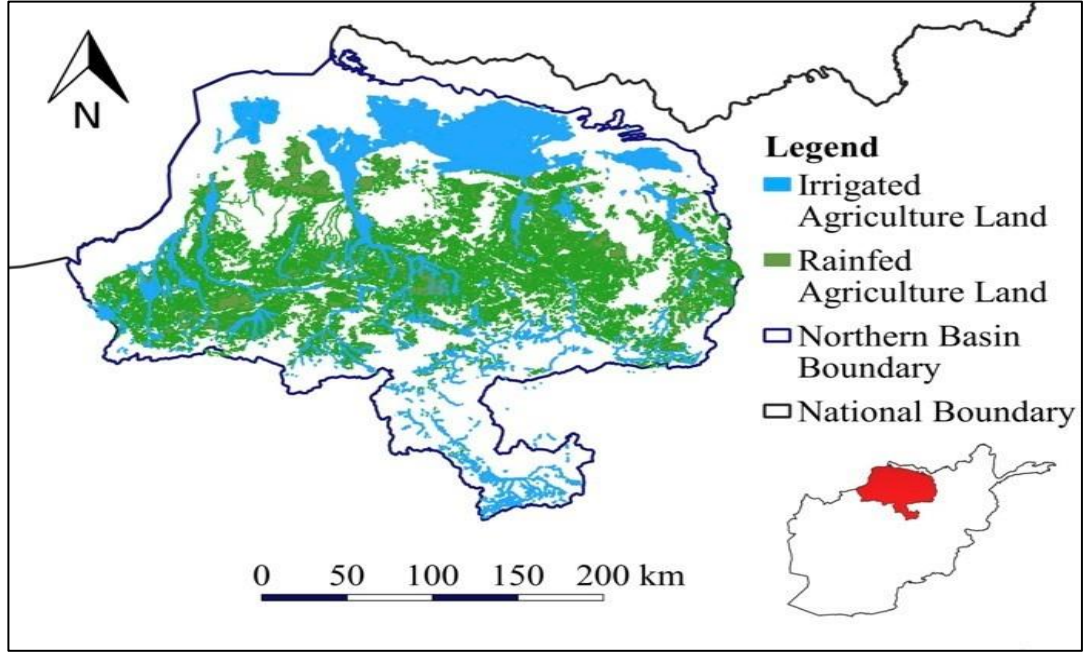


Afganistan'daki diğer havzalara göre Kuzey Nehir havzası daha düşük yıllık akışa ve dolayısıyla su kaynakları için daha düşük kapasiteye sahiptir. Ancak ağırlıklı olarak tarıma dayalı yüksek nüfus yoğunluğu nedeniyle bu havza önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Afganistan'daki su kaynakları, kalıpları anlamak ve bu su kaynaklarının daha iyi yönetimi konusunda planlar önermek için gerekli bir çalışma alanıdır. Havza, sürekli kar ve buzullarla kaplı Hindukuş ve Baba dağlarından beslenmektedir. Coğrafi olarak yüksekliği Şekil 3.1'de gösterildiği gibi 250 m ile 4454 m arasında değişmektedir [31].



Şekil 3.2. Afganistan'ın Kuzey nehir havzasının yükseklik haritası [30].

Bu havzadaki büyük nehirler uzun ömürlüdür ve orta Afganistan'dan kuzeye doğru akar ve kuzey illerinin tüm tarım arazilerini sular. Kuzey nehir havzasında yağmurla beslenen ekim alanı yalnızca yağışa bağlı olarak  $5300 \text{ km}^2$  civarındadır ve bu havzada sulanan alan Şekil 3.3'te gösterildiği gibi yaklaşık  $6426 \text{ km}^2$ 'dir [31].

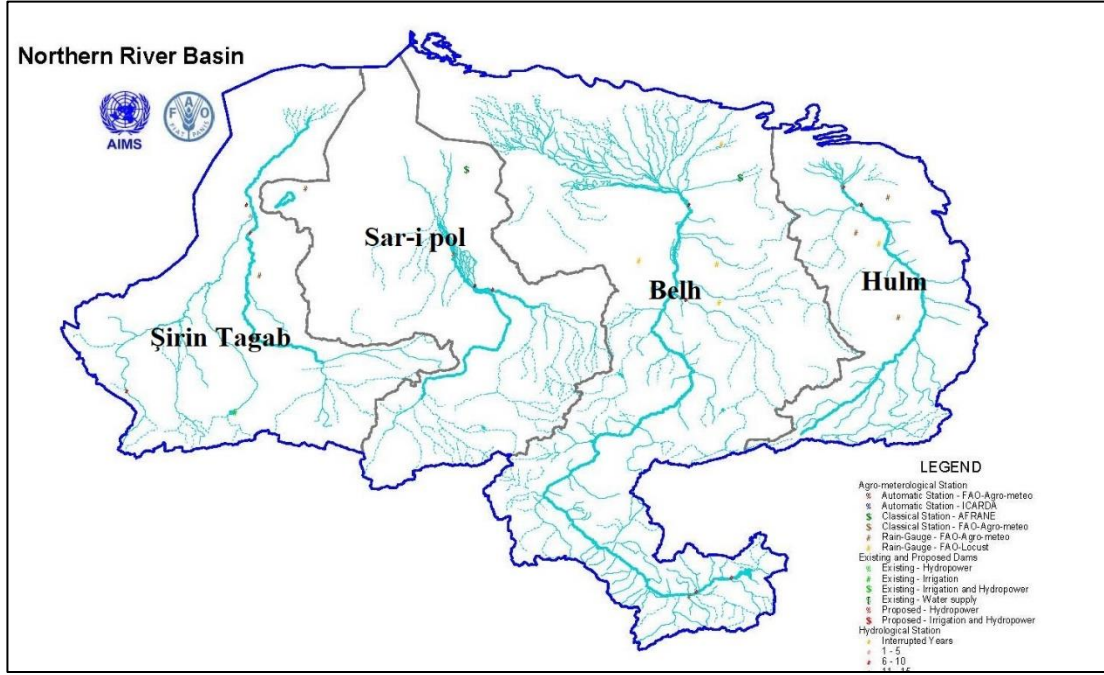


Şekil 3.3. Afganistan'ın Kuzey Nehir Havzasında ekili ve sulanan arazi [31].

Havzadaki suyun tamamı ulusal sınırlar içinde kullanılmaktadır. Afganistan sınırına ve Amu Derya nehri'ne ulaşmadan çok önce sulama kanallarında veya çöl kumlarında kurumaktadır. İstisnai sel durumunda Belh nehri bazen sınırın diğer tarafındaki Türkmenistan ovalarına su akıtabilir.

Kuzey nehir su kaynakları başlıca dört nehir havzasından oluşmaktadır. Şekil 3.4'te ve Çizelge 3.1'de gösterildiği gibi bu dört alt havzanın tamamı birbirinden bağımsızdır ve nehirler ulusal sınırlara ulaşmadan kurumaktadır.

- Belh-Balhab nehri (Mezar-i Şerif).
- Şirin Tagab nehri (Meymene).
- Hulm nehri (Aybek).
- Sar-i pol nehri (Sar-i pol ) [32].



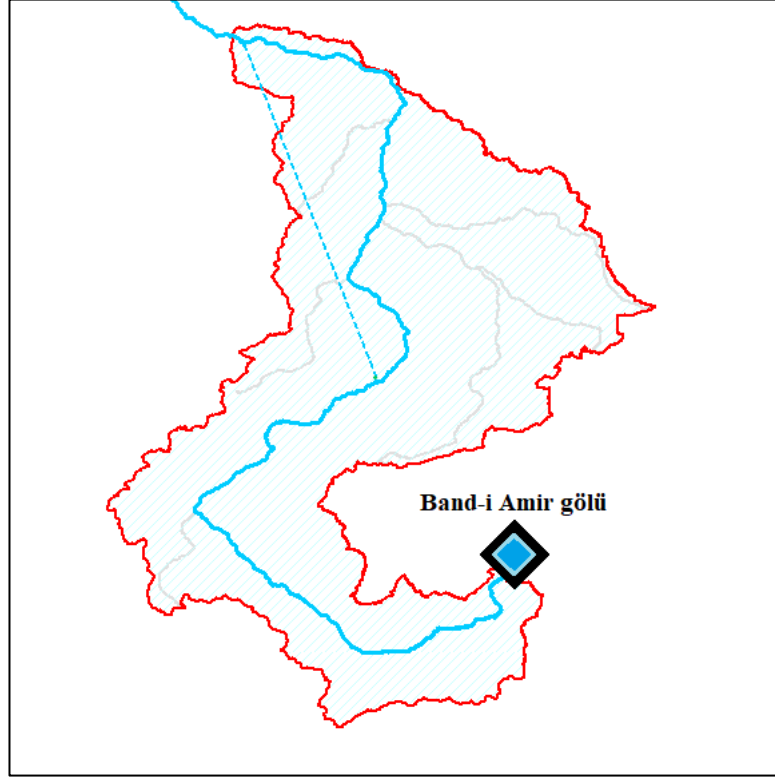
Şekil 3.4. Kuzey Nehir Havzası'nın alt havzaları [33].

Çizelge 3.1. Kuzey Nehir Havzasını deşarji [34].

Nehir adı	Deşarj(m <sup>3</sup> /s)	Drenaj alan (km <sup>2</sup> )	Ana kullanımı
Belh-Balhab nehri	54	28835	18 kanala akan sular tarım arazilerini suluyor
Şirin Tagab nehri	2.7	15092	Sulama ve tarım
Hulm nehri	3.2	10230	Sulama ve içme
Sar-i pol nehri	6.9	16743	Sulma, şibirgan şehrine akarken şorab nehri ile birleşir

### 3.1. BELH-BALHAB NEHİR ALT HAVZASI

Bu tez kapsamında Belh nehri alt havzası üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kuzey nehir havzasının bir parçası olan Belh nehri alt havza alanı 28835.2 km<sup>2</sup>, rakımı ise minimum 202 m ve maksimum 4616 m'dir ( Şekil 3.5) [32].



Şekil 3.5. Belh Nehir Alt Havzası

Belh nehir havzası kaynağını Zard Zang dağları ile çevrili Band-i Amir gölü (Şekil Şekil 3.6) ve Bamyan ilinin Yakaolang ilçesine bağlı Kohi- Hisar dağlarından almaktadır [35].



Şekil 3.6. Band-i Amir gölü [36].

Sar-i Pol'un Kohistanat ve Balhab ilçelerinde nehir, Balhab nehri adını taşıırken daha aşağısında Belh ilindeki Kışindi ilçesinden nehir sadece Belh olarak adlandırılır. Keshindi ve Şolgara ilçe merkezleri arasında, Belh Nehri, kaynağını Samangan ilinin yaylalarından alan Dara-i Suf Nehri'nin bir kolu ile tamamlanmaktadır. Belh Nehri Deh Dadi'de Türkistan ovasında açılır ve Balkh, Fayzabad, Aqca, Mingajik ve Mardyan vahalarındaki geniş arazileri sular. Belh Nehir havzası, Kuzey nehir havzasının en büyük alanlı bölgesi ve 350 km'den fazla olan Belh Nehri de, bu havzadaki en uzun su kaynağıdır [35].

Belh nehri'nin mansap kısmı, sulama sektöründe su sıkıntısı ile karşı karşıyadır ve mansap sulama kanalları, yılın altı ayında su almamakta veya sulama için yetersiz miktarda su almaktadır [37].

Belh nehirin sulama suyu, 101 adet geleneksel ve mühendislik sulama kanalı ve mansapta yer alan 3 adet küçük regülatör (Nahri Şahi, Samarkandiyan, Bangala) aracılığıyla dağıtılmaktadır [38].

### 3.1.1. Nahri Şahi Su Alma Yapısı

Nahri Şahi su alma yapısı Belh ilinin Dehdadi ilçesinin siajar bölgesinde bulunmaktadır. Kapasitesi  $750 m^3$ 'tür ve 6 kontrollü kapıya sahiptir [38].



Şekil 3.7. Nahri Şahi su alma yapısının bir kısmı.



### 3.1.2. Samarkandiyan Su Alma Yapısı

Samarkandiyan su alma yapısı Belh ilinin Çımtal ilçesine bağlı Sar-i- Asiab köyünde yer almaktadır. 18 kontrollü kapıya ve  $840 m^3$  kapasiteye sahiptir [38].



Şekil 3.8. Samarkandiyan su alma yapısının bir kısmı.

### 3.1.3. Bangala Su Alma Yapısı

Bangala su alma yapısı Belh ilinin Belh ilçesinde Bangala köyünde yer almaktadır. 10 kontrollü kapıya ve  $1100 m^3$  kapasiteye sahiptir [38].



Şekil 3.9. Bangala su alma yapısının bir kısmı.

### **3.2. İKLİM VE YAĞIŞ ÖZELLİKLERİ**

Belh Nehir Havzası, çoğunlukla Kasım-Mart veya Nisan aylarında meydana gelen yıllık yaklaşık 200 mm yağışla yarı kurak bir iklime sahiptir. Aylık sıcaklık, kış aylarında yaklaşık 5 °C'den yaz ortasında yaklaşık 35 °C'ye kadar değişmektedir [39].

### **3.3. TARIM**

Belh nehir havzası yüksek tarımsal potansiyele sahiptir. Havza'da nüfusun yaklaşık % 70'i hayatlarının temel ihtiyaçlarını karşılayan tarımsal faaliyetlerle uğraşmaktadır. Havzada ekilen alan yaklaşık 258305.5 ha'dır fakat her yıl sadece 105 bin ha ekilmekte olup geri kalanı bu havzada su eksikliği ve su yönetiminin olmaması nedeniyle ekilmemektedir [20]. Bu alt havzanın başlıca tarım ürünleri buğday, pamuk, pirinç, arpa ve mısır gibi çeşitli mahsullerdir. Bölge ayrıca birçok bahçecilik ağacı türü için uygun bir iklime sahiptir [39].

## BÖLÜM 4

### METODOLOJİ

#### 4.1. WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) MODELİ

WEAP (Su Kaynakları Değerlendirme ve Planlama Sistemi), entegre su kaynakları planlaması için bütünleşik, esnek ve şeffaf bir planlama aracı olarak 1988 yılında oluşturulmuştur. WEAP bir tahmin aracı olarak su talebini, arzını, akışını, depolanmasını, kirlilik oluşumunu, arıtılmasını ve boşaltılmasını simüle etmektedir. Bu program SEI (Stockhol Enviromental Institute) tarafından geliştirilmiştir [40].

WEAP modelleme programı, sektörel talep analizleri, suyun korunması, hidroelektrik üretimi, su hakları, su tasarrufu ve tahsis öncelikleri, kirlenmenin izlenmesi, akarsu ve nehir akış modeli, rezervuar işletmesi, ekosistem gereksinimleri ve proje fayda-zarar analizleri gibi konuları içeren oldukça geniş bir yelpazede hem kamu hem de tarım sistemlerine uygulanabilmektedir. WEAP yazılımı, entegre su kaynakları yönetimi için özgün bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca modelleme çalışmalarında MODFLOW, QUAL2K, MODPATH, GAMS, PEST, ve Excel gibi programlarla da bağlantılı olarak çalışabilmektedir [41].

WEAP yazılımı, bütünleşik su kaynaklarının yönetiminde havzanın su hidrolojisini verimli bir biçimde planlamayı amaçlamaktadır. Yazılım sayesinde havzaya ait mevcut verileri ve bilgileri yazılıma girilerek farklı senaryolara göre su bütçeleri hesaplanabilmekte ve yönetim analizleri gerçekleştirilebilmektedir [42].

Yazılım kullanıcılarına, esnek, şeffaf ve genişletilebilir bir veri tabanı yapısı, CBS tabanlı grafiksel ara yüz, kullanıcı tanımlı değişken ve denklemler, su tahsis denklemlerini içeren doğrusal çözüm programları, hazır fonksiyonlar ile modelleme yapabilme, grafik, tablo ve harita içeren güçlü bir raporlama sistemi gibi imkânlar



sunmaktadır. Kaynaklar ile talep bölgelerinin arz–talep dengelerini düzenleme konusunda yazılım tatmin edici sonuçlar vermektedir. Su dengesi formülüne sadık kalarak kendi bünyesinde lineer programlama metodunu kullanan program verilen öncelik sıralamasına göre işletme çalışmasını gerçekleştirmektedir.

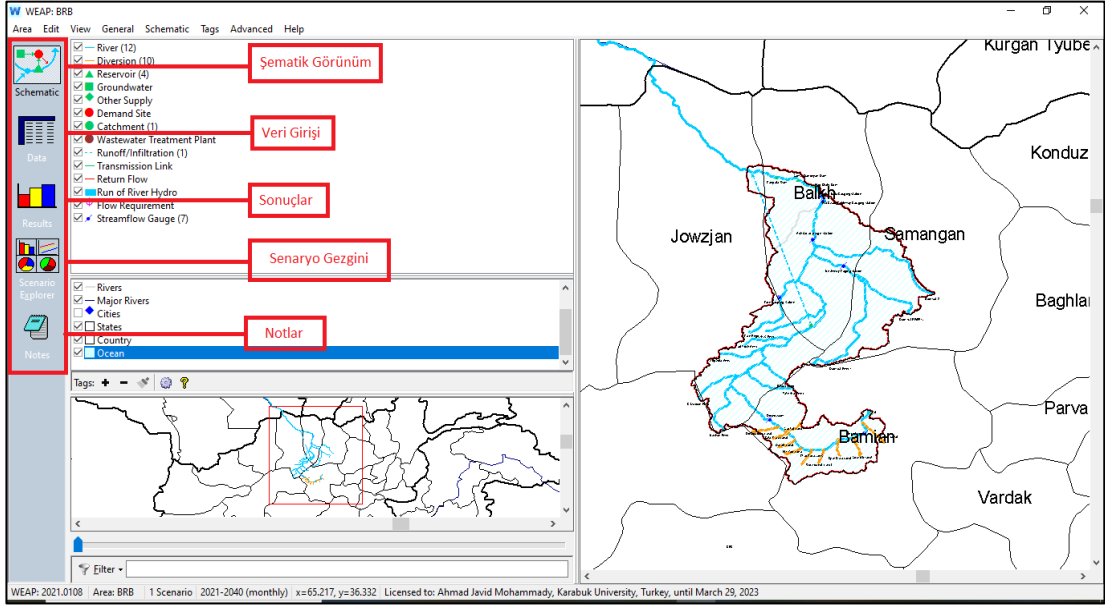
WEAP yazılımı su kaynakları sistemlerinin modellenmesi için oldukça elverişli bir programdır. Diğer modellerden farklı olarak, WEAP, basitleştirilmiş bir şekilde çok çeşitli model sonuçları veren dostane bir yaklaşımla senaryo analizleri sunar. Model ayrıca ölçeklenebilir bir araçtır ve herhangi bir zamanda güncellenebilir. Böylece, model sonuçlarının gelecekte iyileştirilmesine izin verir. Ayrıca WEAP, dünya çapında entegre su kaynakları yönetimi için en yaygın kullanılan araçtır [43].

WEAP yazılımının modelleme mantığı diğer programlara nazaran daha basit ve anlaşılır yapıdadır. Yazılımın görsel nitelikleri de oldukça iyi bir düzeydedir. Modelleme araçlarının kullanımı, harita seçenekleri ve katmanları, senaryo ve analizlerin çeşitliliği, grafik ara yüzlerinin iyi bir düzeyde işlevsel oluşu, başka programlar ve modüllerle ilişkili olması gibi çeşitli özellikler de yazılımın önemli artılarıdır. Yazılımın öğrenci, akademisyen, ve kamu kuruluşlarındaki araştırmacılar için ücretsiz kullanım lisansı vermesi nedeniyle erişimi ve kullanımı da kolay ve basittir.

WEAP yazılımı İngilizce dilinde yazılmış bir program olup yazılım içerisinde yer alan kullanıcı dilini değiştirme sekmesiyle Arapça, Bengalce (BNG), Mandarin, Farsça, Fransızca, Yunanca, Korece, Portekizce, Almanca, İspanyolca, Rusça, Tayca (Tay dili), Kmerce, Endonezce, Litvanca, Rumence ve Vietnamca alternatifleride bulunmaktadır. Yazılımda kısmen Türkçe dil desteği bulunmaktadır [38].

WEAP programı beş ana sekmeden oluşmaktadır (Şekil 4.1).

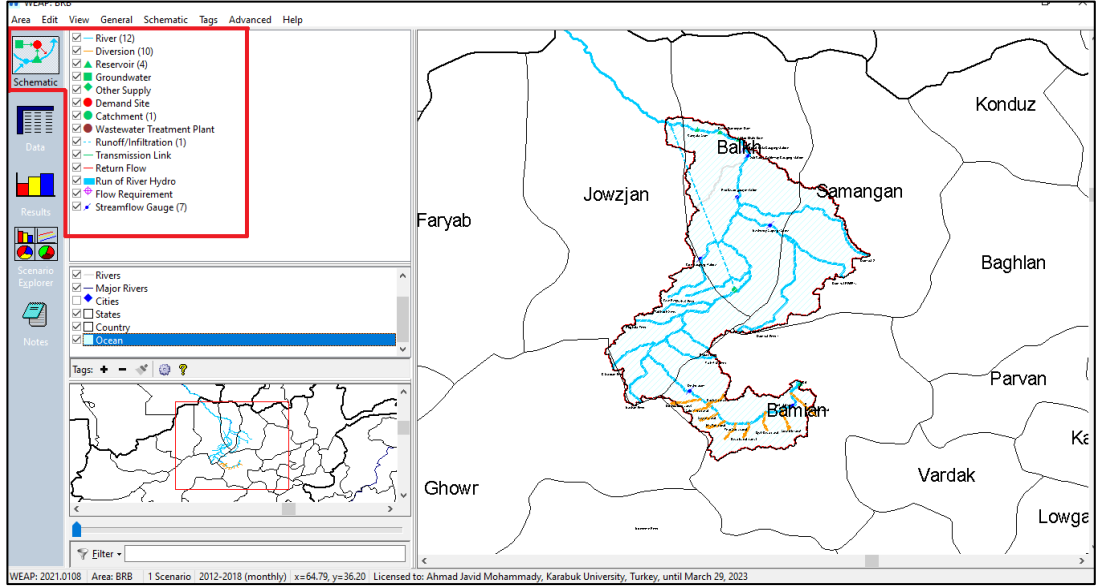
- Schematic (Şematik görünüm)
- Data (Veri)
- Results (Sonuçlar)
- Scenario Explorer (Senaryo Gezgini)
- Notes (Notlar)



Şekil 4.1. WEAP yazılımının sekme ve çalışma sayfası görünümü.

