

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU  
HAVZALARINA ETKİSİNİN HSPF  
MODELİ İLE İNCELENMESİ**

**Serdar GÖNCÜ  
Doktora Tezi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Ağustos - 2005**

**“Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: 030260”**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Serdar Göncü'nün İklim Değişikliğinin Su Havzalarına Etkisinin HSPF Modeli ile İncelenmesi" başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Doktora tezi 11.08.2005 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

|                     | Adı-Soyadı                        | İmza  |
|---------------------|-----------------------------------|-------|
| Üye (Tez Danışmanı) | : Doç. Dr. A. Erdem ALBEK         | ..... |
| Üye                 | : Prof. Dr. Rıza ALTIOKKA         | ..... |
| Üye                 | : Prof. Dr. Ülker BAKIR ÖĞÜTVEREN | ..... |
| Üye                 | : Prof. Dr. Orhan YENİGÜN         | ..... |
| Üye                 | : Yard. Doç. Dr. Mustafa TOMBUL   | ..... |

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Doktora Tezi

### İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN SU HAVZALARINA ETKİSİNİN HSPF MODELİ İLE İNCELENMESİ

SERDAR GÖNCÜ

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç Dr. A. Erdem ALBEK  
2005, 199 sayfa

Özellikle sanayi devrimi ile çok büyük bir hız kazanan atmosferdeki sera gazı salınımı, küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Yerkürenin ısınması ile birlikte, hidrolojik ve ekolojik süreçler hızlı bir şekilde değişim geçirmektedir. Havzalardaki mevcut su dengeleri bu ısınma eğiliminden etkilenmektedirler.

Bu çalışmada, hipotetik havzalar oluşturulup bunlar üzerinde iklim değişikliğinin ne gibi etkiler oluşturabileceği HSPF model programı kullanılarak incelenmiştir. Böylece gelecekteki koşullara uygun planlar için öngörüler yapılabilmektedir. Çalışma sonucunda, iklim değişikliği ile havzadaki akarsu debilerinde yaz aylarında %70'lere varan azalma, kış aylarında %140'lara varan artışların olabileceği belirlenmiştir. Göl hacimlerinde ise yaz aylarında %13'lere varan azalma, sonbahar ve kış aylarında %20'lere varan artışların olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Modelleme, Havza, HSPF, Kendal Eğilim Analizi

## **ABSTRACT**

**PhD Thesis**

### **DETERMINATION OF CLIMATE CHANGE EFFECTS ON WATERSHEDS WITH HSPF MODEL**

**SERDAR GÖNCÜ**

**Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Environmental Engineering Program**

**Supervisor: Assoc. Prof. A. Erdem ALBEK  
2005, 199 pages**

The emission of greenhouse gases to the atmosphere which especially accelerated after the industrial revolution contributes to global warming. With the global warming, hydrological and ecological processes change rapidly. Basin water balances are affected by this global warming.

In this study, climate change effects on hypothetical basins are investigated with the HSPF model program. In this manner, some forecasts can be made for plans regarding future projects. As a result of this study, it has been observed that climate change can decrease river flows by up to 70% in summer and increase than in autumn and winter months by up to 140%. Regarding lake volumes 13% decreases in summer and 20% increases in winter are to be expected.

**Keywords: Climate Change, Modeling, Watershed, HSPF, Kendall Trend Analysis**

## TEŞEKKÜR

“İklim Değişikliklerinin Su Havzalarına Etkisinin Hspf Modeli İle İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada yapılan modelleme çalışmaları Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen genel amaçlı bir proje kapsamında alınan veri, yazılım, donanım ve dokümanlar kullanılmıştır.

Çalışmanın başlangıcından beri, sürekli bilgi, hoşgörü, anlayış ve yardımlarını esirgemeyerek beni her zaman destekleyen, bu çalışmanın oluşmasında çok önemli bir yere sahip olduğuna inandığım, bilimselliğe verdiği önemi ve iş disiplini her zaman kendime örnek alacağım, önerileriyle çalışmamı yönlendiren, danışman hocam Sn. Doç. Dr. Erdem ALBEK’e,

Çalışmamın başlangıcından beri sürekli bilgi ve yardımlarını esirgemeyerek, her zaman destekleyen ve güvenen, değerli zamanlarını bana ayıran, önerileriyle çalışmalarımı yönlendiren, bu çalışmanın oluşmasında çok önemli ve büyük bir yere sahip olan değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Ülker Bakır ÖĞÜTVEREN, Sn. Prof. Dr. M. Rıza ALTIOKKA, Sn. Prof. Dr. Orhan YENİGÜN, Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa TOMBUL’ a,

Kendi doktora tezindeki tecrübeleriyle beni aydınlatan, başım sıkıştığında kapısı bana hep açık olan ve çalışma disiplini ile her zaman kendime örnek alacağım Sn. Y. Doç. Dr. Mine ALBEK’e ve birlikte bölüm işlerini omuzladığım adlarını saymakla bitiremeyeceğim tüm iş arkadaşlarıma,

Manevi yönden desteğini esirgemeyen ve her türlü zorluğu ve mutluluğu birlikte tattığım sevgili eşime,

Bugüne kadar, tüm yaşantımda maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme

en içten teşekkürlerimi sunarım.

Serdar GÖNCÜ  
Ağustos 2005

# İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....                                    | <b>i</b>     |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                | <b>ii</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....                                | <b>iii</b>   |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....                             | <b>iv</b>    |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....                         | <b>ix</b>    |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....                       | <b>x</b>     |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....          | <b>xi</b>    |
| <br>   |              |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....                                | <b>1</b>     |
| <br>   |              |
| <b>2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ETKİLERİ</b> .....        | <b>2</b>     |
| 2.1. Hidrolojik Sistemler Üzerine Olan Etkiler.....  | 4            |
| 2.1.1. Yağıştaki Değişim.....                        | 5            |
| 2.1.2. Buharlaşmadaki Değişim .....                  | 6            |
| 2.1.3. Akışa Geçen Sudaki Değişim .....              | 7            |
| 2.2. Yaşam Alanı Üzerine Olan Etkileri .....         | 7            |
| 2.3. Bitkiler Üzerine Olan Etkileri .....            | 8            |
| 2.4. Tatlı Su Sistemleri Üzerine Olan Etkileri ..... | 8            |
| 2.4.1. Yüzey ve yeraltı suları .....                 | 9            |
| 2.4.2. Kuraklık ve toprak nemi .....                 | 10           |
| 2.4.3. Göl ve akarsu canlı yaşamı .....              | 11           |
| 2.4.4. İnsan yapıları.....                           | 12           |
| 2.4.5. Sulak Alanlar.....                            | 12           |
| 2.5. Su Yönetimi .....                               | 13           |
| <br>   |              |
| <b>3. İKLİM SENARYOLARI VE MODELLERİ</b> .....       | <b>15</b>    |
| 3.1. IS92 Senaryoları.....                           | 15           |
| 3.1.1. IS92a emisyon senaryosu.....                  | 15           |
| 3.2. SRES Senaryoları.....                           | 16           |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.1. SRES A1 senaryosu .....  | 18        |
| 3.2.2. SRES A2 senaryosu .....  | 18        |
| 3.2.3. SRES B1 .....  | 19        |
| 3.2.4. SRES B2 .....  | 19        |
| 3.3. GCM-Küresel İklim Modelleri .....  | 20        |
| 3.4. İklim Değişikliği Deneyleri (GCM).....   | 23        |
| 3.4.1. Denge iklim değişikliği deneyleri.....   | 24        |
| 3.4.2. Geçici iklim değişikliği.....  | 24        |
| 3.5. GCM İklim Değişikliği Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar<br>ve Uygulanması.....                      | 23        |
| <b>4. HSPF PROGRAMININ TANITIMI.....</b>  | <b>25</b> |
| 4.1. Geçirimli Kara Parçalarının Modellenmesi (PERLND modülü).....  | 25        |
| 4.2. Geçirimsiz Kara Parçasının Modellenmesi (IMPLND modülü).....   | 27        |
| 4.3. Serbest-Akışlı Bir Akarsuyun ya da Tam Karışmış Bir<br>Rezervuarın Modellenmesi (RCHRES modülü)..... | 27        |
| <b>5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ<br/>ÇALIŞMALAR .....</b>                            | <b>29</b> |
| 5.1. İklim Değişikliğinin Hidrolojik Çevrim Üzerine Etkileri<br>Üzerine Çalışmalar.....                   | 29        |
| 5.1.1. Ilıman bölgeler için yapılan çalışmalar.....   | 29        |
| 5.1.2. Kurak ve yarı-kurak bölgeler için yapılan çalışmalar.....  | 30        |
| 5.1.3. Nemli tropikal bölgeler için yapılan çalışmalar.....   | 31        |
| 5.1.4. Dağlık bölgelerdeki akarsu havzaları için yapılan<br>çalışmalar .....                              | 32        |
| 5.1.5. Büyük akarsu sistemleri için yapılan çalışmalar.....   | 32        |
| 5.1.6. Göllerdeki su dengesi ve seviyesi için yapılan çalışmalar ....                                     | 32        |
| 5.1.7. Akışa geçen ekstrem su miktarları hakkında yapılan<br>çalışmalar .....                             | 33        |
| 5.1.8. Su kalitesi üzerine olan etkileri hakkında yapılan çalışmalar                                      | 34        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.2. Diğer Çalışmalar .....  | 34        |
| 5.3. HSPF Model Programı ile İlgili Çalışmalar .....                     | 41        |
| <b>6. METEOROLOJİK VERİLER .....</b>                                     | <b>43</b> |
| 6.1. Meteorolojik Verilerin İşlenmesi .....                              | 45        |
| 6.2. Sıcaklık Zaman Serilerinin Oluşturulması .....                      | 46        |
| 6.3. Bulutluluk Zaman Serilerinin Oluşturulması .....                    | 49        |
| 6.4. Çiğ Noktası Sıcaklığı Zaman Serilerinin Oluşturulması .....         | 50        |
| 6.5. Yağış Zaman Serilerinin Oluşturulması .....                         | 52        |
| 6.6. Güneş Işınması Zaman Serilerinin Oluşturulması .....                | 55        |
| 6.7. Potansiyel Buharlaşma+Terleme Zaman Serilerinin Oluşturulması ..... | 56        |
| <b>7. MODEL GİRDİLERİNİN OLUŞTURULMASI .....</b>                         | <b>58</b> |
| 7.1. Hipotetik Havzaların Oluşturulması .....                            | 58        |
| 7.2. Hidrolojik Yapıların Oluşturulması .....                            | 59        |
| 7.2.1. Akarsu hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi .....               | 59        |
| 7.2.2. Göl hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi .....                  | 62        |
| 7.3. Hidrolojik Parametrelerin Seçimi ve Kullanımları .....              | 64        |
| 7.3.1. Hava sıcaklığı (ATEMP) parametreleri .....                        | 64        |
| 7.3.1.1. ATEMP-DAT tablosu .....   | 64        |
| 7.3.2. Kar (SNOW) parametreleri .....                                    | 65        |
| 7.3.2.1. SNOW-PARM1 tablosu .....  | 65        |
| 7.3.2.2. SNOW-PARM2 tablosu .....  | 66        |
| 7.3.2.3. SNOW-INIT1 tablosu .....  | 68        |
| 7.3.2.4. SNOW-INIT2 Tablosu .....  | 68        |
| 7.3.3. Geçirgen arazi hidroloji (PWATER) parametreleri .....             | 69        |
| 7.3.3.1. PWAT-PARM1 tablosu .....  | 69        |
| 7.3.3.2. PWAT-PARM2 tablosu .....  | 70        |
| 7.3.3.3. PWAT-PARM3 tablosu .....  | 73        |
| 7.3.3.4. PWAT-PARM4 tablosu .....  | 75        |
| 7.3.3.5. Aylık girdi parametre tabloları .....                           | 78        |



|   |            |
|---|------------|
| 7.3.3.6. PWAT-STATE1 tablosu.....   | 80         |
| 7.3.4. Akarsu/Göl (HYDR) parametreleri.....   | 81         |
| 7.3.4.1. HYDR-PARM1 tablosu.....  | 81         |
| 7.3.4.2. HYDR-PARM2 tablosu.....  | 82         |
| 7.3.4.3. Aylık girdi parametreleri tablosu.....   | 83         |
| <b>8. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>   | <b>84</b>  |
| 8.1. Havzadan Çıkan Toplam Su (PERO) Sonuçlarının<br>Değerlendirilmesi.....                     | 84         |
| 8.2. Havzadan Buharlaşma-Terleme Yoluyla Çıkan Su<br>(TAET) Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... | 87         |
| 8.3. Havzadan Akarsu ile Çıkan Su (ROVOL)<br>Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....               | 89         |
| 8.4. Akarsu Kuru/Taşkın Gün Sayılarının Değerlendirilmesi.....                                  | 92         |
| 8.5. Ortalama Göl Hacmi (VOL) Verilerinin Değerlendirilmesi.....                                | 95         |
| <b>9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER .....</b>  | <b>98</b>  |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>  | <b>100</b> |
| <b>EKLER .....</b>  | <b>107</b> |
| EK-1 Sıcaklık Verilerinin Eğilim Analizleri .....   | 107        |
| EK-2 Yağış Verilerinin Eğilim Analizleri .....  | 108        |
| EK-3 Bulutluluk Verilerinin Eğilim Analizleri .....   | 109        |
| EK-4 Çiğ Noktası Sıcaklığı Verileri Eğilim Analizleri .....                                     | 110        |
| EK-5 Potansiyel Buharlaşma+Terleme Verileri Eğilim Analizleri .....                             | 111        |
| EK-6 Güneş Işınması Verileri Eğilim Analizi .....   | 112        |
| EK-7 Kendall Eğilim Analizi Sonuçları .....   | 113        |
| EK-8 Havzadan Çıkan Suyun Aylık Bazda Yıllar Boyu<br>Değişimleri.....                           | 118        |
| EK-9 Toplam Buharlaşma+Terleme Verilerinin Aylık Bazda<br>Yıllar Boyu Değişimleri.....          | 134        |

|   |     |
|---|-----|
| EK-10 Akarsu ile Çıkan Suyun Aylık Bazda Yıllar Boyu    |     |
| Değişimleri .....                                       | 150 |
| EK-11 Akarsu Kuru/Taşkın Gün Sayıları Grafikleri .....  | 166 |
| EK-12 Ortalama Göl Hacminin Aylık Bazda Yıllar Boyu     |     |
| Değişimleri .....                                       | 182 |
| EK-13 Model Sonuçları Yüzde Artış/Azalış Oranları ..... | 198 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.1. Sera gazlarındaki artışın doğal hidrolojik sistemler üzerine olan etkileri.....                       | 5            |
| 2.2. İklimsel girdilerdeki ortalama ve varyans değişimlerinin hidrolojik çıktılar üzerine olan etkisi..... | 6            |
| 2.3. 1990 ve 2050 yıllarında kişi başına ihtiyaç duyulan su miktarı .....                                  | 10           |
| 2.4. Su temini ve ihtiyacı üzerine iklim değişikliğinin etkisi .....                                       | 13           |
| 3.1. SRES senaryolarının şematik gösterimi .....   | 18           |
| 3.2. SRES Senaryolarının Niceliksel İncelenmesi.....   | 19           |
| 3.3. İklim senaryolarına göre zamana karşı sıcaklık değişim grafiği .....                                  | 20           |
| 3.4. Okyanus-atmosfer GCM modelinin kavramsal gösterimi.....   | 22           |
| 3.5. GCM'lerin yerel bir bölgeye uygulanması.....  | 24           |
| 4.1. PERLND modülünün yapısı.....  | 26           |
| 4.2. RCHRES modülünün yapısı.....  | 28           |
| 6.1. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama sıcaklık değerleri .....  | 48           |
| 6.2. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama bulutluluk değerleri .....                                      | 50           |
| 6.3. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama bağıl nem değerleri.....  | 51           |
| 6.4. Temel ve A2 senaryosu yıllık toplam yağış değerleri .....   | 54           |
| 6.5. Temel ve A2 senaryosu yıllık güneş ışınması değerleri .....   | 55           |
| 6.6. Temel ve A2 senaryosu potansiyel buharlaşma+terleme değerleri .....                                   | 56           |
| 7.1. FTABLE parametrelerinin kesit alanı üzerinde gösterimi.....   | 62           |
| 7.2. Hipotetik havzalarda bulunan akarsuyun derinlik-debi ilişkisi .....                                   | 62           |
| 7.3. Göl şematik görünümü .....  | 63           |
| 7.4. Hipotetik havzalarda bulunan gölün derinlik-debi ilişkisi.....  | 64           |
| 8.1. Zamana bağlı yıllık kuru gün sayısı .....   | 93           |
| 8.2. Zamana bağlı yıllık taşkın gün sayısı .....   | 94           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| 2.1. Başlıca sera gazları ve özellikleri .....  | 3                   |
| 3.1. Hadley Centre GCM'lerinin tarihsel gelişimi .....  | 21                  |
| 5.1. İklim değişikliğinin yıllık akarsu debisi üzerine olan etkileri<br>(Havzaların ve bölgelerin su eksikliği).....  | 31                  |
| 6.1. Meteoroloji istasyonları ve verilerin kapsadığı dönem.....   | 44                  |
| 6.2. 17725-Kütahya istasyonu meteorolojik verilerinin istatistiksel<br>değerlendirmesi (aylık ortalama değerler)..... | 45                  |
| 6.3. CGCM2-A2 senaryosu iklim verileri eğilim değerleri (1990-2050) .....   | 46                  |
| 6.4. Sıcaklık verileri AR(3) model katsayıları .....  | 47                  |
| 6.5. Bulutluluk verileri AR(2) model katsayıları .....  | 49                  |
| 6.6. Bağıl nem verileri AR(3) model katsayıları.....  | 51                  |
| 7.1. Hipotetik havzaların numaralandırılması ve kısa açıklamalar .....  | 59                  |
| 7.2. Modellemede kullanılan FTABLE bloğu kesit alan parametreleri.....  | 61                  |
| 7.3. Derinliğe göre göl yüzey alanı ve hacim değerleri .....  | 63                  |
| 7.4. Hidrolojik toprak grupları .....   | 71                  |
| 7.5. Arazi tipine göre CEPSC değerleri .....  | 75                  |
| 7.6. Kullanılan UZSN parametreleri .....  | 76                  |
| 7.7. Kullanılan NSUR parametreleri.....   | 77                  |
| 7.8. Bitki örtüsü tipine göre LZETP değerleri.....  | 78                  |
| 7.9. Hipotetik havzaların aylara bağlı tutma kapasiteleri.....  | 79                  |
| 8.1. Temel-A2 kuru ve taşkın gün sayıları farkı Kendall eğilim testi<br>sonuçları.....                                | 95                  |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|          |   |
|----------|---|
| $f$      | : Bağıl nem (%)   |
| A        | : Enkesit alanı (m)   |
| AR       | : ARIMA modeli  |
| ARM      | : Agricultural Runoff Model, Tarımsal Akışa Geçen Su Modeli   |
| ATEMP    | : Hava sıcaklığı modülü   |
| $B_0$    | : Kanal taban genişliği (m)   |
| CCC      | : Canadian Climate Centre, Kanada İlkim Merkezi   |
| CFC      | : Klorlu-florlu karbon bileşikleri  |
| CRCM     | : Canadian Regional Climate Model, Kanada Bölgesel İklim Modeli   |
| CSIRO    | : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation,<br>Ulusal Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizasyonu |
| D        | : Drenaj yoğunluğu (m)  |
| ECMWF    | : European Centre for Medium-range Weather Forecasting, Avrupa<br>Orta menzilli Hava Tahmin Merkezi                       |
| EPA      | : Environmental Protection Agency, Çevre Koruma Örgütü  |
| Fareofit | : Çok derin köklü   |
| FORTTRAN | : Programlama dili  |
| FTABLE   | : Function Table, Fonksiyon Tablosu, Debi-Derinlik İlişki Tablosu   |
| GCM      | : Global Circulation Model, Küresel Çevrim Modeli   |
| GFDL     | : Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Jeofiziksel Akışkanlar<br>Dinamiği Laboratuvarı                                  |
| GISS     | : Goddard Institute of Space Sciences, Goddard Uzay Bilimleri<br>Enstitüsü  |
| GWP      | : Global Warming Potential, 100 yıllık bir zaman dilimi için küresel<br>ısınma potansiyeli                                |
| HCFC     | : Hidro kloro florlu karbon bileşikleri   |
| HSPF     | : Hydrological Simulation Program-Fortran, Hidrolojik Modelleme<br>Programı-Fortran                                       |
| IMPLND   | : Geçirimsiz kara parçası modülü  |
| IPCC     | : İklim değişikliği paneli  |

|        |  |
|--------|--|
| IS92   | : Emisyon senaryoları  |
| L      | : Uzunluk (m)  |
| LMD    | : Laboratoire du Météorologie Dynamique, Meteorolojik Dinamikler Laboratuvarı                      |
| LSUR   | : Yüzeysel akış düzlemi uzunluğu (m)   |
| LZSN   | : Alt toprak katmanı nem depolama miktarı (mm)   |
| m      | : Taşkın ovası üst tarafı eğimi  |
| MPI    | : Max Plank Institute, Max Plank Enstitüsü   |
| MRI    | : Meteorological Research Institute, Meteorolojik Araştırma Enstitüsü                              |
| n      | : Manning pürüzlülük katsayısı   |
| NCAR   | : National Center for Atmospheric Research, Ulusal Atmosferik Araştırma Enstitüsü                  |
| NMVOOC | : Non methane volatile organic compounds, metan olmayan uçucu organik bileşenler                   |
| NPS    | : Nonpoint Source Model, Yaygın Kaynak Modelleri   |
| OECD   | : Organisation for Economic Co-operation and Development, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı |
| OSU    | : Oregon State University, Oregon Eyalet Üniversitesi  |
| P      | : Islak çevre (m)  |
| P      | : Yağış (mm)   |
| PERLND | : PERvious LaND segment, Geçirimli kara parçası modülü   |
| PQUAL  | : Tarım kimyasalları modülü  |
| PSTEMP | : Toprak sıcaklığı modülü  |
| PWATER | : Su bütçesi modülü  |
| Q      | : Debi ( $m^3/s$ )   |
| R      | : Hidrolik yarıçap (m)   |
| RCHRES | : Su ortamı modülü   |
| RCM    | : Regional Climate Model, Bölgesel İklim Modeli  |
| S      | : Kanal eğimi  |
| SEDMNT | : Sediment modülü  |
| SNOW   | : Kar erimesi modülü   |
| S-PLUS | : İstatistik programı  |

- SRES : Special Report of Emission Scenarios, Emisyon Senaryosu Özel Raporu
- T : Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )
- UKMO : United Kingdom Meteorological Office, Birleşik Krallık Meteoroloji Ofisi
- UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Organizasyonu
- W : Genişlik (m)
- WATBAL : Su dengesi modeli
- WAWAHAMO : WALdWAsserHAushaltsModell, orman su döngüsü modeli
- WDMUtil : Watershed Data Management Util, Havza Veri Yönetim Programı
- X : Zaman serisi değeri
- y : Su derinliği (m)
- Y : Derinlik (m)
- $\alpha$  : Model katsayısı
- $\epsilon_t$  : 0 ortalama ve  $\sigma$  standart sapma ile normal dağılmış rassal bir terimdir.
- $\mu$  : Ortalama

#### **Alt ve üst indisler**

- 11 : sağ taraf
- 12 : sol taraf
- 21 : alt sağ taraf
- 22 : alt sol taraf
- 31 : üst sağ taraf
- 32 : üst sol taraf
- c : kritik
- d : çığ noktası
- m : ortalama
- t : t anındaki zaman
- t1 : taşkın
- t2 : maksimum

## 1. GİRİŞ

Özellikle sanayi devriminden sonra hız kazanan iklim değişikliği ile birlikte, mevcut hidrolojik, ekolojik koşullar gibi çevre koşulları hızlı bir şekilde değişim geçirmektedir. Havzalardaki mevcut su dengeleri bu ısınma eğiliminden etkilenmektedirler. Bu tezin konusu, hipotetik su havzaları oluşturup, bunlar üzerinde iklim değişikliğinin ne gibi etkiler oluşturabileceğini HSPF model programı kullanarak incelemektir. Böylece gelecekteki koşullara uygun planlar için öngörüler yapılabilecek, iklim değişikliğinin yaratabileceği su kaynakları problemlerine (kuraklık, sel baskınları gibi) karşı hazırlıklı olunabilecektir.

Hızla değişen iklim sonucunda dünyadaki meteorolojik koşullarda büyük değişiklikler yaşanmaktadır. Kuraklık sıkıntısı baş gösteren bölgelerin yanında sel baskınları geçiren bölgeler özellikle 1980'lerden itibaren daha sık şekilde görülmeye başlanmıştır.

Yerküre üzerinde böylesi büyük sonuçlar doğuran iklim değişikliği ülkemizde de etkili olmaktadır ve gelecekte daha da fazla etkili olacaktır. Bu etkinin belirlenebilmesi amacıyla HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran) adlı bir havza hidroloji model programı kullanılmıştır. Bu program yardımı ile iklim değişikliğine bağlı değişen meteorolojik koşulların çeşitli özelliklere sahip olacak şekilde oluşturulacak hipotetik havzaların havza içi su dengesi üzerine nasıl etkiler yaratacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

Havza su döngüsü modelleme çalışmaları ülkemizde istenilen düzeyde olmayıp, özellikle iklim değişikliğinin havza içi su dengesi üzerine olan etkisi konusundaki çalışmalar çok azdır. Dünyada ekolojik dengenin korunması amacıyla havzaların yönetimine büyük önem verilmekte ve havza modelleme çalışmaları yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Özellikle son yıllardaki çalışmalara bakıldığında, iklimsel değişimlerin havzanın ekolojik, hidrolojik özellikleri üzerine olan etkileri giderek artan oranlarda incelenmektedir. Bu doktora tezi kapsamında gerçekleştirilmiş olan modelleme çalışması Türkiye'de ilk yapılan çalışmalar arasında olup yol gösterici bir nitelik kazanacağına inanılmaktadır.



## 2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ETKİLERİ

Dünya atmosferi, endüstriyel emisyonları absorbe eden devasa bir depo gibi görünse de, aslında oldukça ince bir film tabakasıdır. Katmanlı bir yapıya sahip atmosferin ilk 15 km'lik kısmı atmosfer kütlelerinin %99'unu oluştururken, 15-50 km'lik kısmı sadece %1'lik kısmını oluşturmaktadır. Son 100 yılda fosil yakıtların yoğun kullanımı ve ormanların yok edilmesiyle, bu ince atmosfer katmanının kimyasal dengeleri büyük oranda değişmiştir.

Atmosfer, hacimsel olarak %99,9 gibi bir oranla %78,09 azot, %20,95 oksijen ve %0,93 oranında argondan meydana gelmektedir. Bununla birlikte çok az miktarda bulunan, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), kloroflorokarbon bileşikler (CFCs) ve ozon iklimi en fazla etkileyen bileşenlerdir. Su buharı da oldukça değişken oranlarda bulunur (%0,5-4) ve iklimi önemli ölçüde etkiler.

Günümüzde yoğun endüstriyel etkinlikler sonucunda ve fosil yakıtların kullanımı ile sera gazı salınımlarında büyük bir artış olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Çizelge 2.1.'de bazı önemli sera gazları ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Atmosferdeki sera gazı birikimindeki artış atmosferin ısınmasına neden olmakta, sülfat aerosollerindeki artış ise atmosferin soğuması yönünde bir etki göstermektedir (Türkeş ve ark. 2003).

Dünyanın iklimi 4.5 milyar yıldır sürekli bir değişim geçirmiştir. Jeomorfolojik ve klimatolojik etkiler yaratan, iyi bilinen en son değişim buzul çağı olarak adlandırılan 4. dönemde meydana gelmiştir. Aynı zamanda son bin yıl içinde de daha küçük boyutlu iklim sapmaları meydana gelmiştir. Ancak 19. yüzyılın ortalarından itibaren, bu doğal gelişmelere ek olarak, insan etkileri de iklim üzerinde önemli bir rol oynamaya başlamıştır.

**Çizelge 2.1.** Başlıca sera gazları ve özellikleri (Hardy 2004)

| Sera Gazı           | Kimyasal Formülü                | Endüstrileşme öncesi derişimi (ppbv) | 1994 itibariyle derişimi (ppbv) | Atmosferik ömrü (yıl) <sup>a</sup> | Antropojenik kaynakları  | Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) <sup>b</sup> |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|---|
| Karbon dioksit      | CO <sub>2</sub>                 | 278000                               | 358000                          | Değişken                           | Fosil yakıtların yakılması, Arazi kullanımının değişmesi, Endüstriyel üretim | 1   |
| Metan               | CH <sub>4</sub>                 | 700                                  | 1721                            | 12,2±3                             | Fosil yakıtlar, Pirinç tarlaları, Atık sahaları, Hayvancılık                 | 21 <sup>c</sup>                               |
| Azot oksit          | N <sub>2</sub> O                | 275                                  | 311                             | 120                                | Gübreleme, Endüstriyel süreçler, Yanma,                                      | 310   |
| CFC-12              | CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> | 0                                    | 0,503                           | 102                                | Sıvı soğutucular, Köpükler   | 6200-7100 <sup>d</sup>                        |
| HCFC-22             | CHClF <sub>2</sub>              | 0                                    | 0,105                           | 12,1                               | Sıvı soğutucular   | 1300-1400 <sup>d</sup>                        |
| Perfloro-metan      | CF <sub>4</sub>                 | 0                                    | 0,070                           | 50000                              | Alüminyum üretimi  | 6500  |
| Sülfür hekza-florit | SF <sub>6</sub>                 | 0                                    | 0,032                           | 3200                               | Dielektrik akışkanlar  | 23900   |

ppbv=hacimce milyarda bir

<sup>a</sup> Farklı depolar tarafından alınma süreçleri nedeniyle CO<sub>2</sub> için tek bir ömür belirlenmemektedir.

<sup>b</sup> GWP (Global Warming Potential) 100 yıllık bir zaman dilimi için küresel ısınma potansiyeli.

<sup>c</sup> Troposferik ozon oluşumunu indirekt olarak etkileme ve stratosferik su buharı oluşumunu içerir.

<sup>d</sup> Net GWP (örneğin ozon tükenmesi esnasında oluşan dolaylı etkileri de içerir)

1970'lerden önce bazı bilim adamları tarafından, insan etkinlikleri ile küresel iklimin değişeceği ve birkaç on yıl içerisinde 1,5-2<sup>0</sup>C sıcaklık artışı yaşanacağı belirtilmiştir. Bunun tersine, iklimde belirli dönemlerde soğuma da görülmektedir. Özellikle 1970'lerde, dünya meteoroloji ağı verileri göz önüne alındığında, böyle bir soğumanın yaşandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, 1979'da yapılan ilk Dünya İklim Konferansı'nda insan etkinliklerinin iklim üzerinde oldukça ciddi etkilerinin olduğu, fakat bilimin iklimin ısındığı veya soğuduğu yönünde net bir yanıt veremeyeceği belirtilmiştir. Bu durum 1980'lerde tümüyle değişmiş ve veriler küresel ısınmayı göstermeye başlamıştır (Dam 1999). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 3. Değerlendirme

raporundaki değerlendirmelere göre, küresel ortalama yüzey sıcaklıkları yaklaşık 0,3-0,6<sup>0</sup>C artmıştır (Anonim-1). 1998 yılı, küresel ortalamalar açısından, aletli ölümün yapıldığı 1860'dan bu yana en sıcak yıl olmuştur. Bunların yanı sıra, IPCC'nin temel aldığı gelişmiş iklim modelleri, 1990-2100 döneminde 1,4-5,8<sup>0</sup>C arasında bir artış olacağı ve buna bağlı olarak iklim değişikliklerinin sregeleceğini öngörmektedirler (Anonim-2). Türkiye zerindeki yıllık ortalama sıcaklıklardaki artışın 1-3<sup>0</sup>C olacağı tahmin edilmektedir.

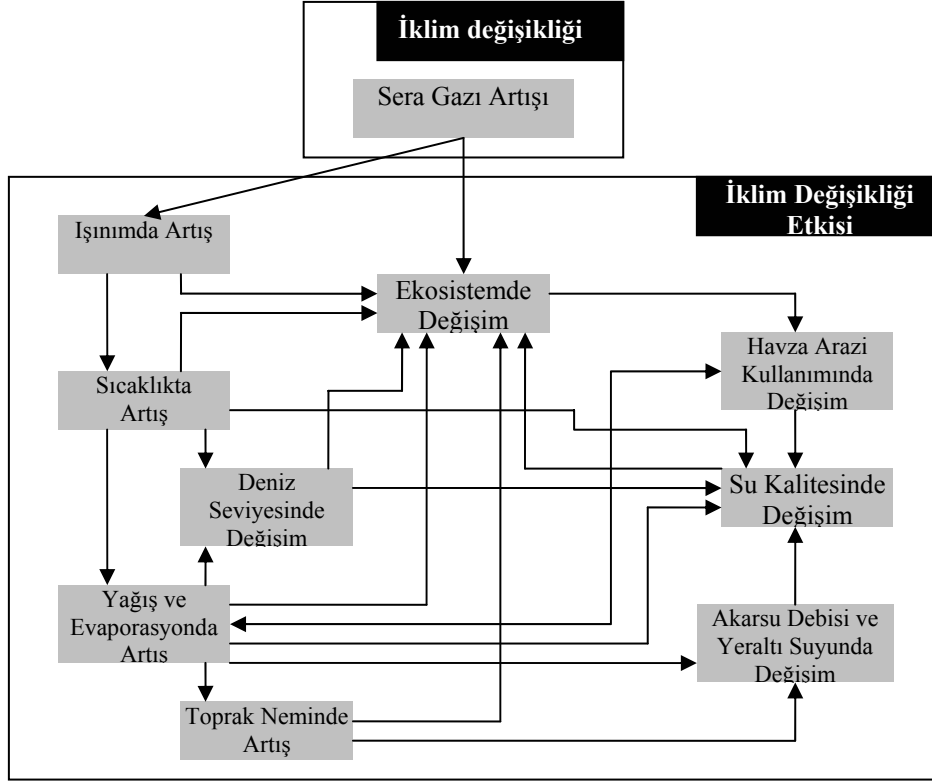
Artan insan etkinlikleri ile birlikte dünyanın mevcut meteorolojik koşulları hızlı bir şekilde değişime maruz bırakılmıştır. Okyanuslar, denizler ve büyük su kütlelerinde termal genleşme neticesinde mevcut toplam su miktarında artış olmamasına rağmen hacimde bir artış gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra kutuplardaki buzulların erimesi sonucu deniz seviyelerinde yükselmeler grlmektedir. Tahminler gelecek yüz yılda ortalama deniz seviyesinin yaklaşık 40 cm yükseleceğini göstermektedir (Markham 1995).

## **2.1. Hidrolojik Sistemler zerine Olan Etkiler**

İklim değişikliğinin doğal hidrolojik sistemler üzerine olan etkileri şematik olarak şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

şekil 2.1.'de görüldüğü gibi sera gazı salınımlarında artış doğal hidrolojik dengeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Etkinin derecesi hidrolojik sistemin özelliğine bağlıdır.

Okyanuslardaki akıntılarda da iklime bağlı değişimler gözlemlenmektedir. Dip sularının yüzey suları ile karışmasını sağlayan Ekman taşınımları, iklim değişimi ile değişmektedir. Böylelikle bazı kıyı bölgelerinde daha az yağış ve artan bir rüzgar hızı oluşmaktadır. Diğer taraftan eriyen buzullardan okyanuslara karışan tatlı su miktarının artışı ise Kuzey Atlantik'in ısınmasına yol açmaktadır (Hardy 2004). Okyanus akıntılarının değişmesi de iklim değişikliğine yol açabilecek boyutlara varabilir.



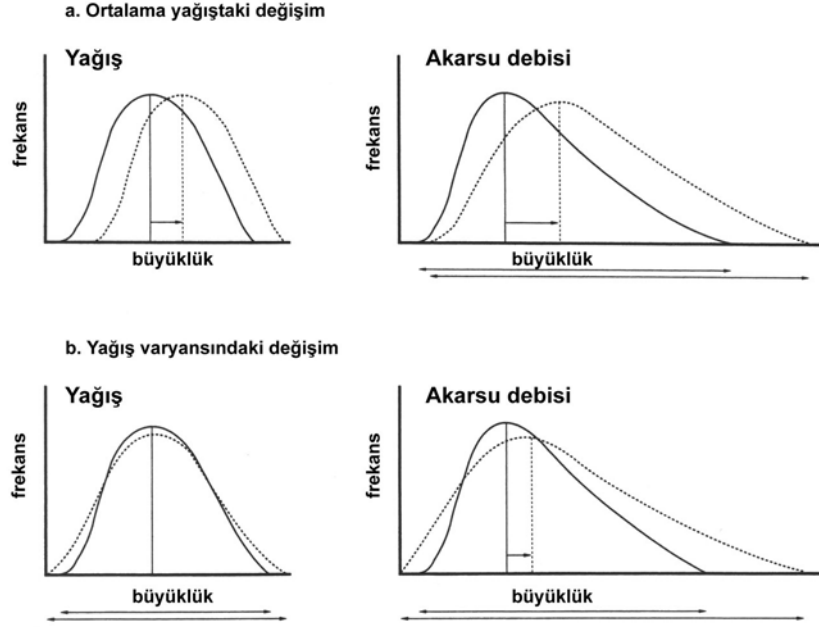
Şekil 2.1. Sera gazlarındaki artışın doğal hidrolojik sistemler üzerine olan etkileri (Arnell 1997)

### 2.1.1. Yağıştaki değişim

Yağış hidrolojik sistemin ana itici kuvvetlerinden birisidir. Miktar, yoğunluk, devam süresi ve yıl içindeki süresindeki değişim akarsu akısını ve yeraltı suyu beslemesini tümüyle etkiler. Fakat etki derecesi, değişim miktarı ve havza tipine bağlıdır. Örneğin, kısa süreli yağışlar, duyarlı havzalarda taşkın rejimleri oluşturabilirken, büyük ve fazla duyarlı olmayan havzalarda ancak uzun süreli yağışlardaki değişimler etkili olabilmektedir. Kış aylarında sıcaklıktaki artış, kar yağış sıklığını azaltırken, yağışın kar şeklinde ve kısa süreli bir periyot halinde oluşmasına neden olur. Bu durum Şekil 2.2.'de belirtilmektedir.

Küresel anlamda yağış miktarı 1900'lerden günümüze kadar %2 oranında artış göstermiştir. Yerkürede bulunan ana buzullardan Alp buzulları gün geçtikçe küçülmektedir. Afrika'da, Kenya dağındaki buzul 1899-1987 arasında %75 oranında azalmış ve bu oranın %40'lık dilimi 1963-1987 arasında ortadan kalkmıştır. Alaska'daki buzullar son on yıl içerisinde iki katından fazla bir azalma göstermiş ve deniz seviyesindeki yükselme de diğer buzullara göre %50 oranında

etkili olmaktadır. Az gibi görünse de oldukça önemli bir miktar olan yıllık kar yağışı oranı son 20 yıl içinde %10 oranında azalma göstermiştir (Hardy 2004).



Şekil 2.2. İklimsel girdilerdeki ortalama ve varyans değişimlerinin hidrolojik çıktılar üzerine olan etkisi (Arnell 1997).

### 2.1.2. Buharlaşmadaki değişim

Küresel ısınma potansiyel buharlaşmayı ve havanın su buharı tutma kapasitesini arttırmaktadır. Budyko (1982) hava sıcaklığındaki her  $1^{\circ}\text{C}$ 'lik artışın %4'lük bir buharlaşma artışı oluşturacağını öngörmüştür. Bununla birlikte, artan sıcaklığın etkileri, net ışınım, nem ve rüzgar hızı değişimleri ile örtüşmektedir. Artan bulutluluk net ışınımın azalmasına yol açmakta ve mutlak nemi arttırmaktadır. Bu yüzden buharlaşma ihtiyacı azalır, fakat yüksek sıcaklık söz konusu olduğunda havadaki doymunluk buhar basıncı artacağından, mutlak nemdeki artış bağıl nemde azalmaya neden olur ve böylece buharlaşma ihtiyacında artış meydana gelir. Aynı şekilde atmosferdeki  $\text{CO}_2$  seviyesindeki artış ve sıcaklık artışıyla bitki örtüsü büyüme miktarı tipi ve hızı etkilenmesi nedeniyle potansiyel buharlaşma+terleme de değişmektedir.

### **2.1.3. Akışa geçen sudaki değişim**

Nemli sıcak bölgelerde, akışa geçen su genelde toprağa sızan ve toprak içinde hareket eden su tarafından oluşturulur ve yağmur doymuş buhar basıncına yakın nem oranına sahip bölgelerin üzerine yağar. Toprak özellikleri, suyun sızması ve toprağın doymuş hale gelme süresi gibi parametreleri etkiler. Yüksek sıcaklık ve fazla yağış toprağın organik içeriğinin azalmasına neden olur ve toprağın nem tutuma kapasitesini azaltır. Yaz aylarındaki artan kuraklıkla birlikte toprak çatlak ve bu da toprağa suyun sızma hızını çok artırır. Artan yağış toprak içinde katmanların oluşmasına neden olarak aşağı doğru sızmayı sınırlandırır. Toprak özelliklerindeki değişim oldukça uzun zaman alır ve etkisi ufak havzalarda daha çok hissedilir.

## **2.2. Yaşam Alanı Üzerine Olan Etkileri**

Denizlerdeki mikrobiyotik yaşam oldukça hassas sıcaklık dengelerine bağlıdır. İklim değişikliğinin bunlar üzerine olan etkisi konusunda az çalışma mevcuttur. Kaliforniya'da kıyı bölgelerinde zooplanktonların sayısında 1951-1993 arasında %80 oranında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalış deniz suyu sıcaklığının 1,2-1,6<sup>0</sup>C artış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Kaliforniya'daki diğer bir çalışmada 1931-1932 yıllarında ve sonrasında 1993-1994 yıllarında yapılan incelemeler sonucunda 32-45 omurgasız canlı türünde güney yarım küre canlılarında artma, kuzey yarım küre canlılarında azalma olduğu gözlemlenmiştir (Hardy 2004).

Denizlerdeki büyük çeşitliliğe sahip mercan resifleri, sıcaklık değişimlerinden etkilenecek üstlerinde bulundukları yosunların yok olması ile ölmekte ve beyazlaşmaktadır. Uydu fotoğrafları ve diğer çalışmalar, aylık 1<sup>0</sup>C'lik sıcaklık anomalilerinin mercan resiflerinin beyazlaşmasına yol açmakta olduğunu göstermektedir.

Kuşlarla ilgili İngiltere'de yapılan bir çalışmada, 25 yıllık bir periyotta (1971-1995) 65 kuş türünden 45'inin yumurtlama mevsiminin, normal döneminden 4-17 (ortalama 8,8) gün öncesine kaydığı belirlenmiştir.

1980-1990 arasında kutup buzullarındaki %6'luk bir azalma nedeniyle daha büyük buzul olmayan bölgeler ve uzun buzul olmayan dönemler nedeniyle

kutup ayılarının avlanma alanları daralmış ve yaşamları tehlikeye girmiştir (Hardy 2004).

### **2.3. Bitkiler Üzerine Olan Etkileri**

Uydu verilerinden edinilen bilgilere göre özellikle 40<sup>0</sup>-70<sup>0</sup> kuzey enlemlerinde 1981-1991 yılları arasında karasal bitki örtüsündeki fotosentez etkinliklerinde bir artış görülmüştür. Ayrıca burada görülen ısınmanın kar örtüsünün mevsiminden daha önce kalkmasına neden olduğu belirlenmiştir. Yaz aylarındaki artan fotosentez ve CO<sub>2</sub> alımı, atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in mevsimsel değişim oranındaki %20'lik artış ile ilişkilidir (Hardy 2004).

Hızla değişen iklim koşulları mevcut ekosistem üzerinde de büyük zararlar meydana getirmektedir. Örneğin yüksek kesimlerde bulunan çam ve köknar gibi ağaç türlerinin göçü için 0,015<sup>0</sup>C/10 yıl gibi bir değerden daha az bir sıcaklık artışı gerekmektedir. Eğer bu artış hızından daha fazla bir sıcaklık artışı olursa bu türler yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır (Markham 1995). Oysaki bu sıcaklık artışı gelecek yıllar için 0,1<sup>0</sup>C/10 yıl olarak tahmin edilmektedir.

### **2.4. Tatlı Su Sistemleri Üzerine Olan Etkileri**

İklim değişikliğine bağlı olarak değişim gösteren yağış, yüzeysel akış ve toprak nemi doğal sistemler üzerinde büyük etkiye sahip olacaktır. Karada, akarsularda ve göllerdeki yaşam tatlı su miktarına bağlıdır. Küresel anlamda yağış miktarı yılda ortalama 86 mm iken genel anlamda 25-254 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Bu farklılıklar, sıcaklığın ve çöllerden yağmur ormanlarına kadar büyük karasal ekosistemlerin coğrafik dağılımını belirlemektedir.

Günümüzde 1.7 milyar insan veya dünya nüfusunun üçte birlik dilimi su kıtlığı yaşamaktadır ve bu nüfus yenilenebilir su kaynaklarının %20'sinden fazlasını kullanmaktadır. Tahmin edilen büyüme oranları ile bu nüfus 2025 yılında 5 milyar civarında olacaktır.

SRES A2 senaryosunda 30 yıllık bir periyotta 2071-2100 arasında yağış miktarının 1961-1990 aralığına nazaran %3,9 (%1,3-6,8 aralığında) oranında artış göstereceği öngörülmektedir. Fakat bölgesel ve mevsimsel değişimler ortalama

değere göre çok daha fazla önem arz etmektedir. Havadaki nem yukarı enlemlere taşınır ve buralarda yazlar hariç yüksek yağışlar görülürken, 5-30<sup>0</sup> enlemleri arasında iklim değişikliği su miktarını, su ihtiyacını ve su kalitesini etkileyecektir.

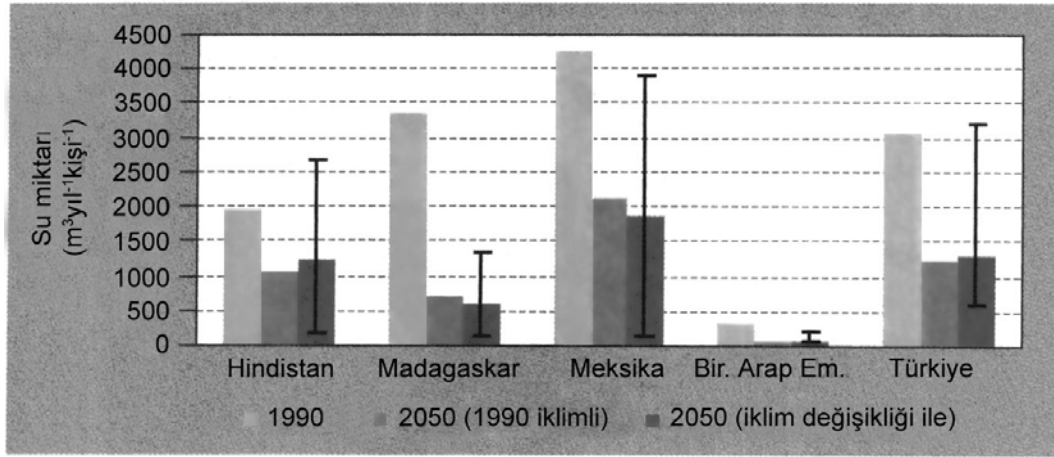
#### **2.4.1. Yüzey ve yeraltı suları**

Suyun hidrolojik çevriminde önemli bir yer tutan buharlaşma+terleme sayesinde suyun bir kısmı atmosfere geri döner. Solunum ile su kaybı atmosferdeki CO<sub>2</sub> derişimi ile yakından ilişkilidir. Bitki bünyesinde daha fazla tutulan CO<sub>2</sub> yapraklardaki pH seviyesini düşürerek yapraklardaki stoma hücrelerindeki deliklerin (porların) kapanmasına ve su kaybının azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda su-toprak doygunluk değerinde ve su yüzeyinde akışa geçen suda %60-85 oranında artış olabilecektir (CO<sub>2</sub> derişiminin iki katı olması durumunda).