#### 4.1.1. Şematik Görünüm Sekmesi

Şematik Görünüm WEAP'deki tüm faaliyetler için başlangıç noktası olup benzetim havza modeli bu sekmeden gerçekleştirilmektedir. Program, modelleme yaparken fiziksel özelliklerini tanımlamak amacıyla sulama, içme suyu gibi talep bölgeleri (Demand site), nehir (River), sapma (Diversion), Hazne (Reservoir), yeraltı suyu (Groundwater), alt havza (catchment), iletim hattı (Transmission Link), dönüş akışı (Return flow), yüzey akışı/infiltrasyon (Runoff/infiltration) ve atıksu arıtma tesisi (wastewater treatment plant) sekmelerinden 'sürükle ve bırak' yöntemiyle modelleme yapmaya olanak sunmaktadır. Şekil 4.2'de şematik görünüm sekmesi görülmektedir [40].

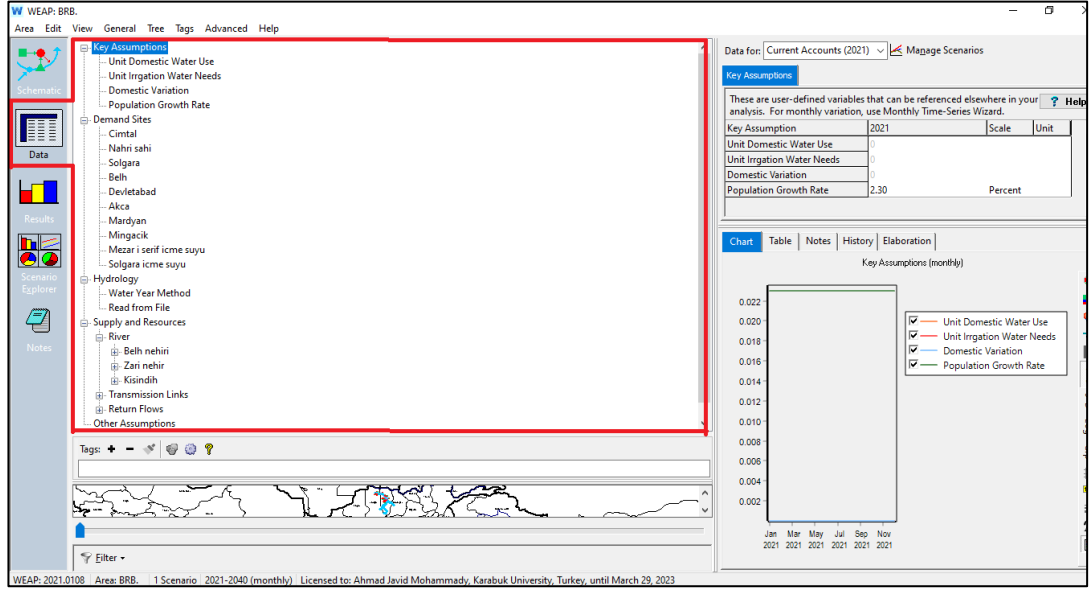


Şekil 4.2. WEAP yazılımının şematik görünüm sekmesi.

#### 4.1.2. Veri Giriş Sekmesi

Bu sekme, şematik olarak oluşturulan düzeneğe veri girişi yapmak için kullanılmaktadır. Bu sekmeden, akış, yağış, buharlaşma ve benzeri gibi hidrolojik verileri ile birlikte havzada yer alan yerleşim bölgelerindeki nüfus sayısı, tarım bölgelerinde sulama için ihtiyaç duyulan su miktarı, havzada mevcut bulunan yeraltı suyu, yeraltı suyundan çekilen su miktarı, içme ve kullanma suyundan artıtılan suyun dönerek akarsulara iletilen su miktarı, havzada bulunan nehirlerin akış miktarı gibi havzaya ait ne kadar veri varsa bu kısımdan yazılıma girilmektedir (Şekil 4.3).

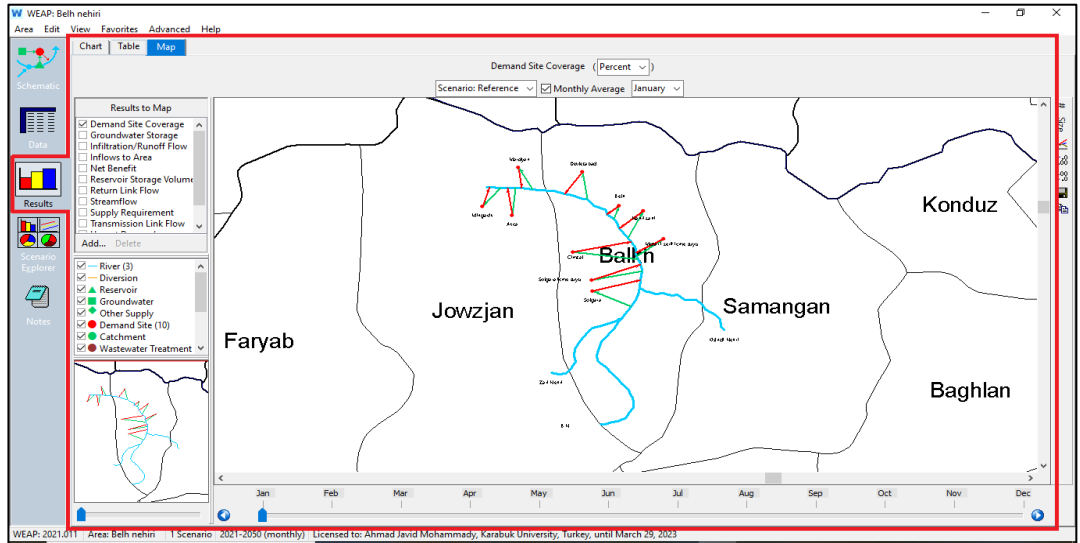
Geleceğe yönelik senaryolar türetilerek yazılımın veri tabanında yer alan matematiksel formüllerden de faydalanılabilmektedir. Ayrıca Excel'de yer alan tablolar kolay bir şekilde programa aktarılabilmektedir.



Şekil 4.3. WEAP yazılımının veri sekmesi.

#### 4.1.3. Sonuçlar Sekmesi

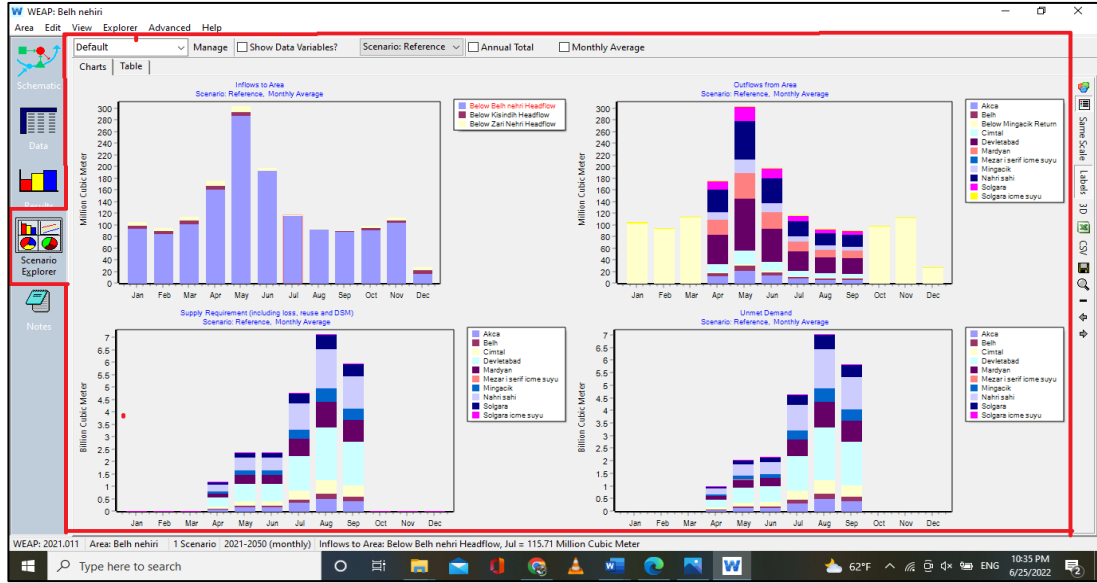
Bu sekmede verileri tanımlanan ve oluşturulan modelin analiz-hesap sonuçları yer almaktadır. Modelin tüm sonuç çıktıları ayrıntılı bir biçimde grafikler ve çizelgeler üzerinde görüntülenebilmektedir. Harita ve grafik formatları sonuçların zaman bazlı animasyonlu şekilde görüntülenmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 4.4. WEAP yazılımının sonuçlar sekmesi

#### 4.1.4. Senaryo Gezgini / Araştırmacı Sekmesi

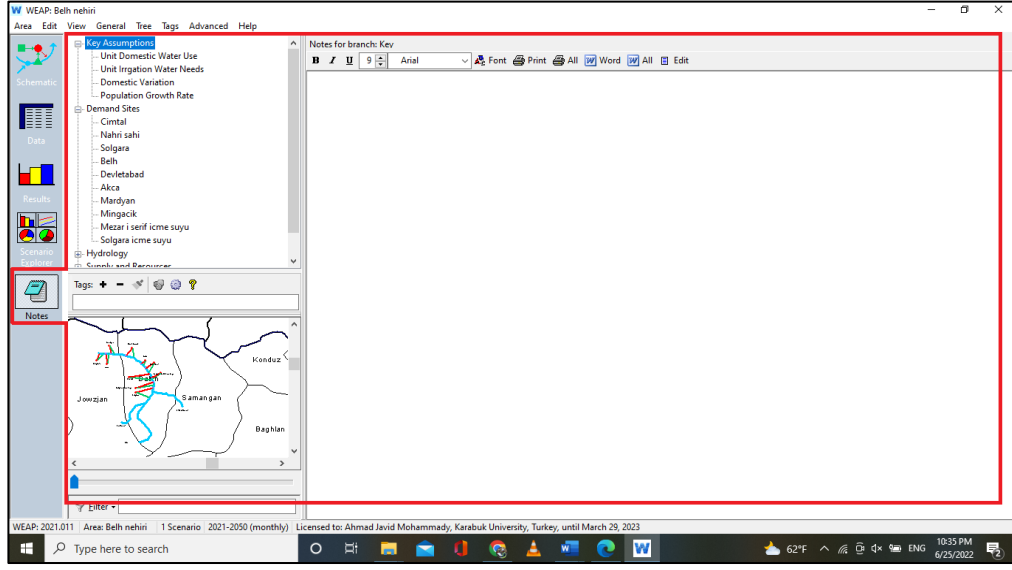
Veri girişlerinin ve sonuçların gösterildiği, hızlı bir özet grafik grubu gösteren sekmedir. Bu kısımda verilerdeki değişikliklerin sonuçları nasıl etkilediği kolay bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 4.5) [42].



Şekil 4.5. WEAP yazılımının senaryo gezgini / araştırmacı sekmesi.

#### 4.1.5. Notlar Sekmesi

Bu kısımda elde bulunan bilgiler, veriler ve yapılan kabuller belge haline getirilebilmektedir (Şekil 4.6).



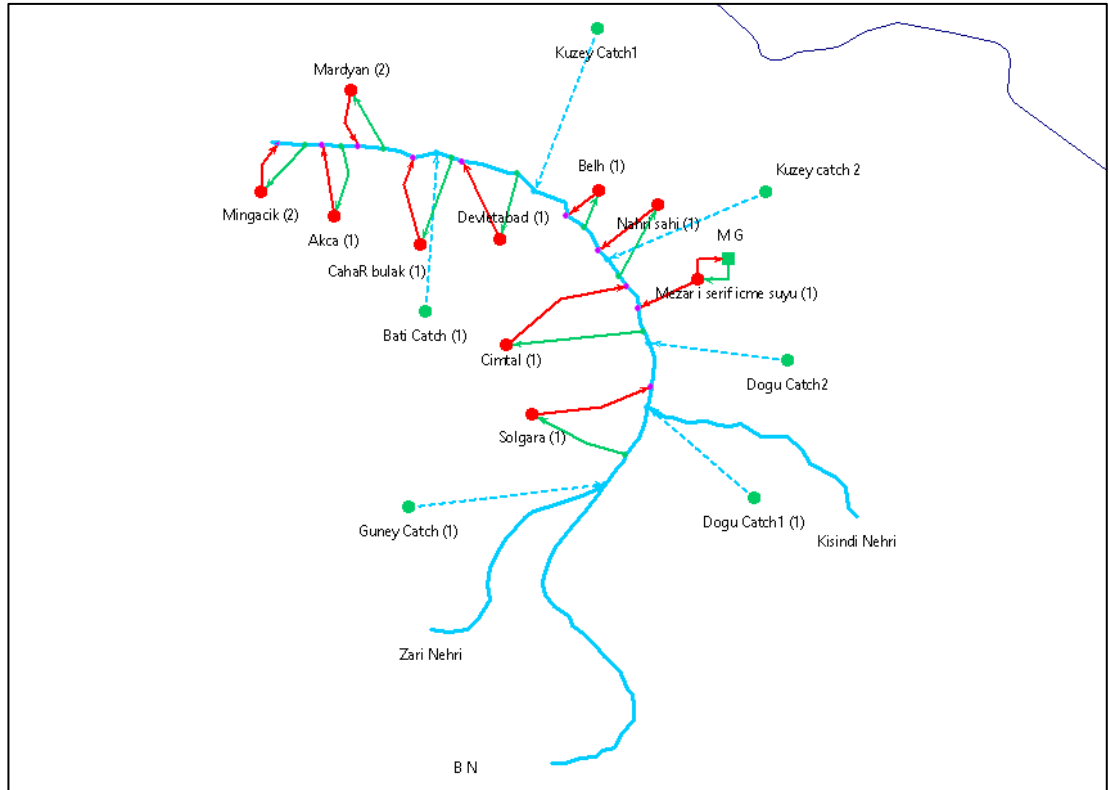
Şekil 4.6. WEAP yazılımın notlar sekmesi.

## BÖLÜM 5

### YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

#### 5.1. WEAP MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Belh Nehir Havzasına ait hidrolojik ve meteorolojik veriler Enerji ve Su İşleri Bakanlığında ve çalışma havzasının tarıma ait verileri Belh ili Tarım, Sulama ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Veriler kullanılarak havzaya ait mevcut elemanlar (talep bölgesi, nehir, yeraltı suyu, vb.) girilmiş ve model oluşturulmuştur. Söz konusu WEAP modeli Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Belh Nehir Havzasının WEAP modeli.

## 5.2. WEAP MODELİNE AİT VERİLERİN UYGULANMASI

Belh Nehir Havzasında yer alan birimlere ait veriler 2010-2021 yılları arası havzada bulunan 5 adet hidrometeoroloji istasyonlarından alınmıştır. Havzadaki istasyonları, Enerji ve Su Bakanlığına (MEW) bağlı olan Kuzey Nehir Havzasının Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. Ayrıca havzadaki tarım bölgelerine ait veriler Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına bağlı olan Belh İli Tarım, Sulama ve Hayvancılık Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çalışma kapsamında eldeki verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturulmuş daha sonra geleceğe yönelik 2022-2050 yılları için belirli kabuller yapılarak senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) türetilerek havzanın su bilançosu ve havza su kaynaklarına dair potansiyel durumlar için çalışmalar yapılmıştır.

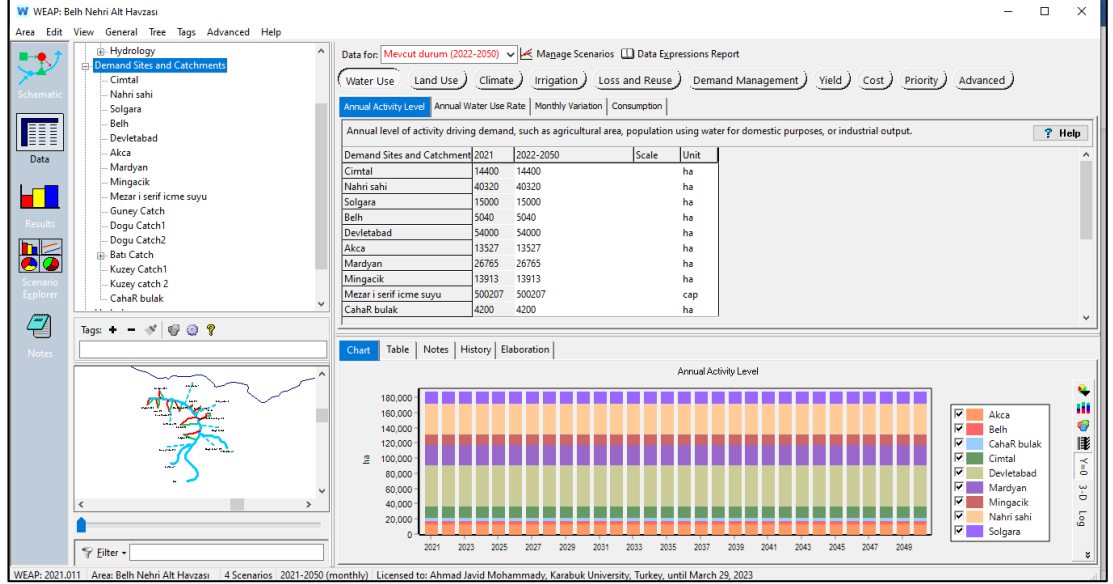
Belh İli Tarım, Sulama ve Hayvancılık Müdürlüğüne göre tarım arazisi alanı, yıllık tarımsal su ihtiyacı ve Mezar-ı Şerif içme ve kullanma su ihtiyacı Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Belh Nehir Havzasının tarım arazisi ve yıllık tarımsal su ihtiyacı.

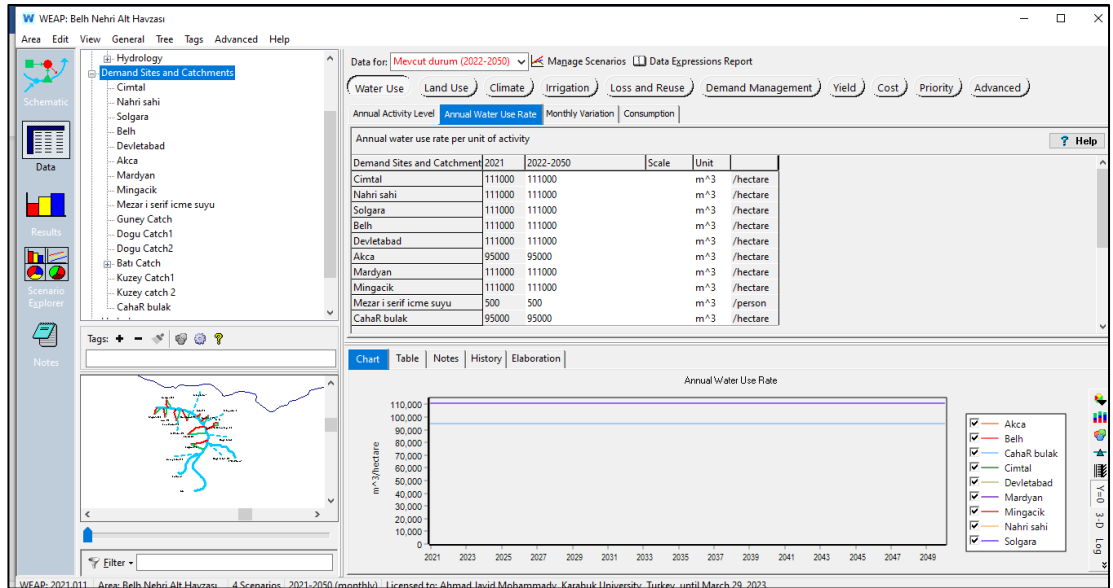
Talep bölgesi	Tarım alanı	Ekine göre su ihtiyacı (m <sup>3</sup> /ha/yıl)
Şolgara	15000	111000
Çimtal	14400	111000
Dihdadi ve Nahri Şahi	40320	111000
Belh	5040	111000
Devletabad	54000	111000
Çahar bulak	4200	95000
Akça	13527	95000
Mardyan	26765	111000
Mingacik	13913	111000
Nüfus		(m <sup>3</sup> /kişi/yıl)
Mezar-ı Şerif içme Suyu	500207	500



Öncelikle su bütçesine ilişkin senaryo 1 (mevcut durum) talep bölgelerinden tarım arazileri için Belh İli Tarım, Sulama ve Hayvancılık Müdürlüğünden temin edilen yıllık su ihtiyaçları programa girilerek 2010-2021 yılları arası hidrolojik verilerin ortalaması alınarak yazılıma işlenmiştir (Şekil 5.2 ve Şekil 5.3).

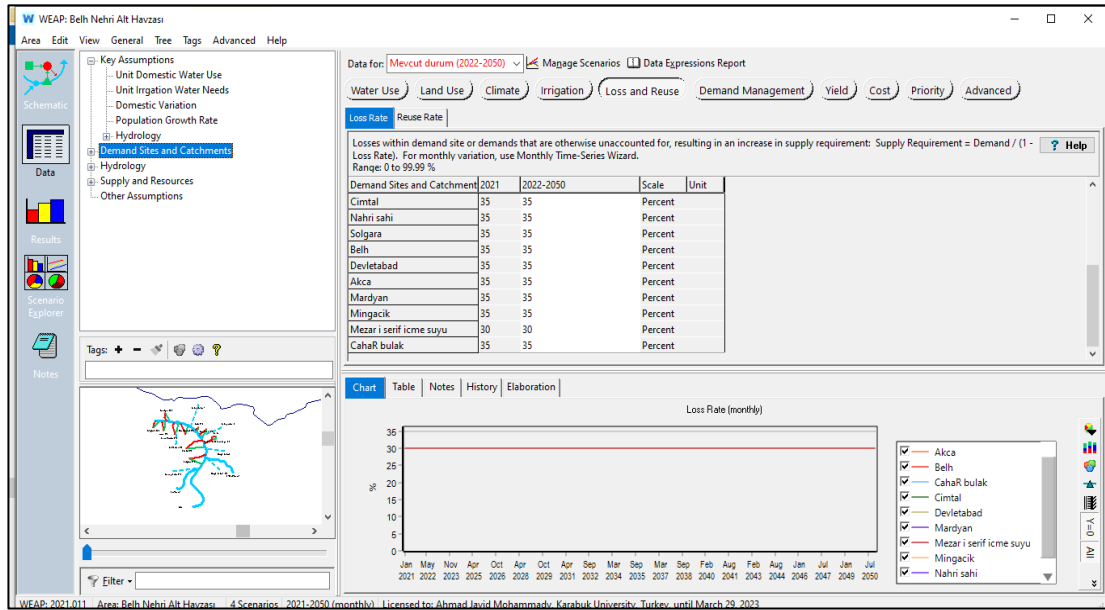


Şekil 5.2. Belh Nehir Havzasının talep bölgelerinin veri girişi.