Model çalışmaları göstermektedir ki, sıcaklık, evaporasyondaki artış ve yağıştaki azalış çeşitli su sıkıntılarına neden olacaktır. Sıcaklıktaki ufak bir artış bile, yağıştaki derişim ile birlikte yüzeysel akışta oldukça büyük derişimlere neden olabilecektir. CO<sub>2</sub> derişimin iki katına çıkması, yağışta bölgesel olarak ±%20'lik bir derişime neden olurken, yüzeysel akış ve toprak neminde ±%50'lik bir derişime neden olabilecektir (Hardy 2004). Yüzeysel akışlardaki derişim rezervuarların veya diğer depolama sistemlerinin tasarlanması aşamasını oldukça etkileyeceklerdir. Barajların tasarlanmasında esas olan kurak dönemlerin iklim değişikliği ile sıklıklarının ve miktarlarının artması veya azalması mevcut su depolama sistemlerini olumsuz yönde etkileyecektir.

İklim değişikliği var olan su kıtlığına katkıda bulunacaktır. IPCC (1996) 1990 ile 2050 arasında iklim değişikliği arasında kişi başına düşen su ihtiyacındaki potansiyel derişimleri incelemiştir. İklim değişikliği olmasa bile, nüfusun artması su miktarında büyük azalışlara neden olacaktır (Ör.Kenya ve Madagaskar) (Bkz. Şekil 2.3. ).





Şekil 2.3. 1990 ve 2050 yıllarında kişi başına ihtiyaç duyulan su miktarı (Hardy 2004)

Su bütçesindeki bölgesel değişimler hala belirsiz bir durumdadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri için Hadley merkezi ve Kanada iklim modellerinin her ikisi de sıcaklık ve potansiyel buharlaşma+terleme değerlerinde 2100'e kadar önemli bir artış öngörürken, Hadley merkezinin iklim modellerin su taşkınlarında artışı, Kanada iklim modelleri su kıtlığını öngörmektedir.

#### 2.4.2. Kuraklık ve toprak nemi

Küresel ısınma bazı bölgelerde yüksek yüzey sıcaklıklarına neden olacak ve buna bağlı olarak buharlaşma+terleme değerleri artacak ve toprak nemi azalarak daha sık kuraklıklar yaşanacaktır. Toprak nemi bitki büyümesi ve tarımsal etkinlikler için oldukça önemlidir. Kuzey Amerika'da gerçekleştirilen bir çalışmaya göre Güney Teksas ve Kuzey Meksika'da Mayıs-Eylül ayları arasında yağış 5cm'den daha az düşecek ve pik yaz buharlaşma+terlemesi %27 oranında artacaktır. 12 küresel bölge incelendiğinde potansiyel buharlaşma+terleme değerlerinde bir artış gözlemlenmektedir. Düşük sıcaklıklar nedeniyle, yüksek bölgelerde kışın buharlaşma+terleme ısınmadan çok az etkilenecektir. Yağış genel anlamda artış eğilimi gösterirken, ilave su buharlaşma+terleme nedeniyle kayıptan az olacaktır. Bu nedenle yıllık su noksanlığı değerlerinde artış gözlemlenecektir (Güney Kanada ve Ukrayna hariç). 12 bölgenin 7'sinde kuraklığa doğru bir kayma olduğu gözlemlenmektedir.

### 2.4.3. Göl ve akarsu canlı yaşamı

Devam eden ısınma göllerde termal yapı ve canlı yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. İklim değişikliği her canlıyı ve beslenme biçimini değiştirecektir. Böylece, ısınma canlı bileşimini, durağanlığını ve su ekosistemindeki besin ağını etkileyecektir. İklim değişikliğinin doğrudan etkisi, sıcaklığın, su seviyesinin, buzsuz periyodun ve çözünmüş gazların değişmesi şeklindedir. Artan sıcaklık oksijenin sudaki çözünürlüğünü azaltır ve mikrobiyal oksijen ihtiyacını artırır. Bu iki süreç sudaki oksijen seviyesini azaltıcı bir etki oluşturur. Değişen yağış ve buharlaşma da özellikle yarı kurak kıta ortalarında bulunan göllerin kimyasını değiştirir. Paleoekolojik bulgulara ve iklim senaryolarına göre göllerin tuzluluğu artacak, fitoplankton türlerinin değişmesine ve besin ağının değişmesine neden olacaktır (Hardy 2004).

Amerika'da yapılan bir çalışmadaki CO<sub>2</sub> derişiminin iki katına çıkacağını ön gören senaryoya göre ılıman göllerde buz oluşumu 20 gün kadar gecikecek ve buz kaplı dönem 58 gün kadar kısılacaktır. Temel verilerle karşılaştırıldığında (1961-1979) kış sıcaklıklarında değişim az olurken, yaz sıcaklıklarında 3-4<sup>0</sup>C'lik artış yaşanacaktır. Bunun nedeni sıcak suyun daha az yoğun oluşu ve katmanlaşmanın daha fazla olmasından kaynaklanacaktır. Kanada ve Alaska'da gerçekleştirilen çalışmalarda 50 yıla kadar dünya ortalamasının iki katı kadar olan 3-6<sup>0</sup>C'lik artışların olması durumunda kutup göllerindeki besin ağı tümüyle değişecekği öngörülmüştür. Göl alabalıkları çok hızlı bir şekilde azalacak ve termal yaşama alanı daralacaktır.

Akarsularda omurgasızlar, balık gibi yüksek canlılar için besin maddesi olarak bulunurlar. Akarsu sıcaklığındaki 2-3,5<sup>0</sup>C'lik artışlar bunların nüfus yoğunluğunu, boyutlarını ve üremelerini azaltabilir. Soğuk yeraltı suyu deşarjları, pek çok yerde somon ve alabalık gibi türlerin bulunmasını sağlar. Genelde yeraltı suyu sıcaklığı kışın hava sıcaklığından daha fazladır ve küresel ısınma ile artacağı öngörülmektedir. Hava sıcaklığındaki dalgalanmalar toprağın kök bölgesinin sıcaklığında da dalgalanmalara neden olur. Dağlık bölgelerde, artan yükseklik ile birlikte yeraltı suyu sıcaklığı azalır. Ayrıca bitki örtüsünün yaptığı gölge de yeraltı suyu sıcaklığını azaltır.

Alabalık ve somon türleri 12-18<sup>0</sup>C sıcaklık aralığını tercih eder. Bu aralığa termal alan adı verilir. Yaz sıcaklıklarındaki 4-5<sup>0</sup>C'lik artışlar bu termal alanı daraltacaktır. Bir hipoteze göre bu artış yüksek kesimlerde alabalık büyüme hızında artışa neden olacaktır. Bununla birlikte, sıcaklıktaki 2<sup>0</sup>C'lik artış bu büyüme hızını sağlayabilmek için beslenme miktarını %15-20 oranında arttıracaktır.

#### **2.4.4. İnsan yapıları**

İklim değişikliğinin akarsu ve gölleri etkilemesi, taşımacılık, sulama, güç üretimi atık giderimi gibi insan etkinliklerini de etkileyecektir. Kuzey Amerika'daki bir çalışmada incelenen Büyük Göller dünyanın taze su rezervlerinin %20'sini depolamaktadır ve Amerika nüfusunun %12'si ve Kanada nüfusunun %27'si bu havzada bulunmakta ve yararlanmaktadır. CO<sub>2</sub> derişiminin iki katına ulaşacağını öngören senaryoya göre gölleri besleyen akarsu su miktarları %15-21 oranında azalacaktır ve kış sıcaklığı 5<sup>0</sup>C yaz sıcaklığı 3<sup>0</sup>C artacaktır. Buharlaşan su miktarı yüzeysel akışa geçen su miktarını aşacak ve göllerdeki su seviyeleri yaklaşık 1,5 m azalacaktır. Bu azalma göllerdeki taşımacılık ve denizcilik etkinliklerini engelleyecektir. Su seviyelerindeki azalma güç üretimini de sıkıntıya sokacaktır. Akarsuların göllere girerek buradaki kirleticileri yıkayıcı etkisi şeklinde gerçekleşen ekolojik dengeler bozulacaktır. Deniz suyu seviyesindeki artış yer altı sularına tuzlu karışma oranını arttıracak ve tatlı su kalitesini etkileyecektir.

#### **2.4.5. Sulak alanlar**

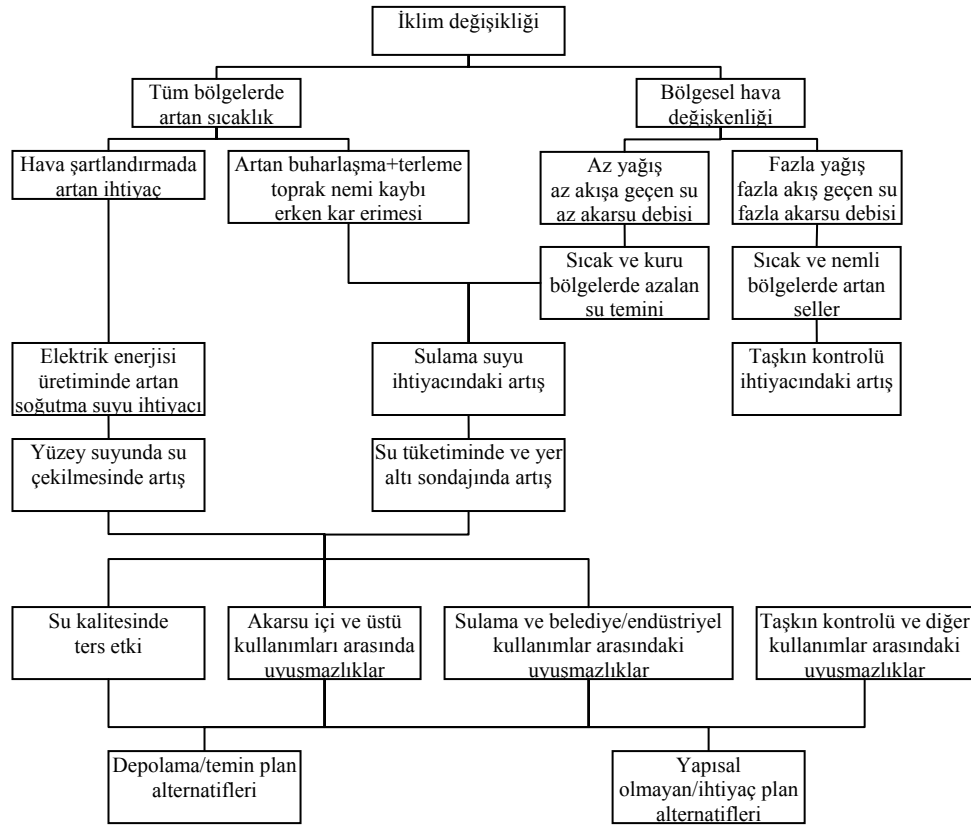
Artan sıcaklık ve yüzey sularındaki değişim sulak alanlardaki toplulukları etkileyecektir. Sulak alanlar tümüyle veya kısmen su altında kalan sistemlerdir ve bitki örtüsü tümüyle suya doymuş toprağa göre kendisini uyarlamıştır. Kıyusal veya tatlı su sulak alanlar endemik olan bazı bitki ve hayvan türlerini barındırmaktadır. Su seviyesindeki mevsimsel ve yıllık değişimler bitki örtüsünün büyümesini düzenler ve biotanın tüm etkinliklerini etkiler.

Şehirleşme, tarımsal arazi haline getirme gibi etkinliklerden sulak alanlar etkilenmektedir. Çünkü insan yapımı yapılar sulak alan biotasının göçünü ve değişen su seviyesine karşı düzenini etkilemektedir. Amerika'daki Great Lakes de

yapılan iklim çalışmaları değişen su seviyelerine karşı sulak alanların risk altında olduğunu göstermektedir.

## 2.5. Su Yönetimi

İklim değişimi, artan nüfus ve su ihtiyacı ile birlikte faydalı insan kullanımları için suyun yönetiminde yeni olguları ortaya çıkartmaktadır. İnsan kullanımı için suyun kullanımı her zaman zor ve pahalı bir etkinliktir. İnsanlar bir yerde sellere adapte olmaya çalışırken diğer tarafta kuraklıkla baş etmek zorunda kalacaktır. İklim değişikliği su kaynakları üzerindeki çatışmaları da alevlendirebilecektir (Bkz Şekil 2.4. ). Sürdürülebilir su teminin yönetiminde iklim değişikliğine de yer veren yapılanmaların olması gerekecektir.



Şekil 2.4. Su temini ve ihtiyacı üzerine iklim değişikliğinin etkisi

İklim değişikliği su çevrimindeki birçok bileşeni etkilese de, nüfus artışı ve son yıllardaki ekonomik gelişmeler kişi başına düşen su ihtiyacı konusunda daha ağır basmaktadır. Gelecek 30 yılda, ulaşılabilir akışa geçen su %10 oranında azalacak, fakat aynı periyotta dünya nüfusu %33 oranında artacaktır. Verimli su kullanımı hızlı bir şekilde artmadığı müddetçe, kişi başına düşen tatlı su oranı

daha da dūŕecektir. Su kaynaklarının ve yōnetimlerinin ۆnemini fark eden UNESCO Dūnya Su Deęerlendirme Programını geręekleŕtirmiŕtir. Programın ilkesi temel sūreęler, yōnetimler ve yasaların daha iyi anlaŕılmasını saęlayacak beceri ve araęların geliŕtirilmesidir. Bu ilkeler dūnya tatlı su kaynaklarının kalitesi ve teminini geliŕtirmeye yardım edecektir.

### **3. İKLİM SENARYOLARI VE MODELLERİ**

Küresel bazda oluşturulan çevrim modellerinde kullanılan iklim senaryoları iki ana gruba ayrılmakta ve IS92a ve SRES senaryoları olarak adlandırılmaktadır.

#### **3.1. IS92 Senaryoları**

6 alternatif IPCC senaryosu (IS92a-f) 1992 yılında IPCC değerlendirme ek raporunda yayınlanmıştır (http-1 2004). Bu senaryolar sera gazları ile ilgili yasaların yokluğunda ve sonrasında kabul edilmesi gibi bir dizi yaklaşımlar içermektedir. Senaryolar farklı ekonomik, sosyal ve çevresel koşullardaki dünyalar göz önüne alınarak olası sera gazlarının niceliksel açıdan yayılımını içermektedir.

IS92a bu senaryolar içinde ortalama öngörülere sahip bir senaryodur. Nüfus 2100'e kadar 11,3 milyara ulaşacak ve ekonomik büyüme 1990-2100 arasında klasik ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile birlikte yılda ortalama %2,3 civarında olacaktır. En yüksek sera gazı emisyonunu öngören IS92e senaryosunda, diğer öngörülerin bir karışımı olan ortalama nüfus artışı, yüksek ekonomik büyüme, yüksek oranda fosil yakıt kullanımı ve nükleer yakıtların kademe kademe kullanılmaması bulunmaktadır. Diğer bir uç senaryo olan IS92c'de CO<sub>2</sub> emisyon salınımlarının 1990 seviyelerine ineceği öngörülmektedir. Nüfusun önce artacağını, daha sonra gelecek yüzyılın ortalarına doğru azalacağını, ekonomik büyümenin düşük ve fosil yakıt kaynaklarında kısıtlamanın olacağını öngörmektedir (http-1 2004).

##### **3.1.1. IS92a emisyon senaryosu**

IS92a senaryosu dünya nüfusunun, 1991 dünya bankası projeksiyonuna göre 2100'de 11,3 milyar kişi olacağı ve bunun %94'ünün gelişmekte olan ülkelerde yaşayacağını öngörmektedir. Ekonomik büyümenin dünya bankasının tahminlerine göre daha düşük bir eğilim sergileyeceği öngörülmektedir.

IS92a senaryosunda Aralık 1991'de kabul edilen emisyon kontrolü yasalarının iklim değişikliğini azaltıcı etkide bulunacağı kabul edilmektedir. Bu yasalar SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds) gibi

gazların emisyonunun kontrolünü ve kısmen Montreal protokolünde kabul edilen halokarbonların üretimi ve kullanımı ile ilgili kısıtlamaları içermektedir. IS92a senaryosu 1991 aralığında OECD ülkelerinin almış oldukları kararlar çerçevesinde CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasına yönelik hedefleri kapsamamaktadır.

IS92a'da kullanılan enerji yaklaşımında enerji yoğunluğu 2025 yılına kadar yıllık %0,8, 2025-2100 yılları arasında yıllık %1,0'luk küresel bir azalma görülmektedir. Birim gayri safi milli hasıladaki enerji azalması Çin'de 2100'e kadar, Doğu Avrupa ve Sovyetler Birliğinde 2000'den 2025'e kadar yoğun bir şekilde hissedilecektir. IS92a senaryosunda, birincil enerji kaynaklarının farklı şekillerdeki paylaşımları, fosil yakıtlardaki sınırlamalar, enerji teknolojilerindeki gelişmeler ve enerji fiyatlarında hesaplanan artışlar nedeniyle önemli ölçüde değişir. Klasik petrol ve gaz üretimi, kömürden ve diğer fosil olmayan enerji türlerinden, sentetik yakıt üretimi gibi klasik olmayan fosil kaynaklarla dereceli olarak yer değiştirecektir. Fosil olmayan enerji kaynaklarının maliyetleri önümüzdeki yüzyılda fark edilir şekilde bir düşme gösterecektir. 2100 yılına doğru, nükleer, güneş, hidroelektrik ve biyo-yakıtlar küresel birincil yakıt gereksiniminin %43'ünü karşılar hale gelecektir (http-2, 2004).

IS92a'da ormanların yok edilmesi 2025 yılına kadar yılda 22 milyon hektar civarındayken sonrasında azalacaktır. Tüm tropikal ormanların %73'ü (1,4 milyar hektar) 2100'e kadar yok olacaktır. Korulukların kurulmasıyla 1990-2100 arasında 118 milyon hektar orman arazisi kazanılacaktır.

### **3.2. SRES Senaryoları**

IPCC 2000 yılında Emisyon Senaryoları Özel Raporunu (SRES-Special Report of Emission Scenarios) yayınlamıştır. Bu rapor üçüncü değerlendirme raporunda kullanılan yeni emisyon senaryo setlerini açıklamaktadır. SRES senaryoları, sera gazları ve aerosol üreten gazların üretimi gibi bazı özel referanslarla küresel bazda gelecekteki değişimleri belirlemek için oluşturulmuşlardır. Tüm SRES senaryoları iklim değişikliğine karşı hafifletici bir unsur içermemektedir (http-3, 2004). Bu senaryolarda aşağıda belirtilen terminoloji kullanılmaktadır;

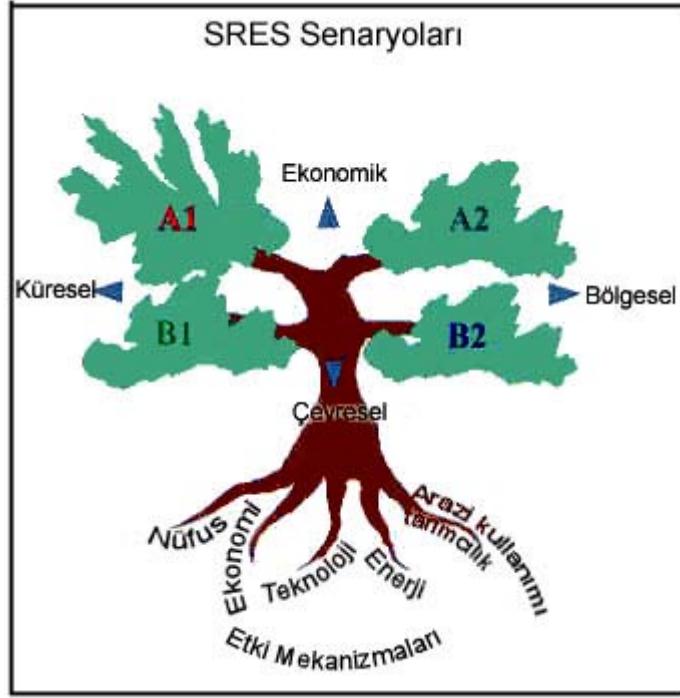
- Yaşam öyküsü: Senaryonun (veya bir senaryo ailesinin) ana senaryo karakteristiklerinin ve dinamiklerinin anahtar itici güçler arasındaki ilişkileriyle öyküsel bir açıklaması.
- Senaryo: Ölçülebilir bir yaşam öyküsü ve yalın yapıyla gelecekteki potansiyelin tahmini.
- Senaryo ailesi: Aynı demografik, polito-sosyolojik, ekonomik ve teknolojik yapıdaki bir veya daha fazla senaryonun yaşam öyküsü.

Bu yaklaşım ile dört farklı senaryo ailesi geliştirilmiştir. Bu senaryo ailelerinin her birinin yaşam öyküsü tek bir demografik, polito-ekonomik, sosyal ve teknolojik gelecek dahilinde açıklanmıştır. Her senaryo ailesindeki bir veya birden fazla senaryo da küresel enerji endüstrisi ve diğer gelişimlerin sera gazı salınımları ve diğer kirleticiler üzerine olan etkisini dikkate almaktadır. Senaryolar 21. yüzyıl için 2 önemli soruya ışık tutmak için geliştirilmiştir. Bunlar,

- Küresel problemleri yönetmek için kurumlar ve andlaşmalar yeterli midir?
- Toplumsal değerler malzeme zenginliği üzerine mi odaklanacak yoksa daha dengeli bir çevre, sağlık ve sosyal yapı mı içerecek?

Bu soruların cevaplandırılması bahsedilen dört senaryo ailesini yönlendirmektedir (Bkz. Şekil 3.1.). Bu senaryo aileleriyle, sera gazı salınımına katkıda bulunan olası enerji endüstrileri ve diğer gelişimler ele alınmıştır. Yaşam öyküleri kesin iklim değişikliği politikası ölçümleri içermese de, senaryoların bazılarında dolaylı hafifletici etkiler içeren yapılar bulunmaktadır. Senaryo değerlendirmelerinin ana belirteçleri nüfusun ve ekonominin büyümesi, enerji sistemlerinin karakteristiği ve sera gazı emisyonlarının önceki çalışmaların dahilinde tümüyle azalmasıyla ilişkilidir.





Şekil 3.1. SRES senaryolarının şematik gösterimi (http-3, 2004)

### 3.2.1. SRES A1 senaryosu

Gelecekte dünya çok hızlı bir ekonomik büyüme yaşayacaktır. Nüfus artışı yavaş, yeni ve daha verimli teknolojilerin üretimi daha hızlı olacaktır. Temeldeki yaklaşımlar bölgeler arası kişi başına düşen gelir miktarındaki farkların önemli oranda azalmasıyla yapılaşma kapasitesi ve kültürel-ekonomik birleşmedir. İnsanlar çevre kalitesinden ziyade kişisel yaşam kalitelerini ön planda tutmaktadır. A1 senaryo ailesinde 3 farklı grup oluşmuştur. Bu gruplar enerji sistemlerindeki teknolojik değişimleri ve yönelimleri açıklamaktadırlar. Bu 3 A1 grubu teknolojik yönelimleri açısından; fosil yakıt yoğun (A1F1), fosil yakıt olmayan yakıtlar yoğun (A1T) ve tüm kaynakların dengede kullanıldığı (A1B) senaryolar şeklinde ayrılmaktadırlar.

### 3.2.2. SRES A2 senaryosu

Çok heterojen bir dünya söz konusudur. Bölgesel kültürel yapı, aile değerleri ve bölgesel alışkanlıklar bu senaryoda güçlü etkiye sahiptir. Hızlı bir nüfus artışı ve bununla bağlantılı hızlı bir ekonomik gelişmeyi ön görmektedir.

### 3.2.3. SRES B1

Dünyanın ekonomik yapısındaki hızlı değişimle küreselleşmesi, demateryalizasyon ve temiz teknolojilerin kullanılmaya başlanmasını içermektedir. Çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin küresel boyuttaki çözümlerine teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi, ekonominin demateryalizasyonu ve gelişen eşitlik anlayışlarını da içerecek şekilde önem verilmiştir.

### 3.2.4. SRES B2

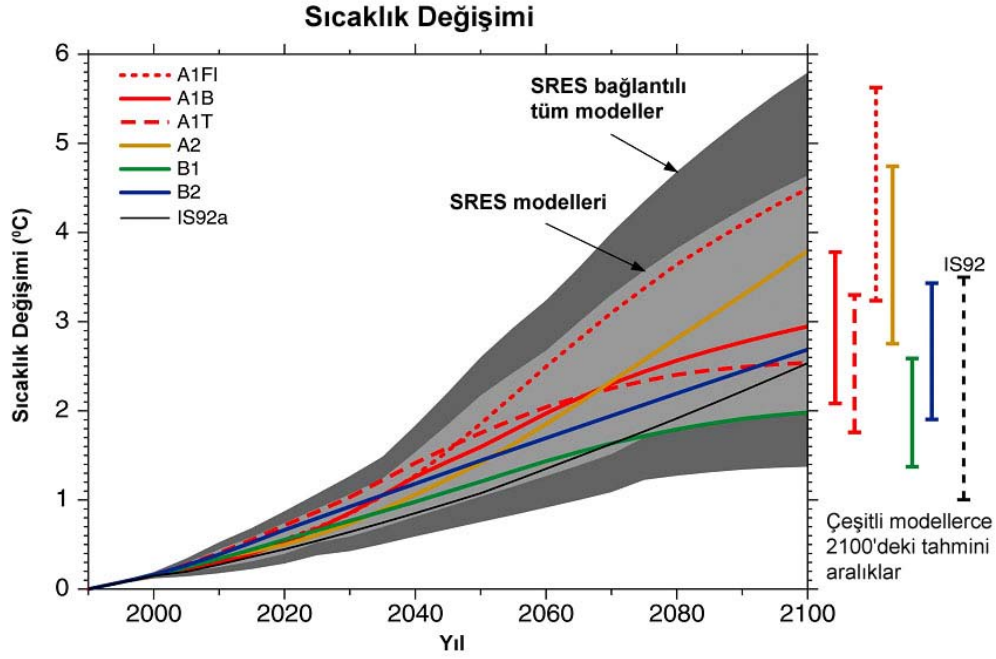
Dünya ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlikte yerel çözümlere yönelmiştir. Dünya teknolojik anlamda daha çeşitli ve orta hızda değişimler geçirirken, küresel çözümler yerine yerel sosyal değişiklikler ve toplumsal girişimler söz konusudur.

Yukarıda belirtilen SRES senaryoları Şekil 3.2.'de niceliksel açıdan gösterilmiştir.

| Senaryo | Nüfus | Ekonomi | Çevre | Eşitlik | Teknoloji | Küreselleşme | İklim |
|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|--------------|-------|
| AIFI    |       |         |       |         |           |              |       |
| AIB     |       |         |       |         |           |              |       |
| AIT     |       |         |       |         |           |              |       |
| B1      |       |         |       |         |           |              |       |
| A2      |       |         |       |         |           |              |       |
| B2      |       |         |       |         |           |              |       |

Şekil 3.2. SRES Senaryolarının niceliksel açıdan incelenmesi (http-4, 2004)

İklim senaryolarının ele aldıkları unsurlardaki değişiklikler bu senaryolardan elde edilen sonuçları da etkilemektedir. Şekil 3.3.'de iklim senaryolarına göre sıcaklık değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İklim senaryolarına göre zamana karşı sıcaklık değişim grafiği (http-4, 2004)

### 3.3. GCM-Küresel İklim Modelleri

Genel çevrim modelleri (GCMs) olarak da bilinen küresel iklim modelleri iklim sisteminin ana bileşenlerini üç boyutta ele alması dolayısıyla en karmaşık iklim modelleridir. Bu modeller mevcut atmosferik süreçlerin açıklanmasında ve oluşturulan iklim değişikliği senaryolarından (iklimin nasıl olacağını ifade eden olası betimlemeler) elde edilen iklim değişikliği deneylerinde kullanılan bir araçtır. Her bir GCM'nin tasarım ve yapısı gerçekleştirilecek iklim değişikliği deneyini belirler. Bu özellikler iklim sistemini açıklayan bilimsel gerçekler ve mevcut hesaplama kaynaklarıyla sınırlıdır. Günümüzde bu model çalışmaları oldukça az sayıda gerçekleştirilmektedir. Bu modellerin oluşturulmasındaki yoğun emek ve çalıştırılmaları esnasında istenen yoğun işlemci gücünün sağlanmasının güçlüğü nedeniyle sınırlıdır. Birkaç büyük araştırma enstitüsü bu tür modelleri oluşturarak kendi bünyelerinde uygulamaktadır (Dam 1999). Bu enstitüler;

- Kanada İklim Merkezi (CCC, the Canadian Climate Center),
- Ulusal Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizasyonu, Avustralya (CSIRO, the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation),

- Avrupa Orta menzilli Hava Tahmin Merkezi, İngiltere (ECMWF, the European Centre for Medium-range Weather Forecasting),
- Jeofiziksel Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı, Princeton, A.B.D. (GFDL, the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory),
- Goddard Uzay Bilimleri Enstitüsü, A.B.D. (GISS, the Goddard Institute of Space Sciences),
- Meteorolojik Dinamikler Laboratuvarı, Paris, Fransa (LMD, the Laboratoire du Météorologie Dynamique),
- Max Plank Enstitüsü, Almanya (MPI, the Max Plank Institute),
- Meteorolojik Araştırma Enstitüsü, Japonya (MRI, the Meteorological Research Institute),
- Ulusal Atmosferik Araştırma Enstitüsü, A.B.D. (NCAR, the National Center for Atmospheric Research),
- Oregon Eyalet Üniversitesi, A.B.D., (OSU, Oregon State University),
- Birleşik Krallık Meteoroloji Ofisi, Birleşik Krallık, (UKMO, the United Kingdom Meteorological Office / Hadley Centre).

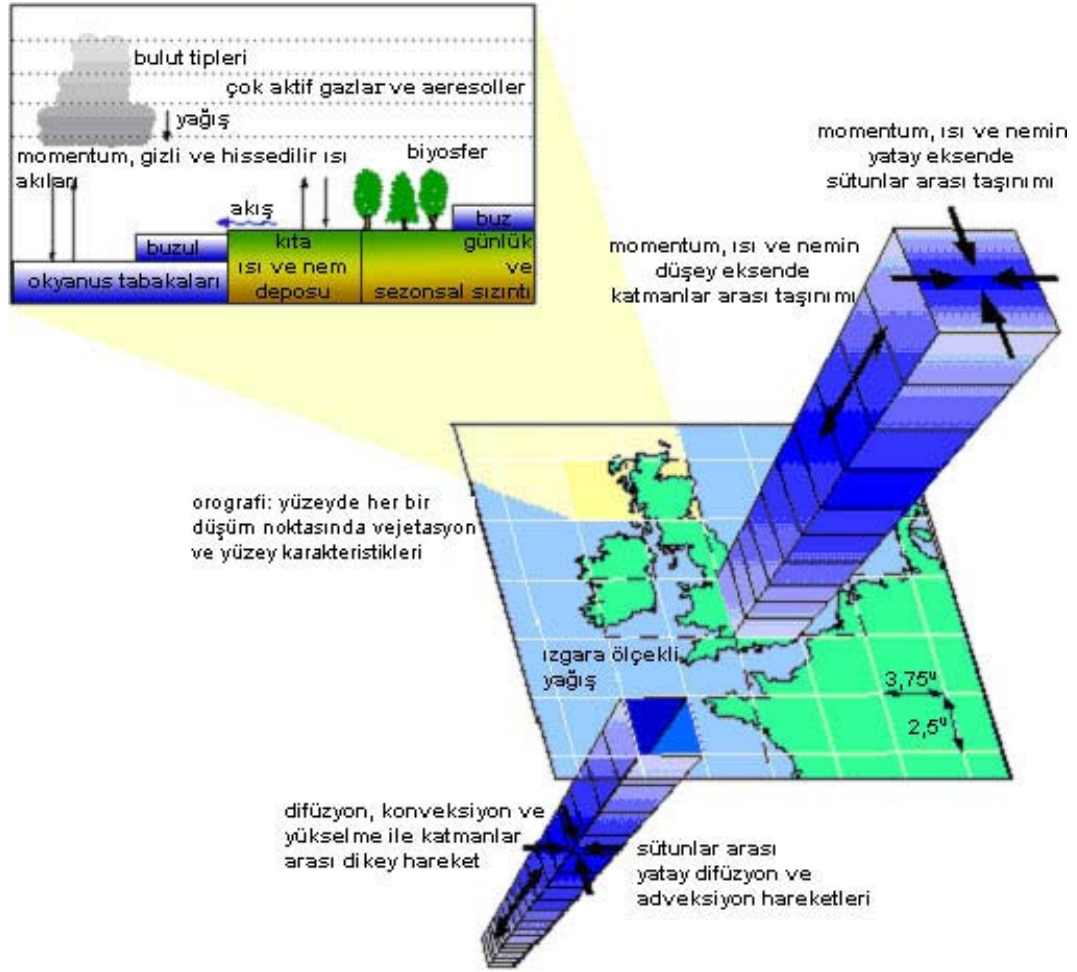
GCM'lerin tarihsel gelişiminde, bilişim teknolojisi ile iklim değişikliği deneylerinin doğası arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Hadley Centre modellerinin tarihsel gelişimi Çizelge 3.1.'de görülmektedir.

**Çizelge 3.1.** Hadley Centre GCM'lerinin tarihsel gelişimi (http-5, 2004).

| Model İsmi ve Deneyler  | Yıl  | Okyanus  | Çözünürlük<br>Enlem x Boylam |
|---|------|--|------------------------------|
| <b>UKLO</b><br>Denge 10 yıl integrasyon   | 1987 | Tabakalı okyanus   | 5,0 x 7,5                    |
| <b>UKHI</b><br>Denge 10 yıl integrasyon   | 1990 | Tabakalı okyanus   | 2,5 x 3,75                   |
| <b>UKTR</b><br>Kısa süreli soğuk başlatma<br>Çoklu 10 yıl integrasyonu  | 1992 | 20 katmanlı okyanus  | 2,5 x 3,75                   |
| <b>HadCM2</b><br>Kısa süreli sıcak başlatma<br>Tarihsel zorlamalı<br>Çoklu gaz<br>Çoklu yüzyıl integrasyonu<br>Çoklu üyeli topluluk   | 1995 | 20 katmanlı okyanus  | 2,5 x 3,75                   |
| <b>HadCM3</b><br>HadCM2 gibi fakat gaz yaşam<br>döngüsü ve biosfer modelinin<br>başlangıç halini içermektedir.<br>Akım düzeltmesi yok | 1998 | 20 katmanlı okyanus 1,25 x<br>1,25 <sup>0</sup> çözünürlüklü | 2,5 x 3,75                   |

GCM'ler 3 ana tipe ayrılabilirler. Bunlar;

1. Atmosferik GCM'lerin basit katmanlı okyanus (okyanus tek sabit bir tabaka olarak belirtilir) ve basit yerküre parametrisasyon şemaları ile birlikte kullanımı (Örneğin UKLO ve UKHI).
2. Atmosferik GCM'lerin üç boyutlu okyanus sistemleri (okyanus akıntıları ve ısı taşınımlarını içermektedir) ve basit yerküre parametrisasyon şemaları ile birlikte kullanımı (Örneğin UKTR). Şekil 3.4.'de Okyanus-Atmosfer GCM modeli kavramsal olarak gösterilmiştir.
3. Atmosferik GCM'lerin üç boyutlu okyanus sistemleri ve üç boyutlu karasal biyosfer modelleri ile birlikte kullanımı (Örneğin HadCM2 ve HadCM3).



Şekil 3.4. Okyanus-atmosfer GCM modelinin kavramsal gösterimi (http-5, 2004)

Tümüyle birleşik atmosfer-okyanus GCM'lerini geliştirmek ve iklim değişikliği deneylerini çalıştırmak için çok yüksek performanslı hesaplama kaynakları gerekmektedir. Dünyadaki çok az enstitü bu kapasiteye sahiptir. Örneğin Hadley Centre'da her birinde 900'ün üzerinde işlemciye sahip 2 adet CRAY 3TE süper bilgisayar ile bu işlemler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bu verileri saklama amaçlı multi-terabyte kapasiteli veri depoları kullanılmaktadır.

### **3.4. İklim Değişikliği Deneyleri (GCM)**

GCM'lerle yapılan iklim değişikliği deneyleri 2 ana kısma ayrılmaktadır. Bunlar;

- Denge iklim değişikliği deneyleri
- Geçici İklim değişikliği deneyleri şeklindedir.

#### **3.4.1. Denge iklim değişikliği deneyleri**

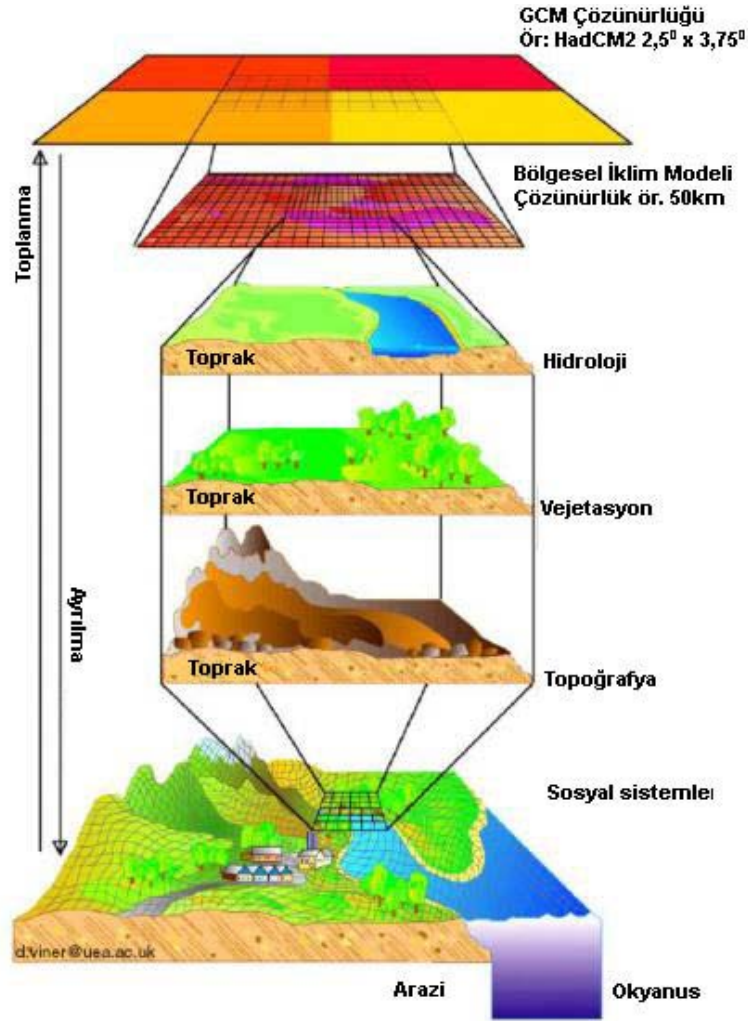
İklim değişikliği deneylerinin ilk nesilleri yalnızca atmosfer GCM'leri ile yapılmıştır. Bunlar atmosferdeki CO<sub>2</sub> derişiminin anlık artışlarında (genelde 2 katı olması durumunda) sistemin vereceği cevabı modellemeye yöneliktir. Okyanus bileşeninin olmayışı ve dönemin bilgisayarlarının yavaş olması nedeniyle deneyler kısa zaman periyotlarını modellemiştir (Örneğin 10 yıl) ve sonuçları takvimsel olarak belirtilememiştir.

#### **3.4.2. Geçici iklim değişikliği**

Daha güçlü bilgisayarların ortaya çıkışıyla iklim değişikliği deneylerinde okyanus-atmosfer çiftleri, hatta sonraları okyanus-atmosfer-biyosfer GCM'leri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Günümüzdeki iklim değişikliği deneyleri birkaç yüzyıllık zaman dilimini içerisine alacak şekilde, farklı ışınım güçlerinin etkisi altında farklı senaryoların yaratacağı etkileri belirlemek amacıyla kullanılabilir. Bu deneylerdeki en büyük gelişme sonuçların takvim yıllarıyla bir araya getirilebilir olmasıdır.

### 3.5. GCM İklim Değişikliği Deneylelerinden Elde Edilen Sonuçlar ve Uygulanması

İklim değişikliği deneylelerinin sonuçları iklimin değişmesiyle ekosistemin ve/veya sosyo-ekonomik sistemlerin nasıl etkileneceğinin belirlenmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. GCM'lerin mekansal çözünürlüğü oldukça kabadır (300x300-1000x1000km<sup>2</sup>). Bu durum bazı hatalara neden olmaktadır. Etki analizlerinin pek çoğu 50 km veya daha az boyutta gerçekleştirilmektedir. Ölçekten kaynaklanan bu sorunların üstesinden gelebilmek için Şekil 3.5.'de belirtildiği gibi senaryolar yeniden düzenlenir. Bölgesel çevrim modelleri (RCM, Regional Climate Model) küresel çevrim modellerinin verilerini kullanarak bölgesel uygulamalar için kullanılır.



Şekil 3.5. GCM'lerin yerel bir bölgeye uygulanması (http-5.,2004)

#### **4. HSPF PROGRAMININ TANITIMI**

HSPF bir su havzasındaki hidrolojik çevrimin bütün niteliksel ve niceliksel süreçlerini sürekli bir bazda simüle eden bir modeldir (Anonim-3). Modelin hidrolojik bileşeni üzerinde çalışmalar 1966 yılında Stanford Watershed Model ile başlamış, yıllar boyu gerek modelleme çalışmaları, gerekse saha gözlemleri ile elde edilen bilgiler modele eklenmiştir. HSPF'in su kalitesini modelleyen kısımları yıllarca denenmiş ve kullanılmış olan ARM (Agricultural Runoff Model) Tarımsal akışa geçen su modeli ve NPS (Nonpoint Source Model) yaygın kaynak modelleri üzerine inşa edilmiştir.

HSPF yazılımı doğrudan erişimli bir zaman serisi yönetim sistemi temelinde planlanmıştır. Sistem, çeşitli simülasyon ve uygulama modüllerini bireysel veya grup halinde işleme sokabilecek şekilde tasarlanmıştır ve hiyerarşik bir düzeni takip etmektedir.

HSPF model programı bir havza içerisindeki geçirimli ve geçirimsiz kara parçalarını ve akarsu veya göl gibi su ortamlarını modelleyebilmektedir (Bricknel ve ark. 1993). Geçirimli kara parçaları PERLND modülüyle, geçirimsiz kara parçaları IMPLND modülüyle, su ortamları da RCHRES modülüyle modellenmektedir. Bu bölümde HSPF'i oluşturan modüllerden bu çalışmada kullanılanlar tanıtılacaktır.

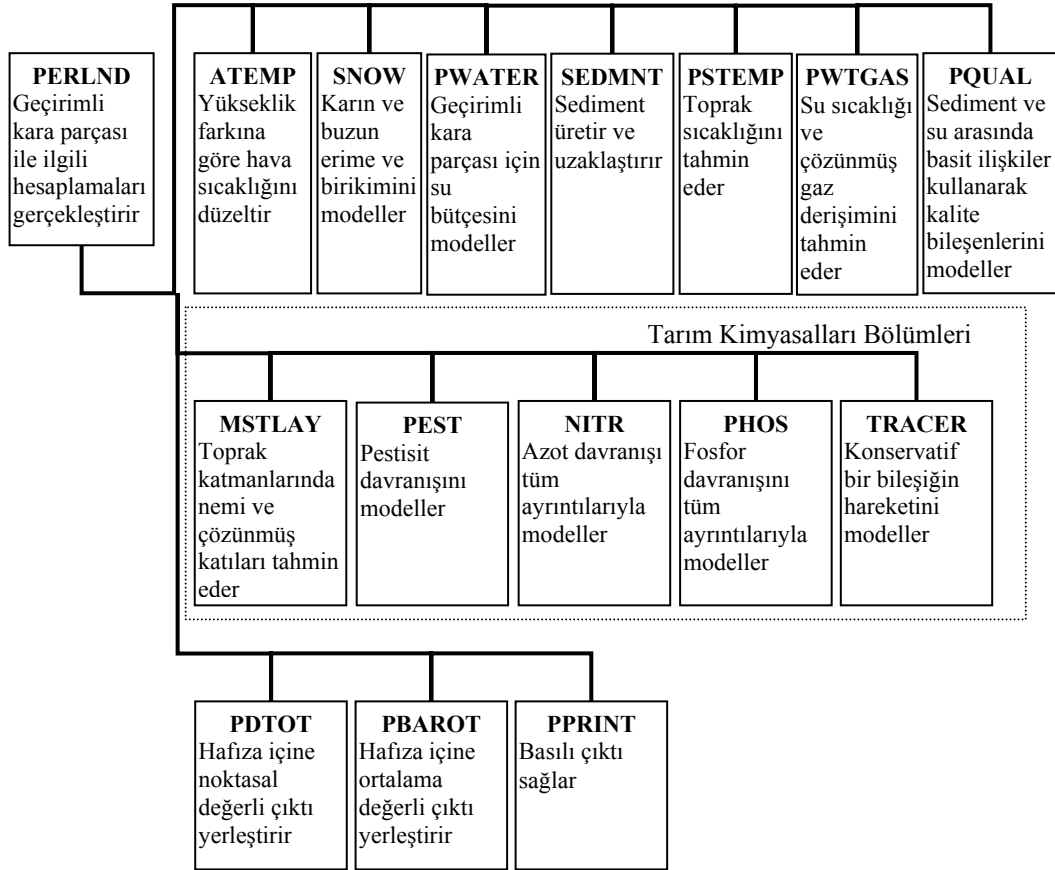
##### **4.1. Geçirimli Kara Parçalarının Modellenmesi (PERLND modülü):**

Su bütçesini etkileyebilecek ölçüde yağışı alt toprak tabakalarına sızdıran kara parçaları geçirimli (pervious) olarak adlandırılır. HSPF'de, bu tür kara parçaları PERLND (PERvious LaND Segment) modülü ile modellenmektedir. Bu tür kara parçalarına kırsal bölgelerde ve yerleşimin çok dağınık olduğu kentsel bölgelerde rastlanmaktadır.