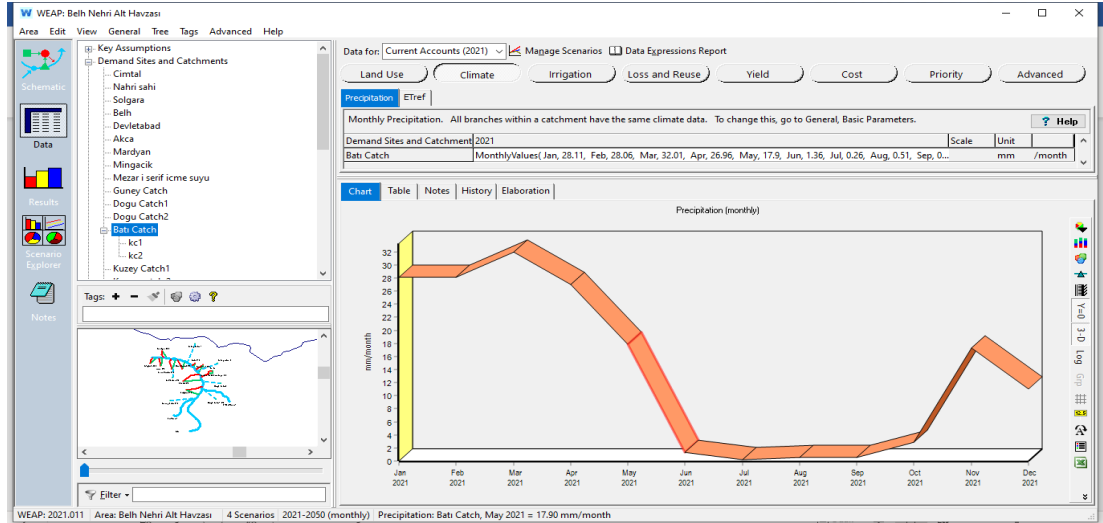
Şekil 5.3. Belh Nehir Havzasının talep bölgelerinin su kullanım miktarları.

Bilindiği üzere su şebekelerindeki yerel kayıplardan, servis bağlantılarından veya çeşitli dağıtım kayıplarından kaynaklı sorunlardan dolayı su iletiminde fiziksel sızıntılar ve kayıplar meydana gelmektedir. WEAP yazılımı bu kayıpları dikkate alarak bir tasarım yapmaya olanak sağlamaktadır. Afganistan’da bu oran %30 ile %45 arasında değişmektedir. Bu çalışmada borulardaki kayıp kaçak ve sızıntı oranı mevcut durum senaryosunda sulama şebekeleri için %35, içme suyu şebekeleri için yaklaşık %30 civarlarında bir kayıp kaçak olarak kabul edilmiştir (Şekil 5.4).

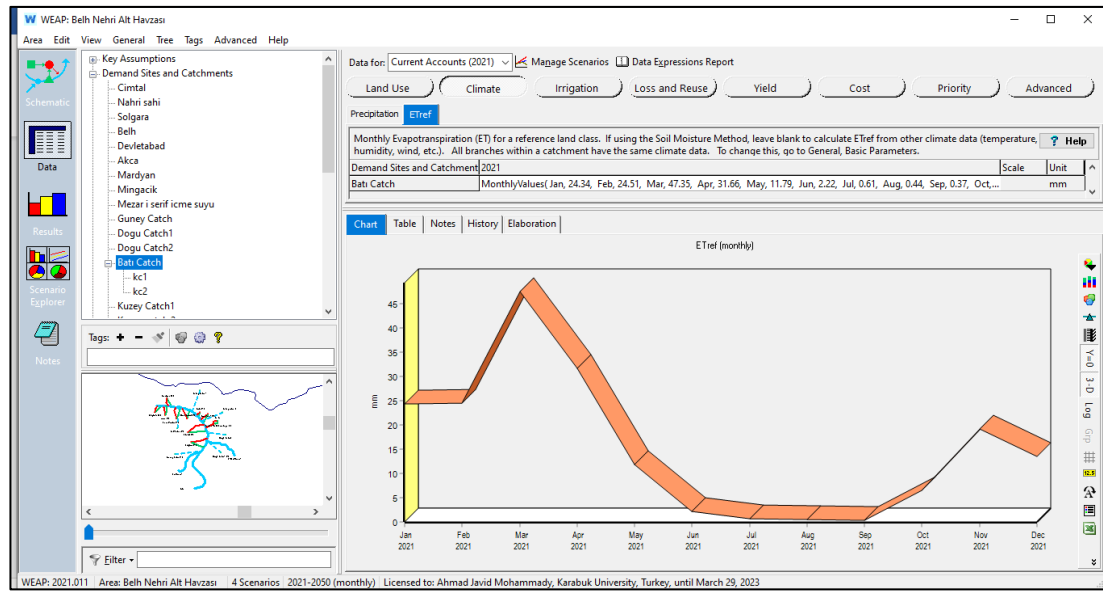


Şekil 5.4. Belh Nehir Havzası talep bölgeleri kayıp veri girişi.

Yağış ve buharlaşma gibi hidrolojik veriler 2010-2021 yılları arası ortalaması alınarak programa girilmiştir (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6).



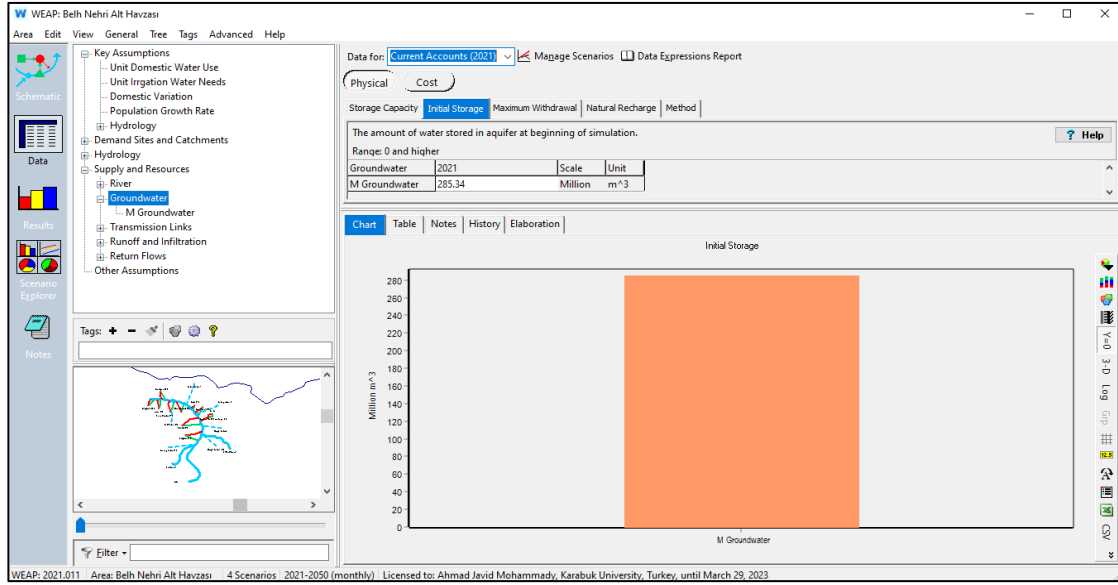
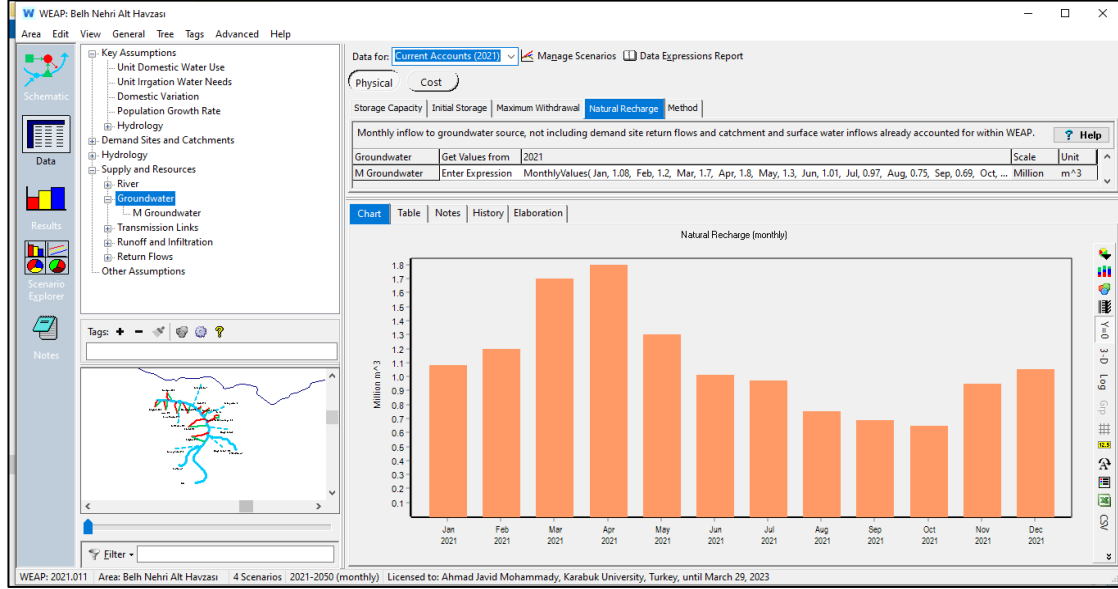
Şekil 5.5. Belh Nehir Havzasının yağış verileri girişi.



Şekil 5.6. Belh Nehir Havzasının buharlaşma verileri girişi.

Belh nehir havzasının yeraltı suyu potansiyelini incelemek amacıyla Belh ili merkezi (Mezar-i-şerif) yeraltı su verileri Afganistan Ulusal Su İşleri Düzenleme Kurumuna bağlı olan Yeraltı Suyu Kaynakları Dairesi Başkanlığı'ndan alınmıştır. Havzada belgesiz çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu durum tekniğine uygun açılmamış sondajları olması sebebiyle istenilen bir durum değildir. Bu çalışma

kapsamında Belh ili merkezine (Mezar-i- Şerif) içme ve kullanma suyu sağlayan yeraltı suyu WEAP programına tanımlanmıştır (Şekil 5.7).

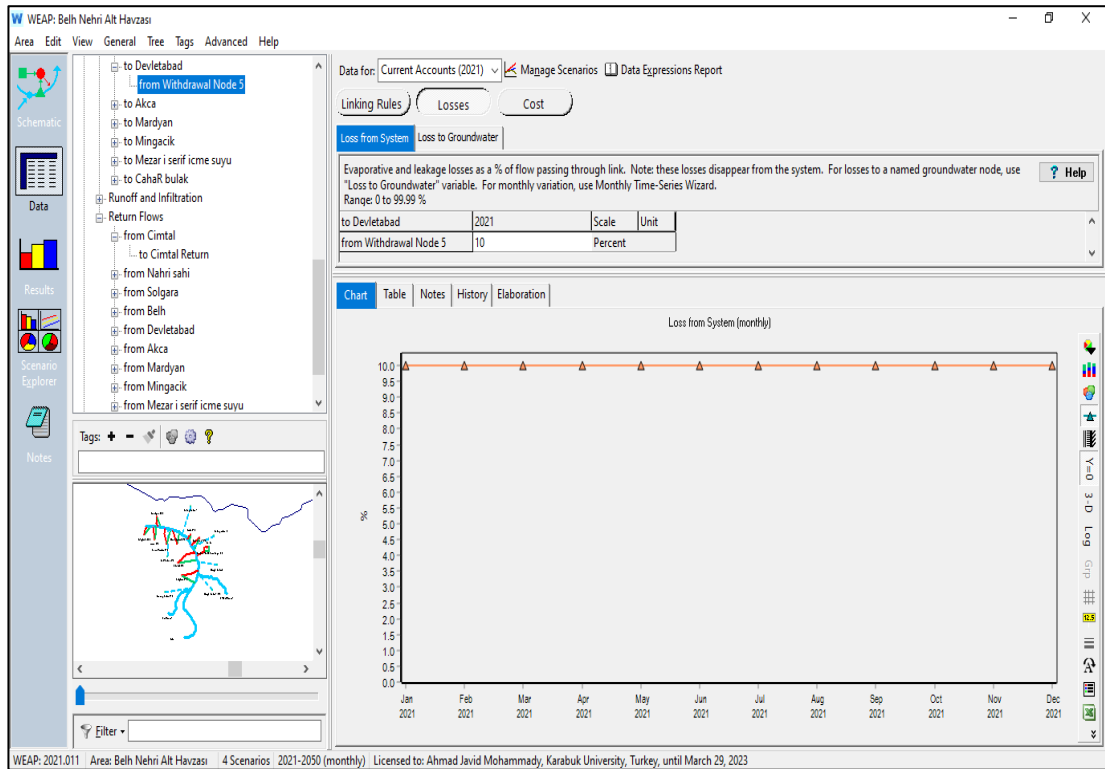


Şekil 5.7. Mezar-i- Şerif yeraltı suyu kaynaklarına ait bazı veriler.

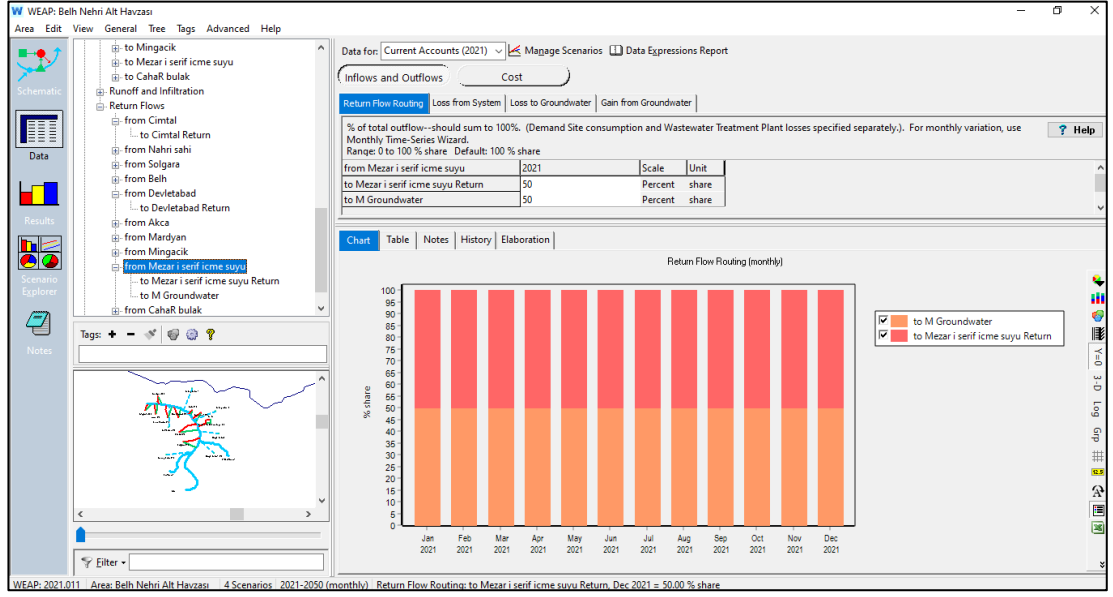
WEAP modelinde talep bölgelerine, yerel ve nehir kaynaklarından gelen suyun miktarını tanımlamak amacıyla iletim bağlantısı (transmission link) kullanılmaktadır. Şekil 5.8'de görüldüğü gibi Belh nehrinden Devletabad tarım bölgesine, Mezar-i- Şerif şehrine içme suyu sağlayan yeraltı suyu gibi buna benzer iletim bağlantıları programa tanımlanmıştır. Öncelikli olarak WEAP, suyu her bir talep bölgesiyle ilişkili talep

önceliğine göre tahsis eder. En yüksek önceliğe sahip talep bölgeleri (en düşük sayılar) önce suyu alır, ardından kullanılabilirliğin izin verdiği ölçüde daha düşük önceliklere (daha yüksek sayılara) sahip bölgelere gelir. Bu sistem, kıtlık zamanlarında en yüksek öncelikli su kullanımlarının karşılanmasını sağlamak için kullanışlıdır. Herkesi tatmin edecek bol su olduğunda, talep öncelikleri gereksizdir.

Talep bölgesine iletdikten sonra geri dönen su miktarlarını tanımlamak amacıyla return flows (dönüş akışı) kullanılmaktadır. Şekil 5.9'dan da görüldüğü gibi sulamada kullanıldıktan sonra geri dönen su miktarı veya içme ve kullanmada kullanılan suyun geri dönüşü bu kısımda tanımlanmıştır. Yazılımda iletim bağlantıları ve dönüş akışlarının belirli kabuller yapılarak tanımlaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.8. Belh Nehir Havzası WEAP modeli iletim bağlantıları.



Şekil 5.9. Belh Nehir Havzası WEAP modeli dönen akışları.

### 5.3. SENARYOLAR

Bu tez kapsamında WEAP modeli oluşturulup havzaya ait veriler yazılıma tanıtıldıktan sonra geleceğe yönelik (2022-2050) belirli kabuller yapılarak birbirinden farklı üç senaryo çalışılmıştır.

- senaryo 1 (mevcut durum)
- senaryo 2 (iyimser durum)
- senaryo 3 (kötümser durum)

#### 5.3.1. Senaryo 1: Mevcut Durum

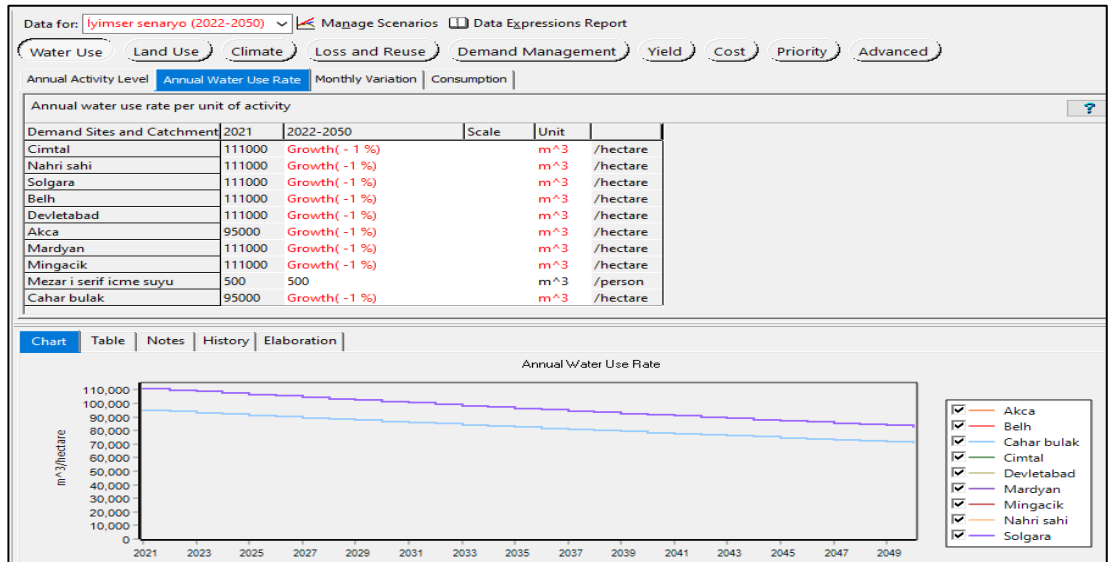
Mevcut durum senaryosunda, su dağıtım kayıpları, buharlaşma kayıpları ve içme veya sulamadan oluşan içme suyu kayıpları gibi durumlar geleceğe yönelik 2022-2050 yılları arasında herhangi bir arttırım veya azaltım yapılmadan mevcut haliyle aktarılmıştır.

### 5.3.2. Senaryo 2: İyimser Senaryo

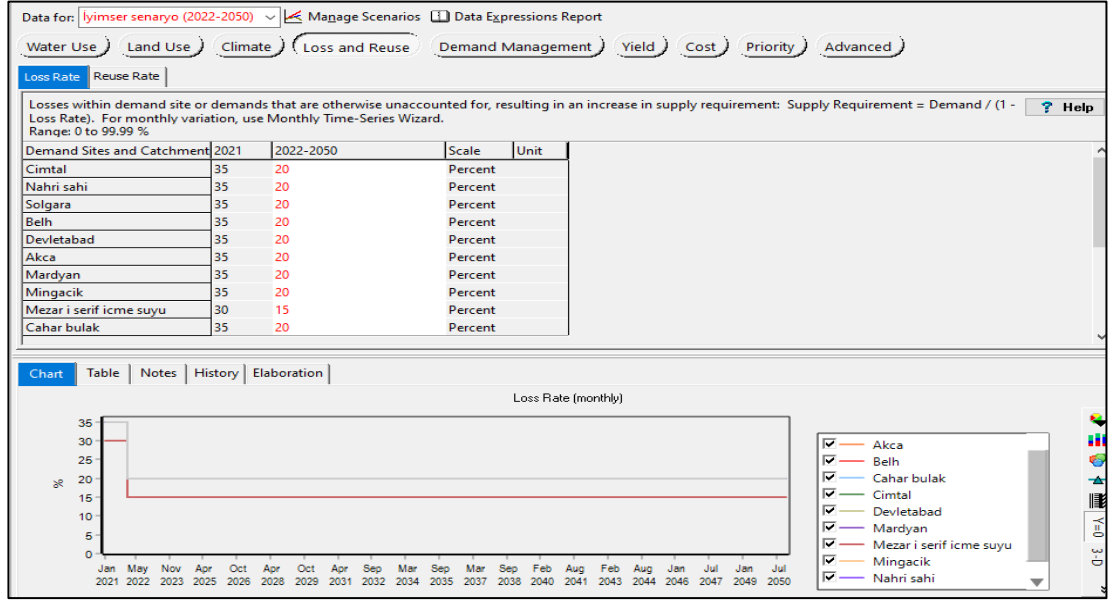
İyimser senaryoda havza genelinde geleceğe yönelik 2022-2050 yılları arası yağış değerleri 2010-2021 arası ölçülen değerler arasındaki en yüksek değeri ve buharlaşma değerleri ise en düşük değerler olarak girilmiştir. Belh nehri, Zari nehri ve Kişindi nehrine ait 2010-2021 yılları arası en yüksek akım değerleri programa tanıtılmış ve analiz yapılmıştır.

Tarım bölgelerini sulamak maksadıyla sulama alanları sabit tutularak bitkilerin ihtiyaç duyacağı yıllık su miktarında %1 düşüş olabileceği kabul edilmiştir. Sulama sistemlerinde mevcut durumda %35 olan kayıp kaçak miktarında %20'e kadar düşebileceği kabul edilmiştir.

İçme suyu yıllık kişi başı kullanım oranları sabit tutulurken Mezar-i- Şerif nüfus miktarlarında %1'lik azalma olacağı kabul edilmiştir. Mezar-i- Şerif yeraltı su miktarının artacağı kabul edilerek içme ve kullanma suyunda mevcut durumda %30 olan kayıp miktarında %15'e kadar düşebileceği kabul edilmiştir (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11).

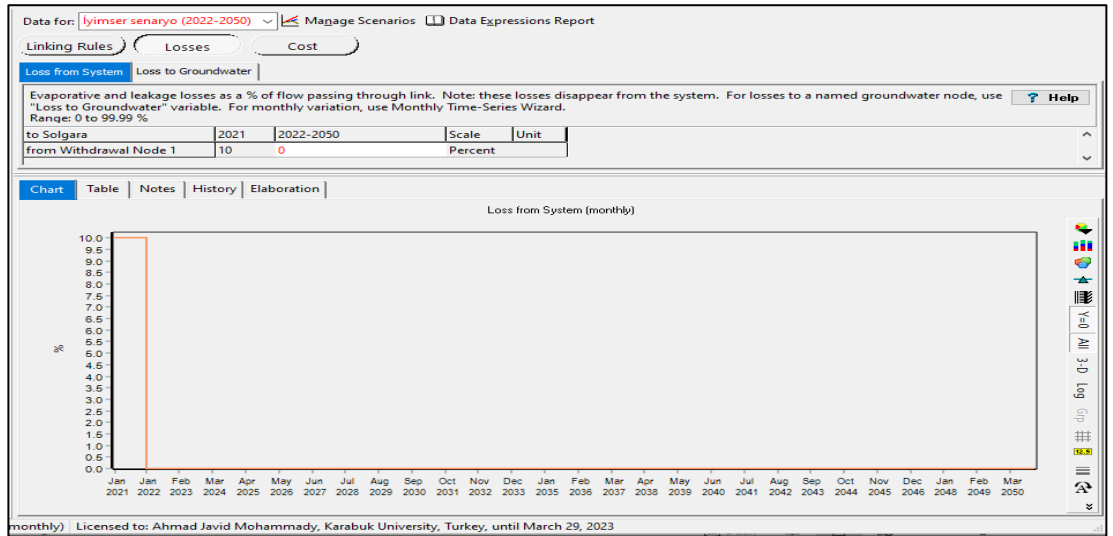


Şekil 5.10. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller.



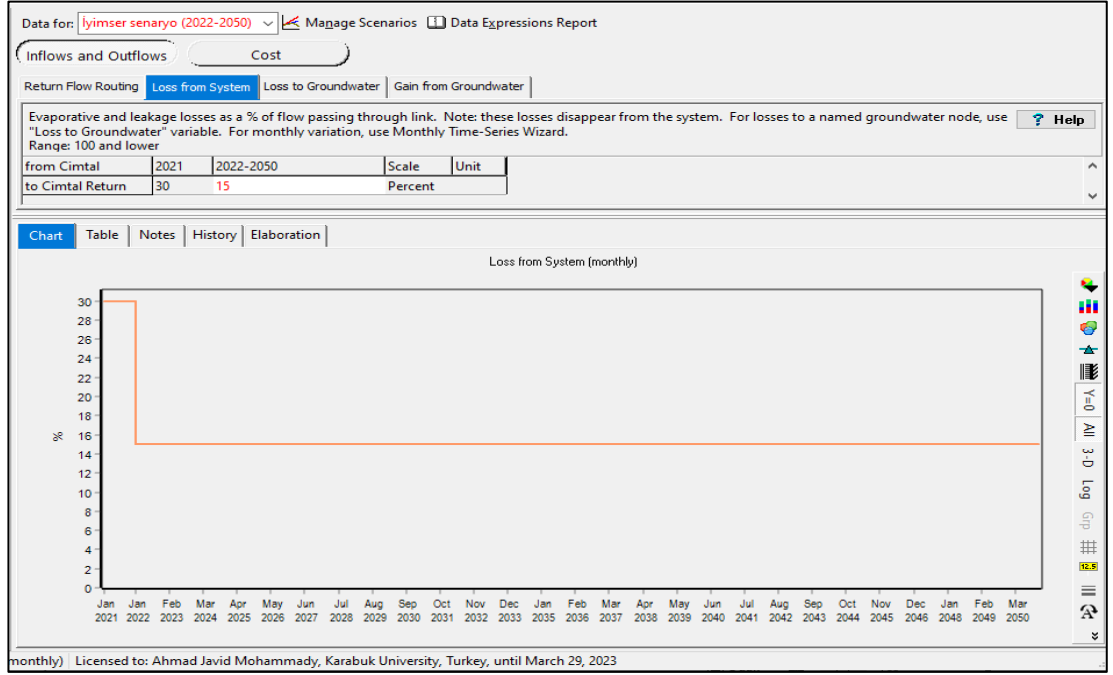
Şekil 5.11. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller.

İletim bağlantıları programa girilirken sulamalar için mevcut durumda dağıtım kayıplardan kaynaklı kayıpları %10 olduğunu ve geleceğe yönelik iyimser senaryoda ise herhangi bir kayıp olmadığı kabul edilmiştir (Şekil 5.12). Talep bölgelerinden dönüş akış bağlantıları ise sulamalar ve içme suyu için boru kayıpları bu senaryoda %15 olarak sisteme girilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.12. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller.





Şekil 5.13. WEAP modeli iyimser senaryosunda yapılan kabuller.

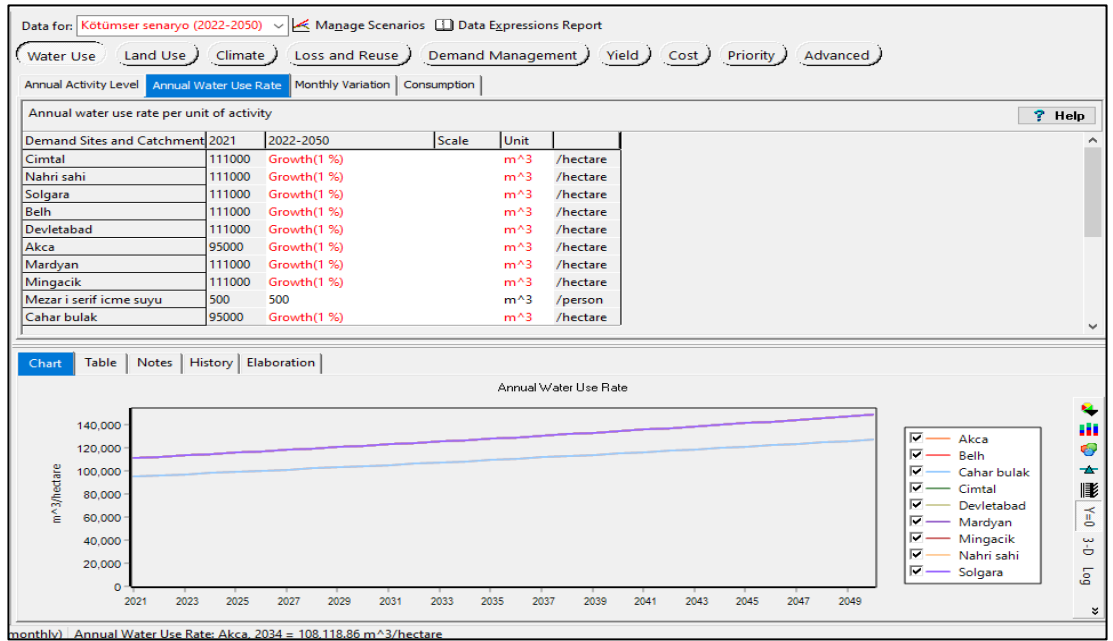
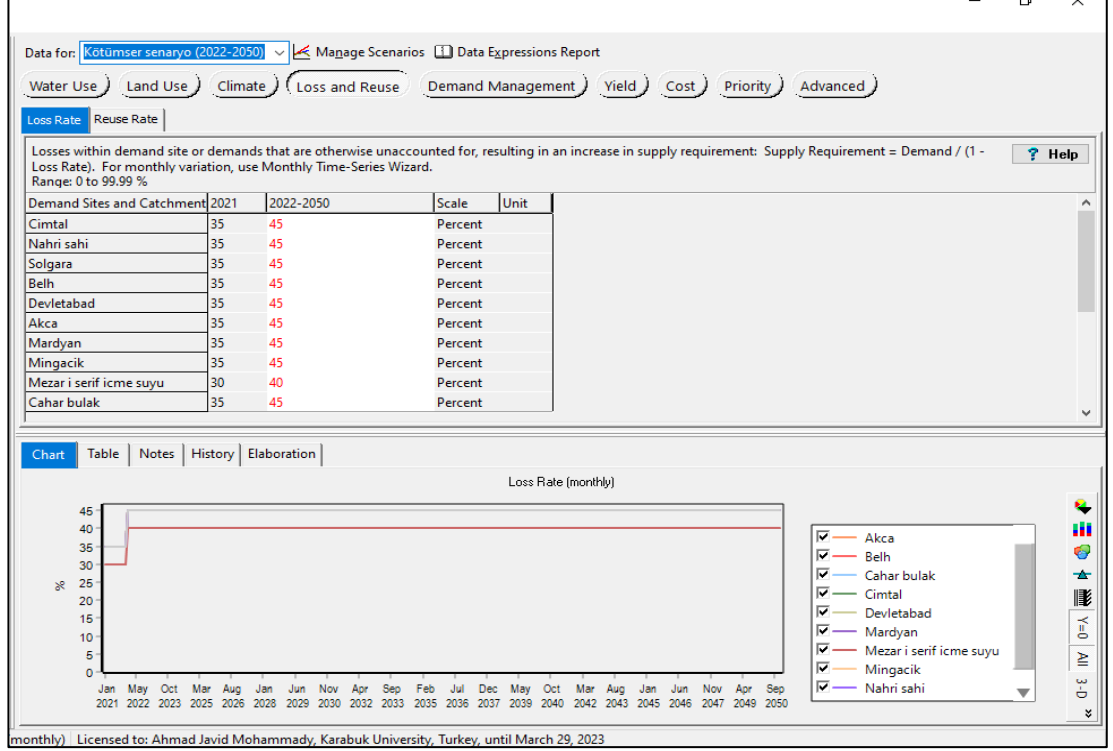
### 5.3.3. Senaryo 2: Kötümser Senaryo

Kötümser senaryoda geleceğe yönelik 2022-2050 yılları arası havza genelinde su miktarının azalacağı, buharlaşmaların çok fazla artacağı, yağışın daha az olacağı ve kayıpların artacağı gibi kabuller yapılmıştır.

Yağış değerleri 2010-2021 arası görülen değerler arasındaki en düşük değeri ve buharlaşma değerlerini en yüksek değer olarak girilmiştir. Belh nehri, Zari nehri ve Kışindi nehrine ait 2010-2021 yılları arası en düşük akım değerleri programa tanıtılmış ve analiz yapılmıştır.

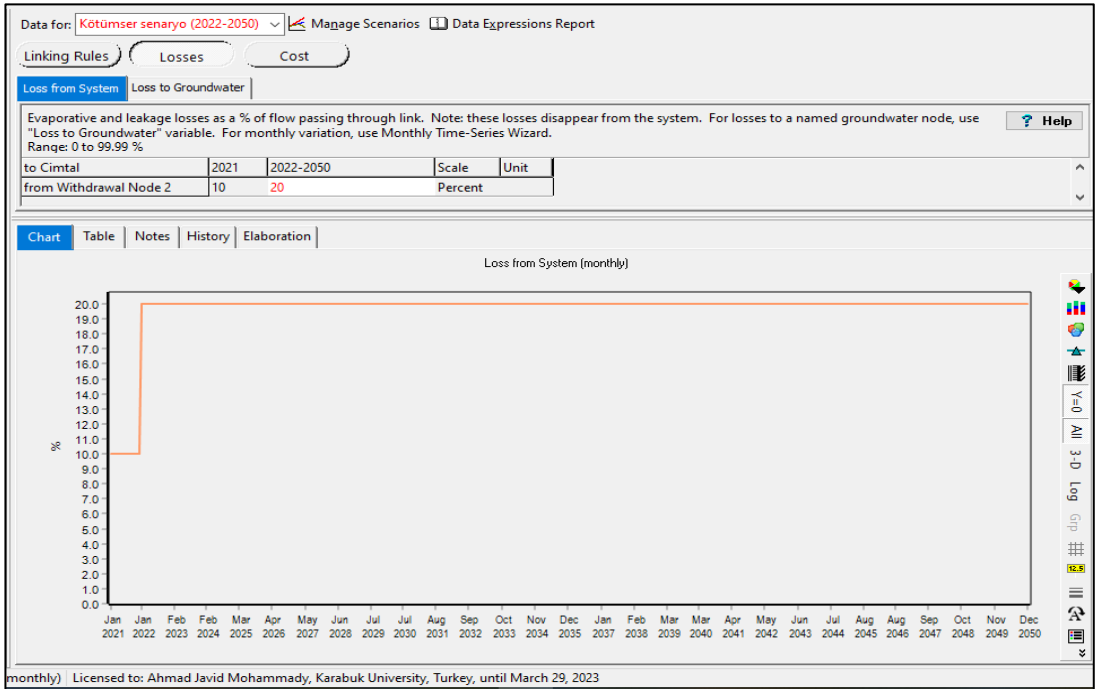
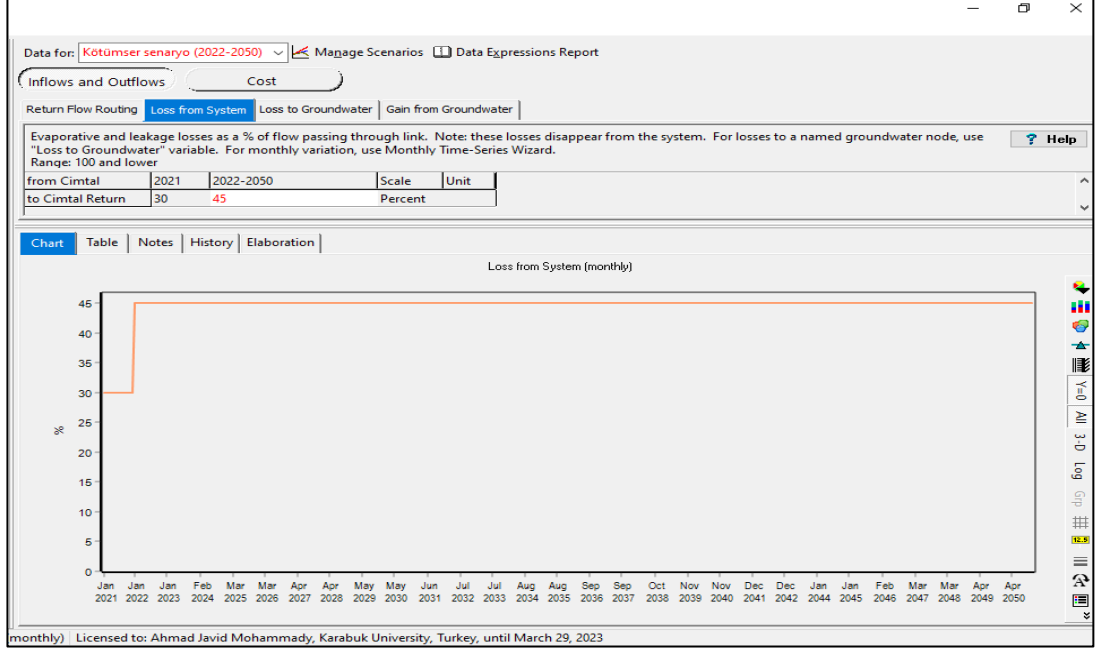
Tarım bölgelerini sulamak amacıyla sulama alanları sabit tutulmuş fakat bitkilerin yıllık ihtiyaç duyacağı su miktarında %1 artış olduğunu kabul edilmiştir. Sulama sistemlerinde mevcut durumda %35 olan kayıp miktarında %45'e kadar artış göstereceği kabul edilmiştir.

İçme suyu yıllık kişi başı kullanım oranları sabit tutulurken Mezar-i- Şerif nüfus miktarlarında %3.5'lik artış olacağı kabul edilmiştir. Mezar-i- Şerif yeraltı su miktarının azalacağı kabul edilerek kullanma ve içme suyunda mevcut durumda %30 olan kayıp miktarında %40'a kadar artabileceği kabul edilmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. WEAP modeli kötümser senaryosunda yapılan kabuller.

İletim bağlantıları programa girilirken sulamalar için mevcut durumda dağıtım kayıplardan kaynaklı kayıpları %10 olarak geleceğe yönelik kötümser senaryoda ise %20 olarak edilmiştir. Dönüş akış bağlantıları ise sulamalar ile içme suyu için boru kayıpları kötümser durumda %45 olarak sisteme tanımlanmıştır.



Şekil 5.15. WEAP modeli kötümser senaryosunda yapılan kabuller.

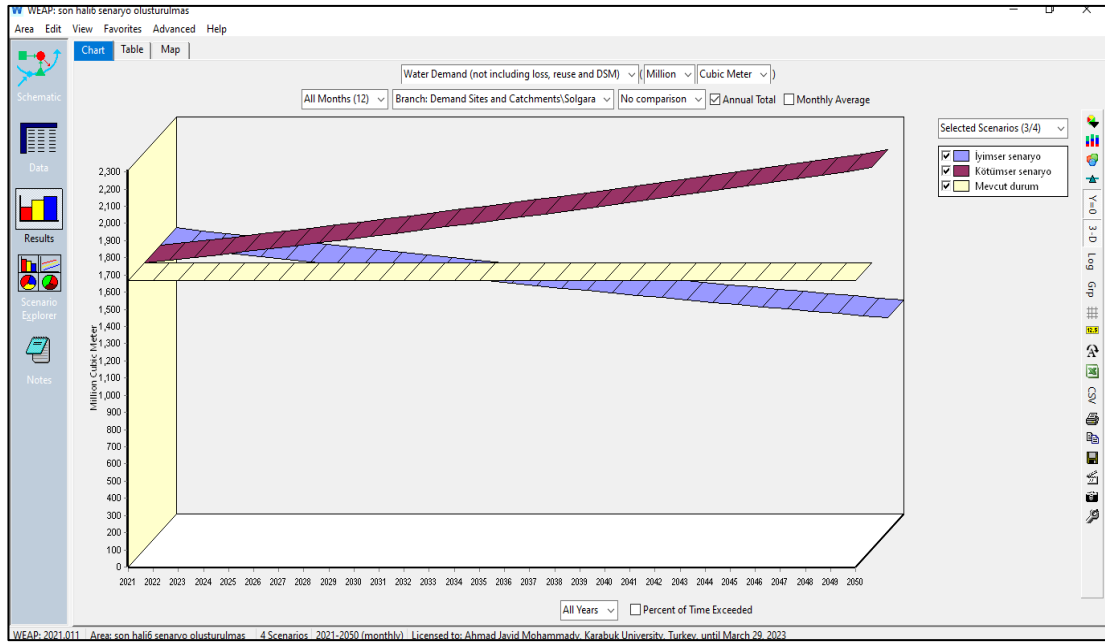
## 5.4. BULGULAR VE TARTIŞMA

WEAP programı yardımıyla Belh Nehir Havzasının verileri, entegre su kaynakları yönetim çalışmalarına ilişkin senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) olarak 3 farklı senaryo yazılıma tanıtılarak analiz yapılmıştır.

### 5.4.1 Tarım Bölgeleri İçin Gerekli Su Miktarları

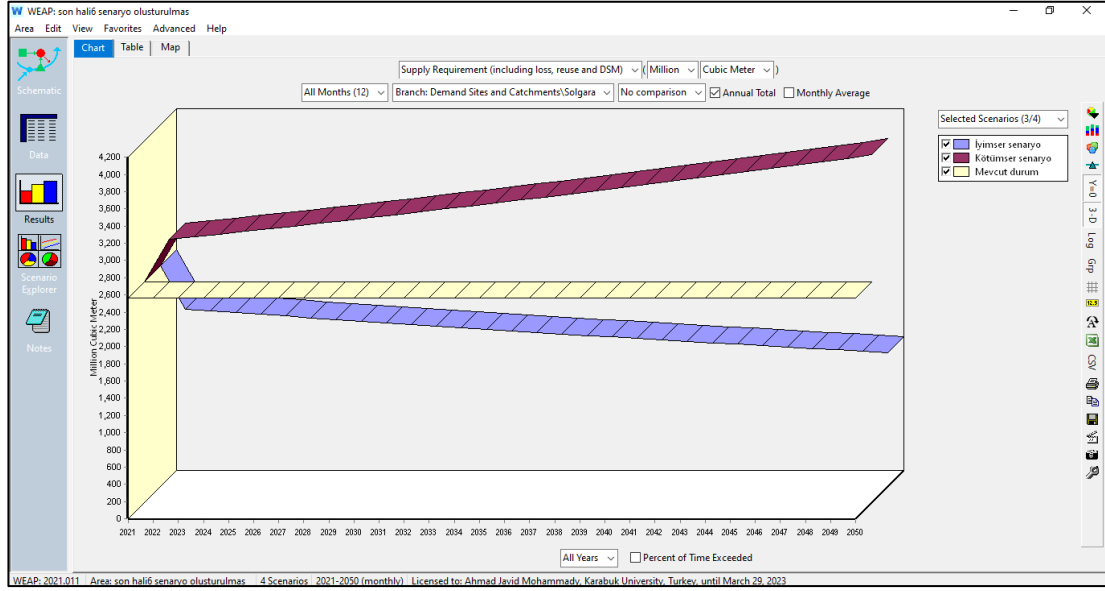
#### 5.4.1.1 Şolgara

Şolgara ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 1665 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 1244.04 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 2221.65 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.16).