PERLND modülü, SNOW bölümüyle kar birikmesi ve erimesi, PWATER bölümüyle su bütçesi, SEDMNT bölümüyle erozyondan kaynaklanan sediment, PQUAL ve tarım kimyasalları bölümleriyle su kalitesi modellenmesi yapmaktadır. Ayrıca kar erimesi ve toprak sıcaklığının hesaplanmasında hava sıcaklığı düzeltmesi yapan ATEMP bölümü; yüzeysel akış su sıcaklığının tahmin



edilebilmesi, tarım kimyasalları bölümünde reaksiyon hızlarının belirlenmesi ve oksijen ve karbondioksitin çözünürlüklerinin belirlenebilmesinde gerekli olan toprak sıcaklığının tahminini yapan PSTEMP bölümü alt bölümler arasında sayılabilir. Bu bölümler ve birbirleri ile ve PPTOT, PBAROT ve PPRINT bölümleriyle olan ilişkileri Şekil 4.1.'de özetlenmiştir. Son üç bölüm üretilen verileri program içinde ve dışında kullanıma hazırlamaktadır. PPTOT bölümü durum (state) değişkenlerinin noktasal değerlerini, PBAROT ise belli bir aralıktaki ortalama değerlerini içerir. PPRINT ise belirtilen miktar ve sıklıkta hesaplanmış sonuçları verir. Şekil 4.1'de verilen bölümlerin simulasyon işleyiş sırası soldan sağa doğrudur. Bu bölümlerden bazıları Şekil 4.1'de açıklanmıştır.



**Şekil 4.1.** PERLND modülünün yapısı (Anonim-3)

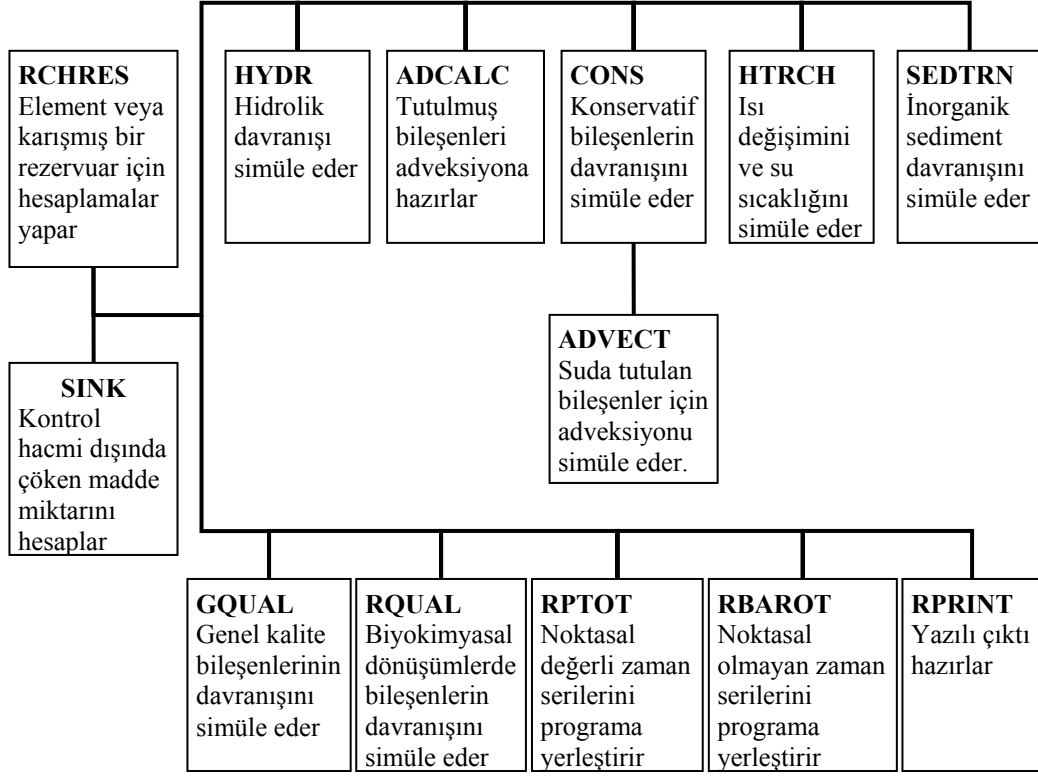
#### **4.2. Geçirimsiz Kara Parçasının Modellenmesi (IMPLND modülü)**

Geçirimsiz kara parçaları yağışı sızdırmaya uygun olmayan yerlerdir. IMPLND modülü, kar birikmesi, erimesi, suyun depolanması, buharlaşması, su kalitesi bileşenlerinin birikimi ve uzaklaşması, suyun katıların ve diğer pek çok kirleticinin yatay akışla rezervuara ya da bir alt elemente ulaşması gibi olayları modellemektedir. Bu modüldeki pek çok alt bölüm yine PERLND modülünün alt bölümlerindeki gibi çalışmakta hatta SNOW ve ATEMP bölümleri ortaklaşa kullanılmaktadır. Ancak sızıntı fonksiyonları ve ara katman akışları söz konusu olmadığından IMPLND, PERLND'ye göre daha basittir.

#### **4.3. Serbest-Akışlı Bir Akarsuyun ya da Tam Karışmış Bir Rezervuarın Modellenmesi (RCHRES modülü)**

Bu modül açık ya da kapalı kanallı bir akarsu parçasında veya tam karışmış bir gölde gerçekleşen süreçleri modellemektedir. Bir havzanın suyunu boşaltan akarsu sistemi veya bir göl bu modülle temsil edilebilir. RCHRES modülü modellediği su ortamındaki akışı tek yönlü olarak kabul eder. Su ve diğer bileşenler modüle girer ve modül içinde değişik süreçlerle karşılaştıktan sonra modülü terk eder.

RCHRES modülünün 10 temel alt bölümü bulunmaktadır. Bu bölümlerin yapıları ve fonksiyonları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Modellenen sisteme göre istenen alt bölüm veya bölümler kullanılabilir. Ancak bazı alt bölümler birbirleriyle ilişkilidir ve birbirleriyle zaman serisi şeklinde veri alışverişinde bulunur.



**Şekil 4.2.** RCHRES modülünün yapısı (Anonim-3)

## **5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR**

Yapılan çalışmalar genel anlamda iklim değişikliğinin etkilerinin incelendiği çalışmalar olsa da, bu değişimin hidrolojik çevrim üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışma kapsamında kullanılan HSPF model programının bu iki konunun birleştirilerek iklim değişikliğinin hidrolojik çevrim ve havzalar üzerine olan etkisinin incelendiği çalışmalarda kullanımı, yok denecek kadar azdır.

### **5.1. İklim Değişikliğinin Hidrolojik Çevrim Üzerine Etkileri Üzerine Çalışmalar**

#### **5.1.1. Ilıman bölgeler için yapılan çalışmalar**

Kuzey ve Doğu Avrupa ile Asya ve Kuzey Amerika ılıman bölgelerinde yıllık akışa geçen suyun büyük bir kısmı bahar ayındaki kar erimelerinden kaynaklanmaktadır. Yıllık ve mevsimsel akışa geçen su miktarındaki değişimler ve iklim değişikliğine bağlı ekstrem akışa geçen su miktarları konusunda pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Sovyetler Birliği'nde Shiklomanov ve Linss (1991) sıcaklığın 1°C artması durumunda toplam yıllık akarsu akışa geçen su miktarında %7'lik bir artışın görüleceğini, 2°C'lik artışta büyük akarsularda akışa geçen su miktarında %10-20 artış olacağını öngörmüşlerdir. Bu çalışmayı esas alarak Volga, Dnieper ve Don nehirleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda yıllık değişimlerin yanında, mevsimsel akışa geçen su miktarlarında da önemli değişimler, kış akışlarında ani artışlar ve kış aylarında yoğun kar erimesi nedeniyle bahar aylarında kar erimelerinde azalmalar görülmüştür.

Benzer fizyografik özelliklere sahip Belçika, Kanada, Polonya, İskandinavya ve İskoçya gibi bölgelerde de benzer çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Stakhiv ve ark. (1992) Finlandiya'da GISS GCM modelinin 2xCO<sub>2</sub>'yi esas alan senaryosunu kullanarak 600-33500 km<sup>2</sup>'lik 12 havzadaki akışa geçen su miktarlarını incelemişlerdir. İncelemeler yıllık akışa geçen su miktarında %20-

50'lik artışların olabileceğini göstermektedir. Maksimum bahar kar erimesinin %55 oranında azalacağı, minimum aylık deşarjın %100-300 oranında artış göstereceği ön görülmüştür. Benzer etkiler, daha az olmakla birlikte, Belçika, Norveç, Polonya ve İsviçre'de de gözlemlenmiştir. Kanada'da yıllık akarsu akışında Büyük Göller havzası hariç artış gözlemlenmiştir. Bu durum göl seviyelerinde ve bölgenin ekonomik ve ekolojik yapılarında değişimlere yol açmaktadır.

Gleick (1987, 1988), Lettenmaier ve Gan (1990) ve Lettenmaier ve Sheer (1991) Kaliforniya'daki havzalarda iklim değişikliğine bağlı önemli yıllık ve mevsimsel değişimlerin bekleneceğini belirtmişlerdir. Bu bölgelerde yıllık akışa geçen sular bahar aylarındaki kar erimelerinden kaynaklanmaktadır.

Yeni Zelanda için, iklim değişikliği etkileri tarih öncesi iklimsel senaryolar esas alınarak incelenmiştir. Bu bölgede 8000-10000 yıl öncesi sıcaklığın 1,5<sup>0</sup>C daha yüksek ve buna bağlı olarak da akarsu debilerinin günümüze göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

### **5.1.2. Kurak ve yarı-Kurak bölgeler için yapılan çalışmalar**

IPCC'nin belirtmiş olduğu verilere göre iklim özelliklerindeki en ufak değişimler bile kurak ve yarı kurak bölgeler üzerinde oldukça etkili olacaktır. Örneğin, yıllık hava sıcaklığındaki 1-2<sup>0</sup>C'lik bir artış ve yağışta %10'luk bir azalış akarsuların debisini %40-70 oranında azaltacaktır. Bu çalışmalar A.B.D., Kanada, Avustralya, Rusya, Afrika ve Güney Amerika'da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen etkiler Çizelge 5.1.'de belirtilmiştir.

Yıllık akarsu debilerindeki değişimler konusunda yapılan çalışmaların pek çoğunda yüksek CO<sub>2</sub> derişiminin bitki fizyolojisi ve terleme kapasiteleri üzerine olan etkisi (yüksek CO<sub>2</sub> derişimlerinde terleme değer azalış eğilimi gösterir) dikkate alınmamıştır. Bu faktörler Idso ve Brazel (1984) tarafından dikkate alınmış ve Arizona'daki 5 akarsu havzasında yapılan incelemelerde yıllık akışa geçen su miktarının %40-60 oranında arttığı, Avustalya'daki havzalar için Aston (1984)'nun yaptığı çalışmalarda ise %60-80 oranında arttığı belirlenmiştir. Daha sonrasında bu önemli etken IPCC tarafından

**Çizelge 5.1.** İklim değişikliğinin yıllık akarsu debisi üzerine olan etkileri (Havzaların ve bölgelerin su eksikliği) (Van Dam 1999)

| Bölge ve Havza                                       | İklim değişim Senaryosu |          | Yıllık yağıştaki değişim | Referans                   |
|--|-------------------------|----------|--------------------------|----------------------------|
|  | Sıcaklık, °C            | Yağış, % | %                        |                            |
| Batı Amerikadaki 7 havza için ortalama               | +2                      | -10      | -40 / -76                | Stocton ve Boggess (1979)  |
| Colarado Nehri, A.B.D.                               | +1                      | -10      | -50                      | Revelle ve Waggoner (1983) |
| Peace Nehri, A.B.D.                                  | +1                      | -10      | -50                      | Klemës ve Nëmec (1983)     |
| Utah ve Nevada'daki Akarsu havzaları                 | +2                      | -10      | -60                      | Flaschka ve ark. (1987)    |
| Batı Rusya'daki step bölgelerindeki Akarsu havzaları | +1                      | -10      | -60                      | Shiklomanov (1989)         |

ele alınmış ve bunun detaylı çalışmalar için önemli bir etken olabileceği belirtilmiştir. Fakat her ne kadar yukarıda bahsi geçen çalışmalarda önemli bir etken oluşturmasına rağmen, araziden kaynaklanan buharlaşma+terlemenin temelde enerji faktörleri ile daha çok ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu görüş, sonrasında benimsenerek ve önceki görüşler ile birleştirilerek çeşitli çalışmalar ile desteklenmiştir. Easterling ve ark. (1991) yüksek CO<sub>2</sub> derişiminin yağışta 35-450 mm artışa neden olabileceği, sulama suyu gereksiniminin %10 azalacağını öngörmüştür. Japonya'daki bazı deneylerde (CGER 1993) CO<sub>2</sub> derişimindeki artışın biyokütle üretiminde artışa, su tüketiminde azalışa yol açtığı fakat bu etkinin büyük ölçüde bitki türüne bağlı olduğu belirlenmiştir.

### 5.1.3. Nemli tropikal bölgeler için yapılan çalışmalar

Nemli tropik bölgeler için gerçekleştirilen çalışmalardan bazıları, Venezüella'da bulunan 2 tropik havza'da, Uruguay'daki Uruguay Nehri'nde, Vietnam'daki Aşağı Mekong havzasında, Sri Lanka ve Endonezya'daki akarsu havzalarında gerçekleştirilmiştir. Örneğin Tucci ve Damiani (1991) yaptıkları

çalışmada Uruguay Nehri'nde  $2xCO_2$  olması durumundaki GISS, GFDL, UKMO küresel çevrim modellerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmaya göre akışa geçen su miktarlarında GISS'de %11,7 oranında azalış, GFDL'de %21,5 oranında artış ve UKMO'de ise %6,4 oranında azalış olacağı belirlenmiştir. Fakat GISS modelinin sonuçlarının tarihsel verilerle daha uyumlu olduğu belirlenmiştir.

#### **5.1.4. Dağlık bölgelerdeki akarsu havzaları için yapılan çalışmalar**

Nepal'deki ufak havzalar ve Alp'lerdeki akarsu havzalarında gerçekleştirilen çalışmalarda, yüksek hava sıcaklıklarında kar örtüsünün kalma süresinde azalma, yıllık akışa geçen suda azalma, suyun yıla göre dağılımda değişim belirlenmiştir. Örneğin, Bultot ve ark. (1994) İsviçre Alp'lerindeki ufak bir havzada gerçekleştirdikleri hidrolojik model çalışmasında hava sıcaklığındaki %1'lik artış ile, kar erimesine bağlı taşkınlarda azalmaların, yağmur kaynaklı taşkınların yıllık yağışa göre oranının artması nedeniyle daha sık gerçekleşeceğini öngörmüşlerdir. Fransız Alp'lerindeki çalışmada dağlık bölgelerdeki ufak havzaların etkiye karşı verdikleri tepkinin büyük bir oranda yüksekliğe bağlı olduğu belirtilmiştir.

#### **5.1.5. Büyük akarsu sistemleri için yapılan çalışmalar**

Miller ve Russel (1992) büyük 33 akarsu havzasını  $2xCO_2$  senaryosunu ele alarak GISS küresel çevrim modeli ile incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda üst kuzey enlemlerde artan yağışla birlikte akışa geçen suda %25 oranında artış görülürken, alt enlemlerde buharlaşma+terlemede artış ve azalan yağışların etkisiyle akışa geçen suda azalma gözlemlenmiştir (-%43 Indus havzası, -%31 Nijer ve -%11 Nil için).

#### **5.1.6. Göllerdeki su dengesi ve seviyesi için yapılan çalışmalar**

Akarsular gibi göller de iklimsel etkenlerden etkilenmektedir. Göllere olan etkiler konusunda çok çalışma olmamasına karşın, Kuzey Amerika'daki Büyük Göller, Afrika'daki Kariba gölü, Hazar gölü gibi göllerde çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Büyük Göller, 8000 km<sup>3</sup> su hacmi, 246000 km<sup>2</sup>'lik kapladığı alan ve 766000 km<sup>2</sup>'lik drenaj alanı ile oldukça büyük bir hidrolojik sistemdir. 100 yıldan fazla bir süredir tutulan hidrolojik kayıtlar göllerin ortalama seviyesinin 2 metre civarlarında dalgalanma gösterdiğini işaret etmektedir. Çeşitli küresel çevrim modelleri ve farklı iklim senaryoları ile iklim değişikliğinin göller üzerine olan etkisi incelendiğinde hava sıcaklığındaki 4,4<sup>0</sup>C'lik ve yağıştaki %6,5 oranındaki artış ile gölleri besleyen akarsuların debilerinde azalma olacağı, maksimum akışa geçen suyun yaklaşık bir ay kadar daha erken oluşacağı öngörülmüştür. Su seviyesinde 20-60 cm'lik azalma olacağı, aylık seviye değişim aralığında biraz genişlemenin olacağı ve çıkan su miktarında %12-13 oranında azalma olacağı öngörülmektedir. Gelecekte göllerdeki bazı düzenlemeler ile bu etkenlerin azaltılabileceği ve bu nedenle model sonuçlarının gelecekteki değerler ile tam olarak örtüşemeyebileceği belirtilmiştir (Beniston 2002).

Küresel ısınma Hazar denizinde oldukça dramatik etkiler oluşturabilecektir. Shiklomanov ve Lins (1991) gerçekleştirdikleri çalışmada hava sıcaklığındaki 2-3<sup>0</sup>C'lik artışın yağışların artmasına, Volga nehri gibi bu denize akan akarsuların debilerinde artmaya neden olacağı belirtilmiştir. Bu durum Hazar Denizi'nde sorun hale gelmiş seviye değişimi probleminin önüne geçmek için alınması gerekli yasal önlemler için bir öngörü niteliği taşımaktadır.

#### **5.1.7. Akışa geçen ekstrem su miktarları hakkında yapılan çalışmalar**

Küresel ısınmanın hidrolojik etkileri konusunda yapılan araştırmaların en önemlilerinden bir tanesi akarsulardaki taşkın dönemleri ve akarsuların en düşük debilerinin nasıl etkilendiği konusundaki çalışmalardır. Küresel ısınmaya bağlı ekstrem hidrolojik koşulların belirlenmesi bugün tam olarak anlaşılammış bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık ve mevsimsel değişimlerin karmaşıklığı bu incelemeyi zorlaştırmaktadır. Yine de bu konu ile ilgili bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Houghton ve ark. sıcak iklim koşulları altında hidrolojik çevrimin daha yoğun, yağışların daha fazla ve uzun süreli olacağını ve buna bağlı olarak uzun taşkın süreleri ve kuraklık dönemlerinin gözlemleneceğini belirtmişlerdir (Houghton 1992).



### **5.1.8. Su kalitesi üzerine olan etkileri hakkında yapılan çalışmalar**

Önceleri bu konu hakkında yeterli çalışma olmadığı için net bilgiler yokken yapılan çalışmalar arttıkça iklim değişikliğinin su kalitesi üzerinde de etkide bulunduğu belirlenmeye başlanmıştır. Gelecekteki su kalitesinin değerlendirilmesi, doğal (hava sıcaklığı, yağış, güneş ışınımı, rüzgar, CO<sub>2</sub> derişimi v.b.) ve antropojenik (noktasal ve yaygın kaynakların dağılımı, toprak kullanımı gibi) pek çok etmene bağlı olduğu için oldukça zordur. İklim değişikliği tüm bu parametreleri hem dolaysız hem de dolaylı olarak etkilediği için su kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemek zordur.

### **5.2. Diğer Çalışmalar**

İklim değişikliğinin etkileri hakkında literatürde çok çeşitli yayın bulunmaktadır. Vivek (2002) bir bölgedeki iklim değişikliğinin yıllık yağışlar üzerine olan etkisini belirlemek için kuraklık indisini (yıllık buharlaşma+terleme-yağış oranı) kullanmıştır.

İklim değişikliğinin havza ve havzada bulunan akarsu üzerinde yarattığı etkileri konusunda literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Langan ve ark. (2001) 30 yıllık akış, su sıcaklığı ve hava sıcaklığı verileri üzerinde yapmış oldukları çalışmada ortalama yıllık sıcaklıkta bir değişim olmadığı fakat bahar ve kış aylarındaki ortalama maksimum günlük sıcaklık değerlerinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Akarsu debisinin bundan anlamlı şekilde etkilenmediği ve hava ve su sıcaklığı arasında güçlü bir doğru orantı olduğunu belirlemişlerdir. Bu da akarsudaki sıcaklığın direkt olarak iklim değişikliğinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Batı İngiltere'de bulunan üç ovadaki nehirlerin uzun süreli hidrolojik değişimlerinin incelendiği çalışmada, düşen yağış miktarı, arazi kullanımı, arazi drenaj hassasiyeti ve su kaynaklarının kullanımı incelenmiştir. Hiscock ve ark.'nın (2001) yaptığı bu çalışmada 1931 den bu yana düşen yağış miktarında yıllık veya mevsimsel olarak herhangi bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir.

Yu ve ark.'nın (2002) yapmış olduğu çalışmada, güney Tayvan'daki su kaynakları üzerinde iklim değişikliğinin etkisi incelenmiştir. İncelenen havzanın geçmiş yıllardaki meteorolojik verileri üzerinde yapılan eğilim analizleri

sonucunda elde edilen veriler ve sürekli bir model olan "yağış-akışa geçen su" ile gelecekteki iklim koşullarına göre akışa geçen su miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda iklim değişikliğinin günlük yağış oluşumunu önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca gelecekteki iklim koşullarındaki akışa geçen su miktarının yağışlı mevsimlerde artış gösterdiği, kurak mevsimlerde sapmalar gösterdiği belirlenmiştir.

Muzik (2002) çalışmasında, Kanada'da Kayalık Dağlar'ın batı kesimlerinde bulunan yüksek kesimlerin altındaki orta büyüklükteki bir havzanın sel sıklıkları ve büyüklüğünün  $2xCO_2$  koşullarındaki değişimini incelemiştir. Yağış yüksekliğinin Gumbel dağılımında ortalama ve standart sapmada %25'lik bir artış öngören 1. senaryo ve sadece standart sapmada %50lik bir artışın öngörüldüğü 2. senaryonun uygulanması sonucunda 1. senaryoda daha büyük oranlarda taşkın riski oluştuğu ve gelecekte ortalama yıllık sellenmenin %80 artacağı, 100-yıllık sellenmenin %42 oranında artacağı belirlenmiştir.

Morrison ve ark. (2002) Fraser nehrinde geçmişe dayalı yaz aylarındaki su sıcaklıkları ve yıllık ortalama debilerin eğilim analizlerini inceleyerek bu veriler ve küresel çevrim modelleri ile geleceğe yönelik öngörülerde bulunmuşlardır. Bunun için, bölgenin meteorolojik verileri ile mevcut sıcaklık ve debi modelleri çalıştırılmıştır. Fakat bu veriler küresel çevrim modellerinin gelecekteki değişimleri göz önüne alınarak kullanmışlardır. Çalışma sonucunda 2070-2099 tarihleri arasında ortalama debinin %5 artacağı, pik debinin %18 azalacağı öngörülmüştür. Yaz aylarındaki ortalama su sıcaklığında ise  $1,9^0C$ 'lik bir artış öngörülmüştür.

Almanya'da Güney Elbe'de bulunan Mulde havzasının akışa geçen su miktarı ve bölgesel iklim koşulları üzerinde iklim değişikliği senaryolarının etkisi incelenmiştir. HBV-D adlı model ile mevcut durumdaki debi miktarı belirlenmiş, sonrasında küresel çevrim modellerinden elde edilen veriler çalışma alanına göre kalibre edilerek model programa girdi olarak verilmiştir. Sonuçta, gelecek 100 yılda sıcaklıkta önemli artış, yağışta da önemli oranlarda azalma ve buna bağlı olarak ortalama debide azalma öngörülmüştür (Mezel 2002).

Güney Etyopya'da bir havzanın iklim ve toprak kullanım değişimlerinden hidrolojik yönde nasıl etkilendiğini belirlemek için yapılan çalışmada, havza iklim

ve toprak kullanım değişimlerinin model üzerinde uygulanabildiği homojen hidrolojik özellikte iki kısma ayrılarak değerlendirilmiştir. Model ölçüm sonuçlarıyla oldukça uyumlu bir sonuç vermiş ve yağış miktarındaki %10'luk bir azalışla havzadan çıkan yağışa geçen su miktarında %30'luk bir azalma belirlenmiştir. Aynı şekilde, IPCC'de öngörülen iklim değişikliği senaryolarına bağlı olarak bölgedeki sıcaklığın 1,5<sup>0</sup>C artması ile havzadan çıkan su miktarında %15 azalma olacağı öngörölmüştür. Mevcut kullanımda tarımsal ve mera amaçlı kullanılan havzanın ormanlık bir bölge haline gelmesiyle havzadan çıkan su miktarında %8'lik bir azalmanın olacağı öngörölmüştür (Legesse 2003).

Avustralya'daki akarsuların debisi üzerine iklim değişikliğinin etkisinin modellenmesi için yapılan çalışmada akışa geçen suyun -%5 - +%15 oranında değişim göstereceği ve 2030'a kadar ±%15 oranında değişeceği öngörölmüştür. (Chiew ve McMahon 2002)

Literatürdeki yöresel iklim değişikliği çalışmalarının yanı sıra kıtasal ölçekte akarsu akış simülasyonlarının yapıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Vivek (2001) küresel atmosferik çevrim modelinde kıtasal ölçekteki akarsu havzaları için akarsu debi simülasyonları gerçekleştirmiştir. İncelenen 23 akarsu havzasının yağış ve yağışa geçen su miktarları 17 yıllık periyotlar halinde incelenmiştir. Oluşturulan model sonucunda 23 istasyondan 13'ünde, ortalama yıllık model yağış miktarı ölçülen değerlerin %20'si içinde yer alırken, yıllık ortalama akışa geçen modellenen su miktarı bu 13 istasyondan sadece 4'ünde ölçülen değerlerin %20'si dışında kalmıştır.

İklim değişikliği, bir anlamda geleceğe yönelik tam olarak kestirilemeyen bir olgu olması nedeniyle çevresel bir belirsizlik olarak ele alınmıştır. Werritty A. (2002) yapmış olduğu çalışmada da iklim değişikliğini belirsizlik olarak ele almış ve İskoçya'daki su kaynakları yönetiminde ve nehir debileri üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın başlangıcında iki temel strateji ele alınmış ve ilkinde 1960 ve 1970'li yıllara ait yağış ve akışa geçen su miktarları verileri ile uzun vadeli eğilim analizleri yapılmıştır. İkinci strateji ise küresel çevrim modellerinin (GCM'ler) ölçeklerinin küçültülerek yağış ve akışa geçen su modellerine entegrasyonunu içermektedir. Çalışmada bölgenin durumu mevsimlere bağlı olarak incelenmiştir ve sonuçta düşük miktartlı yağışların miktarlarında azalma

olacağı buna karşın anlık yüksek miktarda gerçekleşen yağışlarda ise artış olacağı belirlenmiştir. Özellikle sonbahar ve kış aylarında bu artışın %24-29 civarlarında olacağı belirlenmiştir. Yaz aylarında ise kurak bölgelerde yağışlarda %5'e varan oranda azalma olacağı belirlenmiştir.

Literatürdeki iklim değişikliğinin hidrolojik çevrim üzerine etkisi üzerine olan çalışmalardan bir tanesi olan May W. ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ECHAM4 küresel çevrim model sonuçlarının CO<sub>2</sub> derişiminin iki katına çıkacağını öngören senaryolar kullanılarak Avrupa'daki hidrolojik çevrim üzerine olan etkisi incelenmiştir (Wilhelm M. ve ark., 2002). Çalışma sonucunda değişimlerin en çok sonbahar aylarında yaşanacağı, kış aylarında düşen yağışın güney Avrupa hariç artacağı, yaz aylarında ise Kuzey İskandinavya ve Atlanik'in güney doğu kısmı hariç tüm bölgede azalacağı öngörülmüştür. Sağanakların frekanslarında gelecekte artış olacağı, buna karşın güney Avrupa'da ortalama yağış değerlerinde genel bir azalma olacağı belirtilmiştir. Akarsu debilerinde ise, havzalardaki yağış ve buharlaşma rejimlerindeki değişimlere bağlı olarak Kuzey Avrupa'da artış görülürken, merkez ve güney Avrupa'da azalmanın görüleceği ifade edilmektedir. Akarsu debilerindeki aşırı durumların azalacağı belirtilirken bu durumun azalan kar derinliği, buharlaşmadaki önemli artışın ve yağış miktarlarındaki göreceli olarak önemli azalışın buna neden olduğu gösterilmektedir.

Barlage ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada Güneydoğu Michigan için HadCM2 küresel çevrim model sonuçlarını ve Güneydoğu Michigan toprak kullanım projeksiyonu verilerini kullanarak iklim ve toprak kullanımındaki değişimlerin etkilerini incelemiştir. BATS/HYDRO hidrolojik model programı ile yapılan çalışmada 1994-2003 günümüz verileri ile 2090-2099 gelecek projeksiyon verileri karşılaştırılmıştır. Sonuçta akışa geçen suda %17,1-21,4 oranında artış olacağı, %4,3'lük değişimin %2,5 oranında iklim değişiminden %1,6 oranında ise arazi kullanımı değişimlerinden kaynaklanacağı belirlenmiştir.

İngiltere Yorkshire'da yapılan bir çalışmada, 1995 yılında Yorkshire'da gerçekleşen kuraklık ile gün yüzüne çıkan kuraklık olgusu incelenmiştir. İklim değişikliğinin su kaynaklarını nasıl etkilediği, bu kaynakların nasıl tepkide bulunduğu ve toleransı incelenmiştir. Sonuçta, kış yağışlarının artacağı fakat su

kaynaklarının toleransının ve kuraklık hassasiyetinin düşeceği belirlenmiştir (Fowler ve ark. 2003).

Literatürde bulunan bazı çalışmalarda bölgesel iklim modelleri kullanılarak hidrolojik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Frigon ve arkadaşları Québec/Labrador bölgesinde Kanada bölgesel iklim modelini (CRCM-Canadian Regional Climate Model) kullanarak 2 yıllık simülasyon gerçekleştirerek yüzeysel hidrolojik koşulları incelemişlerdir. Model sonuçları Haziran 1992-Haziran 1994 yılları arasındaki ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında yıllık akışa geçen su miktarlarının ölçüm sonuçlarıyla oldukça uyumlu olduğu saptanmıştır. Mevsimsel değişimler, yüzeysel etkinliklerin oldukça basitleştirilerek ele alınması neticesinde bazı farklarla birlikte model ile iyi bir şekilde temsil edilmiştir. Hidrolojik model CRCM verileri ile tekrar kalibre edilmemesine rağmen, hidrolojik model veri beslemesi için CRCM'nin potansiyel olarak kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda CRCM ile modellenen yüzeysel hidrolojik bilgilerin oldukça kullanışlı olduğu belirlenmiş olsa da, yüzeysel hidrolojik süreçlerin daha ayrıntılı ele alındığı süreçlerle bu verilerin daha sağlıklı elde edilebileceği belirtilmiştir (Frigon ve ark. 2002).

Hidrolojik çevrimler üzerinde yalnızca iklim değişikliği etkili olmamaktadır. Antropojenik etkenler ve diğer bazı etkenlerin de araştırıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Liu C. ve Zheng H, Çin'in en önemli akarsularından biri olan Sarı nehri üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu nehrin mansabına doğru gerçekleşen kuruma olayları ekolojik, sosyoekonomik ve çevresel pek çok probleme yol açmıştır. Bunun nedeni araştırıldığında iklim değişikliğinin önemli bir faktör olmasının yanı sıra, nehir havzasındaki arazi kullanımı ve arazi bitki örtüsündeki değişikliklerin de önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda bu değişimlerin önüne geçmek için çeşitli öngörüler yapılmıştır. (Liu ve Zheng 2002).

Bronstert ve ark. (2002), iklim değişikliğinin yanı sıra toprak kullanımındaki değişimlerin yağışın akışa geçen su oluşturma üzerine olan etkileri konusunda dünyada yapılan bazı çalışmaları değerlendirerek mevcut bilgi birikimleri ve modelleme kapasitelerini irdelemişlerdir. Öncelikle yağışlarda akışa geçen suyun oluşumu üzerine iklim, arazi kullanım değişikliklerinin olası etkileri,

sonrasında bu değişimlere hidrolojik olarak sistemin verdiği cevabın modellenmesi hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak ise, orta ölçekte iki modelleme çalışmasının sonuçları irdelenerek birinde iklim değişikliğinin etkileri diğerinde ise toprak kullanımındaki değişimlerin etkisi irdelenmiştir.

İklim değişimi ve toprak kullanımlarındaki değişimlerin incelendiği diğer bir çalışmada Güney Hindistan'daki büyük tropik havzalarda arazi kullanımı ve iklim değişimlerinin etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ormanlık ve geniş çayırılık bölgelerin tarımsal bölge haline getirilmesi sonucu akışa geçen su miktarında %19'luk bir artış olacağı, yıllık akışa geçen su miktarının ticari ormancılığa geçilmesi halinde %36 azalacağı, kısmen çay ekimi yapılması halinde %6 oranında azalacağı öngörülmektedir. İklim değişimi ile kuru sezondaki yağışın azalmasıyla yıllık akışa geçen su miktarının %5 oranında azalırken artan yıllık yağış miktarının akışa geçen su miktarını %17 oranında arttıracağı belirlenmiştir. Havzadaki rezervuar üzerindeki etkiler ise oldukça azdır. Bunun nedeni rezervuarın dengeleyici yapı sergilemesinden kaynaklanmaktadır (Wilk 2002).

Bou-Zeid ve El-Fadel (2002), iklim değişimi yanında nüfusun değişimi gibi antropojenik faktörlerin su kaynakları üzerine olan etkileri konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Lübnan'ın havza yapısı, WATBAL su dengesi modeli yardımı ile incelenmiş ve yaşanacak değişimlere karşın ne gibi önlemler alınması gerektiğine yönelik öngörülerde bulunulmuştur.

İklim değişikliğinin neden olduğu problemlerden bir tanesi de taşkın rejimlerinin değişmesidir. Yağış rejimlerindeki aşırı dalgalanmalar taşkın sayıları ve şiddetleri üzerinde etkili olmaktadır. Kundzewics Z.W. çalışmasında literatürdeki çalışmalardan yola çıkarak taşkınların iklim değişikliği açısından genel bir değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmada IPCC 2001 iklim panelinde belirtilen yağış rejimlerinin gelecekte nasıl değişeceği konusundaki öngörülerini esas alınarak araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu değişimler kıtasal bazda ele alınarak taşkın olasılıkları değerlendirilmiştir (Kundzewicz 2002).

Taşkınların değerlendirilmesi ile ilgili bir başka çalışmada Menzel L. ve arkadaşları Almanya'da bulunan üç orta ölçekteki havzada modelleme çalışması gerçekleştirerek iklim değişikliğinin taşkınlar üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Farklı arazi kullanımı, arazi şekli ve iklimi olan bu havzalarda

yapılan çalışmalarda artan sıklıklarda ve büyüklüklerde taşkın risklerinin olabileceği belirtilmiştir. Bunun sebebi ise değişime bağlı olarak kar birikimi ve erimesi sürelerinin değişimi ve yağış mevsimlerinin ve yoğunluklarının olası kaymaları şeklinde belirtilmiştir (Menzel ve ark. 2002).

Literatürdeki bazı çalışmalarda sadece hidrolojik çevrimin nasıl etkilendiği değil bunun yanında tarımsal üretim etkinlikleri gibi etkinliklerin de nasıl etkilendiği konusu da irdelenmiştir. Krysanova V. ve Wechsung F.'in gerçekleştirdiği çalışmada Almanya'daki Brandenburg eyaletinde iklim değişikliğinin, ekohidrolojik model kullanılarak hem hidrolojik dengeler üzerine hem de tarım ürünü verimi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen 8 farklı senaryodan dördünde buharlaşma+terleme değerinde artış olduğu diğer dördünde ise artan sıcaklığa karşın yağış miktarındaki azalma nedeni ile azalma görüleceği belirlenmiştir. Ayrıca akışa geçen su ve yer altı suyu beslemesinin azalacağı öngörülmektedir. Tarımsal ürünler açısından ise, hububat veriminde, iklim değişikliğini esas alan dört senaryoda da azalma görülmüştür. Mısır üretiminde pek bir fark görülmezken atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışının iklim etkili ürün verimi kaybını düzenlediği öngörülmüştür (Krysanova ve Wechsung 2002).

Pilling ve Jones (2002) yapmış oldukları çalışmada küresel çevrim modelleri, günlük yağış verileri ve potansiyel buharlaşma+terleme verileri ile İngiltere'deki Upper Wye havzasında iklim değişikliğinin mevsimsel debiler, hidrolojik süreçler ve ekstrem akışlar üzerine olan etkisini incelemiştir. Yağışta azalma, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağış sürelerinde kısalma olacağı öngörülmüştür. Ayrıca ekstrem akış olaylarında da artış olacağı belirtilmiştir.

Kuraklık ve iklim etkileri konusunda Zierl B. ve Lischke H. yaptıkları çalışmada İsviçre'deki orman ekosisteminde kuraklığın nasıl bir eğilim içerisinde olduğunu incelemiştir. Zaman serileri WAWAHAMO (WaldWasserHAushaltsModell) adlı orman su döngüsü model programı ile modellenmiştir. Modelleme sonuçlarına göre incelenen 1969-1998 yılları arasında kuraklıkta bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sıcaklıkta, terlemede, bitki örtüsü periyodu uzunluğunda bir artış gözlemlenmiştir. Çalışmada yağışlar ile ilgili ne yıllık bazda ne de mevsimsel bazda bir eğilim gözlemlenmemiştir (Zierl ve Lischke 2002).

Burlando ve Rosso (2002) yaptıkları çalışmada, İtalya'daki Arno nehri için yağış senaryoları oluşturarak havza hidrolojisi üzerine geçici iklim değişimlerinin etkilerini incelemişlerdir.

### 5.3. HSPF Model Programı ile İlgili Çalışmalar

İklim değişikliğinin HSPF model programı ile etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı çalışmalar oldukça azdır. Ng ve Marsalek (1992), gerçekleştirdikleri çalışmada Kanada'da bulunan 53 km<sup>2</sup>'lik küçük bir su havzasında iklimsel girdilerdeki değişimlerin akarsu simülasyonu üzerindeki etkilerinin duyarlılık (sensitivity) analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ilk olarak 29 aylık saatlik veriler kullanılarak HSPF model programı havza yapısına göre kalibre edilmiştir. İklim senaryolarının belirttiği üzere bölgedeki sıcaklığın 4<sup>0</sup>C'lik bir artış göstereceği, yağış değerlerinin ise %10 oranında artış veya azalış gösterebileceği öngörüsü esas alınarak bu değişimler kalibre edilmiş model girdilerine entegre edilmiş ve model çıktı sonuçları alınmıştır. Sonuçta 4<sup>0</sup>C'lik sıcaklık artışının buharlaşma+terleme değerlerinde %6'lık bir artışa neden olduğu, yıllık akarsu debisinin %1 oranında azalışa neden olduğu belirlenmiştir. Fakat bu değişimlerin anlamlı olmadığı, CO<sub>2</sub> derişimindeki artışa bağlı olarak bitkilerin stomalarındaki değişimlerle buharlaşma+terlemede azalma eğilimleri göz önüne alındığında bu değişimlerin önemsiz olduğu belirtilmiştir.

Akışa geçen su ve akarsu debisindeki değişimler yağışla havzaya giren suyun büyük bir kısmını oluşturduğu için değişimler bu parametrelerde daha anlamlı olarak belirlenmiştir. Sıcaklıktaki 4<sup>0</sup>C'lik artışın kış aylarındaki akışa geçen suyun hidrografının 2,5 ay öncesine, 1<sup>0</sup>C'lik artışın 1 ay öncesine kaymasına neden olduğu belirlenmiştir ve nisan ayındaki akarsu debisinin temel senaryonun neredeyse iki katı bir değerde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca sıcaklığın ve yağışın değiştiği farklı senaryo kombinasyonlarının etkileri incelenmiş ve sıcaklığın 4<sup>0</sup>C arttığı ve yağışın ±%10 oranında değiştiği senaryoların önemli ölçüde değişim yarattığı gözlemlenmiştir. Ayrıca aylara bağlı olarak maksimum akış pikleri incelendiğinde sıcaklıkla birlikte özellikle kış aylarında akış piklerinde kayda değer artış olduğu belirlenmiştir.



Albek M. ve Albek E. (2003) gerçekleştirdikleri çalışmada tarımsal etkinliklerin sürdürüldüğü bir havzanın HSPF ile modellenmesini gerçekleştirerek iklim değişikliği etkilerinin havzayı nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çalışmada 412 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahip İç Anadolu bölgesinde bulunan Seydi Suyu havzası modellenmiştir. Çalışmada iklim değişikliği etkileri farklı senaryolar şeklinde ele alınarak incelenmiş ve sıcaklığın, yağışın veya her ikisinin etkili olduğu farklı senaryoların etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçta yağışların artmasıyla havzadaki akarsu debilerinde %59'lara varan artışların olabileceği, mevsimsel olarak kiş aylarında havzadan çıkan su miktarında %60 oranında artış, yaz aylarında ise %340 oranlarında artışların olabileceği ngrlmştr. Yağıştaki %20'lik bir artışın böylesi sonuçlara yol aması, sel olaylarının artması gibi durumlara neden olabileceği belirtilmiştir.

## 6. METEOROLOJİK VERİLER

HSPF model programı hidrolojik süreçlerin arkasındaki itici güç olarak meteorolojik zaman serilerine gerek duymaktadır. Bu çalışmada 1975'den 2050'ye kadar olan dönem kapsanmış ve bu 75 yıllık dönem için gerekli zaman serileri hazırlanmıştır. Hidrolojik modelleme için aşağıdaki yedi meteorolojik zaman serisine gerek duyulmaktadır. Bunlar,

- Sıcaklık,
- Çiğ noktası sıcaklığı,
- Yağış,
- Bulutluluk,
- Rüzgar hızı,
- Potansiyel buharlaşma+terleme,
- Güneş ışıması şeklindedir.

1975-2050 yıllarını kapsayan modelleme günlük olarak yapılmıştır. HSPF model programı 5 dakikaya kadar inebilen aralıklarla modelleme gerçekleştirebilmektedir. Ancak bu kadar kısa zaman aralıkları ile çalışmak bazı kısıtlamaların yanında önemli belirsizlikleri de içermektedir. Gerek duyulan bazı zaman serilerinin günlük olarak mevcut olması ve daha küçük zaman aralıklarına inmenin zorluğu nedeniyle günlük simülasyon aralığı bu çalışma için uygun görülmüştür.

Meteorolojik girdi olarak Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinin iklim yapısını esas alacak şekilde 4 adet meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Bu istasyonlar ve bu istasyonlardan elde edilen meteorolojik veriler Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Temin edilen meteorolojik verilerden Kütahya iline ait meteorolojik veriler çalışmalarda temel veriler olarak kullanılmıştır. En kesintisiz ve uzun süreli ölçüm Kütahya istasyonunda yapıldığı için bu ölçüm verileri tercih edilmiştir.

**Çizelge 6.1.** Meteoroloji istasyonları ve verilerin kapsadığı dönem

| İstasyon No | İstasyon Adı    | Kapsadığı dönem                     |
|-------------|-----------------|-------------------------------------|
| 17190       | Afyon           | 01.1975-03.2004                     |
| 17706       | Eskişehir       | 01.1975-12.1977,<br>01.1987-03.2004 |
| 17725       | Kütahya         | 01.1975-03.2004                     |
| 17123       | Eskişehir Bölge | 01.1981-08.1990                     |

Temin edilen meteorolojik veriler aşağıda belirtilmiştir.

- Günlük toplam yağış, mm
- Günlük 07 ölçümü yağış, mm
- Günlük 14 ölçümü yağış, mm
- Günlük 21 ölçümü yağış, mm
- Günlük ortalama nem, %
- Günlük 07 ölçümü nem, %
- Günlük 14 ölçümü nem, %
- Günlük 21 ölçümü nem, %
- Günlük ortalama bulutluluk,
- Günlük 07 ölçümü bulutluluk,
- Günlük 14 ölçümü bulutluluk,
- Günlük 21 ölçümü bulutluluk,
- Saatlik sıcaklık, °C
- Saatlik mahalli hava basıncı, Mb
- Günlük güneş ışıması, Cal/cm<sup>2</sup>
- Saatlik güneşlenme süresi, saat
- Saatlik rüzgar hızı, m/s

Kullanılan verilerde eksik olan veriler bir gün önceki aynı saatteki veriler ve bir gün sonra aynı saatteki verilerin aritmetik ortalaması alınarak doldurulmuştur. Kütahya istasyonunda bir ay sıcaklık ölçümü yapılmamıştır (01.10.1996 tarihinden itibaren 31 günlük ölçüm). Bu nedenle yakın iklim özellikleri gösteren Eskişehir meteoroloji ölçüm değerleri eksik tarihler için kullanılmıştır. Bulutluluk ile sıcaklık arasında doğru orantı olması nedeniyle eksik tarihlerde Eskişehir sıcaklık ölçüm sonuçlarını kullanırken aynı tarihlerde Kütahya'nın bulutluluk değerlerini kullanmak sonraki hesaplamalarda problem yaratacağından Kütahya'da bulutluluk ölçümü yapılmış olmasına rağmen eksik tarihler için Eskişehir bulutluluk ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Elde edilen meteorolojik veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Çizelge 6.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 6.2.** 17725-Kütahya istasyonu meteorolojik verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi (aylık ortalama değerler)

| Parametre                                       | Ortalama | Ortanca | En Az | En çok | Std.Sapma | S.K.* |
|---|----------|---------|-------|--------|-----------|-------|
| Sıcaklık, °C                                    | 10,4     | 10,7    | -4,2  | 23,2   | 7,4       | 71,2  |
| Rüzgar Hızı, m/s                                | 1,6      | 1,6     | 0,7   | 2,6    | 0,3       | 21,1  |
| Bulutluluk                                      | 4,6      | 4,8     | 0,7   | 8,7    | 1,9       | 40,5  |
| Bağıl nem, %                                    | 65,7     | 65,6    | 40,7  | 88,7   | 8,6       | 13,1  |
| Çiğlenme nok. Sıc., °C                          | 2,7      | 2,4     | -10,2 | 15,4   | 5,7       | 215,1 |
| Güneş ışınımı (hesaplanan), Cal/cm <sup>2</sup> | 17,3     | 16,7    | 4,6   | 32,8   | 8,3       | 48,2  |
| Yağış, mm/ay                                    | 46       | 41      | 0     | 248    | 37        | 81    |

\*S.K.: Sapma katsayısı

### 6.1. Meteorolojik Verilerin İşlenmesi

Çalışmada iki farklı meteorolojik koşullar seti veya senaryo kullanılmış ve sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bunlardan ilki Temel senaryo'dur. Temel senaryo iklimin, dolayısıyla da meteorolojik zaman serilerinin bugünkü koşullardan fazla farklı olmayacağı bir gelecek öngörmektedir. Bir diğer deyişle, 1975-2003 yılları arasındaki 28 yıllık periyotta gözlenen koşullar (bu koşullar Kütahya meteoroloji istasyonu verileri ile belirlenmiştir) benzer şekilde 2004-2050 periyodunda da devam edecektir.