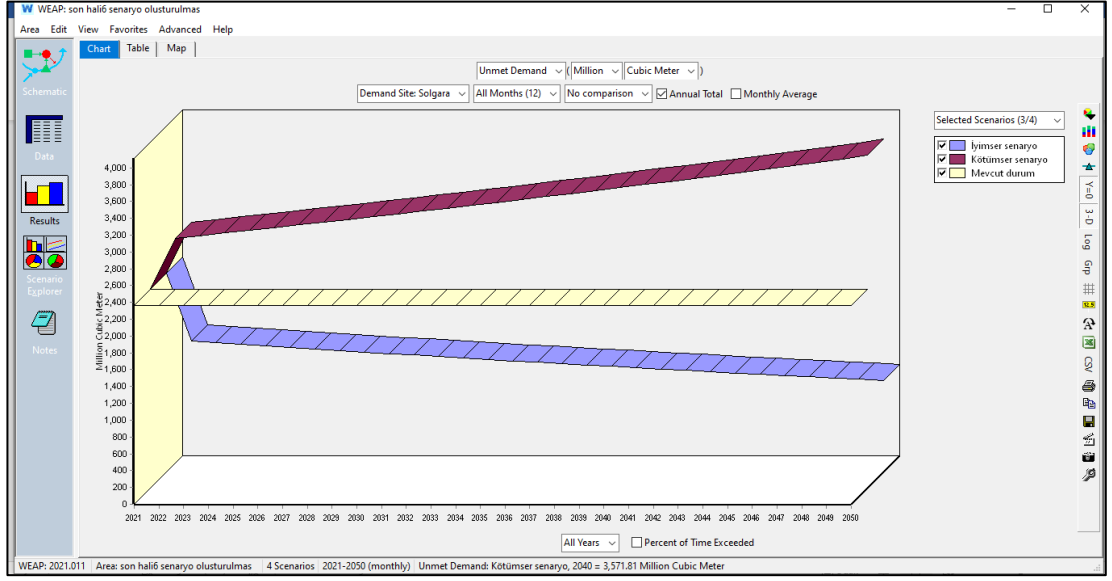
Şekil 5.16. Şolgara'da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 2561.54 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 1555.05 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 4039.91 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Şolgara’da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

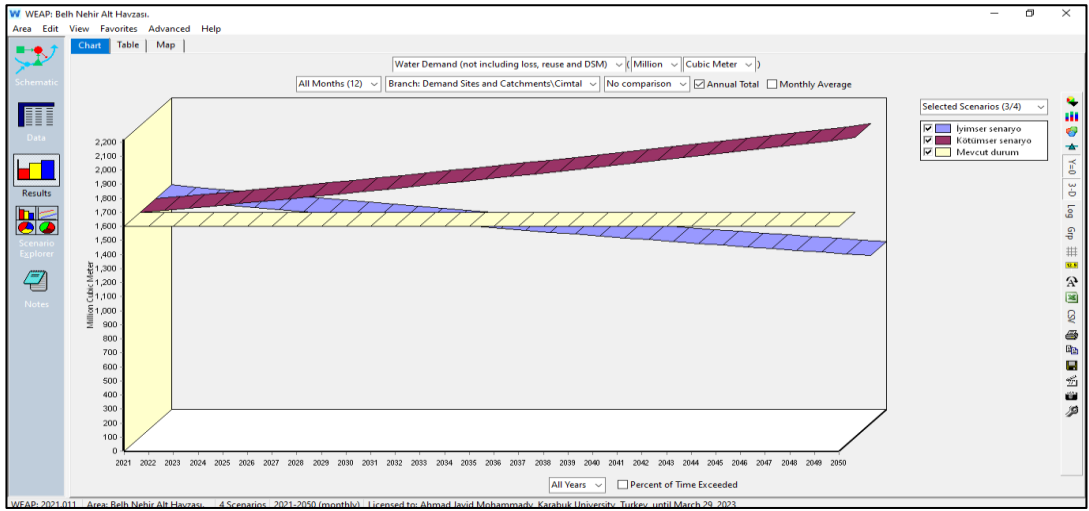
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Şolgara ilçenin tarım bölgesinde mevcut durumda 2362.09 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 1087.76 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 3954.47 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Şolğara’da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.

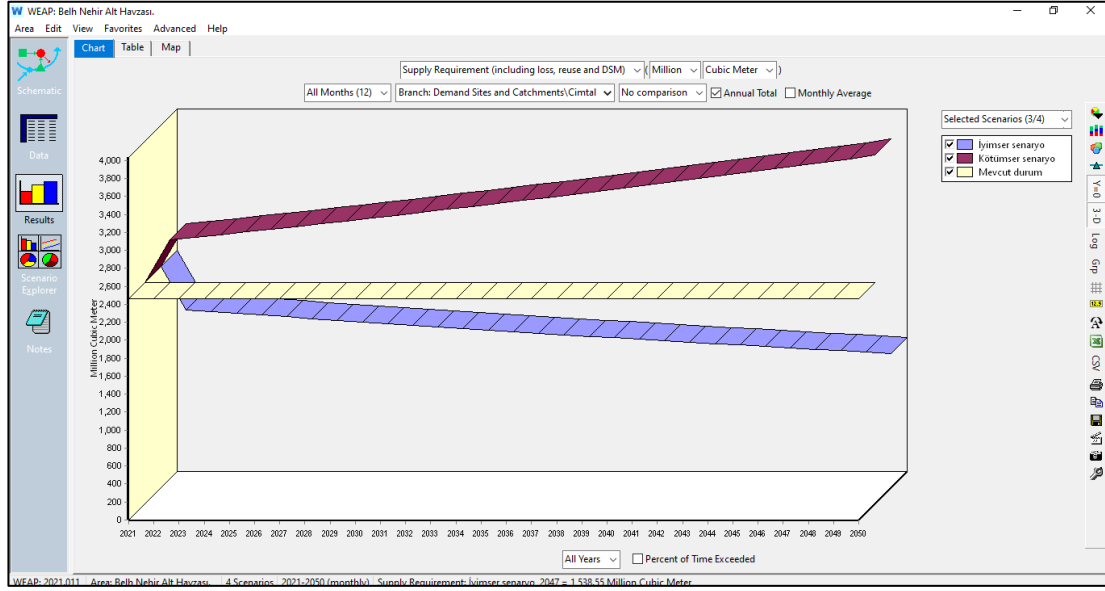
#### 5.4.1.2 Çimtal

Çimtal ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 1598.40 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 1194.28 milyon  $m^3$ ’e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 2133.07 milyon  $m^3$ ’e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.19).



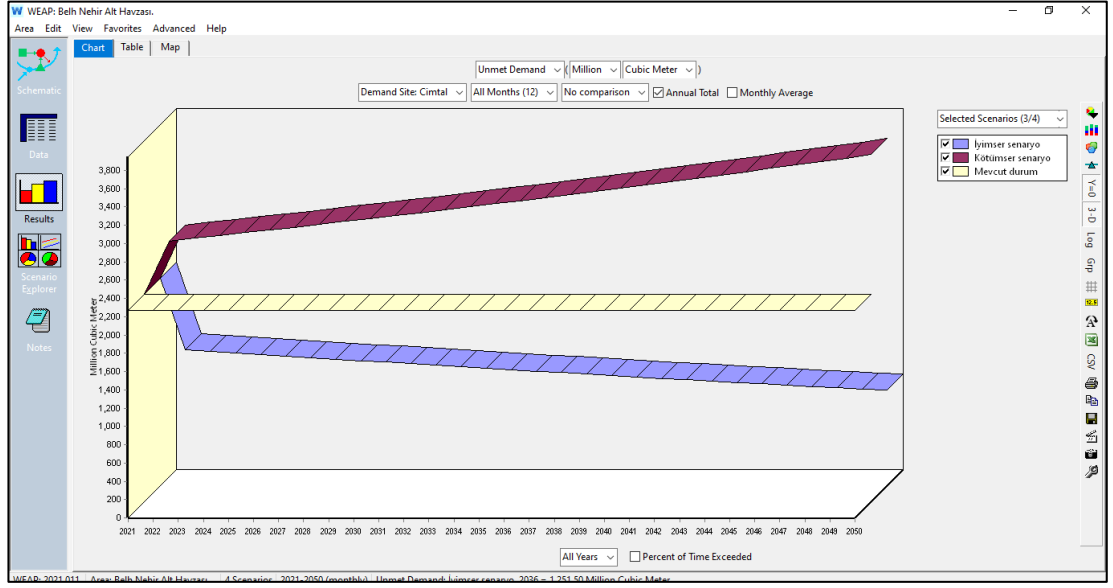
Şekil 5.19. Çimtal ilçesinin tarım sulamasının kayıpları içermeyen su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 2459.08 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 1492.85 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 3878.31 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Çimtal ilçesinin tarım sulamasının kayıpları içeren su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Karşılanamayan su ihtiyacı ise Çimtal ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 2267.50 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 1044.26 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 3796.43 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.21).

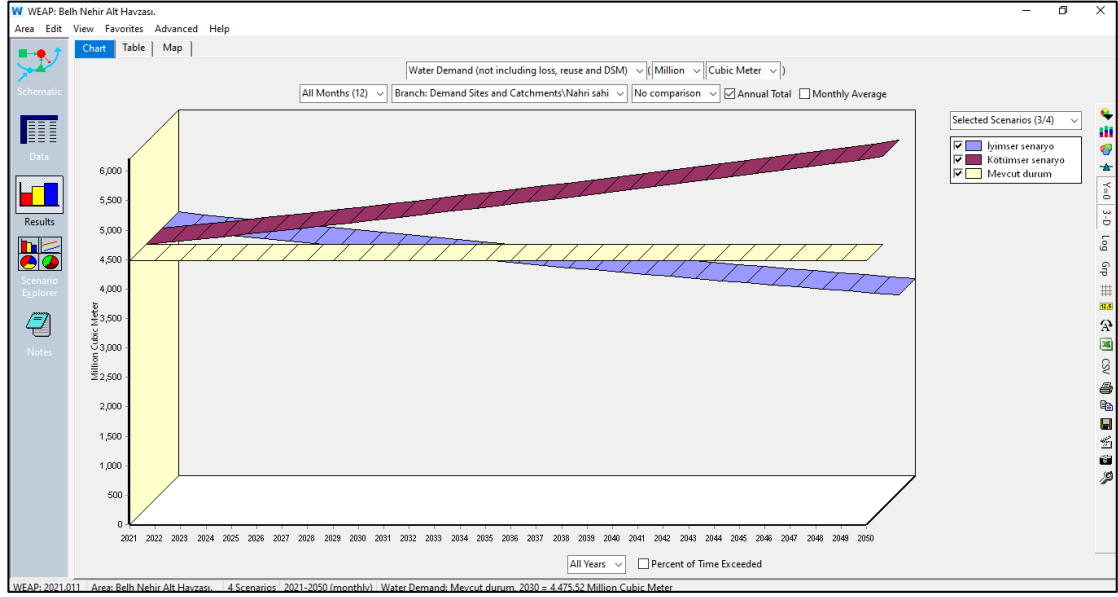


Şekil 5.21. Çimtal ilçesinin tarım sulamasında karşılanamayan taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

#### 5.4.1.3 Dihdadi ve Nahri Şahi

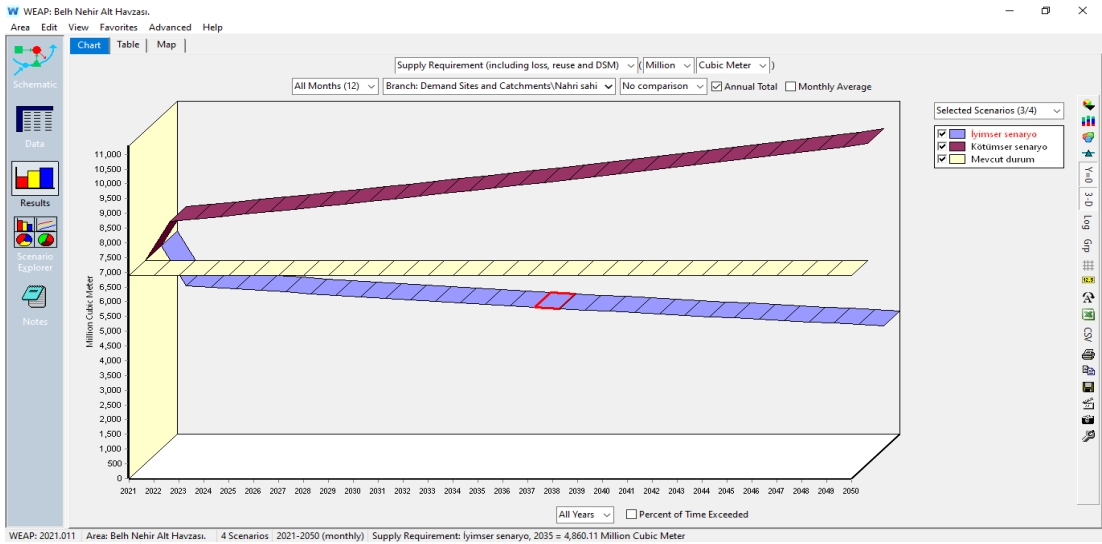
Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 4475.52 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 3343.98 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 5972.60 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.22).





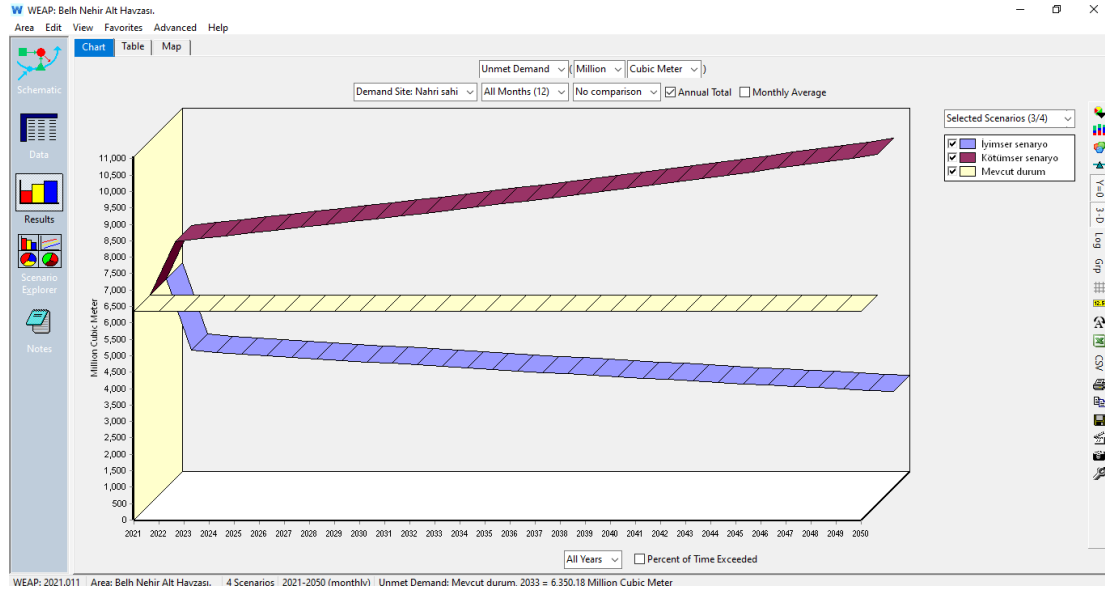
Şekil 5.22. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerin tarım sulamasının kayıpları içermeyen su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 6885.42 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 4179.98 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 10859.27 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerin tarım sulamasının kayıpları içeren su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

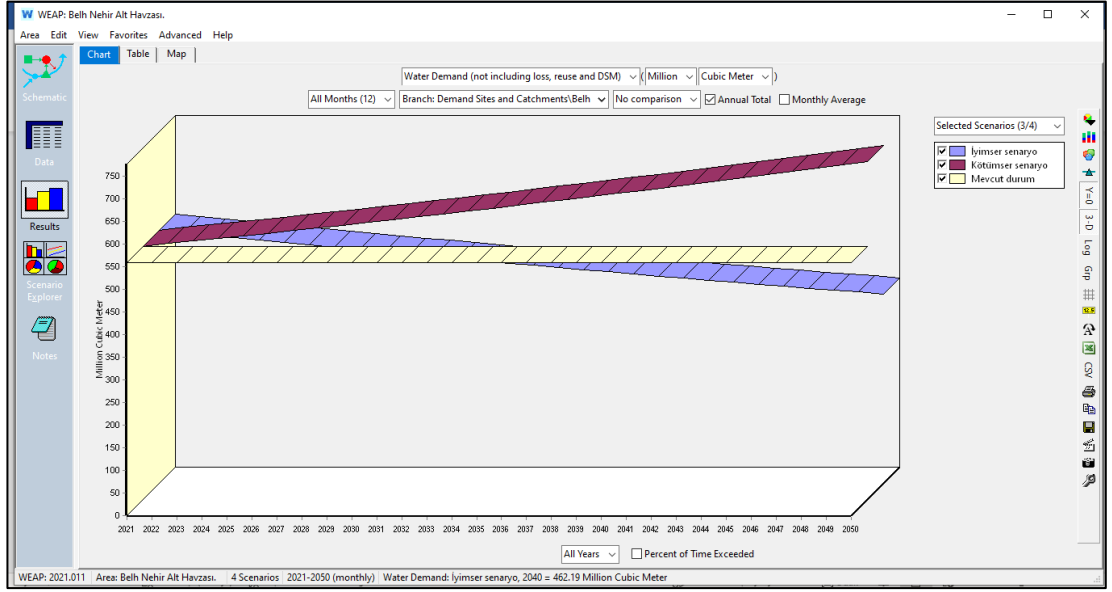
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerinin tarım bölgesinde mevcut durumda 6350.18 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 2924.46 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 10350.18 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.24).



Şekil 5.24. Dihdadi ve Nahri Şahi ilçelerinin tarım sulamasında karşılanamayan taleplerinin senaryolara göre dağılımı

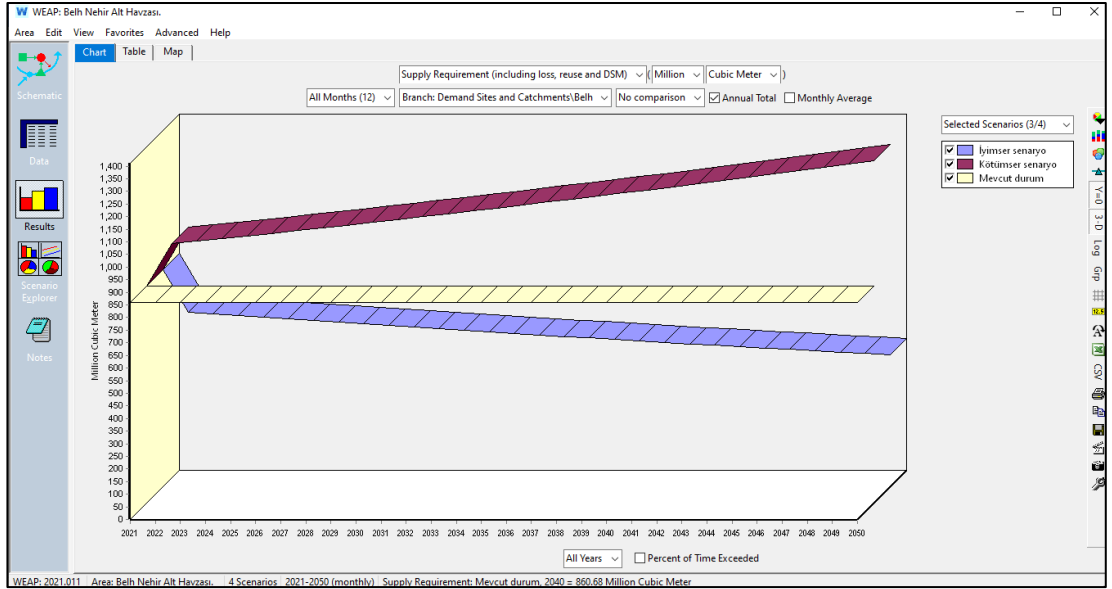
#### 5.4.1.4 Belh

Belh ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 559.44 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 418 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 746.57 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.25).



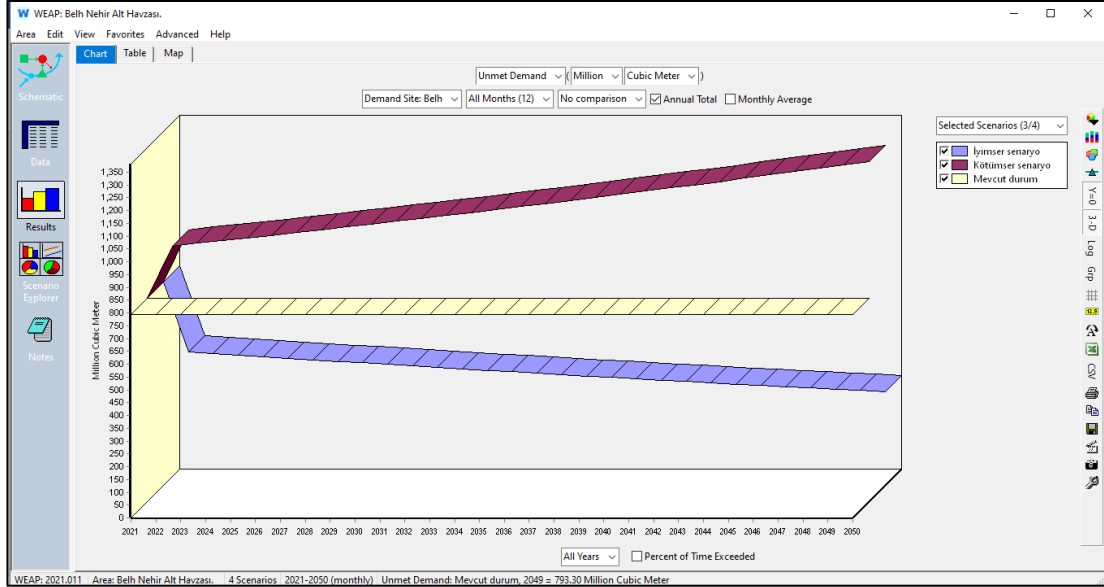
Şekil 5.25. Belh’de kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 860.68 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 522.50 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 1357.41 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.26).



Şekil 5.26. Belh’de kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı

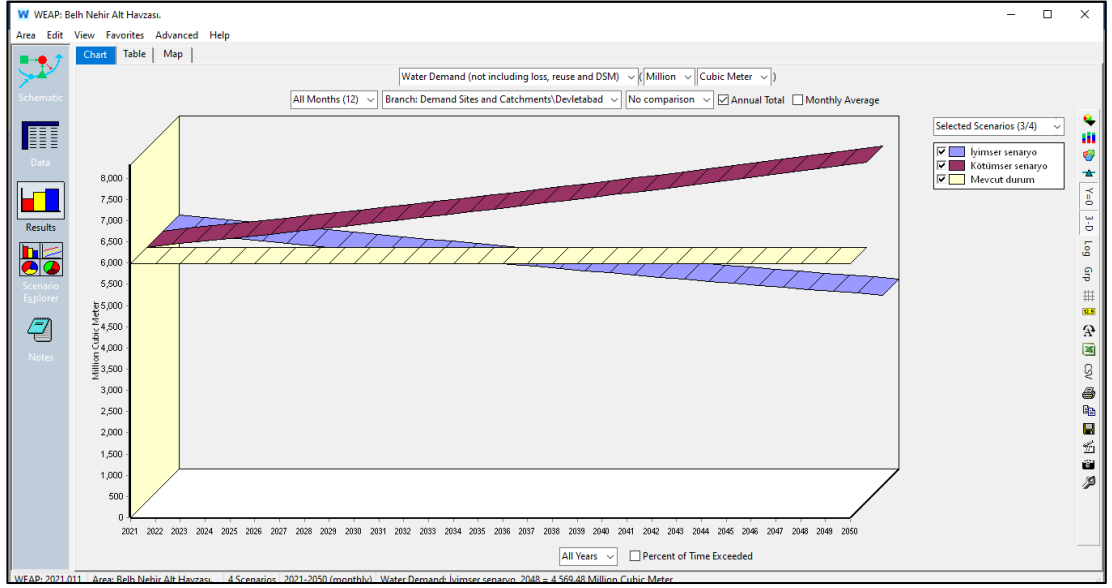
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Belh ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 793.39 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 365.19 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 1328.22 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.27).



Şekil 5.27. Belh’de senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep

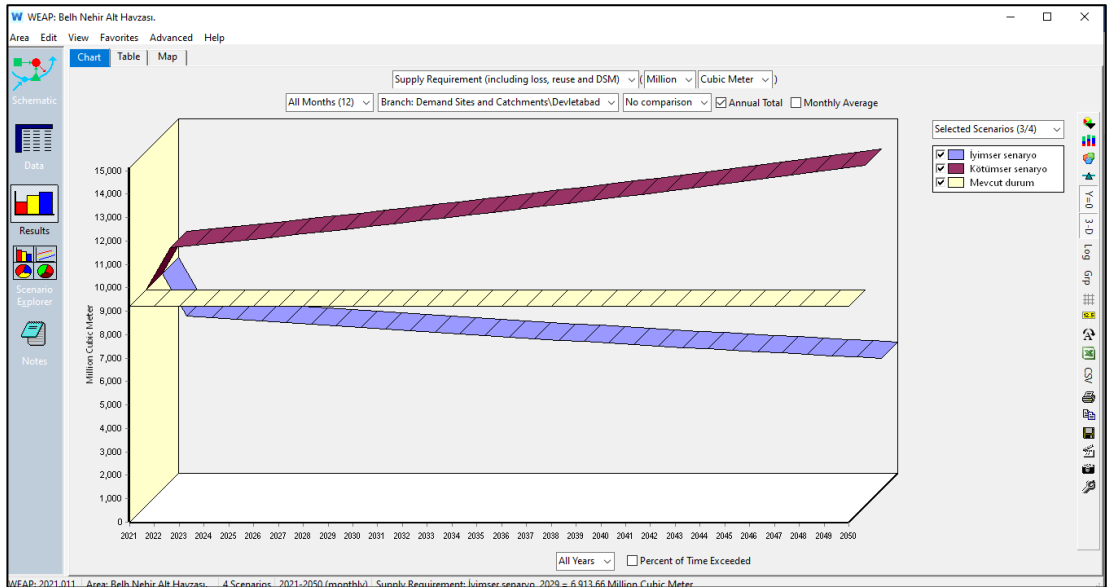
#### 5.4.1.5 Devletabad

Devletabad ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 5994 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu mikatr 2050 yılında 4478.55 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 7990.02 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.28).



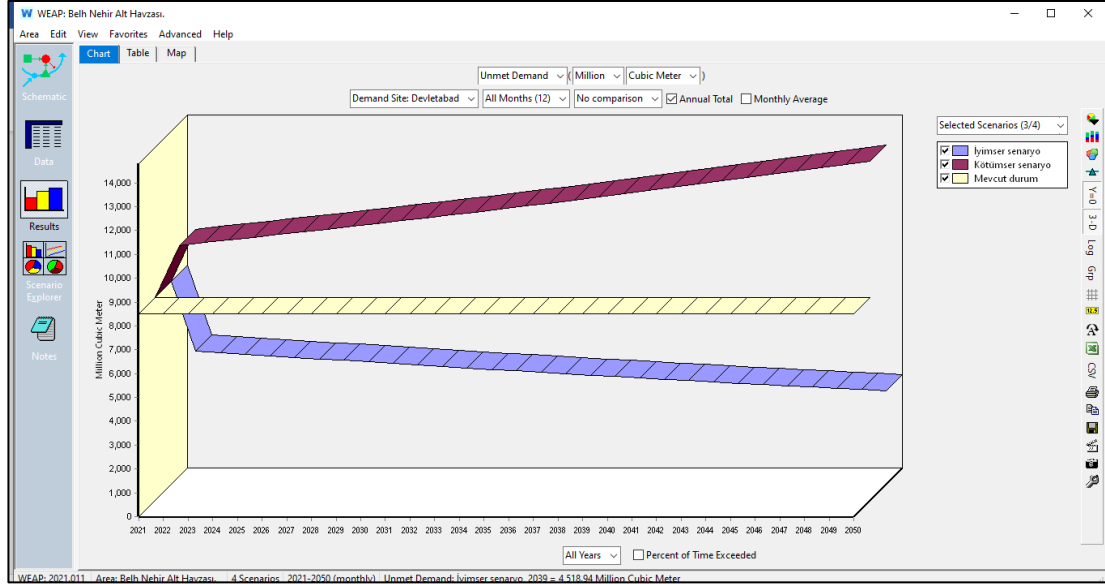
Şekil 5.28. Devletabad'da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 9221.54 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 5598.19 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 14543.67 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.23).



Şekil 5.29. Devletabad'da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

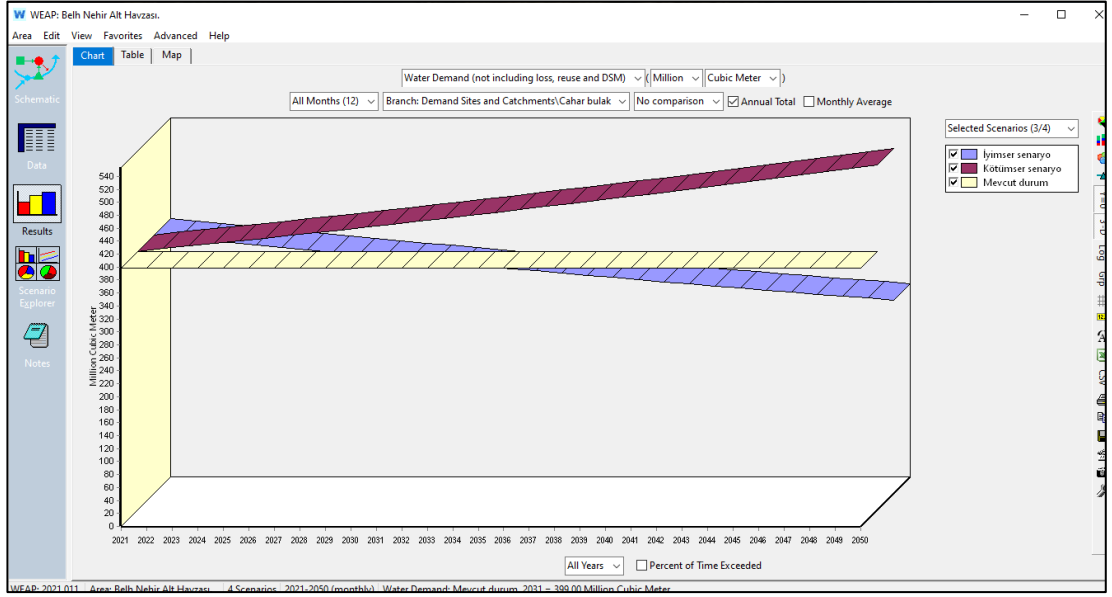
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Devletabad ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 8504.30 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 3918.17 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 14238.83 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil5.30).



Şekil 5.30. Devletabad'da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep

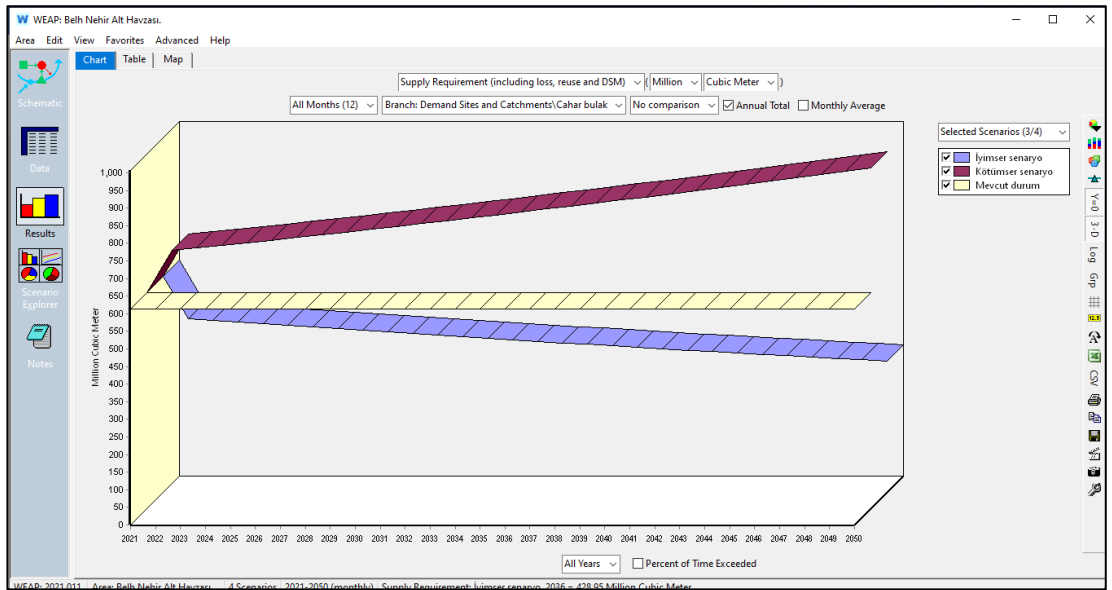
#### 5.4.1.6 Çahar Bulak

Çahar Bulak ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 399 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 298.12 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 532.47 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.31).



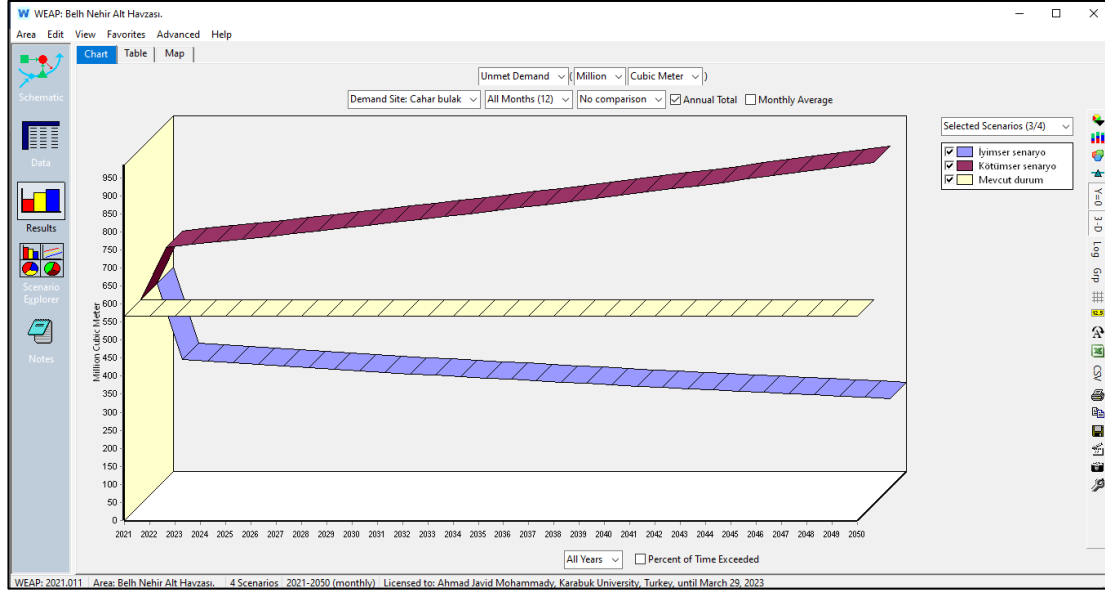
Şekil 5.31. Çahar Bulak'ta kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 613.85 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 372.65 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 968.12 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.32).



Şekil 5.32. Çahar Bulak'ta kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Karşılanamayan su ihtiyacı ise Çahar bulak ilçenin tarım bölgesinde mevcut durumda 565.77 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 247.77 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 947.30 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.33).

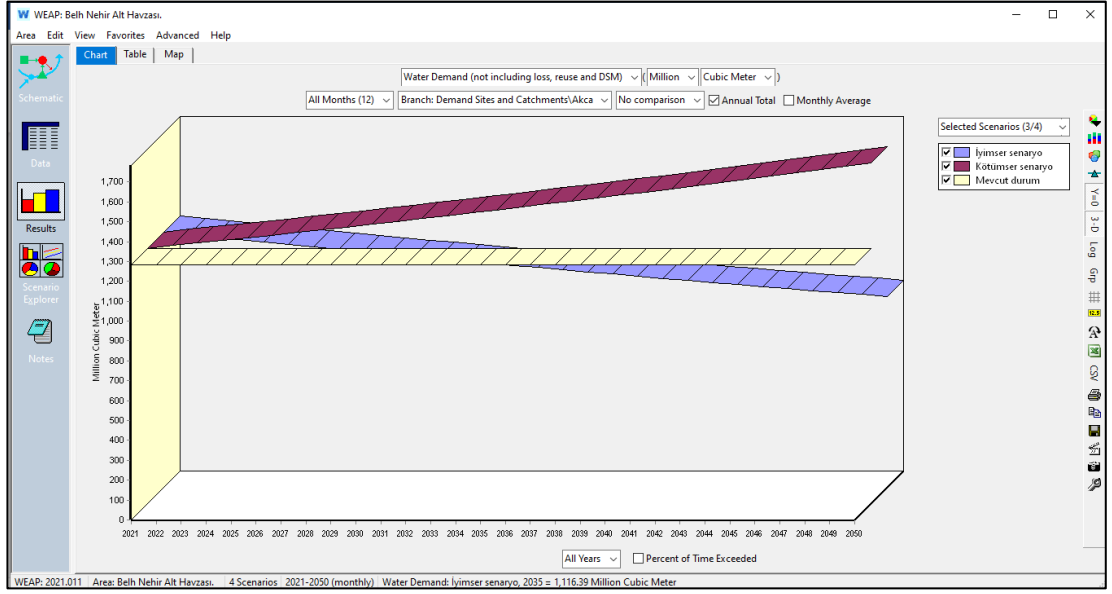


Şekil 5.33. Çahar Bulak'ta senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.

### 5.2.1.7 Akça

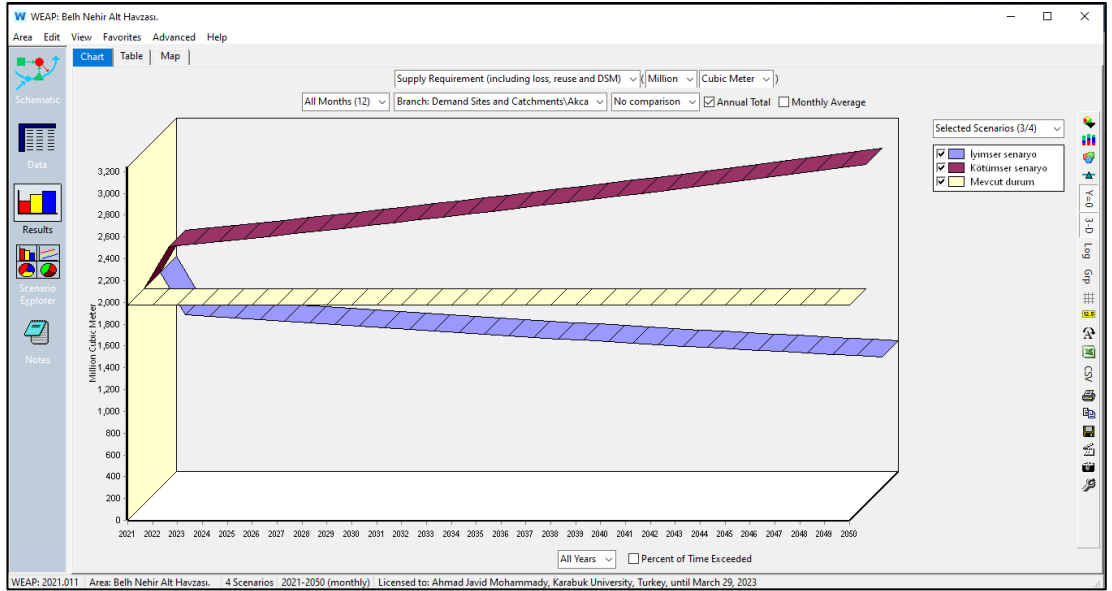
Akça ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 1285.07 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 960.16 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 1714.92 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.34).





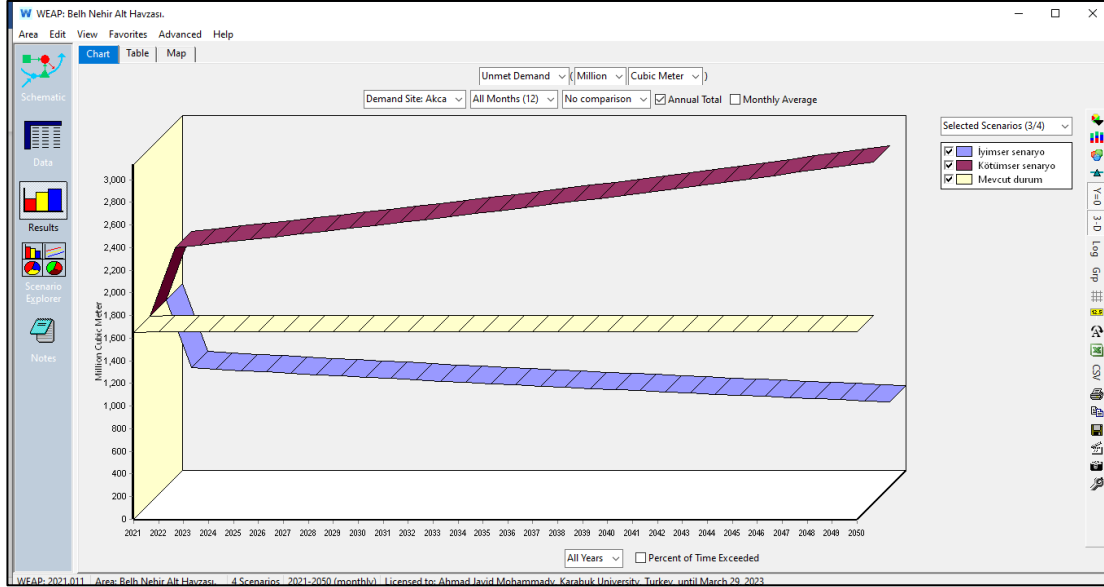
Şekil 5.34. Akça'da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 1977.02 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 1200.21 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 3188.04 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.35).



Şekil 5.35. Akça'da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı

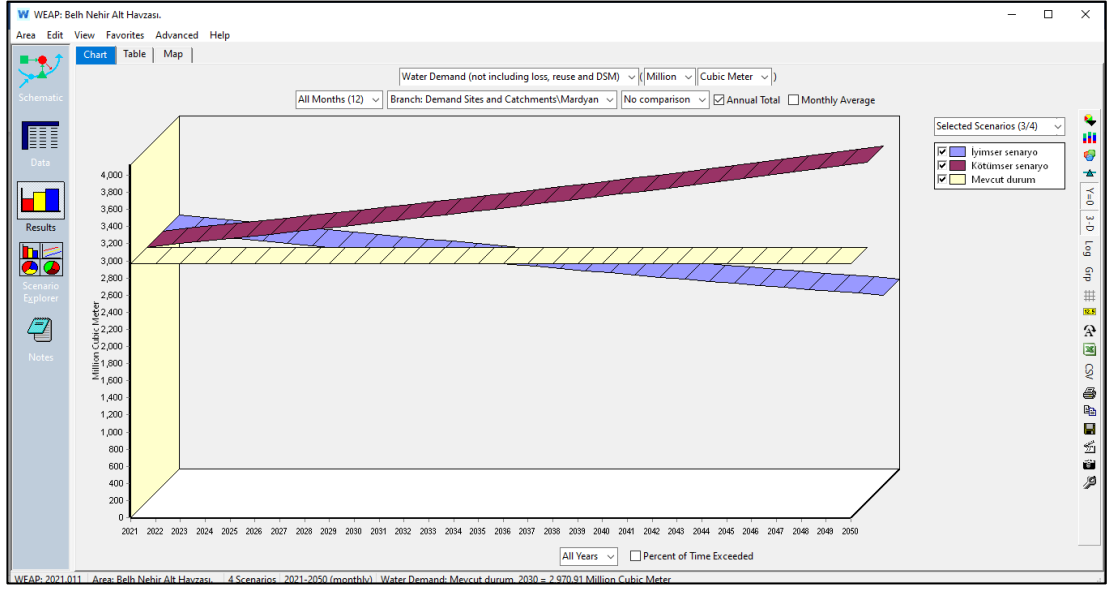
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Akça ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 1657.65 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 749.21 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 3013.53 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.36).



Şekil 5.36. Akça’da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep

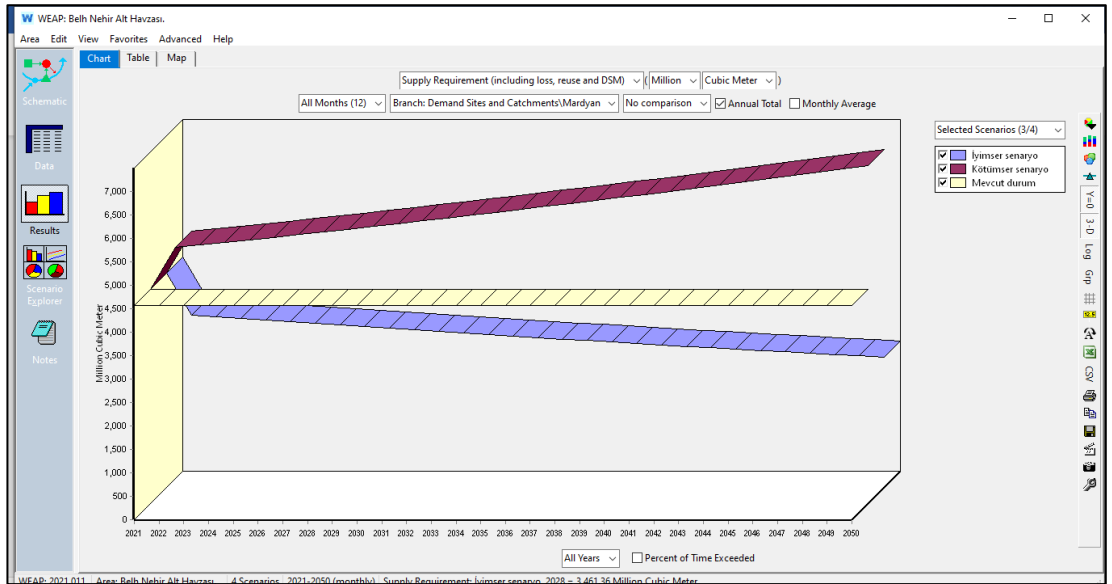
### 5.2.1.8 Mardyan

Mardyan ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 2970.91 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 2219.78 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 3964.70 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.37).