İkinci senaryo iklim değişikliğini öngörmektedir. Bu senaryonun şekillenmesinde IPCC'nin öngördüğü A2 senaryosu temel alınmıştır. Kanada İklim Merkezi'nden elde edilen ve Türkiye'nin batı bölgelerini içeren 1990-2050'ye kadar olan iklim modeli sonuçları kullanılmıştır. Model sonuçları aylık bazda ele alınmış ve meteorolojik bileşenlerin (yağış, sıcaklık, bulutluluk v.b. gibi) bu dönem içinde değişimleri (artış ve azalış olarak) hesaplanmıştır. Bu değişimler daha sonra Kütahya ili meteorolojik verilerine yansıtılarak 2004'den 2050 yılına kadar veriler uzatılmıştır. Kanada İklim Merkezi verilerinden elde edilen eğilim değerleri Çizelge 6.3.'de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre yağışta yaz ve sonbahar aylarında bir artma (ağustos, eylül, ekim) diğer aylarda bir azalma görülmektedir. Sıcaklıklarda ise sonbahar ve

erken kışta azalma, diğer dönemlerde artma eğilimi vardır. Bulutluluk ise eylül ve ekim ayları dışında azalmaktadır. Bu eğilimlerin A2 senaryosuna entegre edilmesi ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır.

**Çizelge 6.3.** CGCM2-A2 senaryosu iklim verileri eğilim değerleri (1990-2050)

| Aylar   | Yağış      |          | Sıcaklık<br>Eğilim | Bulutluluk<br>Eğilim | Bağıl nem<br>Eğilim |
|---------|------------|----------|--------------------|----------------------|---------------------|
|         | Eğilim     | %değişim |                    |                      |                     |
| Ocak    | -0,0000573 | 10,56    | 0,0000485          | -0,0000022           | -0,0000011          |
| Şubat   | 0,0000250  | 4,94     | 0,0000850          | -0,0000003           | 0,0001071           |
| Mart    | -0,0000093 | 2,29     | 0,0001605          | -0,0000015           | 0,0001350           |
| Nisan   | -0,0000040 | 0,97     | 0,0001811          | -0,0000026           | -0,0000418          |
| Mayıs   | -0,0000277 | 9,52     | 0,0002036          | -0,0000030           | -0,0001132          |
| Haziran | -0,0000228 | 21,78    | 0,0001696          | -0,0000062           | -0,0004940          |
| Temmuz  | -0,0000046 | 29,44    | 0,0002374          | -0,0000024           | -0,0005837          |
| Ağustos | 0,0000032  | 23,39    | 0,0000940          | -0,0000002           | -0,0000312          |
| Eylül   | 0,0000172  | 24,02    | -0,0000540         | 0,0000034            | 0,0001263           |
| Ekim    | 0,0000037  | 1,64     | -0,0000118         | 0,0000011            | 0,0001275           |
| Kasım   | -0,0000197 | 3,60     | -0,0000212         | -0,0000006           | 0,0000838           |
| Aralık  | 0,0000239  | 4,38     | -0,0000276         | -0,0000035           | -0,0000022          |

## 6.2. Sıcaklık Zaman Serilerinin Oluşturulması

Sıcaklık zaman serilerinin 2050 yılına kadar uzatılması için zaman serisi modellenmesi uygulanmıştır. 1975-2003 yılları arasında kapsayan dönem için günlük ortalama sıcaklıklar hesaplanmıştır. Her ay için bu şekilde 28 yılı kapsayan birer zaman serisi elde edilmiştir. Her bir zaman serisi de bir AR(3) modeli ile temsil edilmiştir. Bu model denklem (6.1)'de verilmiştir.

$$X_t = \mu + \alpha_1(X_{t-1} - \mu) + \alpha_2(X_{t-2} - \mu) + \alpha_3(X_{t-3} - \mu) + \varepsilon_t \quad (6.1)$$

Burada,  $X_t$ , t zamanındaki değer

$\alpha$ , model katsayısı

$\mu$ , ortalama

$\varepsilon_t$ , 0 ortalama ve  $\sigma$  standart sapma ile normal dağılmış rassal bir terimdir.

Bu modelde sıcaklık üç gün öncesine kadar olan sıcaklıklarla ilişkilendirilmektedir. Günlük ortalama sıcaklıklarda birbirini izleyen günler arasında serisel korelasyon mevcuttur ve bu da AR(3) modeli ile sıcaklıklara yansımaktadır.

AR(3) modeli diğer modellere nazaran (AR(1), AR(2), MA(1), MA(2) gibi) en iyi uyumu gösterdiği için seçilmiştir. MA modelleri birbirini izleyen günler arasındaki ilişkiyi hesaba katmamaktadır. Model katsayıları ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ) ve  $\sigma$  S-PLUS istatistik programı kullanılarak bulunmuştur. Çizelge 6.4.'de AR(3) modelinin katsayıları verilmiştir.

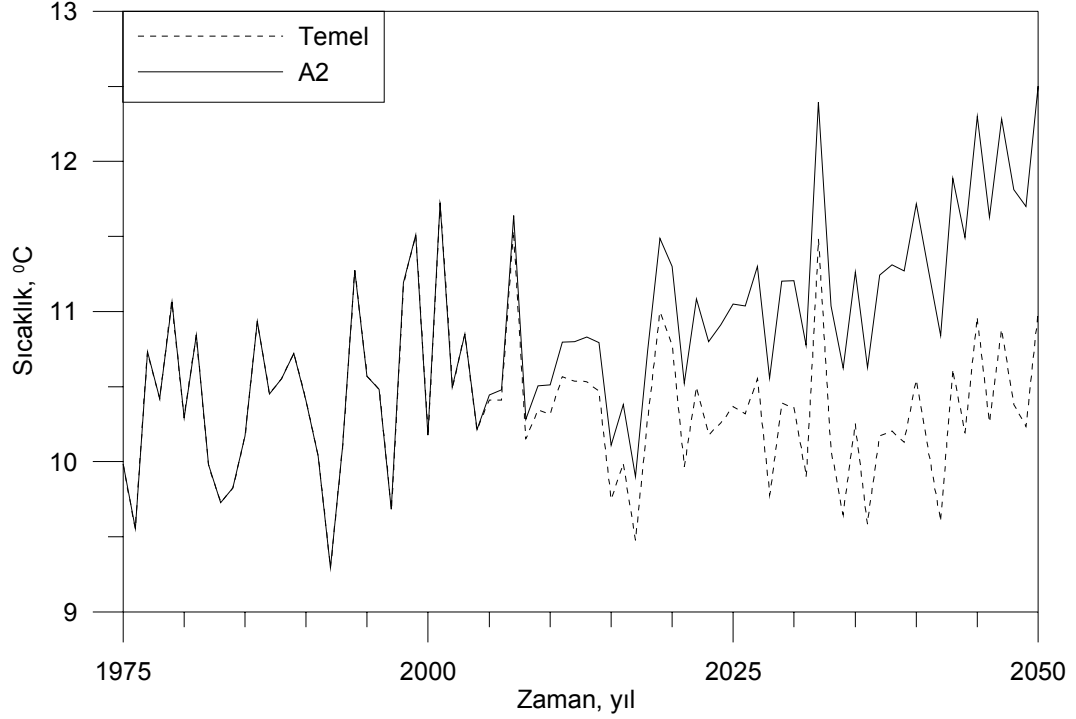
**Çizelge 6.4.** Sıcaklık verileri AR(3) model katsayıları

| Aylar   | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\sigma$ |
|---------|------------|------------|------------|----------|
| Ocak    | 1,00022    | -0,39196   | 0,17145    | 2,65286  |
| Şubat   | 1,14175    | -0,4621    | 0,12820    | 2,41810  |
| Mart    | 1,02232    | -0,34855   | 0,10018    | 2,77305  |
| Nisan   | 1,01924    | -0,34004   | 0,07483    | 2,53100  |
| Mayıs   | 0,95093    | -0,29526   | 0,07774    | 2,19704  |
| Haziran | 0,98724    | -0,35823   | 0,02849    | 1,93710  |
| Temmuz  | 1,01299    | -0,37424   | 0,11174    | 1,68617  |
| Ağustos | 1,00591    | -0,33682   | 0,11189    | 1,56653  |
| Eylül   | 1,032253   | -0,34991   | 0,00589    | 1,78655  |
| Ekim    | 1,01028    | -0,32737   | 0,09827    | 2,24934  |
| Kasım   | 0,99534    | -0,19933   | -0,05955   | 2,37309  |
| Aralık  | 1,04564    | -0,38656   | 0,11370    | 2,48212  |

AR(3) modelleri kullanılarak zaman serileri temel senaryo için 2004-2050 yıllarını hesaplayacak şekilde uzatılmıştır. Bu şekilde 1975'den 2050'ye uzanan ve her ayı kapsayan günlük sıcaklık zaman serileri elde edilmiştir.

A2 senaryosu için Çizelge 6.3.'de verilen aylık eğimler zaman serilerine eklenerek temel senaryodan farklı ve sıcaklık eğilimlerini yansıtan zaman serileri elde edilmiştir. Daha sonra her iki senaryo için aylık seriler birleştirilerek kesintisiz bir zaman serisi oluşturulmuştur (1975-2050 yılları arasında kapsayan 27759 günlük değer).

Şekil 6.1.'de yıllık ortalama sıcaklıklar Temel ve A2 senaryosunun farkını yansıtabak şekilde verilmiştir. 2003 yılının sonuna kadar her iki senaryo da birbirinin aynısıdır. 2004 yılından itibaren iklim değışikliğinin sıcaklığa olan etkisi ortaya çıkmaktadır. Şekil 6.1.'den de görüldüğü gibi sıcaklıklar giderek artmakta ve iki senaryo arasındaki fark açılmaktadır.



Şekil 6.1. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama sıcaklık değeri

EK-1 Çizelge 1 ve 2'de Temel ve A2 senaryolarının aylık ortalama sıcaklık bazında istatistiksel değeriendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3'de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değeriendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır. İki senaryo arasındaki farklar ortalama ve medyan değerielerinde ortaya çıkmaktadır. Eylül-Aralık arasındaki dönem hariç her ayda A2 senaryo ortalamaları daha yüksektir. Aynı zamanda A2 senaryosunun 8 ayında Sapma Katsayısı Temel senaryoya göre daha yüksektir. Bu da sıcaklıklarda aylık bazda farklılıkların az da olsa arttığını göstermektedir.

İki senaryo arasındaki farkların eğilim analizi parametrik olmayan bir yöntemle yapılmıştır. Bu yöntem Kendall eğilim testidir (Albek 2002). Bu test her

değerin arasındaki farkları (+,- veya 0) olarak hesaplamakta ve çıkan sonuca göre bir hipotez testi yaparak eğilimi P değerleri (elde edilen anlamlılık düzeyi) şeklinde vermektedir. P-değeri sıfıra ne kadar yakınsa, eğilimin varlığı istatistiksel olarak o kadar güçlüdür. Bütün değerlerin arasındaki farkların medyan değeri de eğilimin büyüklüğü hakkında sayısal bilgi vermektedir.

Kendall eğilim testi sonucunda elde edilen eğim ve P-değerleri EK-7’de verilmektedir. Buna göre yıllık bazda sıcaklık farkları çok anlamlı şekilde ( $P < 0,0001$ ) artmaktadır. Artmanın sayısal değeri de  $0,0324 \text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$ ’dır. Böylece 47 yılda  $1,57 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’lik bir artış söz konusudur.

Aylık bazda yılın ilk sekiz ayında anlamlı artışlar, son dört ayda ise anlamlı azalmalar görülmektedir. En yüksek artış temmuz ayında, en düşük artış ocak ayında, en yüksek değerli azalış eylül ayında, en düşük değerli azalış da ekim ayındadır.

### 6.3. Bulutluluk Zaman Serilerinin Oluşturulması

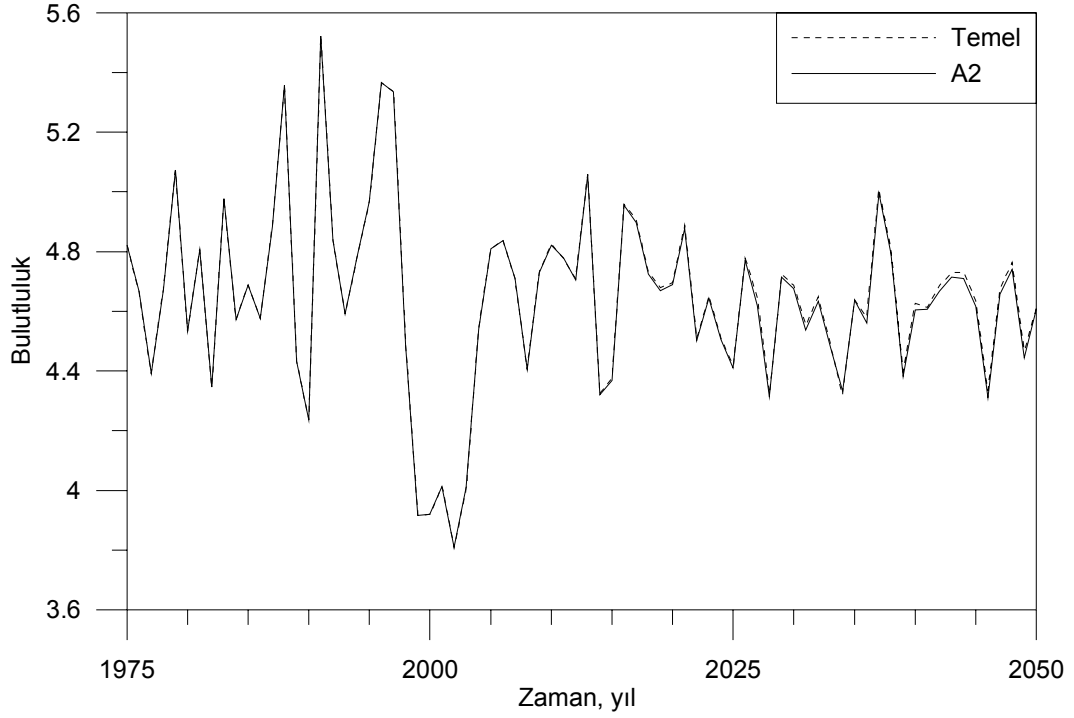
Bulutluluk için de sıcaklık için uygulanan yöntem uygulanmıştır. Ancak bulutlulukta AR(2) modeli en uygun model olarak bulunmuştur. Çizelge 6.5.’de AR(2) modelinin katsayıları ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) ve  $\sigma$  verilmiştir.

Şekil 6.2.’de Temel ve A2 senaryolarının yıllık ortalama değerleri verilmektedir. Şekil 6.2.’den de görüldüğü gibi bulutlulukta çok az bir azalma görülmektedir.

**Çizelge 6.5.** Bulutluluk verileri AR(2) model katsayıları

| Aylar   | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\sigma$ | Aylar   | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\sigma$ |
|---------|------------|------------|----------|---------|------------|------------|----------|
| Ocak    | 0,53204    | -0,08063   | 2,47314  | Temmuz  | 0,60490    | -0,12547   | 2,10600  |
| Şubat   | 0,56066    | -0,10952   | 2,52261  | Ağustos | 0,55996    | -0,07000   | 2,07784  |
| Mart    | 0,57655    | -0,07016   | 2,60501  | Eylül   | 0,55316    | -0,03660   | 2,24919  |
| Nisan   | 0,53826    | -0,07958   | 2,54216  | Ekim    | 0,67621    | -0,06742   | 2,51359  |
| Mayıs   | 0,60989    | -0,07267   | 2,31937  | Kasım   | 0,59782    | 0,01257    | 2,49680  |
| Haziran | 0,66141    | -0,13696   | 2,13680  | Aralık  | 0,48477    | -0,00308   | 2,40618  |





Şekil 6.2. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama bulutluluk değerleri

EK-2 Çizelge 1 ve 2’de Temel ve A2 senaryolarının aylık ortalama bulutluluk bazında istatistiksel değerlendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3’de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değerlendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır.

Parametrik olmayan eğilim testi sonuçlarına göre bulutluluk değerlerinde (A2-Temel farkları) anlamlı bir azalma ( $P < 0,0001$ ) vardır. Azalmanın sayısal değeri 0,005 %/yıl veya 47 yılda %0,235’dir.

Aylık bazda ilk yedi ayda ve son iki ayda azalma, eylül ve ekimde ise artma eğilimi göze çarpmaktadır. Ağustos ayındaki eğilim anlamlı değildir.

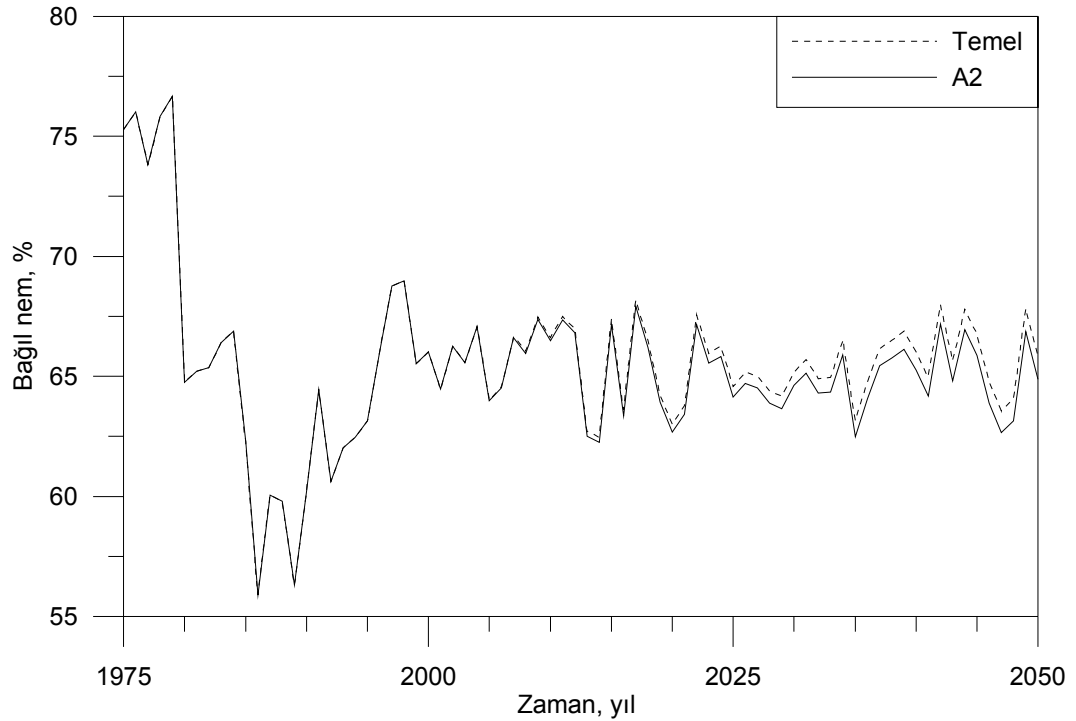
#### 6.4. Çiğ Noktası Sıcaklığı Zaman Serilerinin Oluşturulması

HSPF modeli atmosferdeki nem ile ilgili süreçlerde (örneğin buharlaşmanın hesaplanması gibi) çiğ noktası sıcaklığı zaman serilerini kullanmaktadır. Çiğ noktası sıcaklığı bağıl nem ölçümlerinden elde edilebilir. Temin edilen meteorolojik zaman serileri arasında bağıl nem verileri aynı sıcaklık ve bulutlulukta olduğu gibi zaman serisi modellenmesine tabi tutulmuştur. Burada AR(3) modeli kullanılmıştır. AR(3) model katsayıları Çizelge 6.6.’da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Bağlı nem verileri AR(3) model katsayıları

| Aylar   | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\sigma$ |
|---------|------------|------------|------------|----------|
| Ocak    | 0,61367    | -0,03375   | 0,13480    | 7,44511  |
| Şubat   | 0,65833    | -0,08119   | 0,07405    | 7,90653  |
| Mart    | 0,69164    | -0,15250   | 0,10649    | 7,37734  |
| Nisan   | 0,73726    | -0,11068   | 0,06427    | 10,27676 |
| Mayıs   | 0,70661    | -0,10923   | 0,12213    | 9,33902  |
| Haziran | 0,78478    | -0,21152   | 0,13531    | 8,12825  |
| Temmuz  | 0,76817    | -0,18713   | 0,12782    | 6,42908  |
| Ağustos | 0,79505    | -0,22434   | 0,20832    | 7,04264  |
| Eylül   | 0,80317    | -0,18838   | 0,17028    | 7,28006  |
| Ekim    | 0,78044    | -0,17020   | 0,11911    | 8,45194  |
| Kasım   | 0,62057    | -0,03613   | 0,07577    | 7,93905  |
| Aralık  | 0,59977    | -0,04033   | 0,13037    | 7,57060  |

Bağlı nemdeki eğilimler A2 senaryosuna yansıtılmıştır. Şekil 6.3.'de Temel ve A2 senaryosunun birbiriyle yıllık bazda karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 6.3. Temel ve A2 senaryosu yıllık ortalama bağlı nem değerleri

Çiğ noktası sıcaklığı bağıl nemden ve sıcaklık değerlerinden formül (6.2) ile hesaplanmaktadır (Linsley 1988).

$$T - T_d \approx (14,55 + 0,114T)X + [(2,5 + 0,007T)X]^3 + (15,9 + 0,117T)X^4 \quad (6.2)$$

$$X = 1,00 - f / 100 \quad (6.3)$$

Burada, T, Sıcaklık, °C

T<sub>d</sub>, Çiğ noktası sıcaklığı, °C

X, Bağıl nemin tamamlayıcısı

f, Bağıl nem, % ifade etmektedir

EK-3 Çizelge 1 ve 2’de Temel ve A2 senaryolarının aylık ortalama bağıl nem değerleri bazında istatistiksel değerlendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3’de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değerlendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır.

Bağıl nemde yıllık bazda bir azalma göze çarpmaktadır. Anlamlı olan bu azalma yılda %0,021 oranında, 47 yıllık dönemde ise %0,98’lik bir azalma göstermektedir. Aylık bazda şubat, mart, eylül, ekim ve kasım aylarında anlamlı artışlar diğer aylarda ise anlamlı azalmalar mevcuttur.

## 6.5. Yağış Zaman Serilerinin Oluşturulması

Yağış zaman serilerinin hazırlanmasında farklı bir yöntem izlenmiştir. Yağış, sıcaklık gibi günlük bazda serisel korelasyon göstermemekte ve sıcaklığa benzer şekilde modellenememektedir. Aynı zamanda yağış, süre ve şiddet gibi iki bileşene sahiptir.

Yağış için Kütahya Meteoroloji İstasyon’undan alınan günlük yağış değerleri (günlük toplam yağış olarak) her ay için 1975-2003 dönemi için zaman serisi haline getirilmiştir. Daha sonra bu zaman serileri temel senaryo için 2050’ye kadar uzatılmıştır. Uzatılmada uygulanan yöntem 1975’den 2003’e kadar olan 29 yıllık serinin 2004-2032’yi kapsayacak şekilde 1975-2003’ün ardına eklenmesidir. Daha sonra aynı ekleme 2033-2050 yılları için yapılmıştır. Bir diğer değişle 1975-2050 yağış serisi kendini 29 yıllık periyotlarla tekrarlamaktadır. Ancak 2004

sonrası aylık verilere rassal bir bileşen eklenmiştir. Bu rassal bileşen zaman serisinin ortalama ve standart sapmasını değiştirmeden, bir önceki periyoda göre yağış değerlerinde günlük bazda azalma veya artma yaratmaktadır. Bu şekilde serinin kendini aynı şekilde tekrarlaması engellenmiştir. Ancak bu rassal bileşenin etkisi önemli boyutta değildir ve iklim koşullarının benzer kalmasını (Temel senaryonun bir özelliği olarak) engellememektedir.

A2 senaryosu için Temel senaryo aylık toplam yağışa çevrilmiş, daha sonra her ay için ayrı 12 zaman serisi oluşturulmuştur. Bu aylık serilere Çizelge 6.3.'deki yüzde eğimler uygulanmıştır.

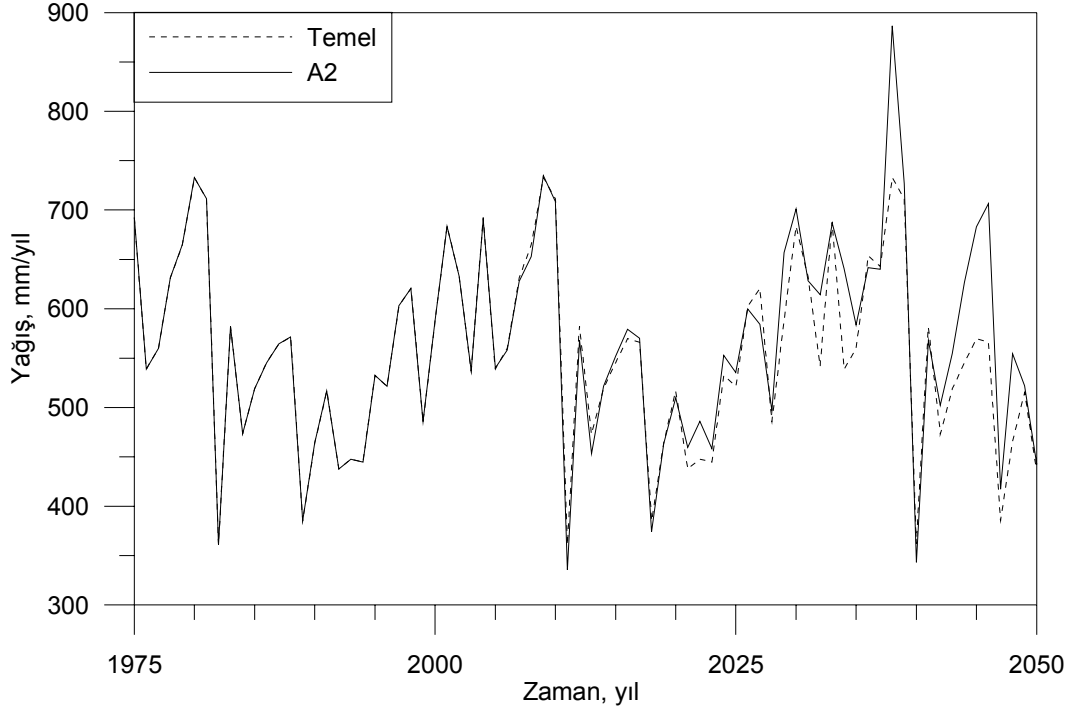
Bu şekilde Temel senaryo ve A2 senaryosu arasında aylık toplam yağışta farklılıklar oluşmuştur. Bu farklılıklar günlük toplam yağışlara yazılan bir Fortran programı ile yansıtılmıştır. Bu yansıtma aşağıdaki gibidir.

Eğer aylık toplam yağışta A2 senaryosu Temel senaryoya göre daha yüksek bir yağış değerine sahipse, bu fark günlük yağışlara iki şekilde yansıtılmaktadır. Yağış fazlalığı ya herhangi bir gündeki yağışın üzerine eklenmekte ya da hiç yağış olmayan bir güne yağış olarak yansımaktadır. Böylece ay boyunca yağışlı günlerin sayısı artabilmekte ve/veya yağışların şiddetleri artmaktadır. Yağış fazlalığının bu şekilde dağıtılması rassal bir süreçle sağlanmaktadır.

Eğer aylık toplam yağışta A2 senaryosu Temel senaryoya göre daha az bir yağış değerine sahipse, fark günlük yağışlara yine iki şekilde yansımaktadır. Rassal süreçler ile günlük yağışlarda azalma ve/veya yağışlı gün sayısında azalma şeklinde negatif fark A2 senaryosuna yansımaktadır.

Bu şekilde A2 senaryosunda Temel senaryoya göre önemli farklılıklar ortaya çıkartılmış, bu farklılıklar yağış sıklığına ve şiddetine değişik şekillerde yansıtılmıştır. Örneğin şiddetli yağışlar artmış veya tamamen kuru ayların sıklığı artmıştır. Bu da beklenen iklim değişikliği ile uyumlu bir durumdur.

Günlük yağışlar elde edildikten sonra bulutluluk değerlerinde bir düzeltme yapılmış, yağış esnasında bulutluluk en yüksek değerine getirilmiş, bu fazlalık, toplam zaman serisi bulutluluğunu etkilememesi için, yağışsız günlerde bazı bulutluluk değerleri azaltılarak dengelenmiştir. Şekil 6.4.'de Temel ve A2 senaryosunu yağış verilerinin yıllık bazda karşılaştırılması görölmektedir.



**Şekil 6.4.** Temel ve A2 senaryosu yıllık toplam yağış değerleri

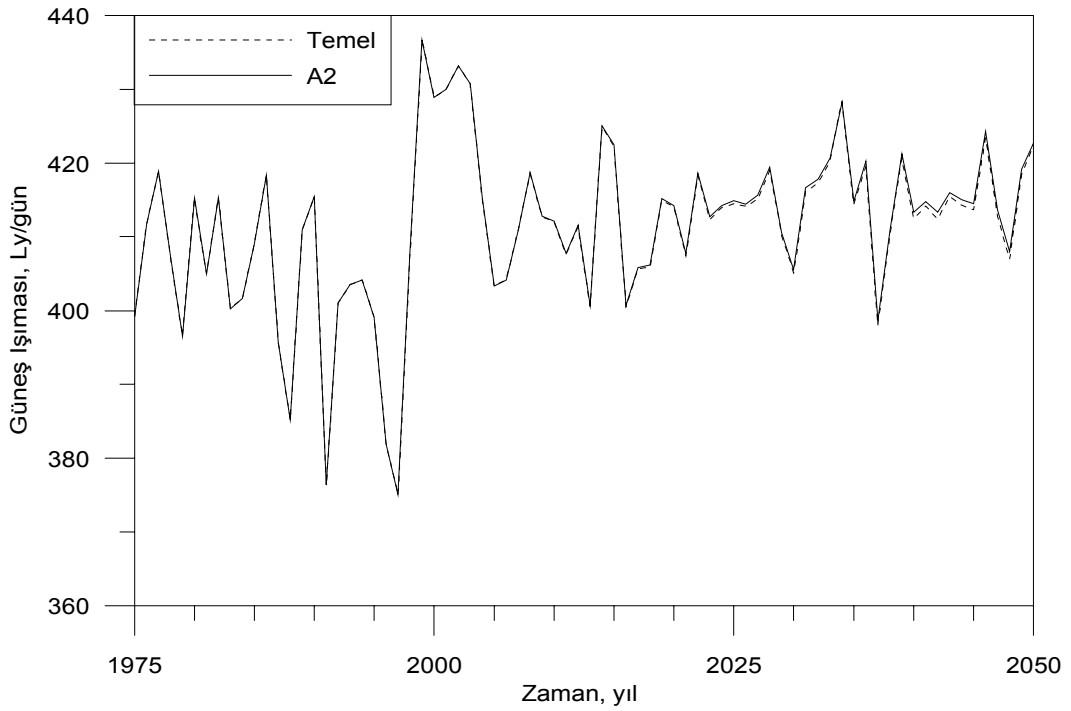
EK-4 Çizelge 1 ve 2’de Temel ve A2 senaryolarının aylık toplam yağışlar bazında istatistiksel değerlendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3’de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değerlendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır.

Yıllık toplam yağışların eğilim analizi sonucunda anlamlı bir artış ( $P < 0,0005$ ) görülmektedir. Bu artışın büyüklüğü yılda 0,925 mm mertebesindedir. 47 yıllık periyotta yağış 43,475 mm artış göstermektedir. Aylara dağılım incelendiğinde yılın beş ayında anlamlı artışlar, altı ayında anlamlı azalışlar ve bir ayda da (temmuz) anlamlı olmayan bir azalış gözlemlenmektedir. Anlamlı olmayan azalış için %95’lik anlamlılık düzeyi baz alınmıştır.

Yağışlarda anlamlı artışların kaydedildiği aylar şubat, ağustos, eylül, ekim ve aralıktır. Bu aylarda sırasıyla 47 yıllık toplam periyot içinde 13,3 mm, 61,9 mm, 64,2 mm, 4,4 mm ve 11,9 mm artış görülmüştür. En fazla artış ağustos ve eylül aylarında gerçekleşmektedir. Anlamlı azalışlar ise ocak, mart, nisan, mayıs, haziran ve kasım aylarında sırasıyla 19,7 mm, 6,1 mm, 2,7 mm, 20,4 mm, 25,4 mm ve 9,4 mm’dir. En yüksek azalış ocak, mayıs ve haziran aylarındadır.

## 6.6. Güneş Işıması Zaman Serilerinin Oluşturulması

Güneş ışması zaman serilerinin oluşturulması için HSPF'in bir yan programı olan WDMUtil programı kullanılmıştır. Günlük güneş ışması değerleri incelenen havzaların enlemi verilerek ( $39^0$  kuzey enlemi) ve günlük bulutluluk değerlerinden program tarafından hesaplanmıştır. Temel ve A2 senaryoları için farklı bulutluluklardan kaynaklanan iki farklı güneş ışması zaman serisi elde edilmiştir. Şekil 6.5.'de Temel ve A2 senaryosunun güneş ışması verilerinin yıllık bazda karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 6.5. Temel ve A2 senaryosu yıllık güneş ışması değerleri

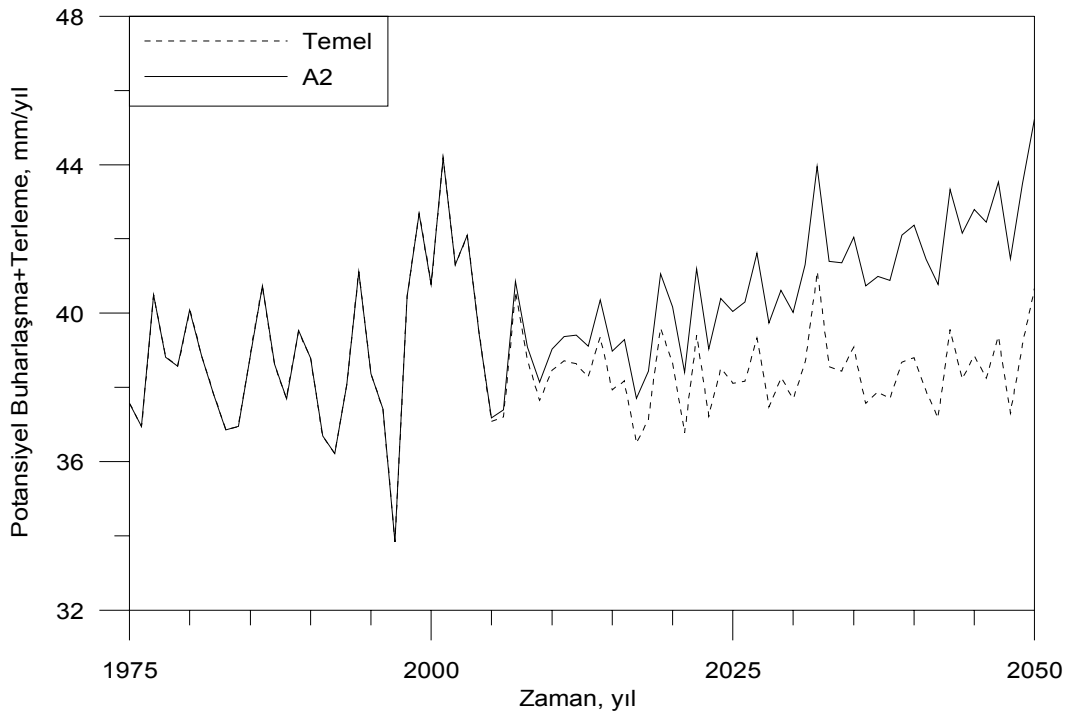
EK-5 Çizelge 1 ve 2'de Temel ve A2 senaryolarının aylık ortalama güneş ışması bazında istatistiksel değerlendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3'de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değerlendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır.

Güneş ışmasında bulutluluk eğilimlerinin tam tersi olarak yıllık bazda anlamlı bir artış görülmektedir. Artış 47 yıllık dönemde  $0,92 \text{ Ly/gün}$ 'dür. Eğilim analizine göre yılın ilk 7 ayında anlamlı artışlar eylül ve ekimde, anlamlı azalmalar kasım ayında, anlamlı artışlar görülmektedir.

## 6.7. Potansiyel Buharlaşma+Terleme Zaman Serilerinin Oluşturulması

Potansiyel buharlaşma+terleme zaman serisi HSPF tarafından gerek duyulan meteorolojik zaman serilerinden biridir. Potansiyel buharlaşma+terleme bir açıdan havzada gerçekleşen maksimum buharlaşma+terlemeyi ifade etmektedir.

Potansiyel buharlaşma+terleme, Kütahya meteoroloji istasyonu'ndan temin edilen meteorolojik veriler arasında bulunmamaktadır. Potansiyel buharlaşma+terleme, genel olarak ya göl gibi açık su yüzeylerinden gerçekleşen buharlaşma ile temsil edilmekte, ya da değişik formüllerden hesaplanmaktadır. Bu çalışmada potansiyel buharlaşma+terleme değeri WDMUtil programı tarafından hesaplanmıştır. Hesaplama Jensen formülü kullanılmıştır. Bu formül girdi olarak günlük minimum ve maksimum hava sıcaklıklarını ve günlük güneş ışınmasını kullanmaktadır. Şekil 6.6.'da Temel ve A2 senaryosunu potansiyel buharlaşma+terleme verilerinin birbiriyle yıllık bazda karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 6.6. Temel ve A2 senaryosu potansiyel buharlaşma+terleme değerleri

EK-6 Çizelge 1 ve 2’de Temel ve A2 senaryolarının aylık toplam potansiyel buharlaşma+terleme bazında istatistiksel değerlendirilmesi verilmektedir. Çizelge 3’de de her iki senaryo arasındaki farkların (A2-Temel) istatistiksel değerlendirilmesi ve 2004-2050 yıllarını kapsayan dönemdeki eğilimleri bulunmaktadır.

Potansiyel buharlaşma+terleme verilerinde 47 yıllık dönemde çok anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış 116 mm’ye karşılık gelmektedir. Aynı sıcaklıktaki aylık artışlara benzer şekilde potansiyel buharlaşma+terleme değerleri yılın ilk sekiz ayında artmakta son dört ayda ise azalmaktadır.



## 7. MODEL GİRDİLERİNİN OLUŞTURULMASI

Meteorolojik veri setlerinin iklim değişikliği senaryolarına göre hazırlanması ile WinHSPF model programının meteorolojik veri girdileri tamamlanmıştır. Model programı ayrıca havzaların özelliklerini, hidrolojik özelliklerinin ve simülasyonu yapılacak olan bileşenlerin gereksinim duyduğu bazı parametreleri girdi olarak istemektedir. Bu nedenle çalışmada ilk olarak hipotetik havzalar oluşturulmuştur. Sonrasında her bir hipotetik havzada bulunan akarsu ve göl gibi hidrolojik sistemlerin özellikleri ile ilgili girdi parametreleri hazırlanmıştır. Son olarak model programın, incelenecek olan model çıktı sonuçlarının hesaplanmasında kullanacağı belli başlı parametreler literatürden taranarak ve hesaplanarak model programa girilmiştir.

### 7.1. Hipotetik Havzaların Oluşturulması

Çalışmada farklı toprak tipi ve bitki örtüsüne sahip olan havzalar tasarlanmış ve kullanılmıştır. İklimsel değişimlerde küresel çevrim modellerinin kullanılması neticesinde elde edilen meteorolojik veriler oldukça geniş alanların etkisini bir arada incelemektedir. Bu nedenle kullanılan hipotetik havzalar büyük alana sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm havzalar 1000 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. Havzalar 4 ana bitki örtüsü grubuna ayrılmıştır. Her bir bitki grubunda ise toprağın geçirgenlik oranına göre 4 farklı havza yapısına sahip olacak şekilde toplam 16 adet farklı bitki örtüsü ve toprak tipine sahip hipotetik havza oluşturulmuştur. Çizelge 7.1.'de kullanılan hipotetik havzaların numaraları ve özellikleri kısaca belirtilmiştir.

Çalışmada kullanılan hipotetik havzaların farklı su geçirgenlik özelliklerine sahip olması ve bu farklılığın iklim değişimlerinden nasıl etkilendiğinin belirlenebilmesi amacıyla her bir havza için 4 farklı hidrolojik toprak grubu uygulanmıştır. Farklı hidrolojik toprak grupları için Çizelge 7.4'deki hidrolojik toprak grupları kullanılmıştır. Hipotetik havzalarda bulunan hidrolojik yapıyı oluşturmak için ayrı ayrı her bir havzaya akarsu ve göl eklenerek bu hidrolojik yapıların nasıl etkilendikleri incelenmiştir. Ayrıca her bir havza tipi için temel

iklim senaryosu ve A2 tipi iklim değişikliği senaryoları oluşturularak ayrı ayrı model çalışması gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 7.1.** Hipotetik havzaların numaralandırılması ve kısa açıklamalar

| Havza No | Havza Bitki Tipi      | Hidrolojik Toprak Grubu | Hidrolojik Yapı |     | İklim Senaryosu |    |
|----------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----|-----------------|----|
|          |                       |                         | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 1        | Bitki yok             | A                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 2        | Bitki yok             | B                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 3        | Bitki yok             | C                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 4        | Bitki yok             | D                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 5        | Mera                  | A                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 6        | Mera                  | B                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 7        | Mera                  | C                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 8        | Mera                  | D                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 9        | İğne yapraklı orman   | A                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 10       | İğne yapraklı orman   | B                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 11       | İğne yapraklı orman   | C                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 12       | İğne yapraklı orman   | D                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 13       | Yaprağını döken orman | A                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 14       | Yaprağını döken orman | B                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 15       | Yaprağını döken orman | C                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |
| 16       | Yaprağını döken orman | D                       | Akarsu          | Göl | Temel           | A2 |

## 7.2. Hidrolojik Yapıların Oluşturulması

Hazırlanan hipotetik havzaların her biri için bir akarsu ve göl hidrolojik yapısı oluşturularak her birinin iklim değişikliğinden nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. WinHSPF model programında hidrolojik yapılar derinlik, debi ilişkisi şeklinde ifade edilmektedir.

### 7.2.1. Akarsu hidrolik özelliklerinin belirlenmesi

Hipotetik havzaların tümünde aynı boyut ve hidrolojik özellikte bir akarsuyun bulunduğu öngörülmüş ve buna bağlı olan özellikleri WinHSPF model programına girilmiştir. Akarsuyun trapezoidal bir kanal yapısına sahip olduğu öngörülmüştür. Akarsu 10 m'lik bir taban genişliğine sahiptir. Ayrıca doğal akarsulardaki taban pürüzlülük katsayısı Manning n değeri için literatürde tipik

değer olarak belirtilen 0,03 değeri alınmıştır (Linsley 1988). Model program temel senaryo için çalıştırılarak akarsuda 75 yıllık periyotta akacak debinin %95'lik diliminin 33 m<sup>3</sup>/s'den az olacağı belirlenmiştir. Geri kalan %5'lik dilimin ise belirli dönemlerde taşkınlara yol açtığı öngörülmüştür. Kanalin debisinin (Q) hesaplanabilmesi amacıyla taban genişliği, pürüzlülük katsayısı, arazi eğimi, kanal derinliği gibi parametreleri içeren Manning denklemi (7.1) kullanılmıştır (Chapra 1997).

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (7.1)$$

Burada, n, Manning pürüzlülük katsayısı

A, Enkesit alanı

R, Hidrolik yarıçap

S, Kanal eğimi şeklindedir.

Trapezoidal bir kanaldaki kesit alanı (A)

$$A = B_0 y + y^2 \quad (7.2)$$

formülü ile verilir.

Burada, B<sub>0</sub>, Kanal taban genişliği

y, su derinliği şeklindedir.

Enkesit alanının hesaplanabilmesi için ıslak çevrenin de bilinmesi gereklidir. Islak çevre (P) ve buna bağlı olarak enkesit alanının hesaplanmasında (R) Denklem 7.4'de verilmiştir.

$$P = B_0 + 2y\sqrt{2} \quad (7.3)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B_0 y + y^2}{B_0 + 2\sqrt{2}y} \quad (7.4)$$

Bu eşitliklerin düzenlenmesi sonucunda debinin Manning pürüzlülük katsayısı, eğim, su derinliği ve taban genişliğine bağlı olduğu yeni bir denklem (7.5) türetilmiştir.

$$Q = \frac{1}{n} \frac{(B_0 y + y^2)^{2/3}}{(B_0 + 2\sqrt{2}y)^{2/3}} S^{1/2} \quad (7.5)$$

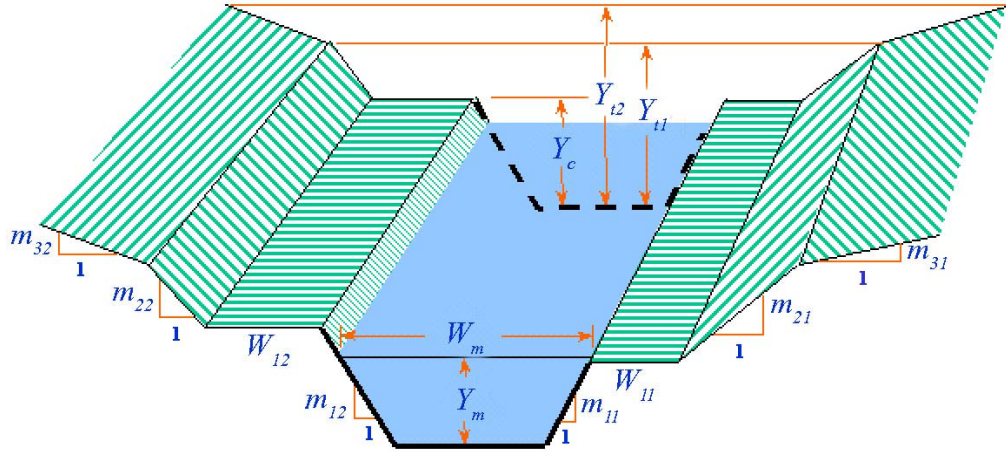
Sekant yöntemi kullanılarak bu denklemin sayısal çözümü yapılmış ve akarsuda taşınan debinin %95'ini taşıyabilecek kanaldaki su derinliği 2 metre olarak hesaplanmıştır.

Model programının akarsu debisi ile ilgili çıktılarından yola çıkılarak 75 yıllık periyotta ortalama debinin  $16,78 \text{ m}^3/\text{s}$  olacağı belirlenmiştir. Kanalın sağ ve sol taraflarının eğimlerinin  $45^0$  olduğu varsayılarak ve taban genişliği 10 metre alındığında trapezoidal kanalın üst genişliği 12,64 metre olarak bulunmuştur. Çizelge 7.2.'deki parametreler WinHSPF model programdaki FTABLE bloğuna girilerek akarsu model programa tanıtılmıştır.