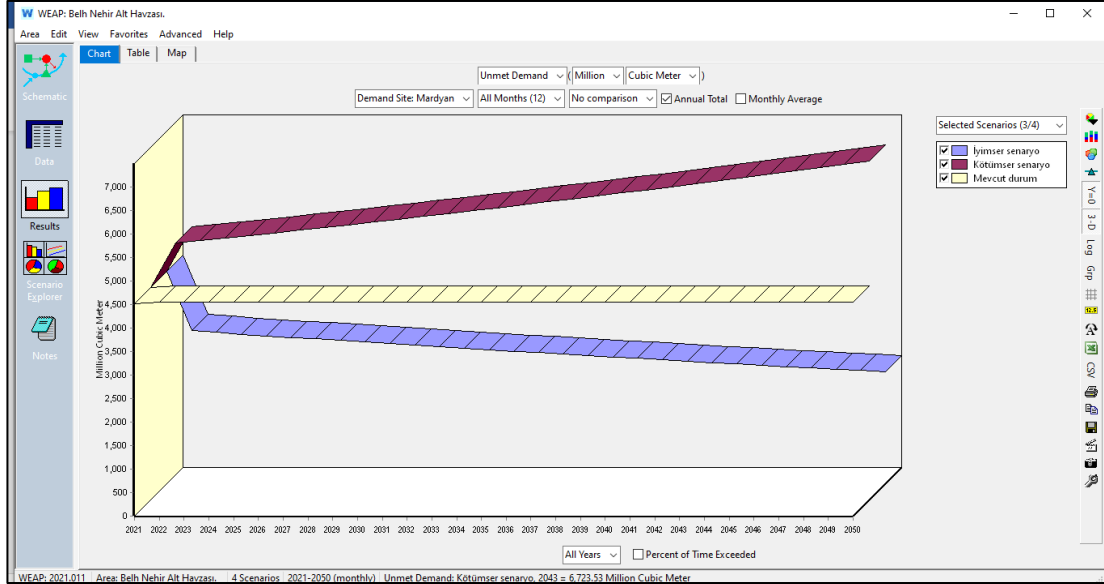
Şekil 5.37. Mardyan’da kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 4570.64 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 2774.73 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 7208.54 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.38).



Şekil 5.38. Mardyan’da kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

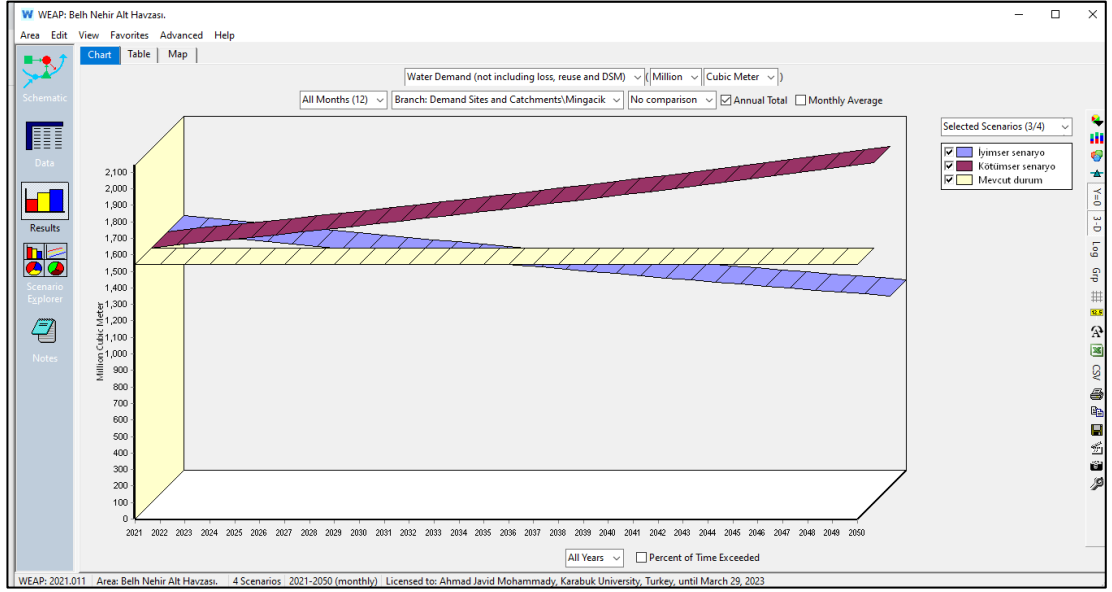
Karşılanamayan su Mardyan ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 4540.91 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 2379.61 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 7208.53 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.39).



Şekil 5.39. Akça'da senaryolara göre sulamada karşılanamayan talep.

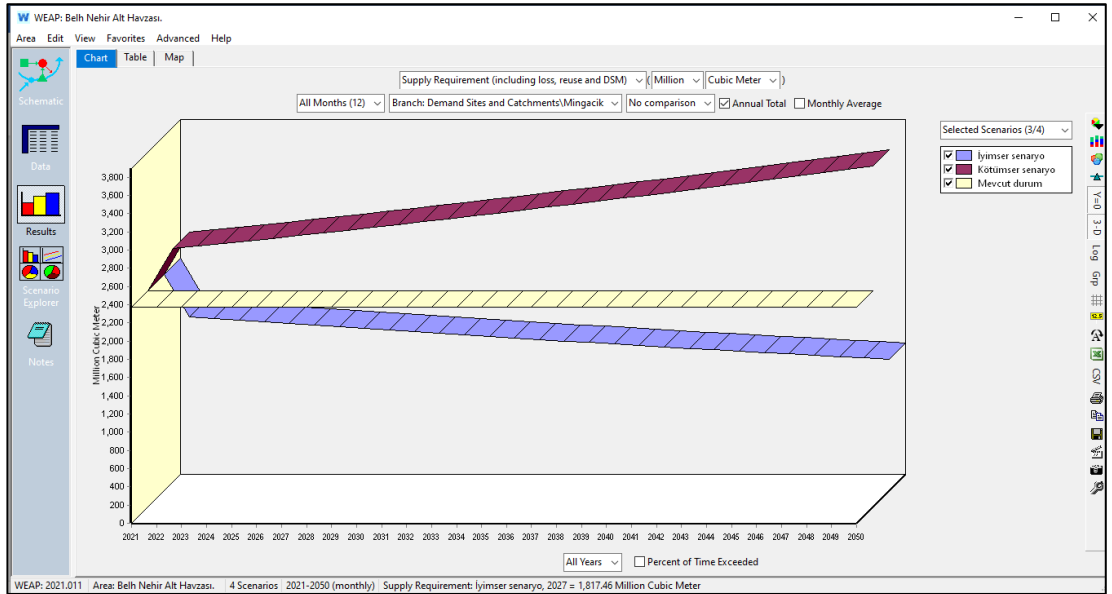
### 5.2.1.9 Mingacik

Mingacik ilçesinin tarım alanında kayıpları haricindeki su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 1544.34 milyon  $m^3$ , iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 1153.89 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 2060.93 milyon  $m^3$ 'e kadar artış göstermektedir (Şekil 5.39).



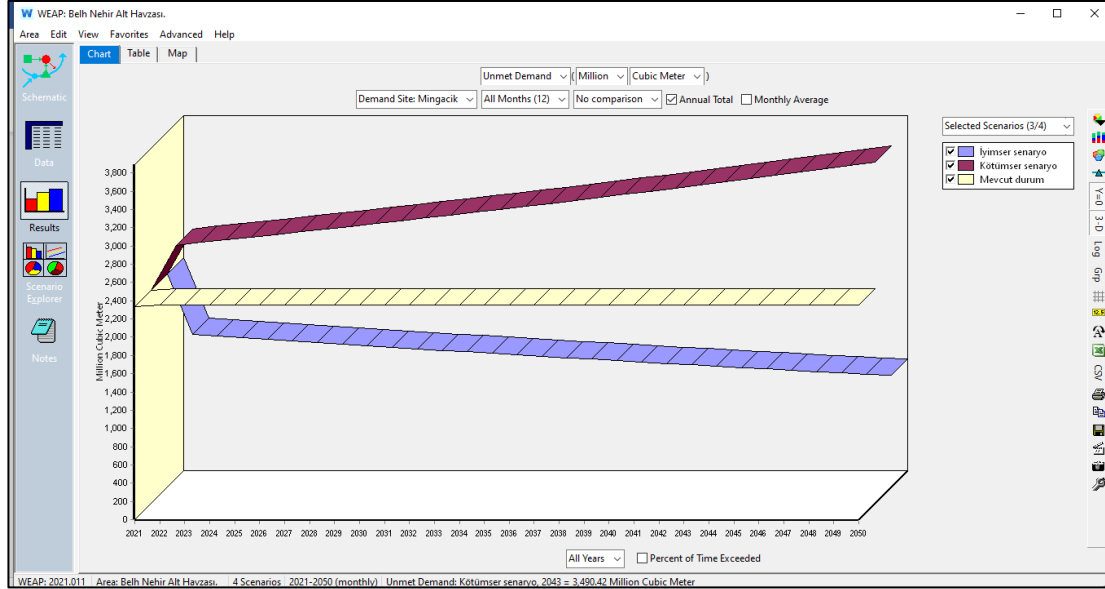
Şekil 5.40. Mingacik'te kayıpları içermeyen sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 2375.91 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 1442.36 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 3747.15 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.35).



Şekil 5.41. Mingacik'te kayıpları içeren sulama taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

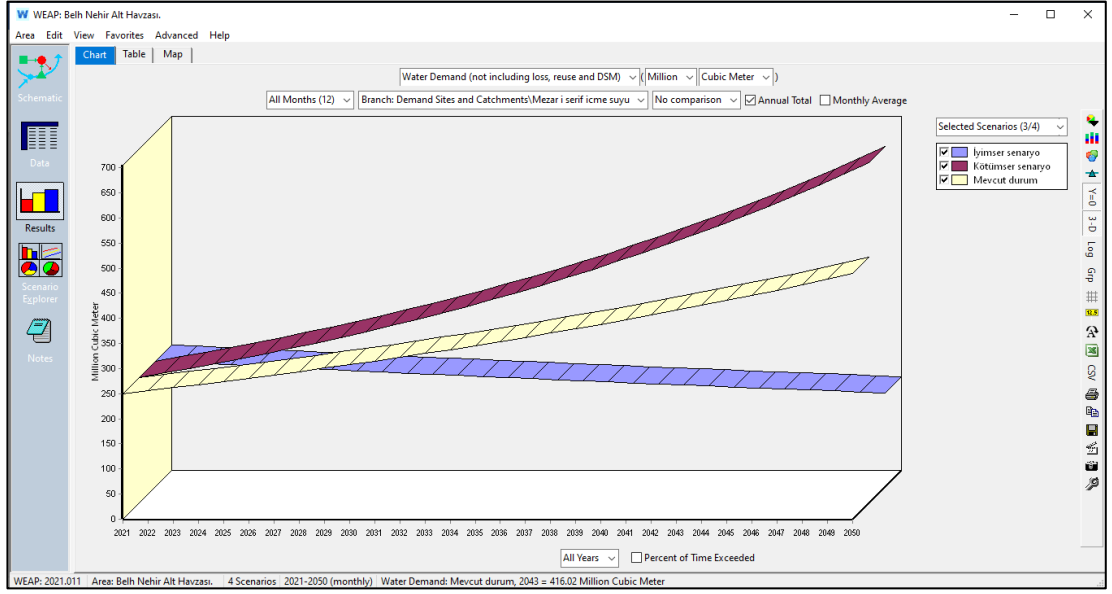
Karşılanamayan su ihtiyacı ise Mingacik ilçesinin tarım bölgesinde mevcut durumda 2350.83 milyon  $m^3$  'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktarın 1222.32 milyon  $m^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın 3742.49 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir (Şekil 5.42).



Şekil 5.42. Mingacik’te senaryolara göre sulamada Karşılanamayan talep.

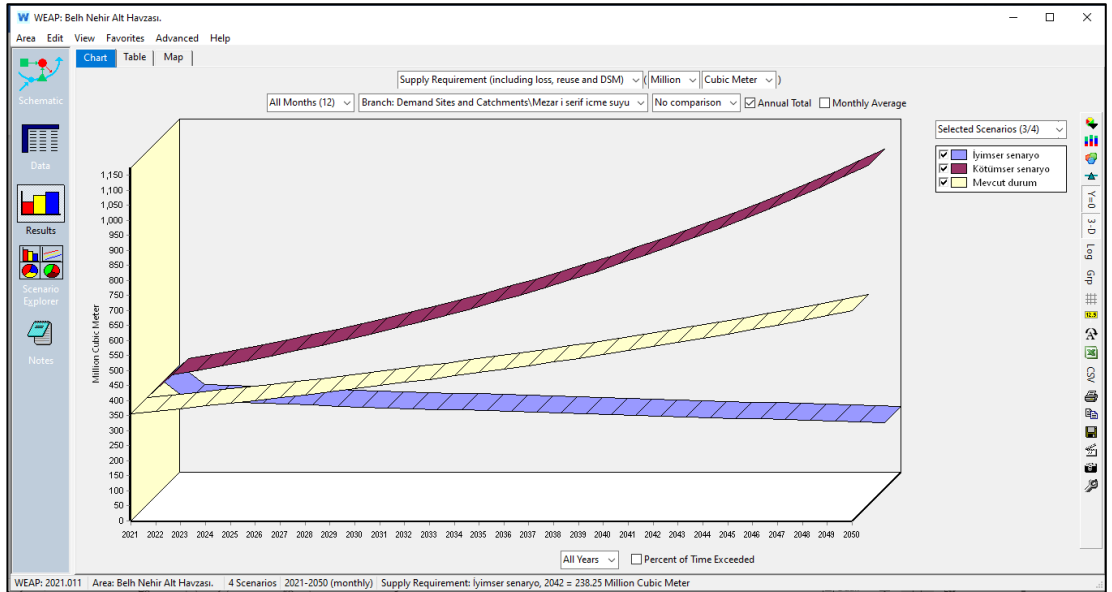
## 5.5. MEZAR-I ŞERİF ŞEHİRİ GEREKLİ İÇME SUYU MİKTARLARI

Mezar-ı Şerif şehri içme suyunda kayıplar haricindeki su talep miktarı 2021 yılında yaklaşık 250.1 milyon  $m^3$ 'tür. Bu durumda nüfus artış oranı yazılıma girildiğinde Mezar-ı Şerif içme suyu ihtiyacı zamanla artış göstermektedir. İyimser senaryoda 2050 yılına doğru bu miktarı düşüş göstermekte ve 2050 yılında Mezar-ı Şerif şehri içme suyu için ihtiyaç duyacağı su miktarı yaklaşık 186.76 milyon  $m^3$  olmakta, 2050 yılında ise kötümser senaryoda 678.25 milyon  $m^3$ 'e kadar artmaktadır. Nüfusun artışı ve suyun bilinçsizce kullanımı doğrultusunda su ihtiyaçlarının ne kadar yüksek miktarlara ulaşacağı görülmektedir (Şekil 5.43).



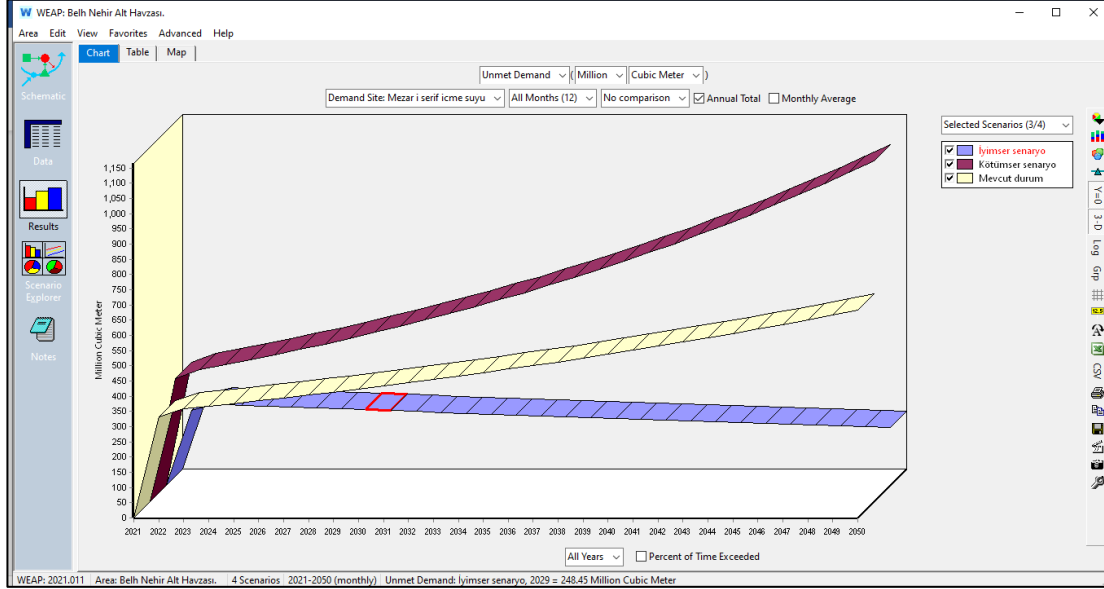
Şekil 5.43. Mezar-ı Şerif'te kayıpları içermeyen içme su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Kayıplarla birlikte su talep miktarı ise mevcut durumda 357.29 milyon  $m^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda 219.85 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 1130.42 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.44).



Şekil 5.44. Mezar-ı Şerif'te kayıpları içeren içme su taleplerinin senaryolara göre dağılımı.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği (Şekil 5.45) incelendiğinde ise Mezar-i- Şerif şehri içme suyunda mevcut durumda karşılanamayan su ihtiyacı bulunmamaktadır, 2050 yılında iyimser senaryoda bu miktarın 163.51 milyon  $m^3$ 'lük, kötümser senaryoda ise bu miktarın 1118.20 milyon  $m^3$  'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir.

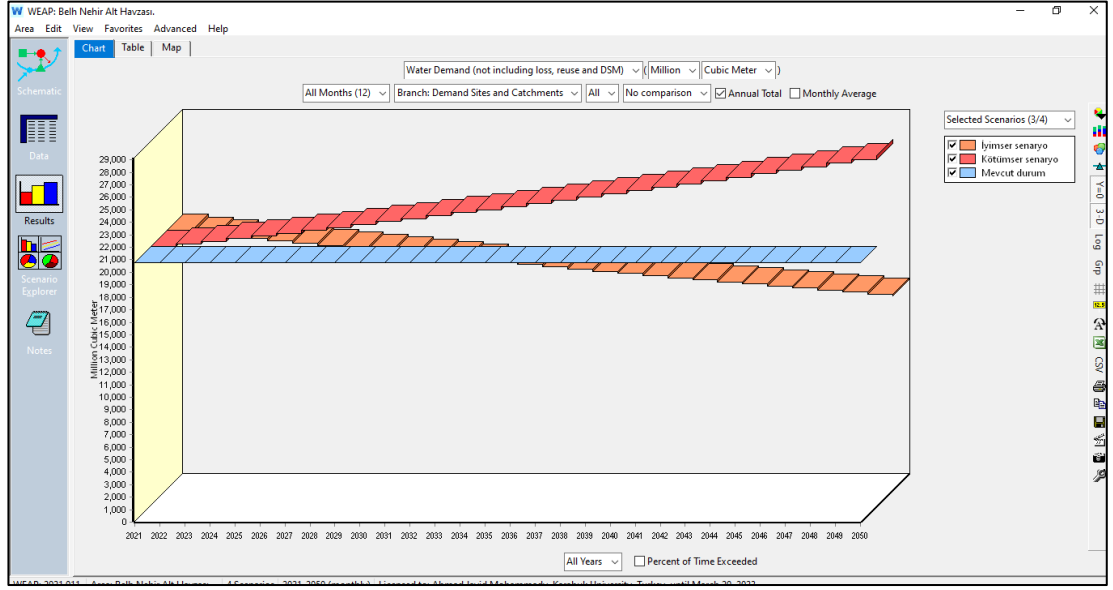


Şekil 5.45. Mezar-ı Şerif'te senaryolara göre içme suyunda Karşılanamayan talep.

## 5.6. BELH NEHİR HAVZASI TOPLAM SU İHTİYACI

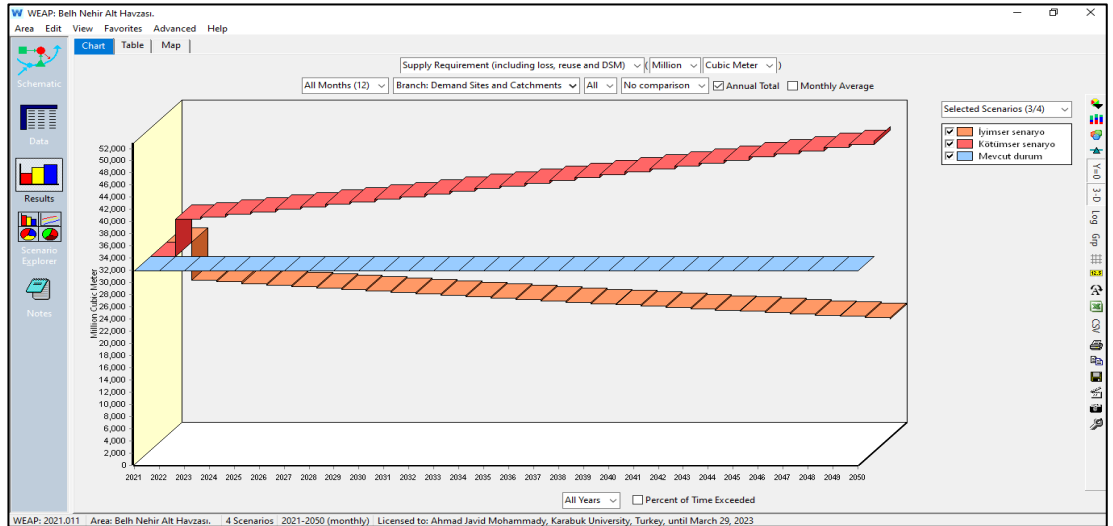
Belh Nehir Havzasının toplam ihtiyaç duyulan su miktarı incelendiğinde havzada sistematik kayıplar haricindeki mevcut durumda su miktarı 2021 yılında yaklaşık 20741.79 milyon  $m^3$  ve 2050 yılında 20975.31 milyon  $m^3$  olmaktadır. Şekil 5.46'da görüleceği üzere 2050 yılına doğru iyimser senaryoda bu miktar gittikçe düşüş göstermekte ve 2050 yılında havzanın ihtiyaç duyacağı toplam su miktarı yaklaşık 15497.68 milyon  $m^3$  olarak görünmektedir. 2050 yılında ise kötümser senaryoda 28024.48 milyon  $m^3$  olmaktadır.