**Çizelge 7.2.** Modellemede kullanılan FTABLE bloğu kesit alan parametreleri

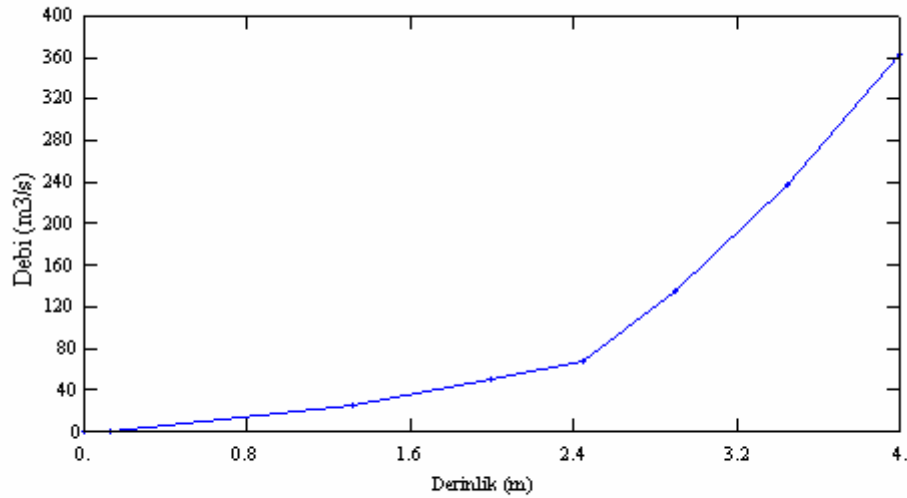
| Değişken | Açıklama                              | Değer |
|----------|---------------------------------------|-------|
| L        | Uzunluk, m                            | 50000 |
| $Y_m$    | Ortalama derinlik, m                  | 1,32  |
| $W_m$    | Ortalama genişlik, m                  | 12,64 |
| n        | Manning pürüzlülük katsayısı          | 0,03  |
| S        | Boylamsal eğim                        | 0,001 |
| $m_{32}$ | Taşkın ovası üst sol tarafının eğimi  | 1     |
| $m_{22}$ | Taşkın ovası alt sol tarafının eğimi  | 1     |
| $W_{12}$ | Eğimsiz taşkın ovası sol genişliği, m | 20    |
| $m_{12}$ | Kanalın sol tarafının eğimi           | 1     |
| $m_{11}$ | Kanalın sağ tarafının eğimi           | 1     |
| $W_{11}$ | Eğimsiz taşkın ovası sağ genişliği, m | 20    |
| $m_{21}$ | Taşkın ovası alt sağ tarafının eğimi  | 1     |
| $m_{31}$ | Taşkın ovası üst sağ tarafının eğimi  | 1     |
| $Y_c$    | Kanal derinliği, m                    | 2     |
| $Y_{t1}$ | Taşkın su yüksekliği, m               | 2,9   |
| $Y_{t2}$ | Maksimum derinlik, m                  | 4     |

Kullanılan parametreler Şekil 7.1.'de şematik olarak gösterilen kesit alanı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 7.1. FTABLE parametrelerinin kesit alanı üzerinde gösterimi

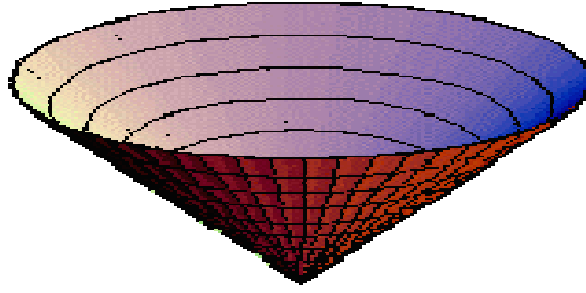
Akarsu ile ilgili kesit alan bilgileri girilerek akarsuyun derinlik debi ilişkisi program tarafından hesaplanmıştır. Şekil 7.2.'de bu ilişki görülmektedir. Bu ilişki ile model program tarafından akarsuyun hidrolojik modellenmesi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7.2. Hipotetik havzalarda bulunan akarsuyun derinlik-debi ilişkisi

### 7.2.2. Göl hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi

Hipotetik havzalarda bulunan gölün konik bir yapıda olduğu öngörülmüştür. Gölün şematik görünümü Şekil 7.3.'de görülmektedir.



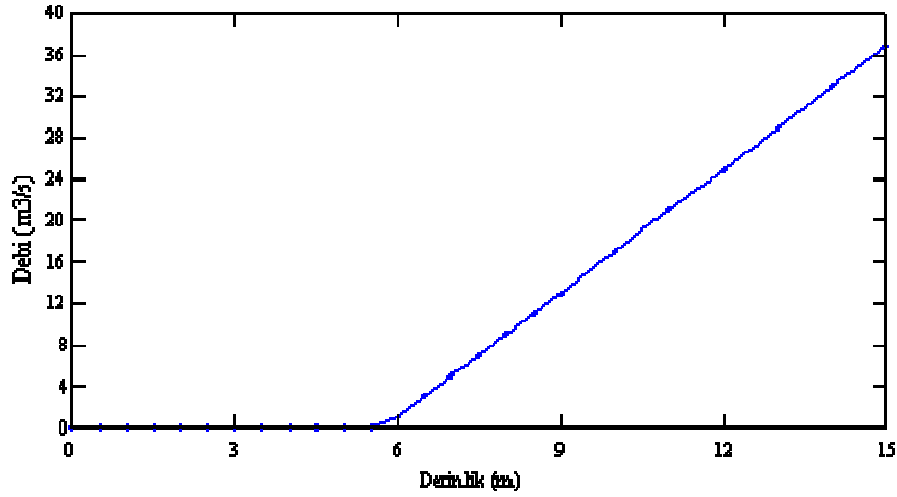
**Şekil 7.3.** Göl şematik görünümü

Gölü derinliğinin her 0,5m'lik değişiminde üst yarıçapının 250m olarak değişim gösterdiği kabul edilerek gölün derinliğine göre hacmi ve yüzey alanı elde edilmiştir. Çizelge 7.3.'de derinliğe göre göl yüzey alanı ve hacim değerleri görülmektedir. Çıplak arazide toplanan su miktarı diğer havzalara göre oldukça fazla olduğu için gölün hacmi çıplak arazi için biraz daha büyütülerek kullanılmıştır. Çizelge 7.3.'de 10 m'den sonraki derinlikler için üst çap, hacim ve yüzey alanı verileri çıplak arazi modellemelerinde kullanılmıştır.

**Çizelge 7.3.** Derinliğe göre göl yüzey alanı ve hacim değerleri

| Derinlik (m) | Üst çap (m) | Hacim (Mm <sup>3</sup> ) | Yüzey Alanı (ha) | Derinlik (m) | Üst çap (m) | Hacim (Mm <sup>3</sup> ) | Yüzey Alanı (ha) |
|--------------|-------------|--------------------------|------------------|--------------|-------------|--------------------------|------------------|
| 0            | 0           | 0,00                     | 0,00             | 6,5          | 3250        | 71,90                    | 3318,31          |
| 0,5          | 250         | 0,03                     | 19,63            | 7            | 3500        | 89,80                    | 3848,45          |
| 1            | 500         | 0,26                     | 78,54            | 7,5          | 3750        | 110,45                   | 4417,86          |
| 1,5          | 750         | 0,88                     | 176,71           | 8            | 4000        | 134,04                   | 5026,55          |
| 2            | 1000        | 2,09                     | 314,16           | 8,5          | 4250        | 160,78                   | 5674,50          |
| 2,5          | 1250        | 4,09                     | 490,87           | 9            | 4500        | 190,85                   | 6361,73          |
| 3            | 1500        | 7,07                     | 706,86           | 9,5          | 4750        | 224,46                   | 7088,22          |
| 3,5          | 1750        | 11,22                    | 962,11           | 10           | 5000        | 261,80                   | 7853,98          |
| 4            | 2000        | 16,76                    | 1256,64          | 11           | 5500        | 348,45                   | 9503,32          |
| 4,5          | 2250        | 23,86                    | 1590,43          | 12           | 6000        | 452,39                   | 11309,73         |
| 5            | 2500        | 32,72                    | 1963,50          | 13           | 6500        | 575,17                   | 13273,23         |
| 5,5          | 2750        | 43,56                    | 2375,83          | 14           | 7000        | 718,38                   | 15393,80         |
| 6            | 3000        | 56,55                    | 2827,43          | 15           | 7500        | 883,57                   | 17671,46         |

Havzada oluşturulan gölün üstten itibaren 6 m'lik kısmından sonra su boşaltmaya başlayacağı öngörülmüş olup, gölün derinlik-debi eğrisi Şekil 7.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Hipotetik havzalarda bulunan gölün derinlik-debi ilişkisi

Şekil 7.4.'te görüldüğü üzere havzalarda bulunan göl 5,5 m derinliğe ulaşana kadar dışarıya su vermemekte, bu değer üzerindeki değerlerde bir su yapısı vasıtasıyla su bırakmaya başlamaktadır.

### 7.3. Hidrolojik Parametrelerin Seçimi ve Kullanımları

WinHSPF model programında kullanılan hidrolojik parametrelerin seçimi için literatürden tarama yapılarak ve mevcut literatür verilerinden yola çıkılarak hesaplama yoluyla gerekli hidrolojik parametreler belirlenmiş ve model programa girilmiştir.

#### 7.3.1. Hava sıcaklığı (ATEMP) parametreleri

ATEMP bölümü değişkenleri hem PERLND hem de IMPLND modülleri için kullanılmaktadır. Bu bölüm SNOW hariç basit hidrolojik simülasyon için gerekli değildir.

##### 7.3.1.1. ATEMP-DAT tablosu

**ELDAT:** Kot farkıdır. ELDAT, hava sıcaklığı ölçüm istasyonu kotu ile havza ortalama kotu arasındaki farktır. İki yer arasındaki kot farkı sıcaklık düzeltmesi için kullanılır. Çalışmada hipotetik havzalar kullanıldığından ölçüm istasyonu ile havza arasında kot farkının bulunmadığı öngörülmüş ve ELDAT parametresi tüm simülasyonlar için sıfır olarak alınmıştır.

**AIRTMP:** Simülasyon periyodunun başladığı andaki hava sıcaklığıdır. WDM meteoroloji dosyasında bulunan hava sıcaklığı verilerinden ilk günün sıcaklığı 4,8<sup>0</sup>C olarak belirlenmiştir. Bu nedenle tüm simülasyonlarda bu sıcaklık değeri kullanılmıştır.

### 7.3.2. Kar (SNOW) parametreleri

SNOW bölümü değişkenleri hem PERLND hem de IMPLND modülleri için kullanılmaktadır. ICE-FLAG tablosu kar örtüsünde oluşan buzun simülasyonu için kullanılır. 0 değeri buz simülasyonunun olmadığını ifade ederken, 1 değeri suyun donması veya kar örtüsü altındaki toprağın donmasını günlük bazda hava sıcaklığı ve kar örtüsü altında eriyen miktara göre hesaplamayı ifade eder. Bu seçenek toprağın donduğu koşulların olduğu bölgeler için kullanılır. Çalışmada kullanılan meteorolojik verilerin elde edildiği bölgelerde bu durum söz konusu olmadığından çalışmada kullanılmamıştır.

#### 7.3.2.1. SNOW-PARM1 tablosu

**LAT:** Enlem değeridir. LAT kuzey yarımküre için pozitif değerler alır. LAT yaz kış zaman periyotlarını belirleyerek kar yüzeyindeki albedonun hesaplanmasında kullanılır. Çalışmada 37,5<sup>0</sup> kuzey enlemi kullanılmıştır.

**MELEV:** Ortalama kot seviyesidir. MELEV, atmosferden kar örtüsüne konveksiyon ile ısı akısının hesaplanmasında kullanılır. Kütahya bölgesindeki mevcut arazi yüksekliği ele alındığında ortalama 1000 m kot seviyesi uygun olarak görülmüş ve simülasyonlarda kullanılmıştır.

**SHADE:** Arazinin güneş ışınımından ağaçlar veya arazi eğimi ile gölgelenme oranıdır. SHADE kar örtüsüne ulaşan kısa dalga güneş ışınımını kontrol eder. SHADE ayrıca uzun dalga radyasyonunun hesaplanması için de kullanılabilir. Çalışmada havzanın eğiminin oldukça az ve engebesiz bir yapıya sahip olduğu öngörülmüştür. Bu nedenle eğimden kaynaklanan bir gölgelenmenin olmadığı farz edilmiştir. SHADE parametresi çıplak arazi simülasyonlarında 0,0, otlak arazide 0,1, ormanlık arazide 0,35 olarak kullanılmıştır.

**SNOWCF:** Kayıt edilen kar şeklinde gerçekleşen yağışın, ölçüm aygıtı tarafından yakalanma verimini göz önüne alan faktördür. Karın ölçüm aygıtı ile



yakalanması rüzgar hızından, cihaz özelliği ve yerleşiminden etkilenir. SNOWCF normalde 1 veya daha fazladır. Literatürde tipik değerler olarak 1,1-2,0 arasında yer almaktadır. Korumasız bazı ölçüm aygıtları için, bu değer rüzgar hızına bağlı olarak parabolik bir denklemlerle ifade edilebilir ve SNOWCF değeri 0 mil/saat rüzgar hızı için 1,0, 5 mil/saat için 1,3 ve 10 mil/saat için 1,8 değerlerini alabilmektedir. Ayrıca cihazla tutulma ile gerçek tutulma değeri karşılaştırıldığında doğrusal bir ilişki olduğu ve 0,0 mil/saat de 1,0, korumalı ölçüm cihazlarında 10 mil/saat'de 0,75, korumasız ölçüm cihazlarında ise 10 mil/saat'de 0,55 şeklinde olduğu belirtilmiştir. Meteorolojik verilerden elde edilen verilere göre ortalama rüzgar hızı 2,70 mil/saat civarındadır. Rüzgar hızına bağlı olan ilişki kullanılarak SNOWCF için 1,1 değerinin uygun olabileceği belirlenmiş ve bu değer tüm simülasyonlarda kullanılmıştır.

**COVIND:** Tüm arazinin karla kaplanması durumunda maksimum kar örtüsü derinliğidir (su eşdeğeri). COVIND topoğrafik ve iklimsel koşulların bir fonksiyonu şeklindedir. Literatürde tipik değerinin 25-150 mm arasında olduğu belirtilmektedir. Düz bir topoğrafyaya sahip bölgelerde bu değer minimum değerine yakın olurken, dağlık bölgelerde COVIND bu aralığın üst değerlerine yakın değerler alır. Öngörülen hipotetik havza düz bir arazi yapısına sahip olduğu için ve yapılan araştırmalarda Kütahya bölgesinde genel anlamda maksimum kar kalınlığının 40 cm civarında olması nedeniyle COVIND değeri su eşdeğeri olarak ifade edildiği için 400 mm'lik kar kalınlığı bu parametre ile 40 mm olarak alınmıştır.

### 7.3.2.2. SNOW-PARM2 tablosu

**RDCSN:** hava sıcaklığının 0<sup>0</sup>F veya altındaki değerlerinde taze karın suya göre bağıl yoğunluğudur. Tipik değerleri 0,1-0,2 arasındadır. RDCSN, Karın modellendiği PACK modülünden elde edilen kar yoğunluğunun saha çalışmaları ile karşılaştırılması ile kalibrasyon edilebilir. RDCSN, hava sıcaklığı 0<sup>0</sup>F üzerinde otomatik olarak ayarlanır. Kar yoğunluğu ile sıcaklık işlevsel bir ilişkiye sahiptir. Çalışmada tüm simülasyonlar için 0,15 değeri kullanılmıştır.

**TSNOW:** Yağışın doygun koşullar altında kar şeklinde gerçekleştiği hava sıcaklığıdır. Tipik değerleri -0,5-0<sup>0</sup>C arasındadır. Hava sıcaklığı TSNOW

değerinin üzerine çıkması durumunda yağışın yağmur şeklinde düştüğü, altındaki değerlerde ise kar şeklinde düştüğü varsayılır. TSNOW parametresi kar birikiminin artması ve azalması üzerinde büyük rol oynar. Bununla birlikte, değişen TSNOW değerleri bu değer  $0^{\circ}\text{C}$  civarlarında olmasında büyük önem taşır. Kış hava sıcaklıkları  $-1^{\circ}\text{C}$ 'dan daha düşük bölgelerde TSNOW oldukça az veya hiç etkiye sahip değildir. Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler incelendiğinde kış aylarında sıcaklık değerinin yaklaşık  $-1/1^{\circ}\text{C}$  aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle tüm simülasyonlarda TSNOW parametresi sıfır olarak kullanılmıştır.

**SNOEVP:** Kar örtüsünden buharlaşma ayarlama faktörüdür. Tipik olarak 0,1 değerlerine yakın değerlerdedir. Kar örtüsünden buharlaşma, havanın buhar basıncının kar yüzeyinin buhar basıncından daha düşük olduğu durumlarda gerçekleşir. Buharlaşma kar örtüsünün sadece donmuş kısmından gerçekleşir ve SNOEVP parametresi, rüzgar hareketleri ve kar örtüsü ile kaplı arazi oranı ile düzeltilir. Kardan buharlaşma pek çok havzada gerçekleşmez. Fakat rüzgarlı, düşük nemli koşullarda karşılaşılabılır. Çalışılan iklim koşullarında rüzgar hızının çok fazla olmaması, ancak nem oranının genel olarak biraz düşük olması nedeniyle literatürde tipik değer olan 0,1 değeri kullanılmıştır.

**CCFACT:** Atmosferden kar örtüsüne yoğuşma ve konveksiyon ile ısı aktarım hızı ayarlama faktörüdür. CCFACT iklim koşullarının bir fonksiyonu şeklindedir. Tipik değerleri 1,0 civarlarında olmasına rağmen 0,5-2,0 arasında değerler alabilmektedir. CCFACT, kar örtüsünden araziye ısı aktarımını hesaplamak için hava sıcaklığı ve rüzgar hareketlerini birleştirici bir yapıya sahiptir. Literatürdeki tipik değer olan 1,0 değeri kullanılmıştır.

**MWATER:** Kar örtüsünün maksimum sıvı su tutma kapasitesidir. MWATER buz katmanı kütesinin; boyutu, biçimi, kar kristalleri arasındaki boşluğun bir fonksiyonudur ve kar örtüsünün kanallaşma ve petekleşmesi sıvı suyun birikimine izin verir. Deneysel çalışmalar ile bu değer  $0,01-0,05$  arasında değiştiği, tipik olarak  $0,03$  olduğu belirtilmiştir. Modelleme çalışmasında tüm simülasyonlar için tipik değer olan  $0,03$  değeri kullanılmıştır.

**MGMELT:** Yerin ısınması ile kar erimesinin maksimum hızı MGMELT kar örtüsünün, sıcaklığının  $0^{\circ}\text{C}$ 'de iken, erime hızı olarak ifade edilir ve standart

değeri 0,25 mm/gün dür. Derinlemesine donma olaylarının görüldüğü ve arazinin donduğu bölgelerde bu değer sifira yaklaşır. Çalışmada tipik değer olan 0,25 mm/gün değeri kullanılmıştır.

### 7.3.2.3. SNOW-INIT1 tablosu

**Pack-snow:** Kar örtüsündeki kar miktarının başlangıç değeridir. Çalışmada başlangıç tarihi 01.01.1975 dir. Bu tarihte yağış olmasına rağmen sıcaklık değeri 4,8<sup>0</sup>C olduğu için kar yağmadığı ve daha önceki günlerde de önemli yağış olmadığı için Pack-snow parametresi sıfır olarak alınmıştır.

**Pack-ice:** Kar örtüsündeki buzun başlangıç değeridir. Pack-snow parametresinde olduğu gibi bu parametre için de sıfır değeri kullanılmıştır.

**Pack-watr:** Kar örtüsündeki suyun başlangıç değeridir. Pack-snow parametresi sıfır olarak öngörüldüğü için Pack-watr değeri de sıfır seçilmiştir.

**RDENPF:** Kar örtüsündeki donuk kısmın suya göre başlangıçtaki yoğunluğudur. Aksi durumda RDCSN değerine göre seçim yapılır. Simülasyon 1 Ocaktan başladığı için RDCSN değeri esas alınmış ve simülasyonlarda RDENPF değeri olarak 0,15 kullanılmıştır.

**DULL:** Kar örtüsü yüzeyindeki öngörülen başlangıç albedo değerine göre matlaşma (dullness) indeksinin başlangıç değeridir. Eğer simülasyon su yılı başlangıcında (1 Ekim) başlıyorsa, DULL genelde 0 olarak alınır (mükemmel yansıtma özellikli kar için). DULL 0-800 arasında değer alabilir ve amprik bir indekstir. Yeni bir karın düşmediği her bir saat için değeri arttırılır. Simülasyon 1 Ocaktan itibaren başladığı ve herhangi bir kar yağışı olmadığı için literatürde belirtilen aralık değerinin ortalaması olan 400 değeri tüm simülasyonlarda kullanılmıştır.

**PAKTMP:** Kar örtüsünün donan içeriğinin ortalama başlangıç sıcaklığıdır. Çalışmada tüm simülasyonlarda tipik değer olan 0<sup>0</sup>C kullanılmıştır.

### 7.3.2.4. SNOW-INIT2 Tablosu

**COVINX:** Tüm arazinin kar ile kaplı olması için gerekli başlangıç kar örtüsü derinliğidir. Eğer simülasyon su yılı başlangıcında başlıyorsa, COVINX

genelde 0,25 mm olarak alınır. Simülasyon 1 Ocak tarihinden itibaren başladığı için COVIND parametresi değeri esas alınır ve çalışmada 40 mm kullanılmıştır.

**XLNMLT:** Kar örtüsündeki buzun depolanması için başlangıç artışıdır. XLNMLT erimiş karın kar örtüsünden ayrılmadan önce aldığı eşdeğer ısı açığını ifade eder. Diğer bir deyişle, potansiyel erimenin bir kısmı donacak ve buz katmanı olacaktır. Pek çok modelleme çalışmasında XLNMLT değeri sıfıra ayarlanmıştır. Çünkü değerler o anki hava sıcaklığına bağlı olarak (genellikle saatlik olarak) tekrar ayarlanmaktadır. XLNMLT değeri ICE-FLAG parametresinin aktif (1 değerli) olduğu durumlarda kullanılır. Çalışmada tüm simülasyonlarda XLNMLT parametresi olarak 0 mm kullanılmıştır.

**SKYCLR:** Gökyüzünün başlangıç bulutluluk oranıdır. Simülasyon başlangıç anında eğer fırtına yoksa, SKYCLR değeri 1 olarak alınır (bulutsuz). Meteoroloji WDM dosyasında 01.01.1975 simülasyon başlangıç tarihi, bulutluluk değeri 0,93 tür. Bu nedenle simülasyon başlangıcı açık hava oranı olan SKYCLR parametresi olarak minimum değeri olan 0,15 kullanılmıştır.

### **7.3.3. Geçirgen arazi hidroloji (PWATER) parametreleri**

#### **7.3.3.1. PWAT-PARM1 tablosu**

PWAT-PARM1 tablosu seçilecek simülasyon algoritma seçeneklerini ifade eden bayrakları veya seçilen parametrelerin sabit veya aylara bağlı olarak değişen değerler olarak seçilmesini sağlayan bayrakları içerir. Aylık değişim gösteren parametreler PWAT-PARM4 tablosunda bulunmaktadır. Bu bayraklardan **CSNOFG** kar simülasyonu kullanım bayrağı olup kar simülasyonu yapıldığı için çalışmada aktif hale getirilmiştir. **VCSFG** aylık olarak değişen veya sabit tutma depolama kapasitesi (CEPSC) seçimi bayrağıdır. Çalışmada çıplak arazide bitki bulunmadığı ve iğne yapraklı arazide yaprak dökümü gibi bir durum olmadığı için aylık değişim yapılmamıştır. Mera arazi ve yaprağını döken ormanlık arazi için aylık değişken CEPSC değerleri alınmıştır. **VUZFG** aylık olarak değişen veya sabit olan üst katman toprak nem depolama kapasitesi seçimi bayrağı olup aylık değerler genelde tarımsal bölgelerde hasat ve toprak hazırlama dönemleri değişimlerine bağlı olarak yaygın şekilde kullanılır. Fakat çalışma kapsamında böyle bir durum olmadığı için kullanılmamıştır. **VNNFG** arazi akış

bölgeleri için aylık olarak değişen veya sabit olan manning katsayısı seçimi bayrağıdır. Çalışmada sabit olarak kullanılmıştır. **VIFWFG** aylık değişken veya sabit toprak altı iç akış parametresi (INTFW) seçimi bayrağı olup çalışmalarda genelde sabit olarak alındığı için bu çalışmada da sabit olarak alınmıştır. **VIRCFG** aylık değişken veya sabit ara akış geri çekilme parametresi (IRC) seçimi bayrağıdır. Aylık değerler genelde kullanılmadığı için bu çalışmada kullanılmamıştır. **VLEFG** aylık olarak değişken veya sabit olan alt katman buharlaşma+terleme parametresi (LZETP) seçimi bayrağıdır. Çalışmada sabit olarak alınmıştır.

### 7.3.3.2. PWAT-PARM2 tablosu

**FOREST:** Ormanla kaplı arazi oranıdır. FOREST kışın terleme yapmaya devam eden orman arazisi (örneğin iğne yapraklı ağaçlar) oranı olarak ifade edilir. Kar miktarı modellemesi söz konusu ise bu parametre önem kazanır (PWATER-PARM1 tablosundaki CSNOFG=1 ise). Simülasyonlarda çıplak arazi ve otlak araziler için bu değer 0 seçilirken, ormanlık arazide tüm havzanın iğne yapraklı ağaçlarla kaplı olduğundan yola çıkılarak FOREST parametresi 1 olarak kullanılmıştır.

**LZSN:** Alt katman toprak nemi depolama miktarıdır. LZSN bölgedeki toprak özellikleri ve yağış rejimi ile ilişkilidir. Literatüre bakıldığında 50-400 mm arasında olduğu genelde ise 125-350 mm arasında değer aldığı görülmektedir. Bu parametre alt tabakadaki gerçek toprak nemine eşit değildir. Nominal nem miktarlarının kullanımı simülasyon sürdükçe ve toprak yüzeylerine değişen miktarlarda su düştükçe, hidrolojik büyüklüklerin ani değişimlerini önlemek ve yumuşak geçişler sağlamak için kullanılmaktadır. LZSN parametresinin başlangıç değeri, başka çalışmalarda benzer sistemler için kullanılan değerlerden elde edilebileceği gibi, bir havzaya düşen yağıştan da tahmin edilebilir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda LZSN'nin başlangıç değeri için bağıntı 7.6'nın yararlı olduğu görülmüştür (Linsley ve ark. 1988)

$$LZSN = 100 + 0,25 P \quad (7.6)$$

Burada; P, yıllık ortalama yağışı (mm) göstermektedir.

Çalışmada kullanılan Temel senaryo ve A2 senaryosunun yıllık ortalama yağış miktarları sırasıyla 421 ve 430 mm olarak belirlenmiştir. Bu veriler ile yukarıdaki denklem kullanılarak, Temel senaryo ve A2 senaryosu için LZSN değeri yuvarlatılarak 200 olarak bulunmuştur ve bu değer tüm simülasyonlarda kullanılmıştır.

**INFILT:** Ortalama toprak sızma kapasitesi indisidir. INFILT parametresi, havzadaki ortalama sızma kapasitesini temsil etmektedir ve genellikle toprak özelliklerinin bir fonksiyonudur. Sızma kapasitesi, toprak üzerine düşen yağışın ne kadarının alt tabakalara sızacağını ve ne kadarının yüzeyde depolanacağını ya da yüzeysel akışa geçeceğini etkiler. Toprağın geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak 0,25 ile 25 mm/sa arasında değişir (Albek 2001). Başlangıç değerlerinin tahmin edilebilmesi için genellikle Çizelge 7.4.'den yararlanılmıştır.

**Çizelge 7.4.** Hidrolojik toprak grupları

| Hidrolojik toprak grubu | Tahmini INFILT<br>(mm/sa) | Yüzey akış potansiyeli |
|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| A                       | 10 – 25                   | düşük                  |
| B                       | 2,5 – 10                  | orta                   |
| C                       | 1,25 – 2,5                | orta ila yüksek arası  |
| D                       | 0,25 – 1,25               | yüksek                 |

Çalışmada her bir simülasyon seti için (çıplak arazi, otlak arazi, ormanlık arazi v.b.) 4 farklı toprak grubunun etkilerini görebilmek için tablodaki literatür değerlerinin ortalamaları, sırasıyla 17,5–6,25–1,875–0,75 mm/sa, INFILT değeri olarak kullanılmıştır.

**LSUR:** Yüzeysel akış düzleminin uzunluğudur. LSUR, akarsuya veya drenaj yollarına, dereciklere ulaşmak için suyun kat edeceği ortalama mesafeyi ifade eder. LSUR genelde eğime bağlı olarak değişim gösterir. Tipik değerleri %15-%1 eğime göre 60-150 m arasındadır. Bu durum havzanın topoğrafik yapısına göre çok değişkenlik gösterebilir. Yüzeysel akış düzleminin uzunluğu formül 7.7 ile tahmin edilebilir (Linsley ve ark. 1988).

$$LSUR = \frac{1}{2D} \quad (7.7)$$

Burada; D, drenaj yoğunluğu (1/uzunluk)'dur.

Drenaj yoğunluğu bir havzadaki akarsu yataklarının toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle elde edilir. Çalışma kapsamında öngörülen hipotetik havzaların tümünün aynı topoğrafik yapıya sahip olduğu ve aynı boyutlarda oldukları kabul edilmiştir. Buna göre havzalardaki suyu taşıyan ana kanal uzunluğu 50 km ve buna suyu taşıyan yan derelerin uzunluğu da 50 km olarak öngörülmüş ve havza alanı 1000 km<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Buna göre,

$$D(\text{Drenaj Yoğunluğu}) = \frac{\text{Kanal Uzunluğu}}{\text{Alan}} = \frac{100\text{km}}{1000\text{km}^2} = 0,1\text{km}^{-1}$$

$LSUR = \frac{1}{2D} = 5\text{km} = 5000\text{m}$  olarak bulunur. LSUR değeri tüm simülasyonlarda 5000 m olarak alınmıştır.

**SLSUR:** Yüzeysel akış düzleminin eğimidir. Ortalama SLSUR değeri genelde GIS uygulamaları ile belirlenir. Grafikselsel olarak ise arazinin ızgaralanarak her bir ızgaranın eğiminin bulunması şeklindedir. Çalışmada tüm simülasyonlar için 0,001 değeri kullanılmıştır.

**KVARY:** Doğrusal olmayan yeraltı suyu geri çekilme akışı parametresidir. KVARY yeraltı suyu geri çekilmesi mevsimsel değişim gösterdiği ve ıslak periyotlarda yüksek geri çekilmelerin olduğu (yüksek eğim ve düşük AGWRC değerlerinde) ve kuru periyotlarda bunun tersinin olduğu durumlarda kullanılır. Kullanıcılar KVARY değeri sıfır ile başlatarak mevsimsel bir değişim görmeleri durumunda bu değeri ayarlarlar. Günlük akımın logaritmik olarak grafiğe geçirilmesi akış geri çekilmesinin eğilimi hakkında bilgi verir. Tüm simülasyonlarda bu değer 0 olarak alınmıştır.

**AGWRC:** Yeraltı suyu geri çekilme hızı veya 24 saat öncesinden deşarj edilen yeraltı suyu akımı oranıdır (KVARY=0 iken). Tüm havzanın geri çekilme hızı iklim, topoğrafya, toprak yapısı, arazi kullanımı gibi havza koşullarının karmaşık bir fonksiyonudur. Hidrograf ayırma teknikleri, ölçümlenen günlük akış verilerinden geri çekilme hızlarını tahmin etmede kullanılabilir. Tahmin edilen bu değerler daha sonra kalibrasyon yolu ile ayarlanır. Literatürde, bir çalışmada bu

değer optimum olarak 0,99 alınmış başka bir çalışmada arazi kullanımlarına göre, açıklık ve otlak bölgeler için 0,971, yüksek yoğunluklu ormanlık araziler için 0,996 değeri kullanılmıştır. Yüksek değerler ormanlık bölgeler için kullanılırken açıklık bölgeler için daha düşük değerler kullanılmıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen simülasyon setlerinde AGWRC değerleri, çıplak arazi için 0,95, otlak arazi için 0,97, ormanlık arazi için 0,99 olarak alınmıştır. Bu değerler EPA teknik not 6 (Anonim-4) ve HSPFParm programındaki literatüre girmiş çalışma sonuçlarından elde edilmiştir (Donigian ve ark. 2000).

### 7.3.3.3. PWAT-PARM3 tablosu

**PETMAX:** PETMAX bitkinin düşük sıcaklıklarda azalan buharlaşma+terlemenin parçası olan terleme eşik sıcaklığıdır. SNOW modülü aktif durumda iken bu parametre işlem görür ve genelde sıklıkla kar düşen bölgelerde etkili bir parametredir. Literatürde tipik değer 4,4<sup>0</sup>C olarak belirtilmektedir. Çalışmada tüm simülasyonlarda PETMAX parametresi olarak 4,4<sup>0</sup>C kullanılmıştır.

**PETMIN:** Buharlaşma+terlemenin artık gerçekleşmediği sıcaklık değeridir. PETMIN bitki terlemesinin durduğu andaki eşik sıcaklık değeridir. Bu parametre de SNOW modülü aktif durumda iken çalışır ve çok düşük sıcaklıkların görüldüğü ve sıklıkla kar düşen bölgeler için kullanılır. Genelde 1,6<sup>0</sup>C başlangıç değeri olarak alınır ve duruma göre ayarlanır. Çalışmada tüm simülasyonlarda 1,6<sup>0</sup>C kullanılmıştır.

**INFEXP:** Nominal alt katman depolama miktarından sapma miktarını belirlemek için üs değeridir. Bu değer literatürde genel olarak 2,0 dir. Bu değer kullanılarak, yerel veriler ve koşullar göz önüne alınarak ayarlanır. Tüm çalışmalarda 2,0 değeri kullanılmıştır.

**INFILD:** Maksimum ve ortalama toprak sızma kapasitesi oranıdır. Bu parametre genelde 2,0 olarak alınır. Maksimum toprak sızma kapasitesinin ortalama sızma kapasitesine göre 2 kat daha fazla olduğu öngörülür. Çok az çalışmada bu değer 2,0 dan farklı bir değere sahiptir. Genelde 2,0 değeri seçilir ve



yerel veri ve koşullar göz önüne alınarak ayarlaması yapılır. Çalışmada da 2,0 değeri seçilmiştir.

**DEEPFR:** Derin akifere kayıp şeklinde suyun sızma oranıdır. Kalan oran aktif yeraltı suyu olarak depolanır veya akarsuya arka plan akış olarak karışır. Bu parametre ölçüm istasyonları tarafından belirlenemeyen bazı kayıpları da ifade eder. Yüksek kotlardaki havzaların üst bölgelerinde derin yeraltı sularına suyun yönelmesi görülür. DEEPFR başlangıçta sifıra ayarlanır. Sonrasında yapılan yeraltı suyu çalışmaları ile buharlaşma+terleme parametrelerinin ayarlanmasıyla en uygun yıllık su dengesi oluşturulacak şekilde kalibrasyonu gerçekleştirilir. Çalışmada tüm simülasyonlarda havzadaki suyun tümüyle döngülerde yer aldığı ve derin akiferlere herhangi bir kaçak olmadığı öngörüldüğü için bu değer 0 olarak alınmıştır.

**BASETP:** Aktif yeraltı suyunun akarsuya karışması sırasında kıyı bölgesi bitki örtüsünden kaynaklanan buharlaşma+terleme değeridir. Eğer havzada önemli oranda kıyı bitki örtüsü mevcut ise sıfır olmayan BASETP değeri kullanılması gereklidir. BASETP parametresindeki değişimler düşük akımlara sahip simülasyonlarda önemli etkiye sahiptir ve yıllık su bütçesine etki eder. Eğer kıyı bitki örtüsü yoğunsa 0,03 değeri ile simülasyona başlayıp uygun bir yıllık su bütçesi elde edilene kadar kalibrasyonun gerçekleştirilmesi gereklidir. EPA Teknik not 6 da (Anonim-4) literatürdeki tipik değerlerin 0-0,05 arasında olduğu ifade edilmektedir. Çalışmada farklı havza tiplerinin iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğini ayırt edebilmek için bu parametre tümünde eşit olarak tutulmuş ve kıyıda hiç bitki örtüsü olmadığı öngörülmüştür. Bu nedenle tüm simülasyonlarda BASETP parametresi olarak 0 kullanılmıştır.

**AGWETP:** Sulak alan veya bataklık gibi yeraltı su kaynağından direkt buharlaşmanın söz konusu olduğu kısımların yüzde değeridir. Böyle bölgelerde yeraltı su seviyesi yüzeye çok yakındır veya fareofit (çok derin köklü) bitki örtüsü yeraltı suyundan su çekmektedir. AGWETP tüm geçirgen arazi tipleri için sıfır alınırken sulak alanlar için 0,3-0,7 arasında olabilir. Eğer arazide belirli bir kısım sulak alan şeklinde ise bu parametreye bu oran dahilinde değer vermek gerekir. Bu parametredeki değişim düşük akışlı simülasyonlarda yıllık su bütçesini değiştirmektedir. Parametre uygun bir değerle simülasyona başlayarak,

yıllık su bütçesi ve akış miktarlarını karşılayacak şekilde kalibre edilir. Çalışmada geçirgen toprak yapısına sahip olan tüm hipotetik havzalarda bu değer 0 olarak kullanılmıştır.

#### 7.3.3.4. PWAT-PARM4 tablosu

**CEPSC:** CEPS, bitki yüzeyinde tutulmayı yani tutulma depo kapasitesini temsil etmektedir. Yağışın bir bölümü toprağa erişmeden önce bitkiler tarafından, bitki yüzeylerinde tutulur. Bu su miktarının bir bölümü bir süre geçtikten sonra yere düşer veya süzülür. Tutulan suyun geri kalanı buharlaşır. Dolayısıyla tutulma havza hidrolojik döngüsünden bir kaybı temsil etmektedir. Çizelge 7.5’de literatürde arazi tipine göre seçilebilecek CEPSC değerleri görülmektedir.

**Çizelge 7.5.** Arazi tipine göre CEPSC değerleri

| Arazi Örtüsü        | Maksimum Tutulma (mm) |
|---------------------|-----------------------|
| Otlak               | 2,5                   |
| Tarım               | 2,5-6,5               |
| Seyrek orman örtüsü | 3,8                   |
| Sık orman örtüsü    | 5,0                   |

Literatürdeki diğer verilere göre tutulma kapasitesi yağışın %10-%40’ı arasında değişkenlik göstermektedir (Dingman 1994). Yıllık su miktarı üzerinden, büyüme sezonunda tarımsal bölgelerde yağışın %10-20’si tutulurken, yoğun ormanlık bölgelerde tutulma oranı %25 olarak belirtilmiştir. Tarımsal bölgeler ve meralar için bu değer %7-%60 arasında değişim gösterebilmektedir. Literatürdeki diğer bir kaynağa göre otlaklar için tutulma kapasitesi %10-20 arasında olmaktadır (http-7). Ormanlık bölgeler için iğne yapraklı ormanlarda tutulma kapasitesinin %24-27, yaprak döken ormanlar için %34-46 olduğu belirtilmiştir (Reynolds ve ark.1988). Diğer bir kaynağa göre iğne yapraklı ormanların su tutma kapasitesi %30-35 iken, yaprağını döken ağaçlar için %15-25 olarak belirtilmiştir (Walker ve Peters 2004).

Çalışmada hipotetik çıplak arazide bitki bulunmadığı için CEPSC değeri yıllık bazda 0 mm, mera arazi için literatürde belirtilen yağışın %15’ine karşılık gelen 64 mm kullanılmıştır. İğne yapraklı ormanlık bölge simülasyonunda

literatürde belirtilen değerin %30'u olan 127mm kullanılmıştır. Yaprakını döken arazi için literatürdeki değerin %20'sine karşı gelen 85mm kullanılmıştır.

**UZSN:** Üst toprak katmanı nominal nem depolama miktarıdır. UZSN parametresi, yer üstünde biriken su miktarını temsil eden, LZSN parametresi gibi nominal bir parametredir. Toprağın değişik mevsimlerde tarım, bitki örtüsünün değişimi gibi nedenlerle değişik sızma kapasitelerine sahip olması nedeniyle yıl boyunca değişebilmektedir. Bu parametre yüzeyde biriken su miktarını kontrol ederek buharlaşma kayıplarını ve yüzey akış miktarlarını etkileyen bir kalibrasyon parametresidir. Bu parametre genellikle LZSN ve havza topografyası ile ilgilidir. Fakat tarım yapılan havzalarda şu esaslara bağlı olarak: yüzeysel birikimlerin az olduğu, eğimin yüksek olduğu az ekili yerler için  $0,06 * LZSN$ ; ortalama yüzeysel birikimli, eğimli ve bitkili yerlerde  $0,08 * LZSN$ ; yüksek yüzeysel birikimli, düz eğimli, yoğun ekimli arazilerde ve ormanlık bölgelerde  $0,14 * LZSN$  değerini alır (Albek 2001).

Çalışmada Temel, A2 senaryoları ve bu senaryoların incelendiği farklı havza türlerine göre Çizelge 7.6.'daki UZSN parametreleri kullanılmıştır.

**Çizelge 7.6.** Kullanılan UZSN parametreleri

| Senaryo   | Havza Tipi     | Kullanılan formül | UZSN, mm |
|-----------|----------------|-------------------|----------|
| Temel, A2 | Çıplak arazi   | $0,06 * LZSN$     | 12       |
|           | Otlak arazi    | $0,08 * LZSN$     | 16,5     |
|           | Ormanlık arazi | $0,14 * LZSN$     | 29       |

**NSUR:** Akış düzleminin Manning n katsayısıdır. Manning n katsayısı yüzeysel akışta tipik kanaldaki bir akışa göre daha yüksek değerler alır.

Manning katsayısı genelde kalibre edilmez çünkü arazi akış rejiminde debide ve pikler üzerinde büyük bir etkisi olmaz. Çalışmada Temel, A2 senaryoları ve bu senaryoların incelendiği farklı havza türlerine göre Çizelge 7.7.'deki NSUR parametreleri kullanılmıştır.

**Çizelge 7.7.** Kullanılan NSUR parametreleri

| Senaryo   | Havza Tipi                     | NSUR |
|-----------|--------------------------------|------|
| Temel, A2 | Çıplak arazi                   | 0,15 |
|           | Mera arazi                     | 0,30 |
|           | İğne yapraklı ormanlık arazi   | 0,4  |
|           | Yaprağını döken ormanlık arazi | 0,5  |

**INTFW:** Arazi üstünden akış ve üst katman deposuna karşın yüzeyde bekleyen sudan yeraltına giren suyun miktarını belirleyen bir katsayıdır. Ara akış özellikle sığ ve az geçirgen toprak yapısına sahip bölgelerde düşey sızmanın yavaşlamasıyla akış hidrografi üzerinde önemli bir etki oluşturabilir. INTFW, suyun ara akış ve yüzeysel süreçler arasında hangi oranda dağılacağı belirleyici bir rol oynadığından yüzeysel akışın süresi üzerinde etkisi vardır. INTFW ara akışı arttırarak ve direkt üst akışı azaltarak aynı debide piklerin daha küçük olmasını sağlar. Böylece hidrografın şeklini etkiler ve akışın kaymasına ve gecikmesine neden olur. Literatür çalışmalarında genelde toplam akış hacimleri kalibre edildikten sonra piklerin yapısının kalibre edilmesi için bu değer değiştirilir. Bu parametre tüm çalışmalarda 3 olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar hipotetik havza sonuçları olduğu için kalibrasyonu mümkün değildir. Bu nedenle standart bir değer seçilmiştir. Böylece farklı senaryo ve havza yapılarının iklim değişikliğinden nasıl etkilendiği karşılaştırmalı olarak gözlemlenebilir.

**IRC:** Ara akış geri çekilme katsayısı. IRC, yeraltı suyu geri çekilme parametresi AGWRC için önemlidir. INTFW ara akışın hacmini etkilerken, IRC su bütçesinden deşarj edilen ara akış oranını etkiler. Böylece hidrograf eğrisinin pik ve temel akış arasında kalan düşüş ve geri çekilme bölgesini etkiler. Maksimum değeri 0,3-0,85 arasında değişmektedir. Düşük değerler dik arazilerde ara akışın daha çok temel akış olarak davranmasını sağlarken, yüksek değerler ara akışın daha çok üst akış olarak davrandığı bölgeler için kullanılmaktadır. IRC değeri ölçülen yağış piklerine göre ayarlanarak kullanılır.

Çalışmada öngörülen hipotetik havzaların eğiminin çok az olması nedeniyle yüksek IRC değerlerinin kullanılması uygundur. Bu nedenle literatürde belirtilen aralıkta olacak şekilde HSPFParm programı ile de karşılaştırılarak tüm senaryolar için 0,70 değeri kullanılmıştır.

**LZETP:** LZETP, alt tabaka buharlaşma+terleme parametresi olup derin köklü bitkilerin yoğunluğunu temsil etmektedir. Buharlaşma+terleme olasılığını belirleyici bir faktördür. Birincil toprak nem deposu olan alt tabakadaki ve toprak profilindeki kök bölgesinin buharlaşma+terleme miktarını etkiler. LZETP bitki örtüsünün bir fonksiyonu olacak şekilde 0,2-0,7 arasında değerler alabilir. Çizelge 7.8’de bitki örtüsü tipine göre literatürde yer alan LZETP değerleri görülmektedir.

**Çizelge 7.8.** Bitki örtüsü tipine göre LZETP değerleri

| <b>Bitki Örtüsü Tipi</b> | <b>LZETP değerleri</b> |
|--------------------------|------------------------|
| Orman                    | 0,6-0,8                |
| Otlak                    | 0,4-0,6                |
| Sıralı bitki             | 0,5-0,7                |
| Kıraç, çorak             | 0,1-0,4                |
| Sulak alan               | 0,6-0,9                |

Çalışmada literatür değerleri göz önüne alınarak, çıplak arazi için 0, mera arazi için 0,5, iğne yapraklı ve yaprağını döken ormanlık arazi için 0,7 değeri kullanılmıştır. Çıplak arazi, tümüyle bitkisiz bir yapıda olduğu öngörüldüğü için tümüyle yok farz edilmiştir.

### **7.3.3.5. Aylık girdi parametre tabloları**

HSPF model programında kullanılan bazı hidrolojik parametreler aylara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Böyle bir durumda bu parametrelerin aylık tabloları kullanılarak modelleme çalışması gerçekleştirilir. Bu parametrelerin ayarlanması yapılırken öncelikle yıllık bazda kalibrasyondan sonra sezonluk değişimler üzerinde çalışılmaktadır. Aşağıda bu tablolar kısaca ifade edilmektedir.

**MON-INTERCEP Tablosu:** Aylık tutma kapasitesi değerlerini içerir. Çıplak arazi için aylık bir değişim söz konusu olmazken, mera ve ormanlık hipotetik havzalar için aylık değişimler öngörülmüştür. Mera için HSPFParm programındaki çalışmalardan yola çıkılarak, aylık tutulma kapasitesi değişim oranları göz önüne alınarak, yıllık 64 mm’lik tutulma, aylara dağıtılmıştır. Aynı şekilde İğne yapraklı ağaçlar için de HSPFParmda bulunan çalışmalardan elde

edilen oranlarla 127 mm'lik yıllık tutulma değeri aylara göre dağıtılmayıp sabit olarak kabul edilmiştir. Yapracağını döken ağaclar için ise literatürden (Timothy 2002) ve HSPFParm programından oran bulunmuş ve 85mm'lik yıllık tutulma miktarı aylara göre dağıtılmıştır. Bu değerler Çizelge 7.9.'da bulunmaktadır.

**Çizelge 7.9.** Hipotetik havzaların aylara bağlı tutma kapasiteleri

| Aylar   | Çıplak Arazi* | Mera | İğne Yapraklı Orman* | Yapracağını Döken Orman |
|---------|---------------|------|----------------------|-------------------------|
| Ocak    | 0             | 4    | 0                    | 4                       |
| Şubat   | 0             | 4    | 0                    | 4                       |
| Mart    | 0             | 4    | 0                    | 4                       |
| Nisan   | 0             | 5    | 0                    | 7                       |
| Mayıs   | 0             | 6    | 0                    | 10                      |
| Haziran | 0             | 7    | 0                    | 10                      |
| Temmuz  | 0             | 7    | 0                    | 10                      |
| Ağustos | 0             | 6    | 0                    | 10                      |
| Eylül   | 0             | 6    | 0                    | 10                      |
| Ekim    | 0             | 5    | 0                    | 7                       |
| Kasım   | 0             | 5    | 0                    | 4                       |
| Aralık  | 0             | 4    | 0                    | 4                       |

\*Çıplak arazi ve ormanlık arazide tutma kapasitesi sabit olduğu için aylık değışimler belirtilmemiştir.

**MON-UZSN Tablosu:** Aylık üst bölge depolama değerlerini içerir. Çalışmada mevsimsel değışimler olmaksızın sabit olduğu kabul edilmiş ve UZSN parametresi kullanılmıştır.

**MON-MANNING Tablosu:** Aylık arazi akış yönündeki Manning n katsayısı değerlerini içerir. Çalışmada sezonsal değışimler olmaksızın sabit olduğu kabul edilmiş ve NSUR parametresi kullanılmıştır.

**MON-INTERFLW Tablosu:** Aylık ara akış parametre değerlerini içerir (sık kullanılmaz). Çalışmada sezonsal değışimler olmaksızın sabit olduğu kabul edilmiş ve INTFW parametresi kullanılmıştır.

**MON-IRC Tablosu:** Aylık ara akış geri çekilme parametre değerlerini içerir (sık kullanılmaz). Çalışmada sezonsal değışimler olmaksızın sabit olduğu kabul edilmiş ve IRC parametresi kullanılmıştır.

**MON-LZETPARM Tablosu:** Aylık LZETP parametre değerlerini içerir. Çalışmada sezonsal değişimler olmaksızın sabit olduğu kabul edilmiş ve LZETP parametresi kullanılmıştır.

#### **7.3.3.6. PWAT-STATE1 tablosu**

Bu tabloda bulunan CEPS, SURS, IFWS, UZS, LZS, AGWS sırasıyla tutulmayla suyun depolanması, yüzey birikintisi, ara akış, üst tabaka , alt tabaka ve aktif yeraltı suları başlangıç değerleri ve GWVS yeraltı suyu eğimi başlangıç indeksidir. Tüm bu veriler simülasyon periyodunun ilk aralığına aittir.

Yüzeyle ilişkili veriler (örneğin CEPS, SURS, IFWS) oldukça dinamikdir ve çoğunlukla birkaç gün içerisinde dinamik dengeye ulaşırlar. Bu değişkenler simülasyon bir fırtına ile başlamıyorsa boş bırakılabilir veya sıfır değeri verilebilir. Toprakla ilgili veriler (örneğin UZS, LZS, AGWS ve GWVS) daha az dinamikdir ve başlangıç değerleri simülasyonu ilk birkaç ayından birkaç yılına kadar etkileyebilir. UZS ve LZS değerleri UZSN ve LZSN değerlerine eşit olarak alınabilir. Fakat başlangıç günün ıslak veya kuru periyotta olduğu biliniyorsa bu değerler daha az veya fazla alınabilir. AGWS daha problemlili bir yapıya sahiptir. Çok yüksek veya çok düşük bir değer seçilmesi AGWRC ve KVARY değerlerine bağlı olarak temel akışın aşırı değerlere sahip olmasına veya bazı aylar veya yıllarda azalma eğilimi göstermesine neden olabilir. Uygunsuz GWVS değerleri AGWRC ve KVARY değerlerine bağlı olarak simülasyon süre uzunluğu problemlerine neden olabilmektedir. Bununla birlikte KVARY değeri sıfır olarak alındığında sezonsal geri çekilmeler söz konusu olmaz ve GWVS hesaplanmaz. Bu problemleri önlemek için, AGWS 25,4mm'ye GWVS sıfıra ayarlanır. Çalışmada yukarıda belirtilen unsurlar gözetilerek, UZS değeri çıplak arazi için 12, mera arazi için 16,5, ormanlık arazi için 29 alınmıştır. LZS değeri tüm hipotetik havzalar için 200 alınmıştır. AGWS ve GWVS değerleri tüm havzalar için sırasıyla 25,4 ve 0 olarak alınmıştır. CEPS, SURS ve IFWS değerleri dinamik olduğu için programın standart olarak sunduğu 0,01 değeri kullanılmıştır.

#### 7.3.4. Akarsu/Göl (HYDR) parametreleri

HSPF akarsu kolu veya rezervuara doğru olan akışı hesaplayabilmek için iki yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlar; (1) derinlik, hacim ve debi arasında sabit bir ilişki yaklaşımı ve (2) debinin hacmin bir fonksiyonu olduğunu kabul eden yaklaşımdır. Bu yaklaşımlara göre akış tersinir bir yapıya sahiptir ve membadaki arka plan akış etkisi simüle edilmez. Su iletimi depo iletimi veya kinematik dalga iletimi kullanılarak hesaplanır. Momentum iletim hesaplamalarında göz önüne alınmaz.

##### 7.3.4.1. HYDR-PARM1 tablosu

HYDR-PARM1 tablosu RCHRES çıktılarında hacme, zamana veya her ikisine de bağlı olan iletim seçeneklerini seçmek için bayraklara ve RCHRES çıktılarındaki yardımcı değişkenlerin hesaplanması ve belirlenmesini sağlayan bayrakları içerir. Yardımcı değişkenler WDM dosyasına çıktı olarak konulabilir ve diğer zaman serileri gibi istatistiksel olarak analiz edilebilir. Bu tabloda bulunan bayraklardan **VCONFIG** FTABLE deşarj kolonundan elde edilen debileri ayarlamak için sabit veya aylara bağlı değişim gösteren faktörlerin seçim bayrağıdır. Aylık değerler genelde kullanılmadığı için sabit alınmıştır. **AUX1FG** akarsu kanal derinliği, seviyesi, yüzey alanı, ortalama derinliği (Hacim/yüzey alanı), üst genişliği (yüzey alanı/uzunluk) ve hidrolik yarıçapı hesaplanması için kullanılan bayraktır. Çalışmada tek kolu olan bir akarsu olduğu için 1 olarak alınmıştır. **AUX2FG** ortalama kesit alanı (hacim/uzunluk) ve ortalama hızı (debi/ortalama kesit alanı) hesaplama bayrağıdır. Oksijen modellemesinde etkili bir parametredir. Çalışmada oksijen seviyesi modellemesi yapılmadığı için 0 alınmıştır. **AUX3FG** yatak kesme hızı ve yatak kesme gerilmesini hesaplama bayrağıdır ve sediment çökmesi modellemesinde kullanılır. Çalışmada kullanılmamıştır. **ODFVFG** akarsu kolu çıkış debisi hacmin bir fonksiyonu olduğu zaman kullanılır. Bu değer FTABLE'da akarsu kolu deşarj değerlerinin bulunduğu uygun bir kolondadır. Bir akarsuyun çıkışı maksimum 5 adet olabilir. Tek çıkışlı akarsular için, ODFVFG(1) değeri 4 tür. Çünkü FTABLE derinlik yüzey alanı ve hacmi 1., 2. ve 3. kolonlarda bulundurmaktadır. Biri doğal ikincisi yanal bir çıkış söz konusu ise ODFVFG(1)=4 ve ODFVFG(2)=5 olur. Çalışmada



tek akarsu çıkış olduğu için ODFVFG(1)=4 olarak alınmıştır. **FUNCT** ODFVFG ve ODGTFG fonksiyonlarının kombine bir bayrağıdır. Her bir çıkış için (en fazla 5) FUNCT değeri, küçük ODFVFG ve ODGTFG değeri için 1, daha büyük ODFVFG ve ODGTFG değerleri için 2, ODFVFG ve ODGTFG toplamı için 3 olarak alınır.

#### 7.3.4.2. HYDR-PARM2 tablosu

**FTBDSN:** FTABLE WDM dosyasına kaydedildikten sonra, Akarsu kollarının FTABLE değerleri için WDM dosyasındaki veri seti numarasıdır (DSN). FTABLE değerleri UCI dosyasındaki FTABLE bloğuna kaydedilmişse, bu değer 0'dır. Çalışmada akarsu ve göl hidrolojik özellikleri FTABLE bloğuna kaydedildiği için bu değer 0 alınmıştır.

**LEN:** Akarsu kollarının uzunluğudur. Çalışmada akarsu uzunluğu tüm hipotetik havzalar için eşit ve 50 km olarak alınmıştır.

**DELTH:** Akarsuyun membası ile mansabı arasındaki kot farkıdır. DELTH, OXRX bloğundaki Tsivoglou-Wallace denklemi kullanılarak havalanma yeniden hesaplanacak ise veya SEDTRN bloğundaki ya Toffaleti veya Colby metoduyla kum taşınım kapasitesinin hesaplanmasında kullanılır. Çalışmada arazi eğimi ile aynı eğime sahip olacak şekilde tüm havzalar için aynı ve 50m'lik kot farkı kullanılmıştır.

**STCOR:** Eşdeğer seviye veya kot olarak RCHRES derinliğini (DEP) dönüştürmek için seviye düzeltmesidir.  $STAGE(kot)=DEP(\text{derinlik})+STCOR$  şeklinde hesaplanır. Bu parametre belirtilen seviye ile modellenen seviyenin karşılaştırılması gerekiyorsa kullanılır. Bu çalışmada gerekli olmadığı için 0 olarak alınmıştır.

**KS:** Hidrolik akış yönü için ağırlık faktörüdür. KS akarsu çıkış suyunun hesaplanmasında ağırlık faktörü olarak kullanılır. Herhangi bir zaman aralığı için çıkış suyu, başlangıç zaman aralığındaki çıkış suyu ile KS ağırlık faktörünün çarpımı ile bunun tümleyeni olan (1-KS) ile zaman aralığı sonundaki çıkış suyunun çarpımlarının toplamı şeklindedir. KS değeri 0,0'dan 1,0'e kadar artarken bu artış modelin kararsız olma ihtimalini artırır. 0,5 değeri en doğru

sonuçları üretir. KS değerinin 0,5'e ayarlanması tavsiye edilir. Bu nedenle çalışmada 0,5 değeri kullanılmıştır.

#### **7.3.4.3. Aylık girdi parametreleri tablosu**

##### **MON-CONVF Tablosu**

FTABLE deşarj ayarlama faktörleri için aylık değerler genelde kullanılmazlar. Akarsu kanalındaki sezonsal değişimler ve vejetasyondaki büyüme ve diğer değişikliklerle taşkın bölgesi hacmine dayanan deşarjların olması durumunda aylık değerler kullanılabilir. Bu tablo çalışmada kullanılmamıştır.

##### **HYDR-INIT Tablosu**

**VOL:** Akarsu kanalındaki suyun başlangıç hacmidir. Ufak akarsular için VOL değeri kuru bir kanal olduğunu belirtmek için 0 alınabilir. Nehir ve göller için simülasyonun başladığı döneme göre uygun bir başlangıç değerinin belirtilmesi gereklidir veya akarsu hacmi için daha önceki uzun yıllara dayalı simülasyon denemelerinden elde edilen o döneme ait değerler de kullanılabilir. Çalışmada kanalda başlangıçta su olmadığı farz edilerek bu değer 0 olarak alınmıştır. Simülasyon başlatıldıktan sonra akarsudaki su hacmi zamana göre kontrol edilmiş ve kararlı hale geldiği andan itibaren hacim değerleri göz önüne alınarak başlangıç su miktarı 10 Mm<sup>3</sup>/gün olarak alınmıştır.

## 8. MODEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma kapsamında oluşturulan hipotetik havzaların hidrolojik ve diğer özellikleri WinHSPF model programına girilerek modellemede gereksinim duyacağı veriler programa aktarılmıştır. Model çalıştırılarak farklı toprak tipi, farklı bitki örtüsüne sahip 16 farklı hipotetik havzaya ait modelleme sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen model sonuçları hem Temel senaryo meteorolojik verileri hem de A2 senaryosu meteorolojik verilerini içermektedir. Elde edilen model sonuçları grafiksel olarak incelenmekle birlikte istatistiksel açıdan da bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Özellikle elde edilen verilerin eğilimlerini belirlemek amacıyla parametrik olmayan eğilim analizi gerçekleştirilmiştir.

### 8.1. Havzadan Çıkan Toplam Su (PERO) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Hipotetik havzaların modellemesinden elde edilen PERO değerleri günlük değerler olarak elde edilmiştir. PERO havzadan çıkan suyu belirtmektedir (PERLND OUTFLOW). Bu değer yüzeysel akış, ara akış ve yer altı suyu akışının toplamıdır. Bir açıdan havzanın su verimini temsil etmektedir. Günlük olarak elde edilen bu değerlerin aylık toplam değerleri hesaplanarak ay bazında ve yıl bazında değerlendirmeler yapılmıştır. EK-8’de PERO verileri grafiksel olarak gösterilmiştir. Buna göre, çıplak arazi simülasyonlarında kış aylarında pek önemli değişimler görülmezken bahar ve yaz aylarına doğru A2 senaryosunda PERO değerlerinde Temel senaryoya göre bir azalma olduğu, sonbahar aylarında ise A2 senaryosu PERO değerlerinde büyük artışlar ve piklerin olduğu görülmektedir (Şekil 1-3). Bunun nedeni yağış ve sıcaklık verileri göz önüne alındığında, yaz aylarında sıcaklık artışıyla birlikte yağışlarda azalmanın görülmesi ve sonbahara doğru yağışlarda artış ve sıcaklıktaki göreceli azalmadır.

Farklı hidrolojik toprak grupları göz önüne alındığında A toprak grubundaki (en çok geçirgen) PERO değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 1-3 ortalamalar). Bu toprak grubu havzalarda su geçirgenliği daha yüksektir ve havzaya düşen suyun büyük bir kısmı yeraltı suyuna karışmakta ve toprak bünyesine eklenmektedir. Temel ve A2 senaryoları sıcaklık verileri karşılaştırıldığında genel olarak A2 senaryosunda sıcaklık artışlarının daha fazla

olduğu görülür. Bu da genel olarak buharlaşma etkinliklerini arttırmaktadır. D toprak grubunda yüzeyde kalan su kütlesi daha fazla olduğu için buharlaşma daha fazla gerçekleşmektedir. Bu nedenle A ve D toprak grubu havzaların PERO değerleri birbirinden farklı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geçekleştirilen parametrik olmayan eğilim analizleri sonucunda çıplak arazi için Temel ve A2 senaryo PERO değerleri arasındaki farkların eğilim değerlerinin genelde mart-ekim ayları arasında istatistiksel açıdan anlamlı olduğu, mart-temmuz aylarında azalış, ağustos-ekim aylarında artış olduğu görülmektedir (EK-7).

Çıplak araziden çıkan su ile bitki örtüsü kaplı havzalarda çıkan su miktarı arasında farklılıklar vardır. Havzalarda bulunan bitki örtüsü ile havzadaki buharlaşma+terleme değerleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Çıplak arazide buharlaşma+terleme değerleri düşük olduğu için havzadan çıkan su miktarı da fazla olmaktadır.

Mera arazi şeklinde oluşturulan hipotetik havzalarda kış ve bahar aylarında yüksek PERO değerleri görülürken, yaz ve sonbahar aylarında düşük PERO değerleri görülmektedir (EK-8, Şekil 5-8). Özellikle ağustos-kasım ayları arasında PERO değerleri sifıra yakın değerlere sahiptir (Şekil 7, Şekil 8). Temel ve A2 senaryoları açısından karşılaştırıldığında kış aylarında A2 senaryosu PERO değerlerinde artış görülürken, yaz ve sonbahar aylarında Temel senaryoya göre daha düşük PERO değerleri görülmektedir. Bunun yanı sıra sonbahar ve kış aylarında özellikle 2030 yılından sonra aylık PERO değerlerindeki pik sayısı ve büyüklüğü açısından bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

Toprak grupları açısından değerlendirildiğinde havzadan çıkan ortalama su miktarında önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Bunun nedeni havzaya düşen suyun büyük bir kısmının yeraltına sızmadan önce bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımları ile tutulması ve su döngüsünün büyük oranda üst kısımda gerçekleşmesi ve yer altı su yapısı ile ilgili olan kısmının göreceli olarak baskın olamayışından kaynaklanmaktadır.

Kendall eğilim testi sonuçlarına göre eylül-mart ayları arasında genel olarak artışın olduğu, eylül-şubat arasındaki artışın istatistiksel açıdan anlamlı

olduğu belirlenmiştir. Yılın diğer ayları açısından bir azalma eğilimi olduğu fakat bu eğilimin anlamlı olmadığı belirlenmiştir (EK-7).

İğne yapraklı ormanlık arazi simülasyonlarında PERO değerlerinin tüm yıl boyunca oldukça az olduğu görölmektedir. Yıl bazında ilk 6 ayda biraz daha yüksek PERO değerleri görölrken, ikinci 6 aylık periyotta daha düşük PERO değerleri gözlemlenmektedir (EK-8). A2 senaryosu ile Temel senaryo verileri karşılaştırıldığında çok önemli farkların olmadığı gözlemlense de pik değerlerde artış olduğu görölmektedir. Toprak grupları açısından büyük farklılıklar gözlenmemekle birlikte D toprak grubunda piklerin daha az olduğu görölebilir. Bunun nedeni D toprak grubunun geçirgenliğinin az oluğu nedeniyle çıkan suyun büyük kısmının yüzeyde olması ve iklim değişikliğine bağlı buharlaşmanın artmasıyla bu suyun bir kısmının buharlaşması ve PERO miktarlarını azaltması şeklinde açıklanabilir (şekil 9-12). İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde yıl boyunca genel anlamda bir artış eğilimi olduğu fakat istatistiksel açıdan sadece mart ayında anlamlı bir artışın olduğu belirlenmiştir (EK-7).

Yaprağını döken ormanlık arazi PERO grafikleri incelendiğinde kış ve ilkbahar aylarında PERO değerlerinin iğne yapraklı arazilere göre daha fazla olduğu görölmektedir (EK-8 şekil 13-16). Bu tip ormanlar kış aylarında yapraklarını döktükleri için bu aylarda buharlaşma+terleme yapamamaktadırlar. Bu nedenle havzaya gelen suyun büyük bir kısmı buharlaşmadan çıkan su bütçesine katılır. Temel ve A2 senaryoları arasında büyük farklılıklar görölmez iken 2030 sonrası pik PERO değerlerinde ocak, şubat ve mart aylarında biraz artış olduğu gözlemlenmektedir (şekil 13).

Toprak grupları açısından da büyük farklılıklar görölmemektedir. Yalnızca nisan, mayıs, haziran aylarında D toprak grubunda ortalama PERO değerlerinde bir düşüş görölmektedir (şekil 14). Bunun nedeni yaz aylarında artan sıcaklık ile birlikte daha çok yüzeysel su şeklinde çıkan PERO'dan buharlaşan suyun yarattığı kayıp olarak ifade edilebilir. Kendall eğilim analizleri incelendiğinde genel bir artış eğilimi olduğu fakat bu artış eğiliminin ekim-şubat ayları arasında istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir (EK-7).

Temel senaryo baz alınarak A2 senaryosunun havzadan çıkan su üzerinde nasıl etkide bulunduğunu belirlemek amacıyla PERO değerlerinin yüzde değişim oranları hesaplanmıştır. Bu değerler EK-8 Çizelge 1’de belirtilmiştir.

## **8.2. Havzadan Buharlaşma-Terleme Yoluyla Çıkan Su (TAET) Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Havza içi su döngüsünde oldukça önemli bir yere sahip olan buharlaşma+terleme miktarı çalışma kapsamında hipotetik havzaların tümü için belirlenmeye çalışılmıştır. WinHSPF model programı havzadan buharlaşma ve terleme yoluyla çıkan su miktarını TAET olarak ifade etmektedir. TAET değerleri diğer model çıktıları gibi günlük olarak elde edilmiştir. Elde edilen günlük TAET değerlerinin ay içindeki toplamı değerleri alınarak aylık, aylık toplamlardan ise yıllık TAET değerleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler aylara göre ayrılarak ay bazında verilerin nasıl bir değişim gösterdiklerini belirlemek amacıyla grafiksel hale getirilmiştir. Bu grafikler EK-9’da gösterilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerde eğilim analizi yapılarak bu sonuçlar EK-7’deki çizelgede verilmiştir.

Çıplak arazi modellemelerinden elde edilen TAET değerleri incelendiğinde oldukça düşük değerler gözlemlenmiştir. Bunun en büyük nedeni havzada buharlaşma+terleme yapacak herhangi bir bitki örtüsü olmamasıdır. Gerçekleşen buharlaşma toprak yüzeyi ve toprak neminin buharlaşmasından kaynaklanan miktardır (Şekil 1-4). Genel anlamda bahar ve yaz aylarında TAET değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2, Şekil 3). TAET değerlerinin artış eğiliminde olduğu açıkça belli olmaktadır. Bu da iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışlarının bir sonucudur.

Temel senaryo ile A2 senaryosu verileri göz önüne alındığında iklim değişikliği etkilerini esas alan A2 senaryo sonuçlarına göre TAET değerleri Temel senaryo verilerine göre daha yüksektir. Özellikle ağustos-ekim ayları arasında bu daha açık olarak görülebilmektedir (Şekil 3, Şekil 4). Bunun nedeni bu aylardaki sıcaklık artışlarının en yüksek değerde olmasıdır.

Hidrolojik toprak gruplarına göre çıplak arazi TAET verileri değerlendirildiğinde D toprak grubu TAET verileri ortalamalarının daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 1-4). D toprak grubu geçirgenliği en düşük hipotetik

havzaları ifade etmektedir. Bu nedenle havzaya düşen yağışın büyük bir kısmı yüzeyde bulunur veya yüzeysel akış halinde bulunur. Atmosfer ile daha yakın temas halinde bulunan su buharlaşma yoluyla havzadan uzaklaşır. Bu nedenle D toprak grubu çıplak arazi hipotetik havzalarda daha yüksek TAET değerleri gözlemlenmektedir.

Çıplak araziler için yapılan TAET verileri eğilim analizi sonucunda ocak, şubat, mart, ağustos, eylül, ekim aylarında anlamlı artışlar, nisan, mayıs, haziran aylarında anlamlı azalış eğilimleri gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, bu aylarda yağışlarda da bir azalma olmasıdır. Yıllık bazda ise anlamlı artışlar görülmektedir (EK-7).

Mera arazi TAET verileri incelendiğinde kış aylarında düşük olan TAET değerleri bahar ayları ile birlikte artış göstermekte ve mayıs, haziran aylarında en üst seviyelerine ulaşmakta (Şekil 6), sonbahara doğru tekrar azalma eğilimi içerisine girmektedir. Temel ve A2 senaryolar karşılaştırıldığında mayıs, haziran ve temmuz aylarında Temel senaryoya göre A2 senaryosu TAET değerlerinde daha düşük değerler görülmektedir ve bu fark zamana göre artış göstermektedir (Şekil 6, Şekil 7). Şubat, mart, nisan, ağustos, eylül, ekim aylarında ise A2 senaryo sonuçlarının daha yüksek olduğu grafiksel olarak görülmektedir (Şekil 5-8). Diğer aylarda ise grafiksel açıdan büyük farklılıklar gözlenmemektedir.

Arazi tipine göre değerlendirildiğinde, farklı toprak tiplerine göre ortalama TAET değerleri açısından büyük farklılıklar gözlemlenmemektedir. Bu durum bitki örtüsüne sahip tüm hipotetik havzalarda gözlemlenmiştir ve en büyük nedeni bitki örtüsünün havzaya düşen yağışı ilk olarak tutan bileşen olması ve daha toprağa düşmeden yağış olarak düşen suyun önemli bir kısmının tekrar buharlaşarak havzadan uzaklaşmasıdır. Bu durumda da toprağın geçirgenlik durumu sadece toprağa düşen yağış üzerinde etkili olabilmekte, bu da genel olarak toplam buharlaşma+terleme değeri üzerinde önemli bir etki yaratmamaktadır.

Mera arazi modellemeleri TAET sonuçları üzerinde yapılan eğilim analizleri neticesinde ocak, şubat, mart, nisan, ağustos, eylül, ekim aylarında anlamlı bir artış eğilimi, haziran, temmuz, aralık aylarında anlamlı bir azalış eğilimi belirlenmiştir. Yıllık bazda ise anlamlı bir artış bulunmuştur (EK-7).

İğne yapraklı ormanlık arazi modellemelerinde, bahar aylarında başlayan bir artış yaz aylarında en üst seviyelerine çıkarken sonbahara doğru tekrar azalma eğilimi içerisine girmektedir. Temel ve A2 senaryoları karşılaştırıldığında A2 senaryosunun Temel senaryoya göre, şubat-mayıs ayları arası ve ağustos-ekim ayları arası artış eğilimi gösterirken haziran, temmuz, kasım, aralık aylarında azalış eğilimi gösterdiği grafiksel olarak görülmektedir (Şekil 9-12).

Toprak sınıfları açısından önemli bir fark gözlenmemekle birlikte D hidrolojik toprak grubu havzalarda biraz daha yüksek TAET değerleri gözlemlenmektedir. Elde edilen verilerin üzerinde gerçekleştirilen eğilim analizi sonucunda ocak-mayıs, ağustos-ekim aylarında anlamlı bir artış eğilimi diğer aylarda anlamlı bir azalış eğilimi, yıllık bazda ise anlamlı bir artış eğilimi belirlenmiştir (EK-7).

Yaprağını döken ormanlık arazi kış aylarında buharlaşma+terleme yapmadığı için kış aylarında oldukça düşük TAET değerleri gözlemlenmiştir (EK-9) (Şekil 13, Şekil 16). Genel olarak iğne yapraklı orman arazi TAET verileri ile benzer bir yapı sergilemekle birlikte iğne yapraklı orman havzalarına göre biraz daha az TAET değerleri gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen eğilim analizleri neticesinde ocak-mayıs ve ağustos-ekim aylarında istatistiksel açıdan anlamlı bir artış eğilimi, haziran, temmuz ve aralık aylarında anlamlı bir azalış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Yıllık olarak ise anlamlı bir artış gözlemlenmektedir (EK-7).

Temel senaryo baz alınarak A2 senaryosunun havzadan buharlaşma+terleme yoluyla çıkan su üzerinde nasıl etkide bulunduğu belirlenmek amacıyla TAET değerlerinin yüzde değişim oranları hesaplanmıştır. Bu değerler EK-9 Çizelge 1’de belirtilmiştir.

### **8.3. Havzadan Akarsu ile Çıkan Su (ROVOL) Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

WinHSPF model programı havza içerisinde akışa geçen su miktarının modellenmesi amacıyla RCHRES adlı bir alt modüle sahiptir. Bu modülde havza içerisinde akışa geçen su miktarı ve havzadaki akarsuyun taşıyacağı su miktarı hesaplanır. ROVOL PERO’dan farklılıklar gösterir. Bu farklılık akarsu üzerine



düŖen yağıştan ve akarsuyun buharlaşmasından kaynaklanır. Modelleme ROVOL sonuçları EK-10'da gösterilmiştir.

Çıplak arazi şeklindeki hipotetik havzaların ROVOL grafikleri incelendiğinde, kış ve bahar aylarında daha yüksek değerler görölürken yaz ve sonbahar aylarında daha düşük değerler görölmektedir (şekil 1-4). Toprak gruplarına göre ROVOL sonuçları kış aylarında büyük değişimler göstermezken (şekil 1, şekil 4), nisan-kasım ayları arasında D hidrolojik toprak grubu havzalarda daha düşük ROVOL değerleri gözlemlenmiştir. Bunun en büyük nedeni bu aylardaki sıcaklık artışları ile birlikte artan buharlaşma miktarıdır. D toprak grubunun geçirgenliğinin daha az olması nedeniyle daha çok su yüzeysel akışa geçmekte ve bununla ilişkili olarak daha fazla su buharlaşmaktadır.

Temel ve A2 senaryo farklılıkları göz önüne alındığında ortalama değer olarak ocak, şubat, mart, nisan, kasım ve aralık aylarında önemli bir değişim gözlemlenmemektedir. Buna karşın mayıs, haziran, temmuz aylarında A2 senaryosu ortalama ROVOL değerinin Temel senaryoya göre daha az, eylöl, ekim aylarında A2 senaryosunda daha fazla olduğu görölmektedir (şekil 1-4). D toprak grubunda bu farkların daha az olduğu görölmektedir. Artış eğilimleri aćısından iklim değişikliğini esas alan A2 senaryo verilerine göre yaz aylarında (haziran, temmuz) azalış eğilimi görölürken, ağustos, eylöl ve ekim aylarında oldukça önemli artışlar gözlemlenmektedir. Bunun en önemli nedeni, A2 senaryosu yağış verileri ile Temel senaryo yağış verileri incelendiğinde, A2 senaryo verilerinin ağustos ve eylöl aylarında Temel senaryo verilerine göre oldukça önemli düzeyde artış eğiliminde olması ve artan yağışla birlikte akışa geçen su miktarında da önemli artışlara neden olmasıdır.

Kendall eğilim analizi sonucunda A toprak grubundan yıllık bazda anlamlı bir artış eğilimi görölürken, D toprak grubunda artış eğilimi olmakla birlikte istatistiksel aćıdan anlamlı değildir. Aylık bazda incelendiğinde genelde mart-temmuz arasında azalma eğilimi, eylöl, ekim, kasım aylarında anlamlı bir artış eğilimi görölmektedir.

Çıplak arazi modellemeleri ile karşılaştırıldığında bitki örtüsüne sahip hipotetik havzalarda akışa geçen su miktarı daha azdır. Bunun nedeni bitki örtüsünün su tutma kapasitesi ve buna bağlı olarak buharlaşma+terleme ile suyun

önemli bir kısmının buharlaşarak havzadan ayrılması şeklinde açıklanabilir. Mera arazi sonuçlarına göre aralık-haziran aylarında daha yüksek değerler gözlemlenirken, diğer aylarda çok az, neredeyse akarsuyun kurumaması noktasında değerler elde edilmiştir. Bu da bitkilerin suyu ne kadar tutabildiğinin bir göstergesidir (Şekil 5-8).

Hidrolojik toprak gruplarına göre daha az geçirgen olan D grubunda ocak, şubat, mart aylarında daha az ROVOL değerleri gözlemlenmesine karşın genel olarak çok büyük bir farkın olmadığı görülmektedir. İklim değişikliği senaryosuna (A2) göre kış aylarında artış eğilimleri ve pik değerler görülürken yaz aylarında önemli bir değişim görülmemektedir (Şekil 5-8).

Mera arazi için gerçekleştirilen Kendall eğilim analizi sonuçlarına göre (EK-7) yıllık bazda anlamlı bir artış eğilimi görülürmezken ekim-şubat aylarında anlamlı bir artış eğilimi görülmektedir. Diğer aylarda biraz azalma eğilimi görülse de istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

İğne yapraklı ormanlık arazi simülasyonunda genelde oldukça düşük ROVOL değerleri (EK-10) görülürken nisan, mayıs, haziran aylarında (Şekil 10) daha yüksek ROVOL değerleri görülmektedir. İğne yapraklı ormanların su tutma kapasitesi diğer bitki türlerine göre daha fazla olduğu için böyle bir sonuç elde edilmiştir. Hidrolojik toprak gruplarına göre önemli farklılıklar gözlenmemekle beraber D toprak grubu arazilerde biraz daha düşük ROVOL değerleri gözlemlenmiştir (Şekil .9-12).

Temel ve A2 senaryo farklılıkları incelendiğinde A2 senaryo ROVOL değerlerinin kış ve bahar aylarında artış eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumu daha iyi analiz edebilmek için yapılan Kendall eğilim analizi sonucunda (EK-7) yıllık bazda anlamlı bir artış eğilimi olmadığı ve aylık bazda sadece şubat ayında anlamlı bir artış eğilimi olduğu belirlenmiştir.

Yaprağını döken ormanlık arazi modellerinde ROVOL değerinin kış ve bahar döneminde iğne yapraklı ormanlık araziye göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (EK-10). Bu tip ormanlık arazilerde kış aylarında ağaçlar yapraklarını döktükleri için buharlaşma+terleme yapamazlar ve su tutma kapasiteleri oldukça düşer. Bu nedenle daha yüksek ROVOL değerleri elde edilir (Şekil 13-16). Toprak gruplarına göre önemli farklar gözlemlenmemekle birlikte

yaz aylarında D toprak grubunda daha düşük ROVOL değerleri gözlemlenmektedir. İklim senaryoları açısından karşılaştırıldığında A2 senaryo ROVOL sonuçlarının artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Artış eğilimlerinin daha iyi belirlenebilmesi amacıyla Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir (EK-7). Buna göre yıllık bazda istatistiksel açıdan anlamlı olmayan bir artış eğilimi görülürken, aylık bazda kasım, aralık, ocak, şubat aylarında istatistiksel açıdan anlamlı bir artış eğilimi görülmektedir. Bunun en önemli nedeni kış aylarında yaprakların dökülmesine bağlı olarak su tutma kapasitesinin düşmesi ve buharlaşma+terleme değerlerinin düşmesi olarak gösterilebilir.

Temel senaryo baz alınarak A2 senaryosunun havzadan akarsu ile çıkan su üzerinde etkisini belirlemek amacıyla ROVOL değerlerinin yüzde değişim oranları hesaplanmıştır. Bu değerler EK-10 Çizelge 1’de belirtilmiştir.

#### **8.4. Akarsu Kuru/Taşkın Gün Sayılarının Değerlendirilmesi**

Akarsuyun debisi olarak alabileceğimiz ROVOL zaman serisi senaryolara göre değişimler göstermiştir. Bu değişimler akarsuyun kuru ve taşkın yaptığı günlerin sayıları bazında da incelenmiştir.

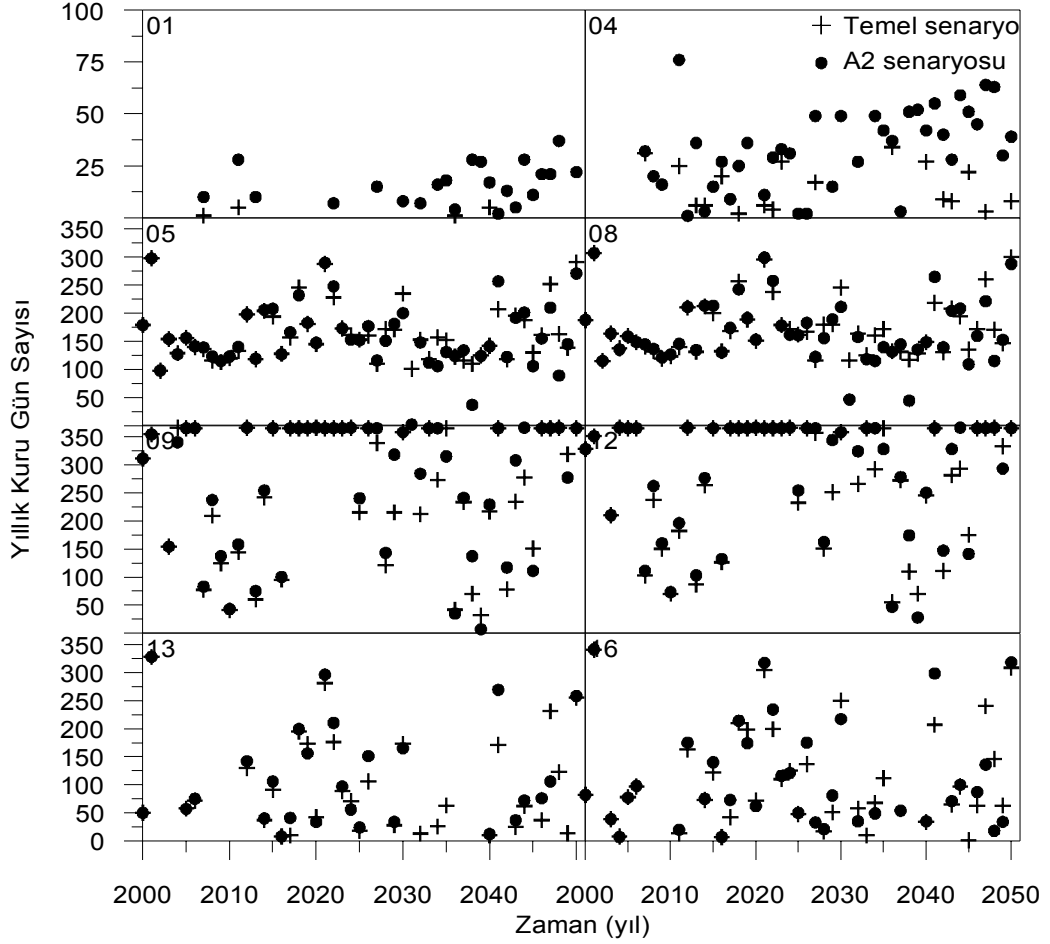
Akarsuyun 20 cm’den daha düşük değerlere sahip olduğu dönemlerde kuru olduğu kabul edilmiştir. Akarsu derinliği ve yan eğimler kullanılarak Manning denkleminde buna karşılık gelen debinin  $0,06 \text{ Mm}^3/\text{gün}$  olduğu hesaplanmıştır.

Bu debiden daha düşük olduğu dönemlerde akarsuyun kuru olduğu öngörülmüştür. Aynı şekilde akarsuyun kritik su derinliğinden ( $Y_c=2 \text{ m}$ ) yola çıkılarak akarsu kritik debisi  $4,32 \text{ Mm}^3/\text{gün}$  olarak bulunmuştur. Bu debinin üzerindeki değerlerde akarsuyun taşkın yaptığı farz edilmiştir.

Akarsuyun kuru ve taşkın dönemlerinin sınır değerleri yazılan bir Fortran programı ile ROVOL parametresi model çıktı verileri ile karşılaştırılarak kuru ve taşkın gün sayıları belirlenmiştir. Şekil 8.1.’de yıllara göre kuru gün sayıları ve Şekil 8.2.’de taşkın gün sayıları gösterilmiştir.

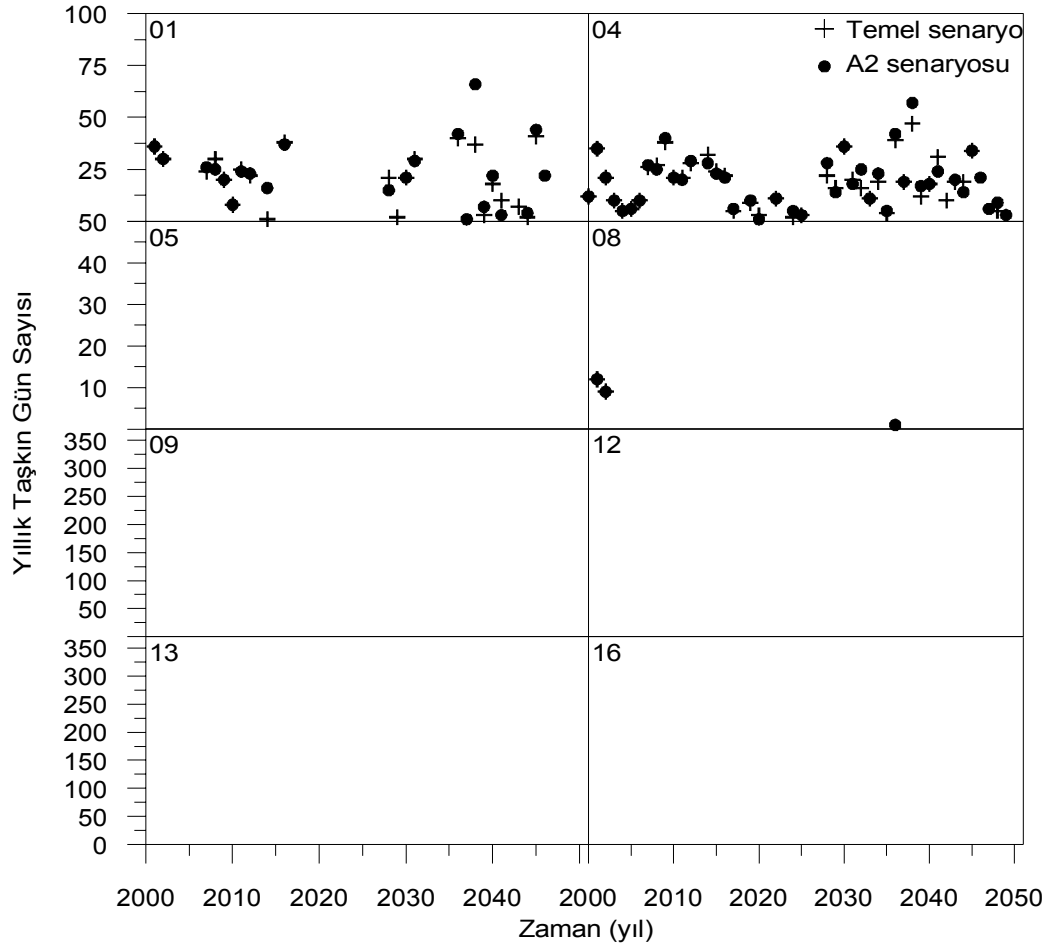
Yıllık kurak gün sayıları grafiksel olarak karşılaştırıldığında iklim değişikliği etkilerinin görüldüğü A2 senaryosunda gözle görülür bir şekilde kuru gün sayısında artışların olduğu görülmektedir. Özellikle yaz kış

buharlaşma+terleme yapan iğne ağağlı ormanlık havzalarda (09-12 nolu senaryolar) neredeyse tüm yıl boyunca kuruluğun devam ettiği grlmektedir.



şekil 8.1. Zamana bağlı yıllık kuru gün sayısı

Yıllık taşkın gün sayıları grafiksel olarak incelendiğinde temel senaryodaki mevcut taşkında artış olduğu grlmektedir. Vejetasyon barındıran havza tiplerinde ise buharlaşma+terleme nedeniyle su dengesinin buharlaşma yönüne doğru kaymasından ötürü taşkın olan gün grlmemektedir.



Şekil 8.2. Zamana bağlı yıllık taşkın gün sayısı

Kuru ve taşkın gün sayılarının yıllara bağlı olarak değişimini belirlemek amacıyla yıl içerisindeki kuru ve taşkın gün sayıları bulunarak bunların temel ve A2 senaryosu arasındaki farkı alınmıştır. Bu farklar üzerinde yapılan Kendall testi sonuçları Çizelge 8.1.'de belirtilmiştir.

Kuru ve taşkın gün sayılarının mevsimsel olarak incelenebilmesi için aylara göre kuru ve taşkın gün sayıları grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu grafikler EK-11'de görülmektedir.

Akarsulardaki önemli bir parametre olan 7Q10 değeri model sonuçları ele alınarak incelenmiştir. Her 10 yılda 7 gün süreyle gözlemlenen en düşük debi miktarı 7Q10 olarak adlandırılır. 7Q10 değerinin belirlenebilmesi için uzun süreli akarsu gözlem değerleri gerekmektedir. Gözlem verilerinden her yıl için ard arda gelen 7 minimum debi belirlenir. 10 yıl boyunca ard arda gelen bu minimum debi

değerinin %90 olasılık değerine göre olan değerinden 7Q10 değeri hesaplanır. Çalışmada bu değer A ve D tipi toprak yapısına sahip tüm havzalar için belirlenmiştir. Sonuçta 01 numaralı havza tipi için 7Q10 değeri temel senaryo için 0,08133, A2 senaryosu için ise 0,0 bulunmuştur. Diğer tüm senaryolar için 7Q10 değeri 0,0 olarak bulunmuştur. 01 numaralı havza tipi için 7Q10 değerleri göz önüne alındığında iklim değişikliğinin etkisiyle 10 yıllık bir periyotta 7 gün süreli minimum debi miktarında azalma olacağı görülmektedir.

**Çizelge 8.1.** Temel-A2 kuru ve taşkın gün sayıları farkı Kendall eğilim testi sonuçları

| Kuru Günler |        |         | Taşkın Günleri |        |        |
|-------------|--------|---------|----------------|--------|--------|
| Senaryo     | P      | Eğim    | Senaryo        | P      | Eğim   |
| 01          | 0,0027 | -0,1250 | 01             | 0,2335 | 0,0000 |
| 04          | 0,0001 | -0,8148 | 04             | 0,0994 | 0,0000 |
| 05          | 0,0152 | 0,2381  | 05             | -      | -      |
| 08          | 0,0033 | 0,2308  | 08             | 0,5309 | 0,0000 |
| 09          | 0,6500 | 0,0000  | 09             | -      | -      |
| 12          | 0,2751 | 0,0000  | 12             | -      | -      |
| 13          | 0,6499 | 0,0000  | 13             | -      | -      |
| 16          | 0,7040 | 0,0000  | 16             | -      | -      |

Çizelge 8.1. incelendiğinde Kuru günler açısından 01, 04, 05 ve 08 numaralı havza tiplerinde %95'lik güvenilirlikle anlamlı bir eğilime sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre Çıplak arazi tipi şeklinde olan 01 ve 04 numaralı senaryolarda kuru gün sayısında artış olacağı, mera arazi tipi olan 05 ve 08 numaralı senaryolarda kuru gün sayısında azalma olacağı görülmektedir.

Yıllara bağlı taşkın gün sayıları incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar görülmemektedir. Bazı senaryolarda Kendall testi sonuç vermemiştir. Bunun nedeni, bu senaryolarda taşkın gün olmamasından kaynaklanmaktadır.

### 8.5. Ortalama Göl Hacmi (VOL) Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada havza içerisindeki su döngüsünde su kütlesi olarak sadece akarsu kullanılmamıştır. Havzada göl olması durumunda iklim değişikliğinden

nasıl etkilenebileceği konusunda bilgi edinilmiştir. Modelleme sonrasında havzadaki gölün ortalama hacim değerleri grafiksel olarak EK-12’de verilmiştir.

Çıplak arazi modellemelerinde tüm zaman periyodunun ortalamaları göz önüne alındığında mevsimsel olarak önemli bir değişim olmadığı görülmektedir (Şekil 1-4). Hidrolojik toprak grupları açısından değerlendirildiğinde D toprak grubu verilerinin daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni D toprak grubunun geçirgenliğinin az olması nedeniyle suyun daha çok yüzeysel akış halinde akması ve buharlaşma ile oluşan kayıp neticesinde göl hacminin daha az olması şeklinde açıklanabilir. İklim senaryosunun etkisi incelendiğinde A2 senaryo verilerinde haziran, temmuz ve ağustos hariç tüm aylarda bir artış eğilimi olduğu görülmektedir (Şekil 1-4). Yaz aylarında iklim değişikliğine bağlı olarak hava sıcaklığının oldukça önemli artışlar göstermesi bu aylardaki azalışların nedenidir.