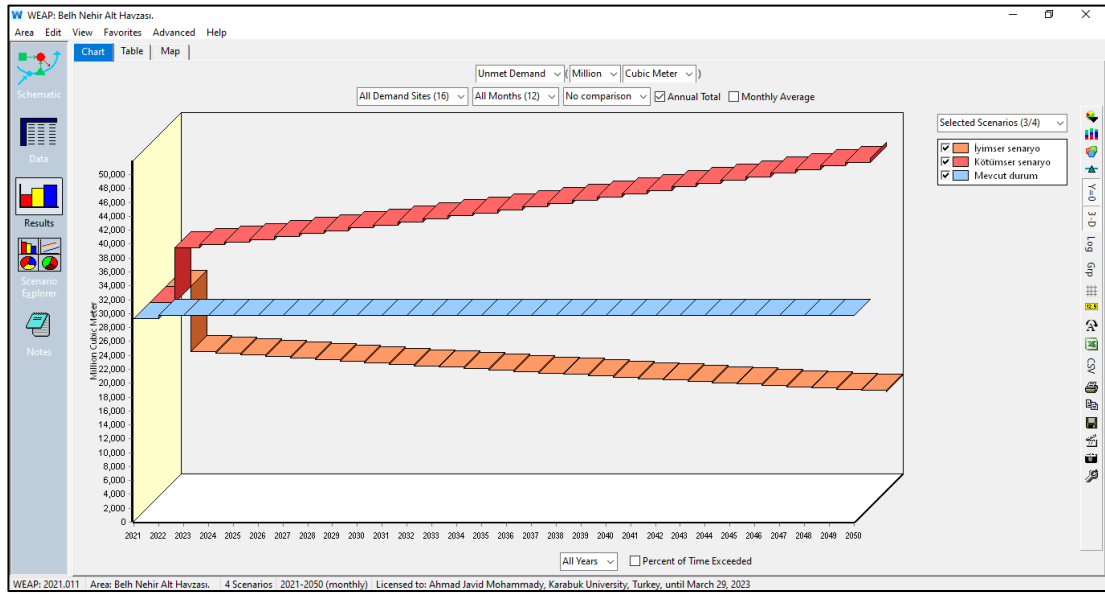
Şekil 5.46. Sistemsel kayıpları içermeyen havzanın senaryolara göre toplam su talep miktarları.

Sistemik kayıplarla birlikte çeşitli senaryolara göre havzanın toplam su talep miktarları mevcut durumda 31882.96 milyon  $m^3$  iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 19358.36 milyon  $m^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda ise 50850.84 milyon  $m^3$ 'e kadar artmıştır (Şekil 5.47).



Şekil 5.47. Sistemik kayıplarla birlikte senaryolara göre havzanın toplam su talep miktarları.

Havzanın karşılanmayan toplam su miktarı mevcut durumda 29394.08 milyon  $m^3$  olmaktadır. İyimser senaryoda 2050 yılına 14103.81 milyon  $m^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı, 2050 yılında ise kötümser senaryoda yaklaşık 49979.85 milyon  $m^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmektedir. Şekil 5.48'de havza genelinde tüm su taleplerine bağlı olarak çeşitli senaryolara göre karşılanamayan su miktarları gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde havza su azlığı sıkıntısı yaşamakta, fakat alınacak tedbir ve önlemler ile bu miktar azaltılabilmektedir.



Şekil 5.48. Havza içerisinde çeşitli senaryolara göre temin edilemeyen su miktarı.

Çizelge 5.2.'de çalışma alanı bölgelerinin ve Belh Nehir havzası su talep miktarı ile ihtiyaç değerlerinin üç farklı senaryodaki programdan elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanı bölgelerinin ve Belh Nehir Havzası su talep miktarları ile ihtiyaç değerlerinin; mevcut durum, iyimser ve kötümser senaryolarındaki program çıktıları.

Talep bölgeleri	kayıpları içermeyen su talep miktarı (Milyon m <sup>3</sup> )			Kayıplarla birlikte su talep miktarı (Milyon m <sup>3</sup> )			Karşılanan ihtiyaç (Milyon m <sup>3</sup> )			Karşılanamayan su ihtiyacı (Milyon m <sup>3</sup> )		
	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)
Şolgara	1665	1244.04	2221.65	2561.54	1555.05	4039.91	199.45	467.29	85.44	2362.09	1087.76	3954.47
Çimtal	1598,40	1194.28	2133.07	2459.08	2459.08	3878.31	191.57	448.58	81.88	2267.50	1044.26	3796.43
Dihdadi ve Nahri Şahi	4475.52	3343.98	5972.60	6885.42	4179.98	10859.27	534.77	1254.39	227.61	6350.18	2924.46	10350.18
Belh	559.44	418	746.57	860.68	522.50	1357.41	67.29	157.31	29.19	793.39	365.19	1328.22
Devletabad	5994	4478.55	7990.02	9221.54	5598.19	14543.67	716.24	1680.01	304.84	8504.30	3918.17	14238.83
Çahar bulak	399	298.12	532.47	613.85	372.65	968.12	48.08	124.88	20.82	565.77	247.77	947.30
Akça	1285.07	960.16	1714.92	1977.02	1200.21	3188.04	319.37	451	104.51	1657.65	749.21	3013.53
Mardyan	2970.91	2219.78	3964.70	4570.64	2774.73	7208.54	29.73	395.13	0	4540.91	2379.61	7208.53
Mingacik	1544.34	1153.89	2060.93	2375.91	1442.36	3747.15	25.08	220.61	4.66	2350.83	1222.32	3742.49
Mezar-ı Şerif içme Suyu	250.1	186.76	678.25	357.29	219.85	1130.42	357.29	56.34	12.21	0	163.51	1118.20
Belh Nehir Havzası	20741.79	15497.68	28024.48	31882.96	19358.36	50850.84	2488.88	5254.56	870.99	29394.08	14103.81	49979.85

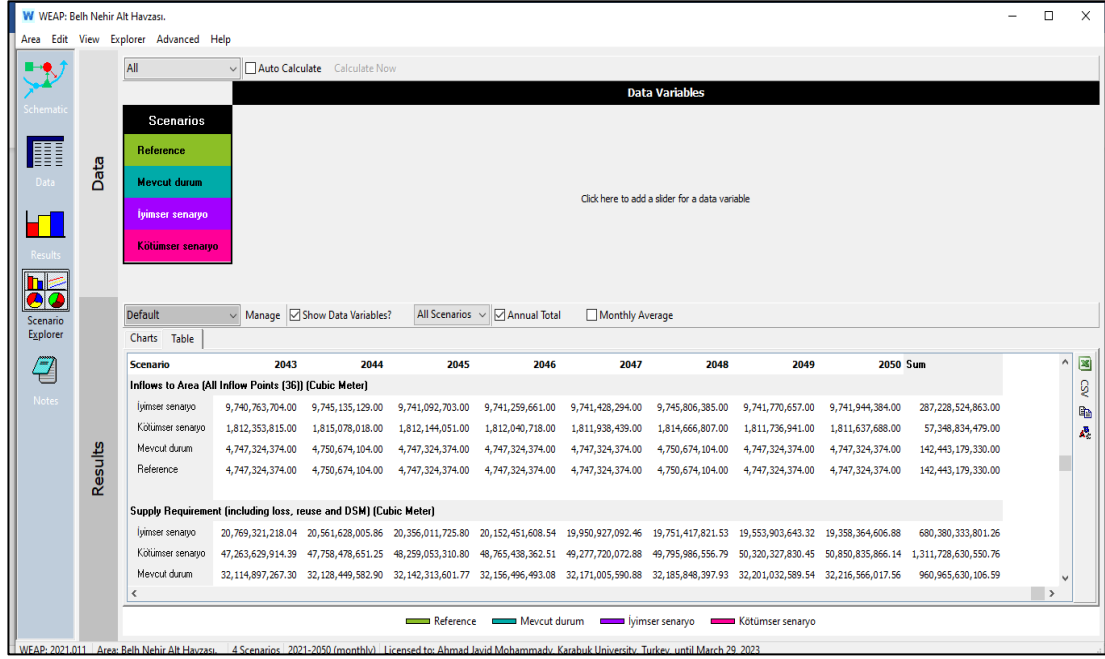
Belh Nehir Havzası'nın mevcut durumda kayıplarla birlikte karşılanan ihtiyacı %7.81 iken, 2050 yılı için iyimser durumda %27.14 ve kötümser durumda %1.71 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı bölgelerinin ve Belh Nehir Havzası kayıplarla birlikte su talep miktarı ile karşılanan ihtiyacın yüzdeleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Senaryolara göre talep bölgelerinin kayıpları içeren su talep miktarı ile karşılanan ihtiyacın yüzdeleri.

Talep bölgeleri	Kayıplarla birlikte su talep miktarı (Milyon $m^3$ )			% Karşılanan ihtiyaç		
	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)	Mevcut durum	İyimser Senaryo (2050)	Kötümser Senaryo (2050)
Şolgara	2561.54	1555.05	4039.91	%7.79	%30.05	%2.11
Çimtal	2459.08	2459.08	3878.31	%7.79	%18.24	%2.11
Dihdadi ve Nahri Şahi	6885.42	4179.98	10859.27	%7.77	%30.01	%2.10
Belh	860.68	522.5	1357.41	%7.82	%30.11	%2.15
Devletabad	9221.54	5598.19	14543.67	%7.77	%30.01	%2.10
Çahar bulak	613.85	372.65	968.12	%7.83	%33.51	%2.15
Akça	1977.02	1200.21	3188.04	%16.15	%37.58	%3.28
Mardyan	4570.64	2774.73	7208.54	%0.65	%14.24	%0.00
Mingacik	2375.91	1442.36	3747.15	%1.06	%15.30	%0.12
Mezar-ı Şerif içme Suyu	357.29	219.85	1130.42	%100.00	%25.63	%1.08
Belh Nehir havzası	31882.96	19358.36	50850.84	%7.81	%27.14	%1.71

Şekil 5.49'da, yüzeysuları ve Mezar-ı Şerif yeraltı suları dahil olmak üzere havzaya giren su miktarı mevcut durumda 4747.3 milyon  $m^3$ 'tür. Bu değer 2021 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda sürekli artma durumunda olup ve 2050 yılında 9741.9 milyon  $m^3$  olmaktadır. Bu senaryoda havzaya gelen yağışların 2010 – 2021 arası en bol

olduğu yıllarda gelen yağış, su harcamalarının bilinçli ve tasarruflu yapıldığı ve kayıpların en az olduğu durumda havzaya girecek su miktarını göstermektedir. 2022 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise su miktarı her yıl azalmakta ve 2050 yılında 1811.6 milyon  $m^3$  olmaktadır. Üç farklı senaryoda arasındaki farkın ne kadar yüksek olduğu bu sonuçlarda rahatlıkla fark edilebilmektedir.



Şekil 5.49. Belh Nehir Havzasının toplam akışı.

## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Afganistan Enerji ve Su İşleri Bakanlığı ile Belh Nehir Alt Havzası Müdürlüğü'nün meteoroloji istasyonlarından temin edilen 2010–2021 yılları arası hidrolojik veriler göz önüne alınarak mevcut durum senaryosu olarak WEAP yazılımına girilmiştir.

Çalışma kapsamında havzaya ait mevcut verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturulmuş daha sonra eldeki veriler kullanılarak akım, yağış, buharlaşma vb. değerlerin uzun süreli aylık ortalama maksimum ve minimum rakamları, mevcut senaryoya ilave edilerek 2022-2050 yılları arası senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) türetilerek üç farklı analizler gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen analizlere göre Belh Nehir Havzasına giren yüzeysular ve Mezar-ı-Şerif yeraltı suları dahil olmak üzere miktarı mevcut durumda 4747.3 milyon  $m^3$  iken bu değer iyimser senaryoda 2050 yılında 9741.9 milyon  $m^3$  olabileceği, kötümser senaryoda ise 1811.6 milyon  $m^3$  olabileceği belirlenmiştir. Mevcut durumda 29394.08 milyon  $m^3$  olan karşılanamayan su ihtiyacının ise iyimser senaryoda 2050 yılında 14103.81 milyon  $m^3$ , kötümser senaryoda 49979.85 milyon  $m^3$  olabileceği tespit edilmiştir. Bu durum, her üç senaryoda da, su kaynaklarının, modeldeki ihtiyaçları karşılamadaki yetersizliğini göstermiştir. Kurulan modellerde ekilebilecek tüm alanlar tanıtıldığından bu eksiklik çıkmakta, dolayısıyla bu durum kullanılmayan arazi potansiyelini ifade etmiş olmaktadır. Şu anda, modeldeki alanlardan daha küçük bölgelerde ihtiyaç debisi karşılanmaktadır. Talep bölgeleri dikkate alındığında, modelde talep önceliği 2 olarak girilen (Mardyan ve Mingacik) bölgeleri, kötümser senaryo dikkate alındığında, sulama maksadıyla su verilmemesi sonucunu sıfır değeri vererek göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bir takım önlemlerin alınması zaruriyet arz etmektedir. Bu bağlamda bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır:

Küresel ısınma sonucunda buharlaşma, yağış ve nehirlerdeki su miktarında düşüşler görülebilmekte, bu durum su tüketiminin en verimli ve bilinçli hale getirilmesinin önemini göstermektedir. Su konusunda eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları sadece eğitim kurumları ile sınırlı kalmamalı, devlet kurumları ve sivil toplum kuruluşları aracılığıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Geleceğin en mühim sorunlarından biri olan su sıkıntısına karşı daha duyarlı olmak gerekmektedir

Su iletim ve dağıtımında kayıp-kaçakları en aza indirmek amacıyla su iletim ve dağıtım sistemleri Avrupa standartlarına münasip olacak şekilde geliştirilmelidir.

İçme ve kentsel kullanımdan sonra oluşan atıksuların arıtılarak yeniden kullanıma kazandırılması hem su kalitesini koruyacak hem de tekrar kullanılabilir suyun potansiyelini artıracaktır. Bu bağlamda özellikle havza sınırları içerisinde bulunan belediyelerde atık su arıtma tesislerinin yapılması havzadaki su kaynakları açısından faydalı olacaktır.

Afganistandaki su kaynakları kullanımı ile ilgili kanun ve yönetmelik çalışmalarının su kaynağı planlamaları sonucundaki bilgiler ışığında oluşturulması ve gerekli önlemlerin devlet eliyle alınması gerekmektedir.

İklim değişikliği ve kuraklık koşullarına nazaran su tasarrufu sağlayan modern sulama sistem ve yöntemlerinin yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Yılmaz, A., “Küresel ısınmanın dünya su rezervleri üzerindeki etkileri”, *Kent Akademisi* 8.22, 63-72 (2015).
2. İnternet: GeographyRealm, “Water on Earth”, <https://www.geographyrealm.com/water-earth/> (2021).
3. Hakyemez, C., “Su: yeni elmas, TSKB Tematik Bakış”, 4-17 (2019).
4. Habib, H., "Water related problems in Afghanistan." *International Journal of Educational Studies* 1.3: 137-144 (2014).
5. İnternet: Dünya Bankası, “Afghanistan”, <https://data.worldbank.org/country/afghanistan> (2021).
6. İnternet: Earth The Science Behind the Headlines, “A dry and ravaged land: Investigating water resources in Afganistan”, <https://www.earthmagazine.org/article/dry-and-ravaged-land-investigating-water-resources-afghanistan> (2014).
7. Koç, C., “Entegre havza yönetiminde su kaynaklarını modern yöntemler ile ölçme, izleme ve değerlendirme olanaklarının araştırılması”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 14: 222-227 (2018)
8. Tsanov, vb., “Water stress mitigation in the Vit River Basin based on WEAP and MatLab simulation”, *Civil Engineering Journal* 6.11, 2058-2071 (2020).
9. Sharef, A., "Integrated water resource managementfor in Khalifan river basin." **Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gaziantep, 77-78 (2019).
10. Anwarzai, M., “Research and analysis of Afghanistan's wind, solar, and geothermal resources potential” *Tokyo University of Agriculture And Technology*, Tokya Japonya, 1-2 (2018).
11. Shams, A., and Muhammad, N., “Toward sustainable water resources management: critical assessment on the implementation of integrated water resources management and water–energy–food nexus in Afghanistan” *Water Policy* 24.1 (2022): 1-18.



12. İnternet: Ulusal Dünya, <https://www.nationalworld.com/news/world/where-is-afghanistan-country-located-on-map-population-kabul-location-and-surrounding-countries-explained-3347730>, (2022).
13. Burhan, A., “Afganistan’ın turizm coğrafyası”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 10-76 (2020).
14. Ahmad, ve Wasiq, M., “Water resource development in Northern Afganistan and its implications for Amu Darya Basin”. No. 36. *Dünya Bankası*, 9-13 (2004).
15. Frotan, M., vb., “Surface water resources of Afganistan’s Northern River basin and effects of climate change”, *Civil Engineering and Architecture, University of Ryukyus*, (2020).
16. Mahmoodi, S., “Integrated water resources management for rural development and environmental protection in Afganistan” *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*, Kabil Afganistan, 10-12 (2008).
17. Danish, M, vd., “Afganistan's aspirations for energy independence: Water resources and hydropower energy” *Renewable Energy 113*, 1282-1284 (2017).
18. İnternet: Swedish Committee for Afganistan, <https://swedishcommittee.org/afghanistan/climate/>.
19. İnternet: Ministry of Energy and Water, Afganistan, <https://www.mew.gov.af/>, (2016)
20. Hayat, E, ve Baba, A., “Quality of groundwater resources in Afganistan” *Environmental monitoring and assessment*, (2017).
21. Akhtar, F., “Water availability and demand analysis in the Kabul River Basin, Afganistan” *Diss. Universitäts-und Landesbibliothek Bonn*, 1-140 (2017).
22. Goes, B., vd., “Integrated water resources management in an insecure river basin: a case study of Helmand River Basin, Afganistan” *International Journal of water resources Development*, 3-25 (2016).
23. Nagheeby, M, and Jeroen W, “The geopolitical overlay of the hydropolitics of the Harirud River Basin” *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 839-860 (2018).

24. Hanif, M., “Impact of climate change and water resources management in panjsher sub basin (Afghanistan)” Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep (2020).
25. Akhundzadah, N.A., vd., “Impacts of climate change on the water resources of the Kunduz River Basin, Afghanistan”, *Kabil Afganistan* 2-16 (2020).
26. Karaer, M., “Sulama İşletmelerinin Entegre Havza Yönetiminde Yeri ve önemi üzerine Bir Araştırma: Büyük Menderes Havzası örneği”, *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü*, Bursa, 5-15 (2014).
27. Yılmaz, H., “Akarçay Havzası entegre su kaynakları yönetiminin belirlenmesinde WEAP (water evaluation and planning system) yaklaşımının kullanılması”, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 19-21 (2015).
28. Arslan, C, ve Selek, Z., “Entegre su kaynakları yönetiminde WEAP modelinin kullanılması: Burdur gölü havzası örneği.” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 5.1, 55-57 (2019).
29. Muluk, Ç. B., vd., “Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif”, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi*, 5-92 (2013).
30. İnternet: Ministry of Energy and water (2021). UR: <https://mew.gov.af/dr/حوزه-های-دریایی>, Erişim Tarihi 4.07.2022.
31. Frotan, M., vd., “Surface water resources of Afghanistan’s Northern River basin and effects of climate change”, *Civil Engineering and Architecture, University of Ryukyus*, (2020).
32. Hussainzada, W., ve Soo Lee, H., “Hydrological Modelling for Water Resource Management in a Semi-Arid Mountainous Region Using the Soil and Water Assessment Tool: A Case Study in Northern Afghanistan”, *Department of Development Technology, Graduate School for International Development and Cooperation (IDEC), Hiroshima University*, (2021).
33. İnternet: Cawater-info / Afghanistan /, [http://www.cawater-info.net/afghanistan/data/i/northern\\_river\\_basin.jpg](http://www.cawater-info.net/afghanistan/data/i/northern_river_basin.jpg), (2022).
34. Kamal, Golam Monowar. “River basins and Watersheds of Afghanistan” *Afghanistan Information Management Services (AIMS)*, Kabul, Afghanistan 1-7 (2004).
35. İnternet: Cawater-info “Afganistan Watershed Atlas \_Part IV”, (2003)

36. İnternet: [https://www.tripadvisor.com.tr/Attraction\\_Review-g1536414-d1583917-Reviews-Band\\_e\\_Amir\\_National\\_Park-Bamyan\\_Bamyan\\_Province.html](https://www.tripadvisor.com.tr/Attraction_Review-g1536414-d1583917-Reviews-Band_e_Amir_National_Park-Bamyan_Bamyan_Province.html), (2022).
37. Hussainzada, ve vd., “Effect of an improved agricultural irrigation scheme with a hydraulic structure for crop cultivation in arid northern Afghanistan using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT)” *Scientific reports* ,1-6 (2022).
38. İnternet: Belh ili ekonomi müdürlüğü., “پروفایل ولایت بلخ”, URL: <https://moec.gov.af/sites/default/files/2019-09/3-%20Balkh.pdf>, (2019)
39. Jami, A., vd., “Evaluation of the effects of climate change on field-water demands using limited ground information: a case study in Balkh province, Afghanistan” *Irrigation Science*, 583-584 (2019).
40. İnternet: Water Evaluation and Planning System, URL: <https://www.weap21.org/index.asp?action=219>. Erişim Tarihi 31.07.2022.
41. Çıtakoğlu, H. ve Çoşkun, Ö., “Bahçelik barajı ve ünitelerinin WEAP ( water evaluation and planning system) programı ile modellenmesi ve işletme çalışması”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 213-226 (2020).
42. Arslan, C., “Burdur havzası entegre su kaynakları yönetiminin belirlenmesinde WEAP modelinin kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 37-57 (2019).
43. Tena, T, M., vd., “Hydrological Modelling and Water Resources Assessment of Chongwe River Catchment using WEAP Model”, *Water, MDPI* 11.4, 4-6

## ÖZGEÇMİŞ

Ahmad Javid MOHAMMADY; İlk, orta ve lise öğrenimini Maymana şehrinde tamamladı. 2014 yılında Cüzcan Üniversitesi İnşaat Fakültesi Sivil ve Endüstriyel İnşaat bölümünde öğrenime başlayıp 2018 yılında mezun oldu. 2019 Yılında Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.