Mera arazi modellemelerinde çıplak araziye göre daha düşük VOL değerleri gözlenmektedir (Şekil 5-8). Sonbahar ve kış aylarında verilerde büyük değişimler görülmezken yağışların etkili olduğu bahar aylarında oldukça önemli dalgalanmalar görülmektedir (Şekil 6). Toprak gruplarına göre karşılaştırıldığında toprak tipine bağlı olarak tüm dönem ortalamalarında önemli farkların olmadığı görülmektedir. İklim senaryoları açısından değerlendirildiğinde artış eğilimi olduğu fakat çıplak araziye göre daha az olduğu, yaz aylarındaki azalma eğilimlerinin de az olduğu görülmektedir. Bitki örtüsü havzada dengeleyici bir unsur olarak iklim değişikliği etkilerini kısmen olsa da indirgemektedir.

İğne yapraklı ormanlık arazi mera araziye göre daha büyük su tutma kapasitesine sahip olduğu için ortalama göl hacmi verileri daha düşüktür (Şekil 9-12). Aylık değerler incelendiğinde mevsimsel farklılıkların çok az olduğu görülmektedir. Hidrolojik toprak grupları arasında da önemli farklılıklar görülmemektedir.

Yaprağını döken ormanlık arazide ise mart-haziran ayları arasında daha yüksek VOL değerleri gözlemlenirken, diğer aylarda daha düşük değerler gözlemlenmektedir. Bunun nedeni ormanlık arazinin sonbaharda yapraklarını dökmesi ve bahar aylarına kadar yapraklanmaması nedeniyle bu zaman aralığında yeterli buharlaşma-terleme yapılmamasıdır. Bu mevsimlerde toplanan sular mart

ayından başlayarak gölün hacmini arttırıcı etkide bulunmaktadır. Sonrasında artan sıcaklıklar ile birlikte denge noktasından sonra VOL değerleri azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 13-16). İklim değişikliğinin etkileri incelendiğinde havzalar arasında önemli farkların olmadığı görülmektedir.

Temel senaryo baz alınarak A2 senaryosunun ortalama göl hacmi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla VOL değerlerinin yüzde değişim oranları hesaplanmıştır. Bu değerler EK-12 Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çalışmada elde edilen artış ve azalış değerleri Temel senaryo baz alınarak yüzde değişim oranları şeklinde hesaplanmıştır. Bu sonuçlar EK-13’te çizelge halinde verilmiştir.



## 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen doktora çalışmasında farklı özelliklere sahip hipotetik havzalar oluşturularak bu havzalar üzerinde iklim değişikliğinin hidrolojik döngü üzerinde nasıl bir etki yarattığı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler İç Anadolu bölgesinin iklim özelliklerini temsil edeceği düşünülerek Kütahya iline ait olup bu verilerle geleceğe yönelik projeksiyonlar oluşturmak üzere Kanada iklim merkezinden alınan küresel çevrim modeli sonuçları da kullanılarak 1975-2050 yılları arasında geçen Temel ve A2 adlı iki senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryolar çalışmada kullanılan WinHSPF model programına meteorolojik veri olarak girilmiş ve etkileri incelenmiştir.

Çalışma kapsamı oldukça geniş tutularak farklı bitki özellikleri, farklı toprak özellikleri göz önüne alınarak 16 havza türü oluşturulmuş ve modelleme çalışmaları yapılmıştır. Böylece her bir değişimin, sonuçları nasıl etkilediği ayrı ayrı irdelenebilmiştir. Çalışma her ne kadar hipotetik bir çalışma olsa da kullanılan parametre ve veriler gerçek ölçüm sonuçları ve literatür değerlerinden alınarak hazırlanmıştır. Sonraki dönemlerde bu veriler esas alınarak ve çalışmadan elde edilen tecrübelerle gerçek bir havzada iklim değişikliğinin ne tür etkiler yaratabileceği konusunda çalışmalar yapılması düşünülmektedir. Çalışma kapsamını genişletmek açısından bazı unsurların da eklenmesi düşünülmektedir. Özellikle havza içi su kalitesinin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği konusunda gelecekte başka çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

Küresel çevrim modellerinden elde edilen verilerin meteorolojik verilere entegrasyonu konusunda daha gelişmiş metotların kullanılması ile, çalışmadan elde edilecek sonuçların daha gerçekçi belirleneceği tahmin edilmektedir. Hipotetik havzalarda böyle bir durum söz konusu olmadığı için bu tür çalışma gerçekleştirilmemiştir. Fakat gerçek havzaya böyle bir çalışmanın uygulanmasıyla tatmin edici sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir. Küresel iklim modellerinin diğer türlerinin etkileri belirlenerek geleceğe yönelik alternatif durumlar da belirlenebilir. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalarda, coğrafi bilgi sistemleri hatta uzaktan algılama gibi tekniklerin ilavesiyle çalışma kapsamında daha geniş ufuklar açılacaktır.

Türkiye’de gerçekleştirilen havza içi su kalitesi ve havza yönetimi uygulamaları halen yeterli düzeye gelememiştir. Böyle çalışmalarla, Türkiye’deki havzalar konusunda daha geniş bilgiler elde edilmesi ve ülke bazında havza veri tabanlarının oluşturulması konusundaki çalışmalar sürdürüldükçe ülke bazında geleceğe yönelik daha doğru ve gerçekçi projeksiyonlar yapılabilecektir. Gerçekleştirilen doktora çalışması bu konuda yol gösterici ve aydınlatıcı yapısıyla yeni araştırmalara yön verecektir.

## KAYNAKLAR

ALBEK, E., *Statistical analysis of water quality trends: An application to the Porsuk Stream*, Anadolu University Journal of Science and Technology, **3(2)**, 281-292 (2002).

ALBEK, M. ve ALBEK, E., *Use of HSPF in estimating future influences of climate change on watersheds*, River Basin Management II (Ed: BREBBIA, C.A.), WIT Pres, UK, 55-66 (2003).

ALBEK, M., *Seydi Suyu Havzasında Yaygın Kaynak Kirliliğinin Sediment Bazında Modellenmesi*, Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye (2001).

ANONİM-1: *CLIMATE CHANGE 1991: The Scientific Basis-Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assesment Report* (1991).

ANONİM-2: *CLIMATE CHANGE 1995: The Science of Climate Change, Summary for Policymakers: The Science of Climate Change - IPCC Working Group I* (1995).

ANONİM-3: *HSPF help file*, EPA/600/R-97/080, PB97-193114 (1997).

ANONİM-4: *BASINS Technical Note 6*, EPA Office of Water (2000).

ARNELL N., *Global Warming, River Flows and Water Resources*, Wiley (1997).

ASTON, A.R., *The effect of doubling atmospheric carbon dioxide on streamflow: A simulation*, J. Hydrology, **67**, 273-80 (1984).

BARLAGE, M.J., RICHARDS, P.L., SOUSOUNİS P.J. ve BRENNER, A.J., *Impacts of Climate Change and Land Use Change on Runoff from a Great Lakes Watershed*, Journal of Great Lakes Research, **28(4)**, 568-582, (2002).

BENİSTON, M. (editor), *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management*, Sh.1-29, Kluwer Academic Publishers, Netherland, (2002).

BICKNEL B.R., IMHOFF, J.C., KITTLE, J.L., DONIGIAN A.S. ve JOHANSON R.C., *Hydrological Simulation Program- Fortran User's Manual for Release 10*, Environmental Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA., EPA/600/R-93/174 (1993).

BOU-ZEID, E. ve EL-FADEL, M., *Climate Change and Water Resources in Lebanon and the Middle East*, Journal of Water Resources Planning and Management, **128-5**, 343-355, 2002.

BRONSTERT, A., NIEHOFF, D. ve BÜRGER, G., *Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities*, Hydrological Processes, **16**, 509-529, (2002).

BULTOT, F., GELLENS, D., SCHÄDLER, B. ve SPREAFICO, M., *Effects of climate change on snow accumulation and melting in the Broye catchment (Switzerland)*, Climatic Change, **28**, 339-63 (1994).

BURLANDO, P. ve ROSSO, R., *Effects of transient climate change on basin hydrology. 2. Impacts on runoff variability in the Arno River, central Italy*, Hydrological Processes, **16**, 1177-1199, (2002).

BURLANDO, P. ve ROSSO, R., *Effects of transient climate change on basin hydrology. 1. Precipitation scenarios for the Arno River, central Italy*, Hydrological Processes, **16**, 1151-1175, (2002).

CGER, *The Potential Effects of Climate Change in Japan*, Center for Global Environmental Research, Tsukuba, Japan (1993).

CHAPRA, S.C., *Surface Water Quality Modeling*, McGraw-Hill (1997).

DAM, J. C., *Impacts of Climate Change and Climate Variability on Hydrological Regimes*, International Hydrology Series, Cambridge University Press (1999).

DINGMAN, S.L., *Physical Hydrology*, Prentice-Hall Inc., (1994).

DONIGIAN, A.S., Jr., IMHOFF J.C. ve KITTLE, J.L., Jr., *HSPFParm: An Interactive Database of HSPF Model Parameters, Version 1.2b1*, Prepared for Exposure Assessment Branch, Standard and Applied Science Division, Office of Science and Technology, U.S. EPA, Washington D.C. (2000).

EASTERLING, W.E., MCKENNEY, M., ROSENBERG, N.S. ve LEMAN, K., *A Farm Level Simulation of the Effects of Climate Change on Crop Productivity in the MINK Region*, Working Paper, US Department of Energy, 11-13 (1991).

FOWLER, H.J., KILSBY, C.G. ve O'CONNEL, P.E., *Modeling the impacts of climatic change and variability on the reliability, resilience, and vulnerability of a water resource system*, Water Resources Research, **39-8**, 1222, (2003).

FRIGON, A., CAYA, D., SLIVITZKY, M. ve TREMBLAY, D., *Investigation of the hydrologic cycle simulated by the Canadian Regional Climate Model over the Québec/Labrador territory*, Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management, Kluwer Academic Publishers (Ed: Beniston, M.), Switzerland, 31-55, (2002).

GLEICK, P.H., *Climatic change and California: Past, present and future vulnerabilities*, Societal Response to Regional Dynamic Change: Forecasting by Analogy (Ed: GLANTZ, M.), Westview Pres, Boulder, CO (1988).

GLEICK, P.H., *The development and testing of a water balance model for climate impact assessment: Modeling the Sacramento basin*, Water Resources Res., **23(6)**, 1049-61 (1987).

HAMON, R.W., WEISS, L.L. ve WILSON, W.T., *Insolation as an empirical function of daily sunshine duration*, Monthly Weather Review, **82(6)**, 141-146 (1954).

HARDY, J. T., *Climate Change: Causes, Effects, and Solution*, Wiley Press (2003).

HISCOCK, K.M., LISTER, D.H., BOAR, R.R. ve GREN, F.M.L., *An integrated assessment of long-term changes in the hydrology of three lowland rivers in eastern England*, Journal of Environmental Management, **61**, 195-214 (2001).

HOUGHTON, J.T., *Climate Change 1992, Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, (1992).

[http-1: http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru\\_data/examine/emissions/is92\\_new\\_home.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru_data/examine/emissions/is92_new_home.html), The IPCC Data Distribution Centre (2004).

http-2: [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru\\_data/examine/non\\_climate/IS92a.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru_data/examine/non_climate/IS92a.html), The IPCC Data Distribution Centre (2004).

http-3: [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/sres\\_home.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/sres_home.html), The IPCC Data Distribution Centre (2004).

http-4: [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/qualatative\\_SRES.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/qualatative_SRES.html), The IPCC Data Distribution Centre (2004).

http-5: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/modelcc/>, Climatic Research Unit-Information Sheets (2004).

http-6: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/barfor.html#c1> (2004).

http-7: <http://californiarangeland.ucdavis.edu/h36.htm>, California Rangelands: Rangeland Watershed Program, Fact Sheet No.36; Interception on Rangeland Watersheds (2005).

IDSO, S.B. ve BRAZEL A.S., *Rising atmospheric carbon dioxide concentrations may increase streamflow*, Nature, **312**, 51-53 (1984).

JENSEN, M.E. ve HAISE, H.R., *Estimating evapotranspiration from solar radiation: Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Journal of Irrigation and Drainage, **89(IR4)**, 15-41 (1963).

KRYSANOVA, V. ve WECHSUNG, F., *Impact of climate change and higher CO<sub>2</sub> on hydrological processes and crop productivity in the state of Brandenburg, Germany*, Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, Switzerland, 217-300, (2002).

KUNDZEWICZ, Z.W., *Floods in the context of climate change and variability*, Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, Switzerland, 225-247, (2002).

LANGAN, S.J., JOHNSTON, L., DONAGHY, M.J., YOUNGSON, A.F. ve HAY, D.W., Soulsby, C., *Variation in river water temperatures in an upland stream over a 30-year period*, the Science of the Total Environment”, **265**, 195-207, (2001).

LEGESSE, D., VALLET-COULOMB, C. ve GASSE, F., *Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: case study South Central Ethiopia*, Journal of Hydrology, **275**, 67-85, (2003).

LETTENMAIER, D.P. ve GAN, T.Y., *Hydrologic sensitivities of the Scaramento-San Joaquin River Basin of California to global warming*, Water Resources Res., **26(1)**, 69-86 (1990).

LETTENMAIER, D.P. ve SHEER, D.P., *Climatic sesitivity of California water resources*, ASCE J. Water Resources Planning and Management, **117(1)**, 108-25 (1991).

LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A., ve PAULHUS, J.L.H., *Hydrology for Engineers*, McGraw-Hill Inc. (1988).

LIU, C. ve ZHENG, H., *Hydrological cycle changes in China's large river*, Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, Switzerland, 209-224 (2002).

MARKHAM A., *Climate Chance and Biodiversity Conservation*, WWF-US Report (1995).

MENZEL, L. ve BÜRGER, G., *Climate change scenarios and runoff response in the mulde catchment (Southern Elbe, Germany)*, Journal of Hydrology, **267**, 53-64, (2003).

MENZEL, L., NIEHOFF, D., BÜRGER, G. ve BRONSTERT, A., *Climate change impacts on river flooding: A modelling study ot three meso-scale catchments*, Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, Switzerland, 249-269, (2002).

- MILLER, S.R. ve RUSSEL, G.C., *The impact of global warming on river runoff*, J. Geophys. Res., **93(D3)**, 2757-64 (1992).
- MORRISON, J., QUICK, M.C. ve FOREMAN, M.G.G., *Climate Change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections*, Journal of Hydrology, **263**, 230-244, (2002).
- MUZIK, I., *A first-order analysis of the climate change effect on flood frequencies in a subalpine watershed by means of a hydrological rainfall-runoff model*, Journal of Hydrology, **267**, 65-73, (2002).
- NG, H.Y.F. ve MARSALEK, J., *Sensitivity of Streamflow Simulation to Changes in Climatic Inputs*, Nordic Hydrology, **23**, 257-272, (1992).
- PILLING, C.G. ve JONES, J.A.A., *The impact of future climate change on seasonal discharge, hydrological processes and extreme flows in the Upper Wye experimental catchment, mid-Wales*, Hydrological Processes, **16(6)**, 1201-1213, (2002).
- REYNOLDS, E.R.C. ve THOMPSON, F.B., *Forest, Climate and Hydrology; Regional Impacts*, The United Nations University (1988).
- SHIKLOMANOV, I.A., ve LINS, H., *Influence of climate change on hydrology and water management*, Meteorology and Hydrology, No. 4, 51-66, Russian (1991).
- STAKHIV, E., LINS, H. ve SHIKLOMANOV, I., *Hydrology and water resources*, Supplementary Report to the IPCC Impact Assessment (Ed: TEGART, W., SHELDON, G.), Australian Government Publ. Ser. (1992).
- TIMOTHY, E.L., *The Interception Dynamics of a Seasonal Temperate Rainforest*, Research&Extension Regional Water Quality Conferance (2002).
- TUCCI, C. ve DAMIANI, A., *Potencial Impacto da Modificação Climática no Rio Uruguai*, Revista Brasileira de Engenharia, RBE-CRH, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, **12(2)**, 5-34 (1994).
- TÜRKEŞ, M., SÜMER, U.M. ve ÇETİNER, G., *İklim Değişikliğinin Bilimsel Değerlendirmesi*, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2003).



VIVEK, K.A., *Streamflow simulations for continental-scale river basins in a global atmospheric general circulation model*, *Advances in Water Resources*, 775-791, 2001.

VIVEK, K.A., *The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff*, *Journal of Hydrology*, **265**, 164-177 (2002).

WALKER, I.J. ve PETERS, D.L., *GEOG370 Hydrology course manual*, University of Victoria (2004).

WERRITTY, A., *Living with uncertainty: climate change, river flows and water resource management in Scotland*, *The Science of the Total Environment*, **294**, 29-40, (2002).

WILHELM, M., REINHARD, V. ve ROECKNER, E., *Changes in the mean and extremes of the hydrological cycle in Europe under enhanced greenhouse gas conditon an a global time-slice experiment*, *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management* (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, 1-29, (2002).

WILK, J., *Simulating the impacts of land-use and climate change on water sesource availability for a large South Indian catchment*, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, **47(1)**, 19-30, (2002).

YU, P.S., YANG, T.C. ve WU, C-K, *Impact of Climate Change on Water Resources in Southern Taiwan*, *Journal of Hydrology*, **260**, 161-175, (2002).

ZIERL, B. ve LISCHKE, H., *Trends in drought in Swiss forested ecosystems*, *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management* (Ed: Beniston, M.), Kluwer Academic Publishers, Switzerland, 329-347, (2002).

## EK-1 Sıcaklık Verilerinin Eğilim Analizleri

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık ortalama hava sıcaklığı verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak     | Şubat   | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım  | Aralık  |
|----------------|----------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Veri Sayısı    | 76       | 76      | 76     | 76     | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76     | 76      |
| Ortalama       | -0,050   | 1,320   | 4,502  | 9,728  | 14,137 | 17,966  | 20,648 | 20,176  | 16,582 | 11,550 | 5,745  | 1,702   |
| Standart Sapma | 2,142    | 2,287   | 1,963  | 1,732  | 1,323  | 0,936   | 1,264  | 1,352   | 1,245  | 1,697  | 1,592  | 1,965   |
| Medyan         | 0,086    | 1,334   | 4,403  | 9,538  | 14,080 | 17,904  | 20,679 | 20,214  | 16,483 | 11,610 | 5,874  | 1,795   |
| Maksimum       | 5,112    | 6,034   | 10,547 | 15,291 | 17,764 | 20,437  | 23,379 | 22,761  | 19,891 | 14,811 | 9,461  | 6,157   |
| Minimum        | -5,542   | -5,543  | 0,477  | 5,519  | 10,866 | 15,362  | 18,039 | 16,704  | 13,797 | 6,596  | 2,192  | -2,942  |
| S.K.           | -4240,81 | 173,308 | 43,607 | 17,808 | 9,357  | 5,211   | 6,119  | 6,703   | 7,510  | 14,694 | 27,720 | 115,399 |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık ortalama hava sıcaklığı verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak     | Şubat   | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım  | Aralık  |
|----------------|----------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Veri Sayısı    | 76       | 76      | 76     | 76     | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76     | 76      |
| Ortalama       | 0,202    | 1,762   | 5,338  | 10,670 | 15,197 | 18,849  | 21,884 | 20,665  | 16,300 | 11,488 | 5,634  | 1,559   |
| Standart Sapma | 2,170    | 2,296   | 2,170  | 1,948  | 1,726  | 1,250   | 1,856  | 1,403   | 1,231  | 1,695  | 1,603  | 1,994   |
| Medyan         | 0,409    | 1,845   | 5,316  | 10,650 | 14,941 | 18,670  | 21,770 | 20,747  | 16,228 | 11,552 | 5,825  | 1,552   |
| Maksimum       | 5,112    | 6,049   | 10,620 | 15,291 | 19,918 | 22,174  | 26,153 | 23,341  | 19,891 | 14,811 | 9,345  | 6,157   |
| Minimum        | -5,541   | -5,138  | 0,477  | 5,519  | 11,749 | 16,403  | 18,039 | 16,969  | 13,797 | 6,458  | 2,099  | -3,033  |
| S.K.           | 1075,096 | 130,293 | 40,650 | 18,257 | 11,361 | 6,633   | 8,479  | 6,790   | 7,553  | 14,756 | 28,452 | 127,880 |

**Çizelge 1.** Aylık ortalama hava sıcaklığı verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2-Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları

|                    | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım   | Aralık  |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Veri Sayısı        | 47     | 47     | 47     | 47     | 47     | 47      | 47     | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      |
| Ortalama           | 0,408  | 0,715  | 1,351  | 1,524  | 1,713  | 1,428   | 1,998  | 0,791   | -0,455  | -0,099  | -0,179  | -0,232  |
| Standart Sapma     | 0,243  | 0,426  | 0,804  | 0,907  | 1,019  | 0,850   | 1,189  | 0,471   | 0,271   | 0,059   | 0,106   | 0,138   |
| Medyan             | 0,408  | 0,715  | 1,351  | 1,524  | 1,713  | 1,427   | 1,998  | 0,791   | -0,455  | -0,100  | -0,179  | -0,232  |
| Maksimum           | 0,815  | 1,430  | 2,700  | 3,045  | 3,423  | 2,853   | 3,992  | 1,580   | -0,001  | 0,000   | 0,000   | -0,001  |
| Minimum            | 0,001  | 0,001  | 0,002  | 0,003  | 0,003  | 0,003   | 0,004  | 0,001   | -0,909  | -0,199  | -0,357  | -0,464  |
| S.K.               | 59,500 | 59,508 | 59,504 | 59,507 | 59,503 | 59,508  | 59,503 | 59,504  | -59,511 | -59,499 | -59,501 | -59,498 |
| Artış/Azalış* (°C) | 0,8319 | 1,4617 | 2,7542 | 3,1067 | 3,4921 | 2,914   | 4,0749 | 1,6121  | -0,9259 | -0,2021 | -0,3666 | -0,4747 |

\* 47 yıllık periyotta

## EK-2 Yağış Verilerinin Eğilim Analizleri

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık toplam yağış verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim   | Kasım  | Aralık |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Veri Sayısı    | 76     | 76     | 76     | 76     | 76     | 76      | 76      | 76      | 76      | 76     | 76     | 76     |
| Ortalama       | 72,895 | 51,036 | 49,937 | 59,945 | 49,349 | 31,384  | 17,733  | 16,438  | 19,259  | 42,722 | 59,328 | 83,238 |
| Standart Sapma | 46,232 | 29,510 | 26,282 | 27,449 | 26,833 | 21,693  | 19,300  | 16,987  | 22,726  | 23,066 | 41,816 | 51,722 |
| Medyan         | 61,1   | 43,7   | 53,65  | 58,6   | 45,3   | 28,8    | 11,3    | 13,4    | 9,5     | 42     | 57,8   | 73     |
| Maksimum       | 177,1  | 122,8  | 102,5  | 126    | 115,6  | 77,1    | 77,2    | 79      | 88,2    | 104,5  | 188    | 248,4  |
| Minimum        | 4,3    | 9,6    | 13,7   | 2,9    | 11,5   | 1       | 0       | 0       | 0       | 1,2    | 5,3    | 12,9   |
| S.K.           | 63,423 | 57,823 | 52,630 | 45,790 | 54,374 | 69,122  | 108,836 | 103,340 | 117,998 | 53,990 | 70,483 | 62,137 |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık toplam yağış verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak    | Şubat   | Mart   | Nisan  | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım   | Aralık  |
|----------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Veri Sayısı    | 76      | 76      | 76     | 76     | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      |
| Ortalama       | 66,172  | 54,654  | 48,242 | 59,221 | 43,075  | 23,312  | 13,259  | 33,129  | 37,412  | 43,883  | 56,805  | 86,462  |
| Standart Sapma | 48,242  | 29,989  | 26,96  | 27,373 | 29,428  | 24,131  | 19,723  | 36,337  | 39,830  | 23,568  | 42,1    | 52,780  |
| Medyan         | 54,000  | 47,750  | 53,65  | 57,200 | 39,3    | 13,6    | 3,4     | 19,3    | 21      | 44      | 55,75   | 75,6    |
| Maksimum       | 177,100 | 127,200 | 104    | 126    | 115,600 | 80,100  | 77,200  | 161,800 | 184,600 | 106,300 | 189,300 | 248,400 |
| Minimum        | 0       | 7,5     | 5,7    | 0,7    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1,2     | 0       | 12,9    |
| S.K.           | 72,904  | 54,870  | 55,885 | 46,221 | 68,319  | 103,512 | 148,748 | 109,684 | 106,464 | 53,707  | 74,113  | 61,044  |

**Çizelge 3.** Aylık toplam yağış verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2-Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları

|                    | Ocak    | Şubat   | Mart    | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım    | Aralık  |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Veri Sayısı        | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47       | 47      |
| Ortalama           | -6,722  | 3,618   | -1,695  | -0,724  | -6,274  | -8,072  | -4,474  | 16,691  | 18,153  | 1,161   | -2,522   | 3,224   |
| Standart Sapma     | 13,466  | 6,052   | 3,233   | 1,370   | 12,070  | 17,186  | 14,765  | 32,103  | 33,336  | 2,339   | 4,876    | 6,231   |
| Medyan             | 0       | 0,25    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       |
| Maksimum           | 18,1    | 25,9    | 3,7     | 1,5     | 16,2    | 37,1    | 50,1    | 141,4   | 145,2   | 10,1    | 6,2      | 26,6    |
| Minimum            | -56     | -6,6    | -13,8   | -5,9    | -54,4   | -67,6   | -57     | -22,6   | -35,8   | -2,8    | -21,7    | -7,5    |
| S.K.               | -200,32 | 167,254 | -190,75 | -189,30 | -192,39 | -212,89 | -330,04 | 192,337 | 183,645 | 201,567 | -193,301 | 193,299 |
| Artış/Azalış* (mm) | -19,420 | 12,902  | -6,162  | -2,604  | -20,219 | -23,773 | -13,527 | 69,109  | 68,897  | 4,578   | 9,221    | 11,868  |

\* 47 yıllık periyotta

### EK-3 Bulutluluk Verilerinin Eğilim Analizleri

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık ortalama bulutluluk verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım  | Aralık |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Veri Sayısı    | 76     | 76     | 76     | 76     | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76     | 76     |
| Ortalama       | 6,462  | 6,156  | 5,459  | 5,349  | 4,551  | 3,203   | 2,689  | 2,586   | 2,778  | 4,389  | 5,399  | 6,810  |
| Standart Sapma | 0,833  | 0,939  | 1,039  | 0,915  | 0,899  | 0,774   | 0,791  | 0,733   | 0,847  | 0,965  | 1,090  | 0,828  |
| Medyan         | 6,421  | 6,198  | 5,624  | 5,453  | 4,579  | 3,132   | 2,718  | 2,506   | 2,705  | 4,465  | 5,458  | 6,832  |
| Maksimum       | 8,597  | 7,986  | 8,290  | 7,743  | 6,526  | 5,427   | 4,087  | 5,155   | 4,713  | 6,336  | 7,863  | 8,661  |
| Minimum        | 4,248  | 2,896  | 2,452  | 3,060  | 2,523  | 1,007   | 0,684  | 0,910   | 1,187  | 2,139  | 2,613  | 4,987  |
| S.K.           | 12,894 | 15,261 | 19,030 | 17,103 | 19,749 | 24,163  | 29,395 | 28,345  | 30,503 | 21,984 | 20,185 | 12,156 |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık ortalama bulutluluk verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım  | Aralık |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Veri Sayısı    | 76     | 76     | 76     | 76     | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76     | 76     |
| Ortalama       | 6,452  | 6,154  | 5,452  | 5,336  | 4,537  | 3,171   | 2,677  | 2,593   | 2,801  | 4,394  | 5,397  | 6,795  |
| Standart Sapma | 0,836  | 0,940  | 1,041  | 0,916  | 0,901  | 0,780   | 0,789  | 0,734   | 0,844  | 0,966  | 1,089  | 0,830  |
| Medyan         | 6,413  | 6,198  | 5,621  | 5,453  | 4,563  | 3,102   | 2,710  | 2,537   | 2,755  | 4,465  | 5,453  | 6,815  |
| Maksimum       | 8,597  | 7,986  | 8,290  | 7,743  | 6,526  | 5,427   | 4,087  | 5,155   | 4,723  | 6,336  | 7,853  | 8,661  |
| Minimum        | 4,213  | 2,896  | 2,452  | 3,037  | 2,523  | 1,007   | 0,684  | 0,910   | 1,187  | 2,139  | 2,613  | 4,942  |
| S.K.           | 12,963 | 15,274 | 19,091 | 17,158 | 19,861 | 24,597  | 29,477 | 28,320  | 30,149 | 21,973 | 20,181 | 12,215 |

**Çizelge 3.** Aylık ortalama bulutluluk verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2–Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları

|                   | Ocak     | Şubat    | Mart     | Nisan    | Mayıs    | Haziran  | Temmuz   | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım    | Aralık   |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Veri Sayısı       | 76       | 76       | 76       | 76       | 76       | 76       | 76       | 76      | 76      | 76      | 76       | 76       |
| Ortalama          | -0,011   | -0,002   | -0,007   | -0,013   | -0,014   | -0,032   | -0,012   | 0,007   | 0,023   | 0,005   | -0,003   | -0,015   |
| Standart Sapma    | 0,013    | 0,003    | 0,009    | 0,015    | 0,016    | 0,039    | 0,019    | 0,034   | 0,052   | 0,007   | 0,004    | 0,017    |
| Medyan            | -0,006   | 0,000    | -0,003   | -0,008   | -0,007   | -0,013   | -0,006   | 0       | 0,008   | 0       | 0        | -0,007   |
| Maksimum          | 0        | 0,004    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0,052    | 0,236   | 0,387   | 0,023   | 0,003    | 0        |
| Minimum           | -0,048   | -0,011   | -0,032   | -0,050   | -0,052   | -0,153   | -0,097   | -0,042  | -0,013  | 0       | -0,013   | -0,061   |
| S.K.              | -118,377 | -181,461 | -130,629 | -115,354 | -119,254 | -123,036 | -159,348 | 486,784 | 225,320 | 137,394 | -157,123 | -113,954 |
| Artış /Azalış*(%) | -0,0329  | -0,0047  | -0,0235  | -0,0423  | -0,047   | -0,1128  | -0,047   | 0,0517  | 0,0705  | 0,0188  | -0,0094  | -0,047   |

\*47 yıllık periyotta

## EK-4 Çiğ Noktası Sıcaklığı Verileri Eğilim Analizleri

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık ortalama çiğ noktası sıcaklığı verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak    | Şubat   | Mart     | Nisan   | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım   | Aralık  |
|----------------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Veri Sayısı    | 76      | 76      | 76       | 76      | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76      | 76      |
| Ortalama       | -4,285  | -3,690  | -1,966   | 1,783   | 5,959  | 9,290   | 11,631 | 11,093  | 8,587  | 4,790  | 0,279   | -2,373  |
| Standart Sapma | 2,151   | 2,347   | 2,309    | 1,961   | 2,070  | 1,807   | 1,792  | 2,084   | 1,985  | 2,012  | 1,854   | 1,974   |
| Medyan         | -4,097  | -3,561  | -1,994   | 1,796   | 5,849  | 9,163   | 11,602 | 10,783  | 8,803  | 4,666  | 0,239   | -2,534  |
| Maksimum       | -0,083  | 1,498   | 3,330    | 5,740   | 11,005 | 14,725  | 16,667 | 15,047  | 12,803 | 9,860  | 4,497   | 1,863   |
| Minimum        | -9,155  | -10,501 | -7,662   | -3,513  | 1,627  | 5,434   | 7,743  | 5,558   | 3,157  | 0,515  | -4,076  | -7,481  |
| S.K.           | -50,191 | -63,609 | -117,484 | 109,972 | 34,745 | 19,448  | 15,405 | 18,789  | 23,120 | 42,003 | 665,114 | -83,185 |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık ortalama çiğ noktası sıcaklığı verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak    | Şubat   | Mart     | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim   | Kasım   | Aralık  |
|----------------|---------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Veri Sayısı    | 76      | 76      | 76       | 76     | 76     | 76      | 76     | 76      | 76     | 76     | 76      | 76      |
| Ortalama       | -4,043  | -3,148  | -0,996   | 2,606  | 6,778  | 9,248   | 11,695 | 11,495  | 8,509  | 4,903  | 0,270   | -2,514  |
| Standart Sapma | 2,151   | 2,396   | 2,520    | 2,137  | 2,352  | 1,918   | 1,858  | 2,055   | 1,949  | 2,012  | 1,850   | 2,001   |
| Medyan         | -3,779  | -3,094  | -0,833   | 2,473  | 6,629  | 9,189   | 11,602 | 11,251  | 8,803  | 4,762  | 0,200   | -2,617  |
| Maksimum       | 0,533   | 1,779   | 5,683    | 7,445  | 12,245 | 14,725  | 16,668 | 15,695  | 12,590 | 10,128 | 4,497   | 1,863   |
| Minimum        | -9,155  | -10,007 | -6,161   | -1,152 | 1,713  | 4,497   | 7,743  | 5,821   | 3,147  | 0,515  | -4,076  | -7,571  |
| S.K.           | -53,197 | -76,109 | -253,149 | 81,990 | 34,694 | 20,744  | 15,885 | 17,878  | 22,908 | 41,044 | 683,932 | -79,601 |

**Çizelge 3.** Çiğ noktası sıcaklığı verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2-Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları.

|                   | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs  | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül   | Ekim   | Kasım   | Aralık  |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Veri Sayısı       | 47     | 47     | 47     | 47     | 47     | 47      | 47     | 47      | 47      | 47     | 47      | 47      |
| Ortalama          | 0,242  | 0,543  | 0,970  | 0,823  | 0,819  | -0,042  | 0,064  | 0,402   | -0,077  | 0,113  | -0,008  | -0,141  |
| Standart Sapma    | 0,264  | 0,591  | 1,061  | 0,900  | 0,903  | 0,208   | 0,181  | 0,441   | 0,098   | 0,128  | 0,019   | 0,154   |
| Medyan            | 0,146  | 0,331  | 0,584  | 0,491  | 0,490  | 0,000   | 0,000  | 0,241   | -0,029  | 0,063  | 0,000   | -0,084  |
| Maksimum          | 0,784  | 1,727  | 3,177  | 2,713  | 2,787  | 0,436   | 0,667  | 1,341   | 0,000   | 0,453  | 0,029   | 0,000   |
| Minimum           | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | -0,937  | -0,521 | 0,000   | -0,417  | 0,000  | -0,067  | -0,454  |
| S.K.              | 108,98 | 109,01 | 109,40 | 109,48 | 110,23 | -496,25 | 281,99 | 109,48  | -126,53 | 112,94 | -226,39 | -109,26 |
| Artış /Azalış(°C) | 0,794  | 2,721  | 3,210  | 2,721  | 2,745  | -0,230  | 0,047  | 1,330   | -0,273  | 0,371  | -0,038  | -0,465  |

\*47 yıllık periyotta

## EK-5 Potansiyel Buharlaşma+Terleme Verileri Eğilim Analizleri

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık toplam potansiyel buharlaşma+terleme verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak   | şubat  | Mart   | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylöl   | Ekim   | Kasım  | Aralık |
|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Veri Sayısı    | 76     | 76     | 76     | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76     | 76     | 76     |
| Ortalama       | 9,569  | 16,326 | 39,060 | 75,221  | 123,246 | 162,305 | 184,630 | 163,522 | 110,553 | 60,305 | 25,462 | 11,175 |
| Standart Sapma | 3,963  | 5,943  | 9,960  | 13,578  | 14,601  | 11,463  | 13,952  | 12,284  | 9,209   | 9,314  | 4,913  | 3,741  |
| Medyan         | 9,474  | 16,134 | 38,405 | 73,608  | 121,479 | 161,918 | 183,495 | 165,094 | 111,008 | 59,977 | 25,158 | 11,350 |
| Maksimum       | 21,803 | 32,208 | 71,584 | 121,898 | 154,184 | 194,174 | 217,648 | 194,263 | 137,059 | 80,620 | 37,368 | 21,329 |
| Minimum        | 1,430  | 4,742  | 21,462 | 35,947  | 94,543  | 133,284 | 152,102 | 123,095 | 92,719  | 41,935 | 15,415 | 3,326  |
| S.K.           | 41,414 | 36,404 | 25,498 | 18,051  | 11,847  | 7,063   | 7,557   | 7,512   | 8,330   | 15,445 | 19,297 | 33,479 |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık toplam potansiyel buharlaşma+terleme verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirilmeleri

|                | Ocak   | şubat  | Mart   | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylöl   | Ekim   | Kasım  | Aralık |
|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Veri Sayısı    | 76     | 76     | 76     | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76     | 76     | 76     |
| Ortalama       | 10,038 | 17,412 | 42,661 | 80,391  | 130,569 | 169,161 | 194,026 | 166,788 | 108,929 | 60,046 | 25,195 | 10,963 |
| Standart Sapma | 4,120  | 6,110  | 10,997 | 14,835  | 16,990  | 13,706  | 16,843  | 12,452  | 9,089   | 9,326  | 4,928  | 3,737  |
| Medyan         | 10,391 | 17,635 | 41,736 | 78,694  | 128,600 | 167,668 | 194,134 | 165,521 | 109,906 | 59,683 | 24,798 | 10,969 |
| Maksimum       | 23,492 | 32,806 | 72,690 | 121,898 | 166,033 | 201,436 | 235,473 | 194,263 | 137,059 | 79,697 | 37,368 | 20,422 |
| Minimum        | 1,430  | 5,445  | 21,462 | 35,947  | 97,941  | 133,284 | 152,102 | 123,095 | 92,687  | 41,380 | 15,415 | 3,232  |
| S.K.           | 41,043 | 35,091 | 25,777 | 18,454  | 13,012  | 8,102   | 8,681   | 7,466   | 8,344   | 15,532 | 19,561 | 34,088 |

**Çizelge 3.** Aylık toplam potansiyel buharlaşma+terleme verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2-Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları

|                    | Ocak    | şubat   | Mart    | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylöl    | Ekim     | Kasım    | Aralık   |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Veri Sayısı        | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47       | 47       | 47       | 47       |
| Ortalama           | 0,469   | 1,086   | 3,602   | 5,170   | 7,323   | 6,857   | 9,396   | 3,266   | -1,623   | -0,260   | -0,267   | -0,212   |
| Standart Sapma     | 0,541   | 1,206   | 4,052   | 5,725   | 8,099   | 7,538   | 10,304  | 3,544   | 1,788    | 0,288    | 0,295    | 0,238    |
| Medyan             | 0,249   | 0,665   | 1,908   | 3,258   | 4,239   | 3,938   | 5,688   | 1,940   | -1,032   | -0,143   | -0,169   | -0,109   |
| Maksimum           | 1,754   | 4,077   | 12,982  | 18,699  | 24,865  | 22,200  | 30,689  | 10,398  | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Minimum            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | -5,247   | -0,923   | -0,887   | -0,907   |
| S.K.               | 115,223 | 111,063 | 112,509 | 110,731 | 110,603 | 109,940 | 109,660 | 108,510 | -110,172 | -110,713 | -110,479 | -112,270 |
| Artış/Azalış* (mm) | 1,640   | 3,497   | 12,333  | 17,263  | 24,576  | 22,884  | 31,152  | 10,509  | -5,363   | -0,855   | -0,874   | -0,696   |

\* 47 yıllık periyotta

## EK-6 Güneş Işıması Verileri Eğilim Analizi

**Çizelge 1.** 1975-2050 yılları arası Temel senaryo aylık toplam güneş ışıması verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak    | Şubat   | Mart    | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım   | Aralık  |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Veri Sayısı    | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      |
| Ortalama       | 181,176 | 258,389 | 373,617 | 474,893 | 576,814 | 652,153 | 641,206 | 579,161 | 474,827 | 328,928 | 226,426 | 157,497 |
| Standart Sapma | 21,055  | 29,613  | 42,811  | 48,739  | 45,221  | 32,576  | 28,516  | 23,791  | 22,660  | 28,714  | 26,292  | 20,500  |
| Medyan         | 181,461 | 261,842 | 371,722 | 475,644 | 577,639 | 654,855 | 644,184 | 584,825 | 477,274 | 329,822 | 227,787 | 159,751 |
| Maksimum       | 235,326 | 336,928 | 476,536 | 579,177 | 661,185 | 724,249 | 696,113 | 621,753 | 512,755 | 385,866 | 278,375 | 198,544 |
| Minimum        | 126,142 | 185,252 | 239,983 | 330,912 | 476,279 | 533,131 | 573,556 | 477,532 | 409,845 | 261,880 | 156,628 | 108,094 |
| S.K.           | 11,621  | 11,461  | 11,459  | 10,263  | 7,840   | 4,995   | 4,447   | 4,108   | 4,772   | 8,729   | 11,612  | 13,016  |

**Çizelge 2.** 1975-2050 yılları arası A2 senaryosu aylık toplam güneş ışıması verilerinin aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri

|                | Ocak    | Şubat   | Mart    | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim    | Kasım   | Aralık  |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Veri Sayısı    | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      | 76      |
| Ortalama       | 181,447 | 258,447 | 373,858 | 475,571 | 577,431 | 653,239 | 641,600 | 578,981 | 474,320 | 328,790 | 226,484 | 157,852 |
| Standart Sapma | 21,081  | 29,626  | 42,817  | 48,727  | 45,259  | 32,694  | 28,466  | 23,825  | 22,629  | 28,736  | 26,281  | 20,533  |
| Medyan         | 181,770 | 261,842 | 371,908 | 476,006 | 577,639 | 656,188 | 644,886 | 582,976 | 475,538 | 329,822 | 227,929 | 159,751 |
| Maksimum       | 235,815 | 336,928 | 476,536 | 579,646 | 662,301 | 724,249 | 696,113 | 621,753 | 512,755 | 385,866 | 278,375 | 199,355 |
| Minimum        | 126,142 | 185,252 | 239,983 | 330,912 | 476,279 | 533,131 | 574,393 | 477,532 | 409,845 | 261,880 | 156,944 | 108,094 |
| S.K.           | 11,618  | 11,463  | 11,453  | 10,246  | 7,838   | 5,005   | 4,437   | 4,115   | 4,771   | 8,740   | 11,604  | 13,008  |

**Çizelge 3.** Aylık toplam güneş ışıması verilerinin A2 senaryosu ile Temel senaryodan elde edilen değerler arasındaki farkların (A2-Temel) aylara göre istatistiksel değerlendirmeleri ve 2004-2050 yılları arasında artış/azalış miktarları

|                      | Ocak    | Şubat   | Mart    | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos  | Eylül    | Ekim     | Kasım   | Aralık  |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Veri Sayısı          | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47      | 47       | 47       | 47       | 47      | 47      |
| Ortalama             | 0,271   | 0,058   | 0,240   | 0,677   | 0,616   | 1,086   | 0,394   | -0,180   | -0,506   | -0,138   | 0,058   | 0,354   |
| Standart Sapma       | 0,349   | 0,115   | 0,377   | 0,838   | 0,791   | 1,347   | 0,520   | 0,989    | 1,157    | 0,234    | 0,107   | 0,409   |
| Medyan               | 0,124   | 0,000   | 0,000   | 0,274   | 0,223   | 0,393   | 0,168   | 0,000    | -0,177   | 0,000    | 0,000   | 0,133   |
| Maksimum             | 1,276   | 0,499   | 1,345   | 3,305   | 2,810   | 4,782   | 1,989   | 0,707    | 0,009    | 0,000    | 0,509   | 1,270   |
| Minimum              | -0,124  | -0,035  | -0,232  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | -0,489  | -7,677   | -9,355   | -1,118   | -0,029  | 0,000   |
| S.K.                 | 128,662 | 200,109 | 156,959 | 123,694 | 128,344 | 124,087 | 131,884 | -549,223 | -228,393 | -168,896 | 183,498 | 115,490 |
| Artış/Azalış (Ly/ay) | 0,865   | 0,226   | 0,945   | 2,284   | 2,364   | 3,976   | 1,448   | -1,452   | -1,415   | -5,076   | 0,188   | 1,184   |

\*47 yıllık periyotta

## EK-7 Kendall Eğilim Analizi Sonuçları

| Parametre                     |      | Yıllık | Eğimler (medyan) ve Anlamlılık Dereceleri |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                               |      |        | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
| Hava Sıcaklığı                | eğim | 0.0324 | 0.0177                                    | 0.0311 | 0.0586 | 0.0661 | 0.0743 | 0.0620 | 0.0867 | 0.0343 | 0.0197 | 0.0043 | 0.0078 | 0.0101 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Bulutluluk                    | eğim | 0.0005 | 0.0007                                    | 0.0001 | 0.0005 | 0.0009 | 0.0010 | 0.0023 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0010 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6560 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Çiğ Noktası Sıcaklığı         | eğim | 0.0214 | 0.0170                                    | 0.0379 | 0.0679 | 0.0581 | 0.0576 | 0.0044 | 0.0025 | 0.0282 | 0.0057 | 0.0076 | 0.0009 | 0.0099 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0666 | 0.2332 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0000 |
| Potansiyel Buharlaşma+Terleme | eğim | 2.4608 | 0.0337                                    | 0.0757 | 0.2599 | 0.3693 | 0.5245 | 0.4868 | 0.6691 | 0.2323 | 0.1121 | 0.0181 | 0.0187 | 0.0143 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Yağış                         | eğim | 0.9250 | 0.4182                                    | 0.2833 | 0.1304 | 0.0564 | 0.4346 | 0.5409 | 0.2548 | 1.3167 | 1.3652 | 0.0930 | 0.2000 | 0.2542 |
|                               | P    | 0.0005 | 0.0136                                    | 0.0000 | 0.0012 | 0.0015 | 0.0050 | 0.0203 | 0.0690 | 0.0008 | 0.0011 | 0.0021 | 0.0010 | 0.0013 |
| Bağıl Nem                     | eğim | 0.0209 | 0.0004                                    | 0.0391 | 0.0493 | 0.0153 | 0.0413 | 0.1804 | 0.2132 | 0.0114 | 0.0461 | 0.0466 | 0.0306 | 0.0008 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Güneş Işınımı                 | eğim | 0.0196 | 0.0173                                    | 0.0027 | 0.0174 | 0.0481 | 0.0496 | 0.0820 | 0.0287 | 0.0000 | 0.0222 | 0.0072 | 0.0028 | 0.0254 |
|                               | P    | 0.0000 | 0.0000                                    | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4491 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| pero_01                       | eğim | 0.4877 | 0.1342                                    | 0.0562 | 0.1119 | 0.0982 | 0.2479 | 0.4407 | 0.3933 | 0.1977 | 0.5383 | 0.5532 | 0.0426 | 0.0326 |
|                               | P    | 0.0881 | 0.1065                                    | 0.4092 | 0.0087 | 0.0007 | 0.0026 | 0.0074 | 0.0140 | 0.0074 | 0.0147 | 0.0014 | 0.0147 | 0.2479 |
| pero_02                       | eğim | 0.0545 | 0.0823                                    | 0.0775 | 0.0952 | 0.0874 | 0.2236 | 0.4063 | 0.3443 | 0.0476 | 0.3238 | 0.4126 | 0.0230 | 0.0213 |
|                               | P    | 0.7832 | 0.3402                                    | 0.2261 | 0.0097 | 0.0005 | 0.0031 | 0.0083 | 0.0120 | 0.3310 | 0.0229 | 0.0010 | 0.1326 | 0.6076 |
| pero_03                       | eğim | 0.1748 | 0.0405                                    | 0.0567 | 0.1244 | 0.1111 | 0.1837 | 0.2866 | 0.2057 | 0.0900 | 0.1628 | 0.2106 | 0.0040 | 0.0629 |
|                               | P    | 0.6466 | 0.7832                                    | 0.1423 | 0.0016 | 0.0001 | 0.0083 | 0.0087 | 0.0180 | 0.0814 | 0.0456 | 0.0009 | 0.8401 | 0.1026 |
| pero_04                       | eğim | 0.1113 | 0.0478                                    | 0.0306 | 0.1267 | 0.1472 | 0.1383 | 0.1864 | 0.1249 | 0.0989 | 0.1052 | 0.1394 | 0.0045 | 0.1205 |
|                               | P    | 0.4089 | 0.7692                                    | 0.5329 | 0.0016 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0117 | 0.0382 | 0.0277 | 0.0189 | 0.0011 | 0.7275 | 0.0783 |
| pero_05                       | eğim | 0.4309 | 0.0789                                    | 0.1127 | 0.0287 | 0.0233 | 0.0279 | 0.0121 | 0.0086 | 0.0025 | 0.0038 | 0.0070 | 0.0075 | 0.0224 |
|                               | P    | 0.0189 | 0.0028                                    | 0.0277 | 0.5209 | 0.5209 | 0.0589 | 0.2261 | 0.1867 | 0.4303 | 0.0047 | 0.0009 | 0.0015 | 0.0126 |



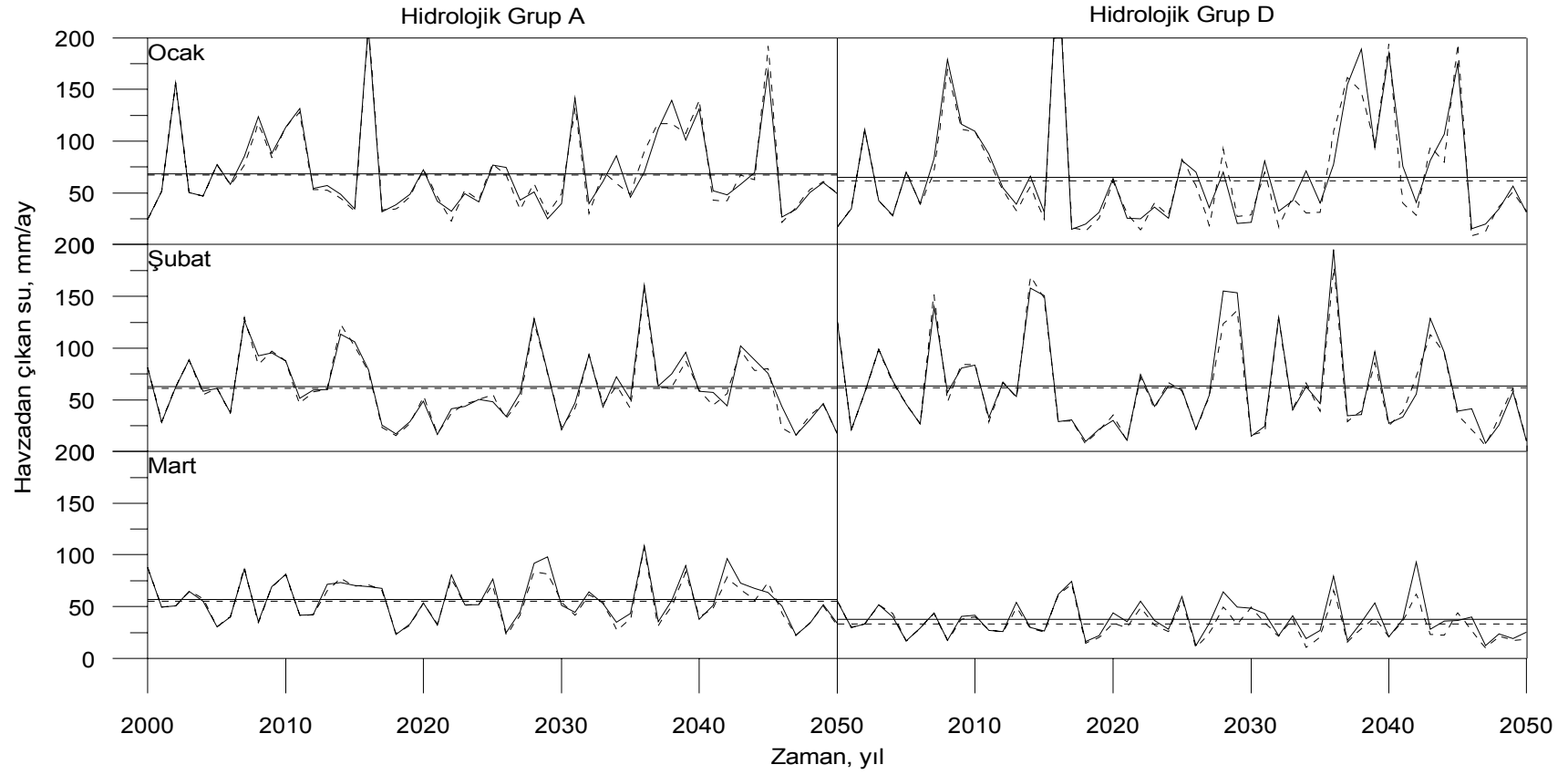
|          |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| pero_06  | eğim | 0.4074 | 0.0768 | 0.1081 | 0.0289 | 0.0210 | 0.0256 | 0.0117 | 0.0088 | 0.0024 | 0.0037 | 0.0072 | 0.0076 | 0.0216 |
|          | P    | 0.0163 | 0.0028 | 0.0252 | 0.4521 | 0.4521 | 0.0694 | 0.2479 | 0.2479 | 0.4744 | 0.0029 | 0.0009 | 0.0014 | 0.0120 |
| pero_07  | eğim | 0.3992 | 0.0654 | 0.1016 | 0.0268 | 0.0215 | 0.0220 | 0.0098 | 0.0077 | 0.0023 | 0.0039 | 0.0072 | 0.0076 | 0.0229 |
|          | P    | 0.0171 | 0.0040 | 0.0277 | 0.4092 | 0.5091 | 0.0783 | 0.3131 | 0.2711 | 0.4744 | 0.0026 | 0.0005 | 0.0008 | 0.0097 |
| pero_08  | eğim | 0.3708 | 0.0652 | 0.0768 | 0.0136 | 0.0184 | 0.0185 | 0.0083 | 0.0078 | 0.0022 | 0.0040 | 0.0064 | 0.0073 | 0.0188 |
|          | P    | 0.0097 | 0.0028 | 0.0694 | 0.7138 | 0.4974 | 0.1423 | 0.3496 | 0.2479 | 0.4744 | 0.0022 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0097 |
| pero_09  | eğim | 0.0304 | 0.0034 | 0.0091 | 0.0076 | 0.0039 | 0.0014 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0012 |
|          | P    | 0.3825 | 0.1326 | 0.0147 | 0.3044 | 0.5696 | 0.7832 | 0.9124 | 0.9269 | 0.9269 | 0.9124 | 0.9124 | 0.7974 | 0.2191 |
| pero_10  | eğim | 0.0258 | 0.0033 | 0.0089 | 0.0074 | 0.0038 | 0.0017 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0012 |
|          | P    | 0.4243 | 0.1279 | 0.0140 | 0.2874 | 0.5573 | 0.8115 | 0.9269 | 0.9415 | 0.9415 | 0.9124 | 0.9124 | 0.8115 | 0.2057 |
| pero_11  | eğim | 0.0243 | 0.0032 | 0.0086 | 0.0073 | 0.0036 | 0.0011 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0011 |
|          | P    | 0.4861 | 0.1579 | 0.0155 | 0.2711 | 0.5091 | 0.8473 | 0.9124 | 0.9124 | 0.9124 | 0.8689 | 0.8833 | 0.8044 | 0.1928 |
| pero_12  | eğim | 0.0223 | 0.0029 | 0.0082 | 0.0069 | 0.0044 | 0.0011 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0010 |
|          | P    | 0.4577 | 0.1474 | 0.0133 | 0.2123 | 0.3688 | 0.7692 | 0.9415 | 0.9561 | 0.9561 | 0.9269 | 0.9124 | 0.8187 | 0.2332 |
| pero_13  | eğim | 0.1535 | 0.0269 | 0.0566 | 0.0218 | 0.0011 | 0.0040 | 0.0043 | 0.0052 | 0.0037 | 0.0080 | 0.0090 | 0.0070 | 0.0116 |
|          | P    | 0.3402 | 0.0126 | 0.0189 | 0.3787 | 0.9854 | 0.8115 | 0.7832 | 0.6866 | 0.7138 | 0.2711 | 0.0418 | 0.0241 | 0.0229 |
| pero_14  | eğim | 0.1555 | 0.0262 | 0.0565 | 0.0213 | 0.0027 | 0.0049 | 0.0066 | 0.0049 | 0.0034 | 0.0073 | 0.0090 | 0.0069 | 0.0113 |
|          | P    | 0.3688 | 0.0120 | 0.0180 | 0.3131 | 0.9561 | 0.7974 | 0.7138 | 0.7001 | 0.7413 | 0.2479 | 0.0365 | 0.0208 | 0.0241 |
| pero_15  | eğim | 0.1514 | 0.0247 | 0.0470 | 0.0228 | 0.0030 | 0.0001 | 0.0032 | 0.0035 | 0.0028 | 0.0068 | 0.0087 | 0.0068 | 0.0110 |
|          | P    | 0.3402 | 0.0097 | 0.0163 | 0.3220 | 0.9415 | 1.0000 | 0.8401 | 0.8258 | 0.8258 | 0.3044 | 0.0382 | 0.0180 | 0.0114 |
| pero_16  | eğim | 0.1456 | 0.0256 | 0.0411 | 0.0135 | 0.0020 | 0.0072 | 0.0083 | 0.0016 | 0.0011 | 0.0051 | 0.0076 | 0.0063 | 0.0101 |
|          | P    | 0.3402 | 0.0083 | 0.0436 | 0.4632 | 0.9415 | 0.6205 | 0.5948 | 0.8978 | 0.8978 | 0.2261 | 0.0219 | 0.0083 | 0.0031 |
| rovol_01 | eğim | 0.5017 | 0.1422 | 0.0162 | 0.1037 | 0.1070 | 0.1814 | 0.3857 | 0.4630 | 0.0482 | 0.4439 | 0.6540 | 0.1432 | 0.0037 |
|          | P    | 0.0164 | 0.0519 | 0.8545 | 0.0436 | 0.0006 | 0.0053 | 0.0070 | 0.0092 | 0.6335 | 0.0147 | 0.0014 | 0.0030 | 0.7138 |
| rovol_02 | eğim | 0.0956 | 0.1272 | 0.0394 | 0.0952 | 0.0939 | 0.1687 | 0.3528 | 0.4078 | 0.0101 | 0.2732 | 0.4640 | 0.0929 | 0.0136 |
|          | P    | 0.6598 | 0.0881 | 0.4858 | 0.0640 | 0.0001 | 0.0056 | 0.0059 | 0.0108 | 0.9269 | 0.0349 | 0.0011 | 0.0031 | 0.2711 |
| rovol_03 | eğim | 0.1582 | 0.1210 | 0.1092 | 0.1701 | 0.1347 | 0.1458 | 0.2562 | 0.2362 | 0.0222 | 0.1319 | 0.2818 | 0.0351 | 0.0214 |
|          | P    | 0.6335 | 0.2405 | 0.0814 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0092 | 0.0050 | 0.0155 | 0.5948 | 0.0752 | 0.0010 | 0.0252 | 0.2874 |

|          |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| rovol_04 | eğim | 0.1388 | 0.1413 | 0.1335 | 0.1437 | 0.1597 | 0.1279 | 0.1869 | 0.1344 | 0.0457 | 0.1047 | 0.1926 | 0.0231 | 0.0484 |
|          | P    | 0.3993 | 0.1992 | 0.0252 | 0.0070 | 0.0000 | 0.0040 | 0.0070 | 0.0252 | 0.1234 | 0.0456 | 0.0019 | 0.0265 | 0.0915 |
| rovol_05 | eğim | 0.3844 | 0.0668 | 0.1203 | 0.0379 | 0.0202 | 0.0286 | 0.0152 | 0.0081 | 0.0043 | 0.0018 | 0.0048 | 0.0061 | 0.0109 |
|          | P    | 0.0436 | 0.0028 | 0.0155 | 0.2632 | 0.4974 | 0.0988 | 0.1867 | 0.2057 | 0.2632 | 0.2874 | 0.0010 | 0.0004 | 0.0171 |
| rovol_06 | eğim | 0.3801 | 0.0662 | 0.1175 | 0.0368 | 0.0215 | 0.0263 | 0.0134 | 0.0075 | 0.0044 | 0.0020 | 0.0048 | 0.0063 | 0.0109 |
|          | P    | 0.0418 | 0.0026 | 0.0140 | 0.1992 | 0.4744 | 0.0881 | 0.1806 | 0.2711 | 0.2555 | 0.2555 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0140 |
| rovol_07 | eğim | 0.3624 | 0.0574 | 0.1051 | 0.0334 | 0.0213 | 0.0235 | 0.0097 | 0.0069 | 0.0044 | 0.0021 | 0.0050 | 0.0064 | 0.0110 |
|          | P    | 0.0400 | 0.0030 | 0.0140 | 0.2123 | 0.5450 | 0.1423 | 0.2261 | 0.3402 | 0.3131 | 0.2057 | 0.0005 | 0.0003 | 0.0097 |
| rovol_08 | eğim | 0.3664 | 0.0598 | 0.0824 | 0.0387 | 0.0225 | 0.0196 | 0.0076 | 0.0061 | 0.0041 | 0.0021 | 0.0048 | 0.0058 | 0.0103 |
|          | P    | 0.0163 | 0.0023 | 0.0400 | 0.2405 | 0.5091 | 0.2123 | 0.3220 | 0.4303 | 0.2123 | 0.1579 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0114 |
| rovol_09 | eğim | 0.0270 | 0.0023 | 0.0061 | 0.0070 | 0.0069 | 0.0026 | 0.0008 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0009 |
|          | P    | 0.3512 | 0.1190 | 0.0189 | 0.2332 | 0.3044 | 0.7552 | 0.8545 | 0.9124 | 1.0000 | 0.9707 | 0.9124 | 0.9488 | 0.3988 |
| rovol_10 | eğim | 0.0252 | 0.0023 | 0.0061 | 0.0062 | 0.0067 | 0.0028 | 0.0010 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0009 |
|          | P    | 0.4199 | 0.1234 | 0.0171 | 0.2479 | 0.3131 | 0.7138 | 0.8689 | 0.9269 | 1.0000 | 0.9269 | 0.8978 | 0.9561 | 0.4092 |
| rovol_11 | eğim | 0.0174 | 0.0023 | 0.0059 | 0.0067 | 0.0062 | 0.0030 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0008 |
|          | P    | 0.4891 | 0.1374 | 0.0208 | 0.2332 | 0.2958 | 0.7413 | 0.8833 | 0.9269 | 1.0000 | 0.9854 | 0.9707 | 1.0000 | 0.3887 |
| rovol_12 | eğim | 0.0227 | 0.0025 | 0.0053 | 0.0057 | 0.0040 | 0.0036 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0007 |
|          | P    | 0.4741 | 0.1747 | 0.0219 | 0.1690 | 0.4632 | 0.4974 | 0.7832 | 1.0000 | 0.9269 | 0.9124 | 0.9707 | 0.9707 | 0.4521 |
| rovol_13 | eğim | 0.1346 | 0.0226 | 0.0501 | 0.0285 | 0.0057 | 0.0065 | 0.0041 | 0.0071 | 0.0047 | 0.0062 | 0.0083 | 0.0071 | 0.0077 |
|          | P    | 0.3988 | 0.0171 | 0.0063 | 0.2632 | 0.8115 | 0.8258 | 0.7413 | 0.6731 | 0.6731 | 0.3310 | 0.1026 | 0.0456 | 0.0334 |
| rovol_14 | eğim | 0.1429 | 0.0217 | 0.0476 | 0.0276 | 0.0071 | 0.0046 | 0.0061 | 0.0074 | 0.0038 | 0.0058 | 0.0081 | 0.0070 | 0.0079 |
|          | P    | 0.4092 | 0.0155 | 0.0063 | 0.2332 | 0.7692 | 0.7974 | 0.7138 | 0.6205 | 0.7138 | 0.3220 | 0.0881 | 0.0476 | 0.0334 |
| rovol_15 | eğim | 0.1502 | 0.0205 | 0.0443 | 0.0255 | 0.0030 | 0.0001 | 0.0031 | 0.0046 | 0.0028 | 0.0045 | 0.0077 | 0.0068 | 0.0080 |
|          | P    | 0.3787 | 0.0087 | 0.0066 | 0.2261 | 0.9269 | 1.0000 | 0.8258 | 0.7138 | 0.8258 | 0.4411 | 0.1423 | 0.0349 | 0.0171 |
| rovol_16 | eğim | 0.1194 | 0.0209 | 0.0351 | 0.0216 | 0.0003 | 0.0086 | 0.0084 | 0.0033 | 0.0007 | 0.0029 | 0.0069 | 0.0065 | 0.0071 |
|          | P    | 0.3988 | 0.0063 | 0.0189 | 0.2632 | 0.9854 | 0.6598 | 0.5822 | 0.7413 | 0.8833 | 0.6205 | 0.0614 | 0.0208 | 0.0092 |
| taet_01  | eğim | 0.5584 | 0.0176 | 0.0250 | 0.0059 | 0.0440 | 0.0157 | 0.0278 | 0.0136 | 0.2223 | 0.1112 | 0.0327 | 0.0028 | 0.0001 |
|          | P    | 0.0000 | 0.0001 | 0.0074 | 0.7275 | 0.0001 | 0.0031 | 0.0163 | 0.0541 | 0.0010 | 0.0277 | 0.0070 | 0.0694 | 0.8401 |

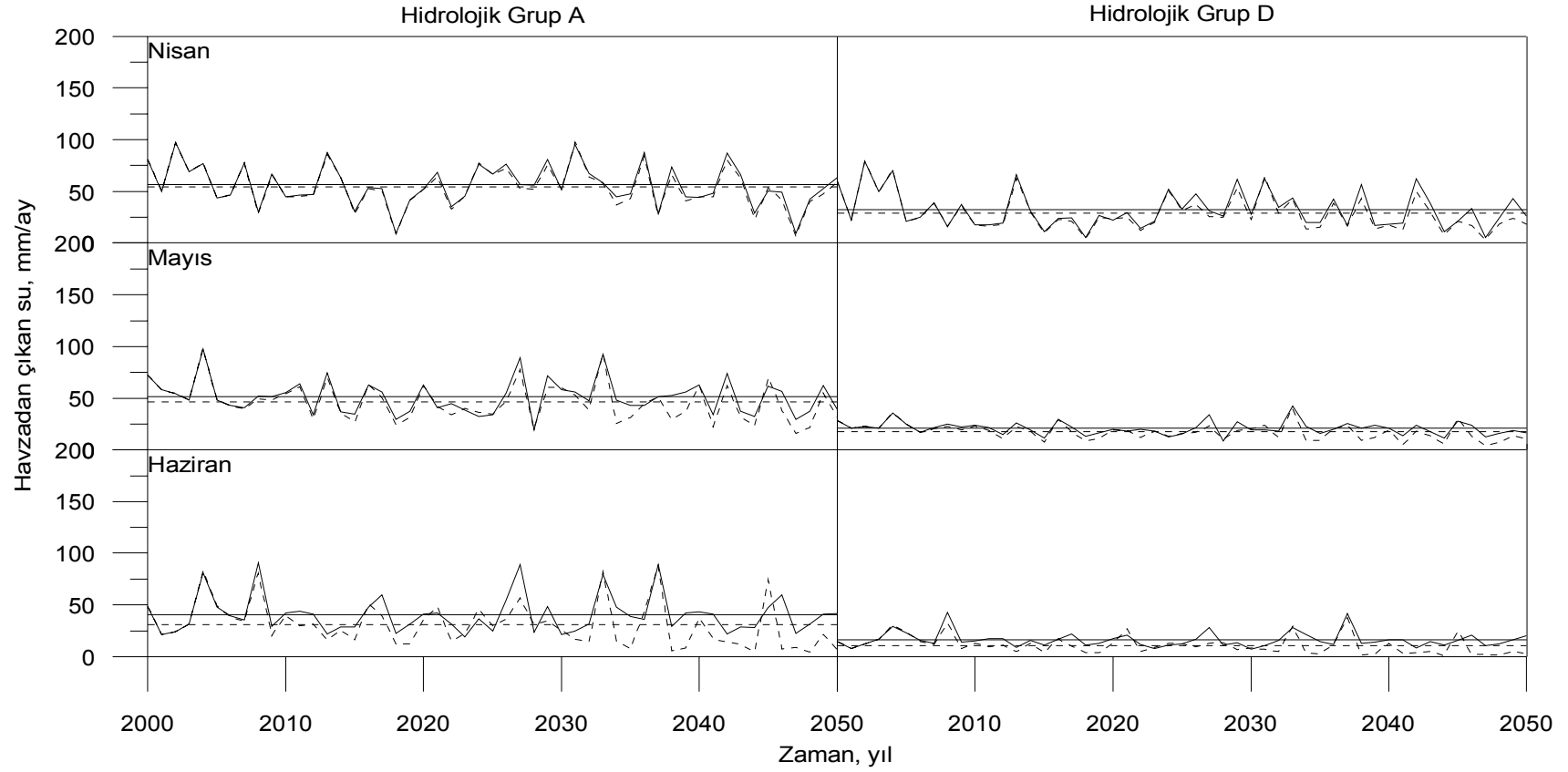
|         |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| taet_02 | eğim | 0.7870 | 0.0318 | 0.0515 | 0.0121 | 0.0713 | 0.0390 | 0.0750 | 0.0387 | 0.3386 | 0.1550 | 0.0508 | 0.0045 | 0.0008 |
|         | P    | 0.0002 | 0.0000 | 0.0001 | 0.4411 | 0.0007 | 0.0056 | 0.0147 | 0.0497 | 0.0120 | 0.0783 | 0.0114 | 0.2261 | 0.4688 |
| taet_03 | eğim | 0.6457 | 0.0373 | 0.0683 | 0.0807 | 0.0441 | 0.1087 | 0.2235 | 0.1047 | 0.4568 | 0.1779 | 0.0623 | 0.0001 | 0.0113 |
|         | P    | 0.0165 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0180 | 0.0038 | 0.0120 | 0.0456 | 0.0175 | 0.1747 | 0.0519 | 1.0000 | 0.0007 |
| taet_04 | eğim | 0.6296 | 0.0357 | 0.0697 | 0.1086 | 0.0346 | 0.2017 | 0.3671 | 0.1409 | 0.5407 | 0.3519 | 0.0916 | 0.0077 | 0.0138 |
|         | P    | 0.0028 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0349 | 0.0035 | 0.0102 | 0.0541 | 0.0184 | 0.0400 | 0.0349 | 0.0847 | 0.0003 |
| taet_05 | eğim | 0.9777 | 0.0357 | 0.0867 | 0.2657 | 0.3183 | 0.0374 | 0.7028 | 0.5502 | 0.3063 | 0.6757 | 0.3600 | 0.0057 | 0.0155 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6866 | 0.0010 | 0.0014 | 0.0108 | 0.0033 | 0.0047 | 0.6466 | 0.0003 |
| taet_06 | eğim | 0.9812 | 0.0360 | 0.0865 | 0.2682 | 0.3213 | 0.0408 | 0.6828 | 0.5475 | 0.3029 | 0.6748 | 0.3588 | 0.0053 | 0.0155 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5573 | 0.0010 | 0.0015 | 0.0126 | 0.0033 | 0.0047 | 0.6466 | 0.0003 |
| taet_07 | eğim | 1.0086 | 0.0360 | 0.0867 | 0.2724 | 0.3290 | 0.0741 | 0.6956 | 0.5616 | 0.2917 | 0.6684 | 0.3581 | 0.0046 | 0.0156 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3044 | 0.0018 | 0.0015 | 0.0147 | 0.0033 | 0.0047 | 0.6866 | 0.0003 |
| taet_08 | eğim | 1.0651 | 0.0356 | 0.0881 | 0.2781 | 0.3392 | 0.0802 | 0.7218 | 0.5684 | 0.2957 | 0.6678 | 0.3669 | 0.0024 | 0.0155 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2332 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0180 | 0.0035 | 0.0047 | 0.7692 | 0.0003 |
| taet_09 | eğim | 1.3219 | 0.0264 | 0.0827 | 0.3082 | 0.4085 | 0.3568 | 0.6069 | 0.8076 | 0.8684 | 0.6102 | 0.1698 | 0.0216 | 0.0126 |
|         | P    | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0189 | 0.0028 | 0.0059 | 0.0126 | 0.0180 | 0.0009 | 0.0000 |
| taet_10 | eğim | 1.3149 | 0.0264 | 0.0827 | 0.3082 | 0.4085 | 0.3645 | 0.6078 | 0.8009 | 0.8631 | 0.6077 | 0.1698 | 0.0216 | 0.0126 |
|         | P    | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0198 | 0.0030 | 0.0074 | 0.0133 | 0.0189 | 0.0009 | 0.0000 |
| taet_11 | eğim | 1.2616 | 0.0264 | 0.0827 | 0.3082 | 0.4085 | 0.3814 | 0.5996 | 0.8045 | 0.8264 | 0.5981 | 0.1693 | 0.0216 | 0.0126 |
|         | P    | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0198 | 0.0033 | 0.0056 | 0.0147 | 0.0189 | 0.0010 | 0.0000 |
| taet_12 | eğim | 1.2635 | 0.0264 | 0.0827 | 0.3082 | 0.4085 | 0.3997 | 0.5970 | 0.7905 | 0.8225 | 0.6154 | 0.1701 | 0.0216 | 0.0126 |
|         | P    | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0015 | 0.0252 | 0.0033 | 0.0059 | 0.0155 | 0.0198 | 0.0010 | 0.0000 |
| taet_13 | eğim | 1.1052 | 0.0327 | 0.0884 | 0.2814 | 0.3449 | 0.2035 | 0.9339 | 0.6326 | 0.5052 | 0.8149 | 0.3624 | 0.0078 | 0.0158 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0277 | 0.0013 | 0.0031 | 0.0108 | 0.0031 | 0.0035 | 0.2958 | 0.0003 |
| taet_14 | eğim | 1.1279 | 0.0327 | 0.0886 | 0.2817 | 0.3471 | 0.2091 | 0.9311 | 0.6416 | 0.5072 | 0.8114 | 0.3625 | 0.0078 | 0.0158 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0241 | 0.0019 | 0.0031 | 0.0126 | 0.0031 | 0.0035 | 0.2874 | 0.0003 |
| taet_15 | eğim | 1.1487 | 0.0327 | 0.0889 | 0.2857 | 0.3554 | 0.2351 | 0.8697 | 0.6641 | 0.4838 | 0.8117 | 0.3630 | 0.0075 | 0.0158 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0126 | 0.0025 | 0.0026 | 0.0133 | 0.0031 | 0.0033 | 0.2874 | 0.0003 |

|         |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| taet_16 | eğim | 1.1714 | 0.0328 | 0.0890 | 0.2870 | 0.3626 | 0.2768 | 0.8095 | 0.7126 | 0.4830 | 0.8161 | 0.3649 | 0.0073 | 0.0157 |
|         | P    | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0035 | 0.0025 | 0.0163 | 0.0035 | 0.0033 | 0.3131 | 0.0003 |
| vol_01  | eğim | 0.4349 | 0.6296 | 0.6402 | 0.4094 | 0.2388 | 0.1036 | 0.2443 | 0.7127 | 0.6150 | 0.3451 | 0.6770 | 0.7637 | 0.6349 |
|         | P    | 0.0180 | 0.0012 | 0.0021 | 0.0418 | 0.2711 | 0.7552 | 0.3591 | 0.0418 | 0.0541 | 0.1065 | 0.0019 | 0.0003 | 0.0004 |
| vol_04  | eğim | 0.2134 | 0.3246 | 0.3596 | 0.0161 | 0.1623 | 0.2094 | 0.2796 | 0.3639 | 0.1773 | 0.1322 | 0.3140 | 0.3218 | 0.2670 |
|         | P    | 0.1740 | 0.0252 | 0.0476 | 0.9707 | 0.4744 | 0.4632 | 0.2057 | 0.1065 | 0.2711 | 0.1525 | 0.0147 | 0.0097 | 0.0063 |
| vol_05  | eğim | 0.0719 | 0.0762 | 0.1537 | 0.1662 | 0.1091 | 0.0437 | 0.0275 | 0.0035 | 0.0140 | 0.0251 | 0.0626 | 0.0560 | 0.0548 |
|         | P    | 0.3310 | 0.0050 | 0.0035 | 0.0382 | 0.3131 | 0.7138 | 0.8401 | 0.9415 | 0.8689 | 0.6866 | 0.0334 | 0.0114 | 0.0108 |
| vol_08  | eğim | 0.0606 | 0.0742 | 0.1197 | 0.1306 | 0.0802 | 0.0369 | 0.0071 | 0.0058 | 0.0008 | 0.0174 | 0.0592 | 0.0570 | 0.0485 |
|         | P    | 0.3310 | 0.0070 | 0.0083 | 0.0476 | 0.3131 | 0.7413 | 0.9415 | 0.8689 | 0.9707 | 0.6731 | 0.0349 | 0.0108 | 0.0114 |
| vol_09  | eğim | 0.0215 | 0.0357 | 0.0304 | 0.0120 | 0.0040 | 0.0082 | 0.0328 | 0.0413 | 0.0299 | 0.0152 | 0.0159 | 0.0182 | 0.0198 |
|         | P    | 0.7553 | 0.2792 | 0.4858 | 0.7552 | 0.9707 | 0.8258 | 0.4521 | 0.3988 | 0.4303 | 0.7138 | 0.7001 | 0.6598 | 0.6076 |
| vol_12  | eğim | 0.0251 | 0.0399 | 0.0442 | 0.0168 | 0.0205 | 0.0279 | 0.0489 | 0.0543 | 0.0443 | 0.0196 | 0.0213 | 0.0201 | 0.0158 |
|         | P    | 0.6421 | 0.3402 | 0.3044 | 0.5948 | 0.7138 | 0.6076 | 0.2958 | 0.2191 | 0.1992 | 0.4974 | 0.5696 | 0.5091 | 0.5948 |
| vol_13  | eğim | 0.0139 | 0.0464 | 0.0701 | 0.0698 | 0.0439 | 0.0196 | 0.0033 | 0.0188 | 0.0107 | 0.0034 | 0.0150 | 0.0268 | 0.0445 |
|         | P    | 0.7974 | 0.0915 | 0.0265 | 0.0565 | 0.3887 | 0.8115 | 0.9854 | 0.8115 | 0.9415 | 0.9707 | 0.7001 | 0.3310 | 0.0752 |
| vol_16  | eğim | 0.0143 | 0.0450 | 0.0571 | 0.0498 | 0.0312 | 0.0119 | 0.0000 | 0.0109 | 0.0021 | 0.0026 | 0.0126 | 0.0225 | 0.0400 |
|         | P    | 0.7001 | 0.1190 | 0.0614 | 0.1065 | 0.4521 | 0.7974 | 1.0000 | 0.9269 | 0.9707 | 0.9124 | 0.6731 | 0.2958 | 0.0915 |

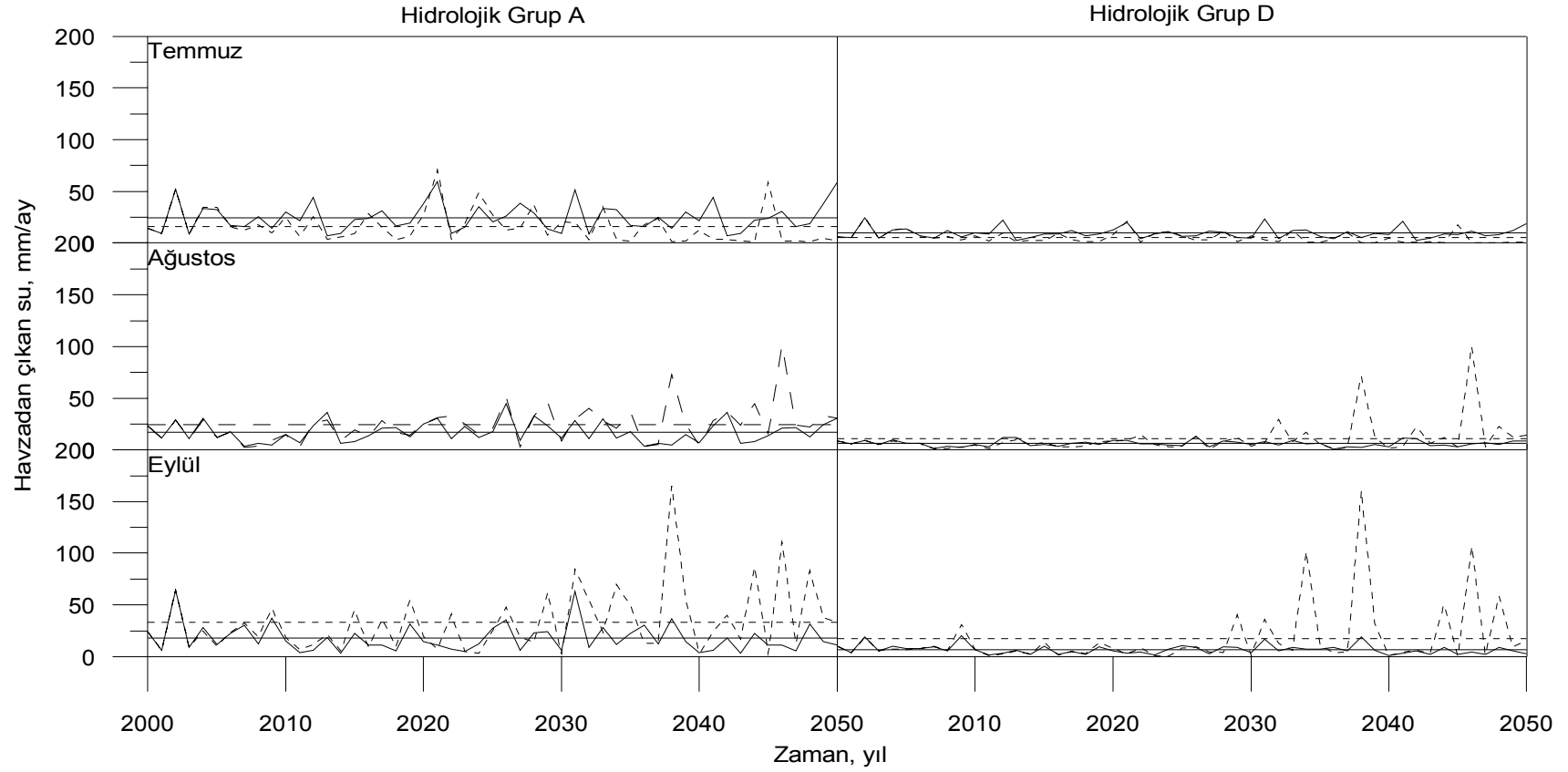
## EK-8 Havzadan Çıkan Suyun Aylık Bazda Yıllar Boyu Değişimi



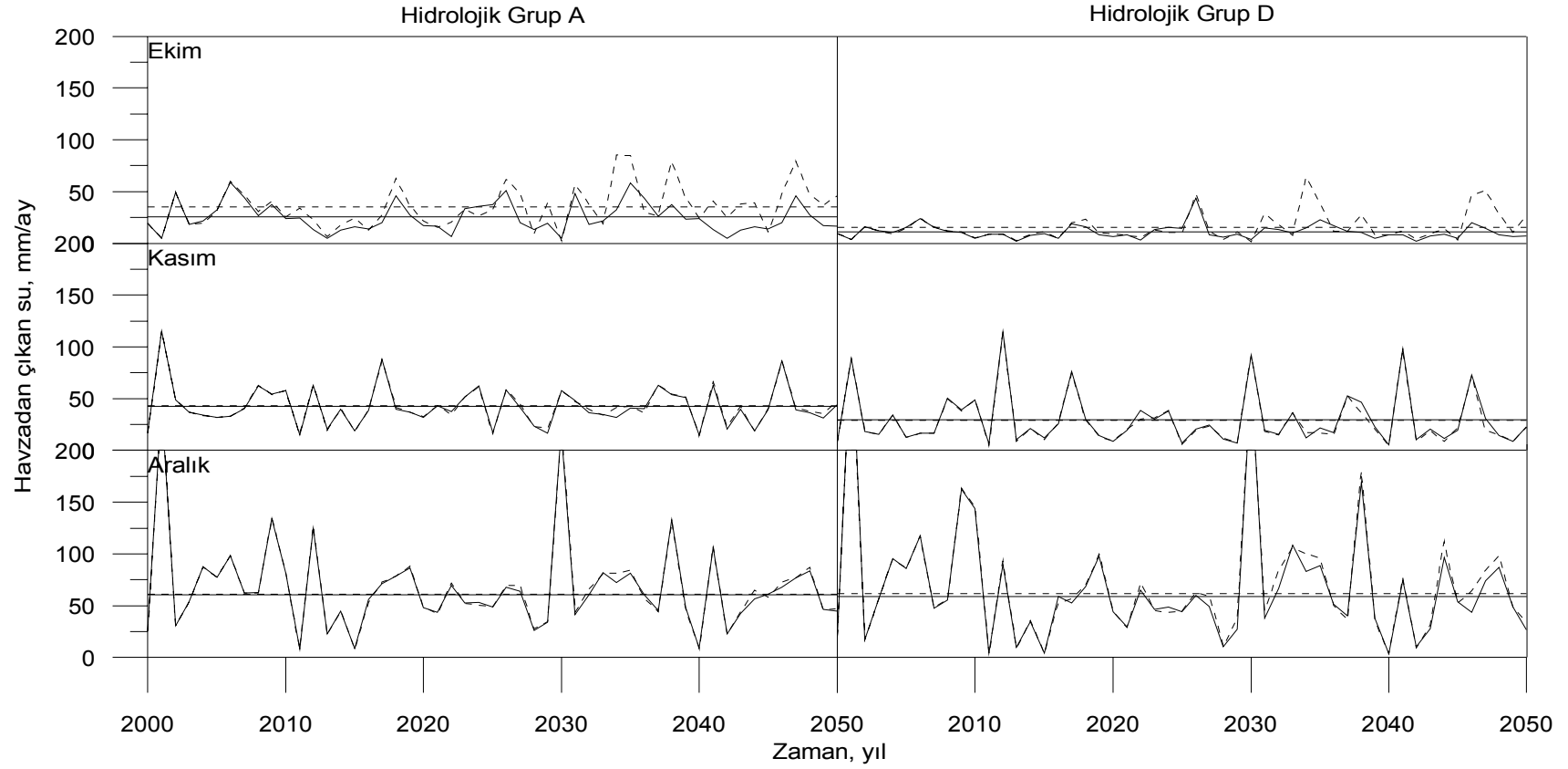
**Şekil 1.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 2.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

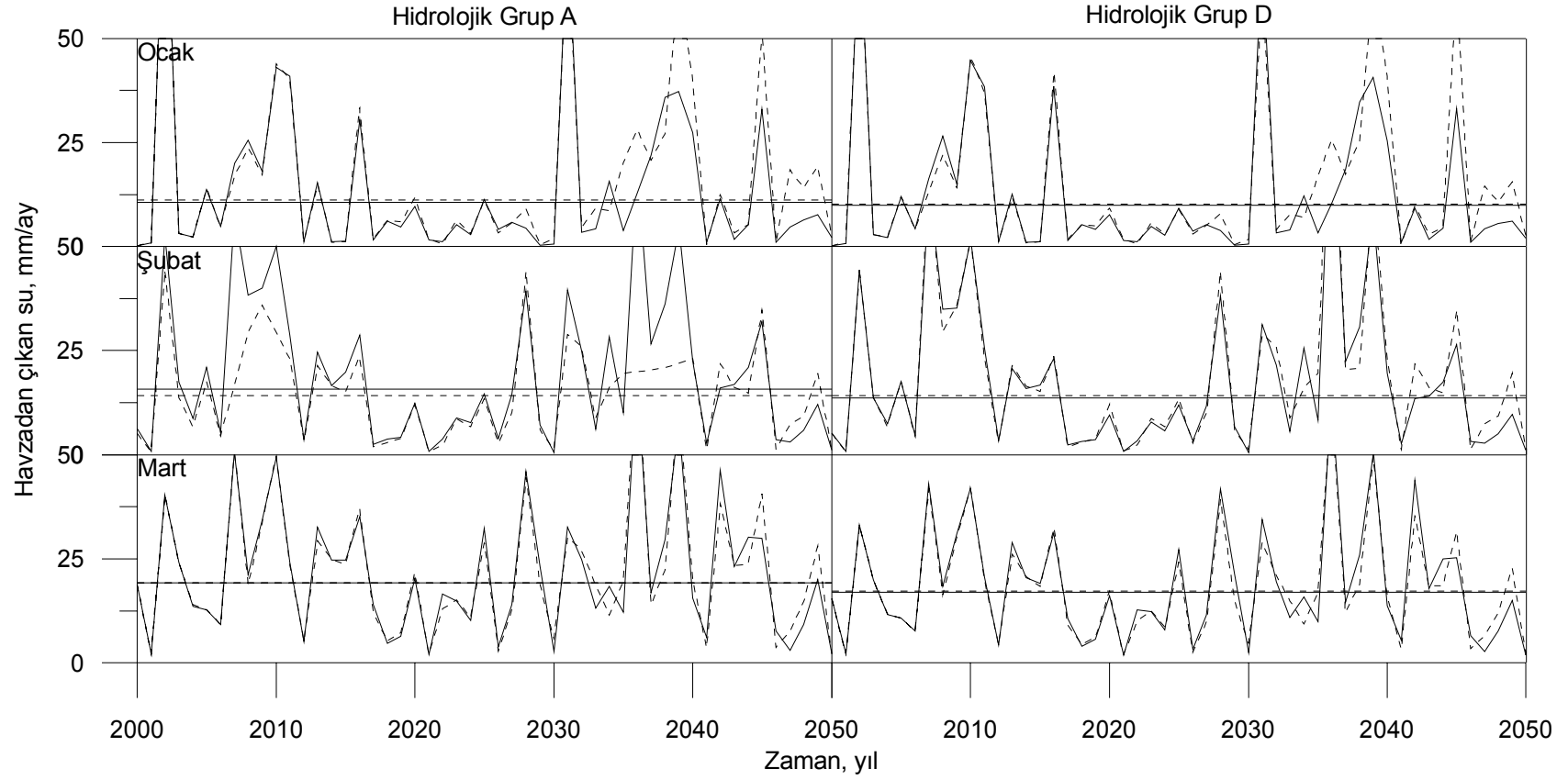


**Şekil 3.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

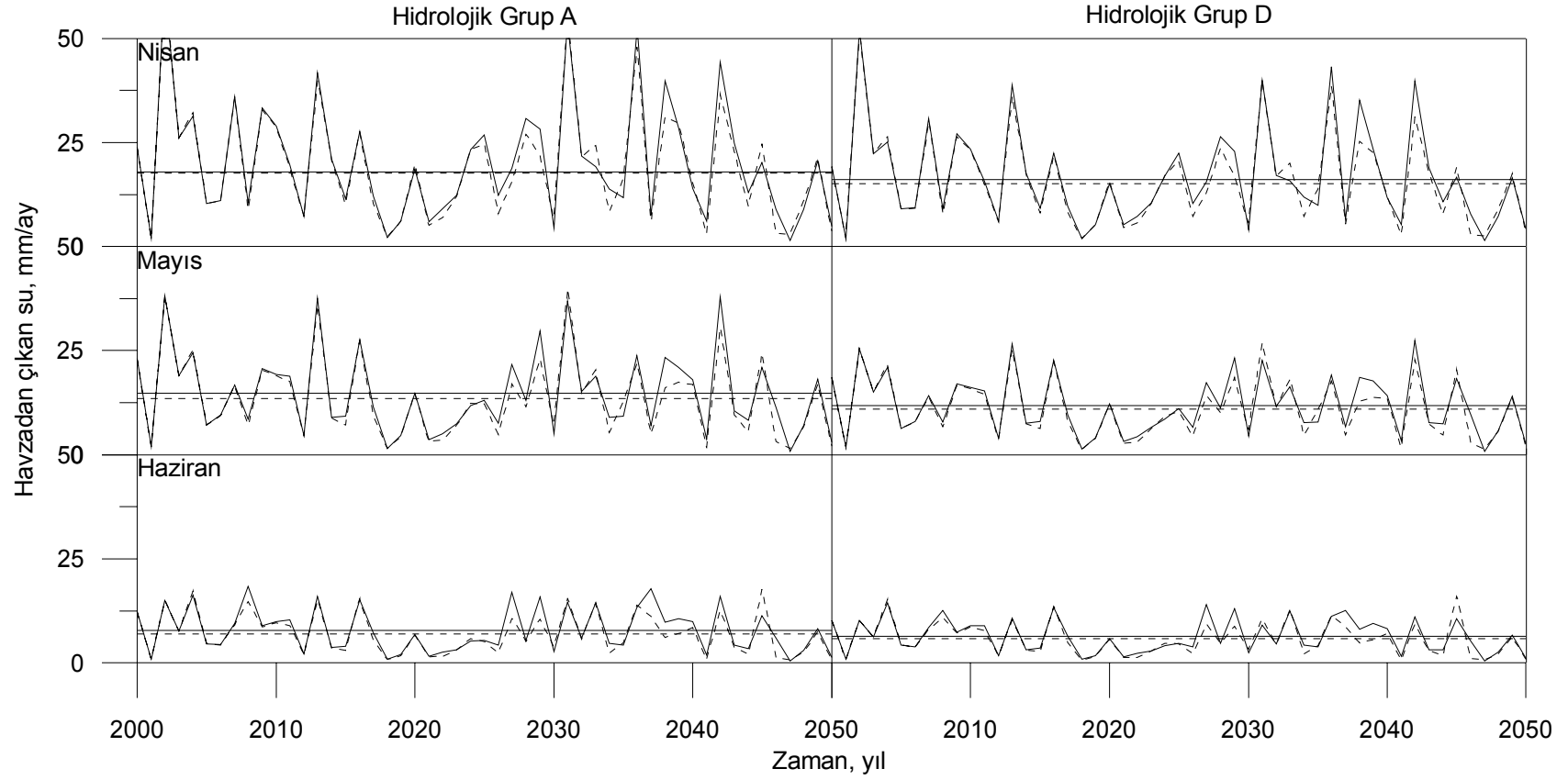


**Şekil 4.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

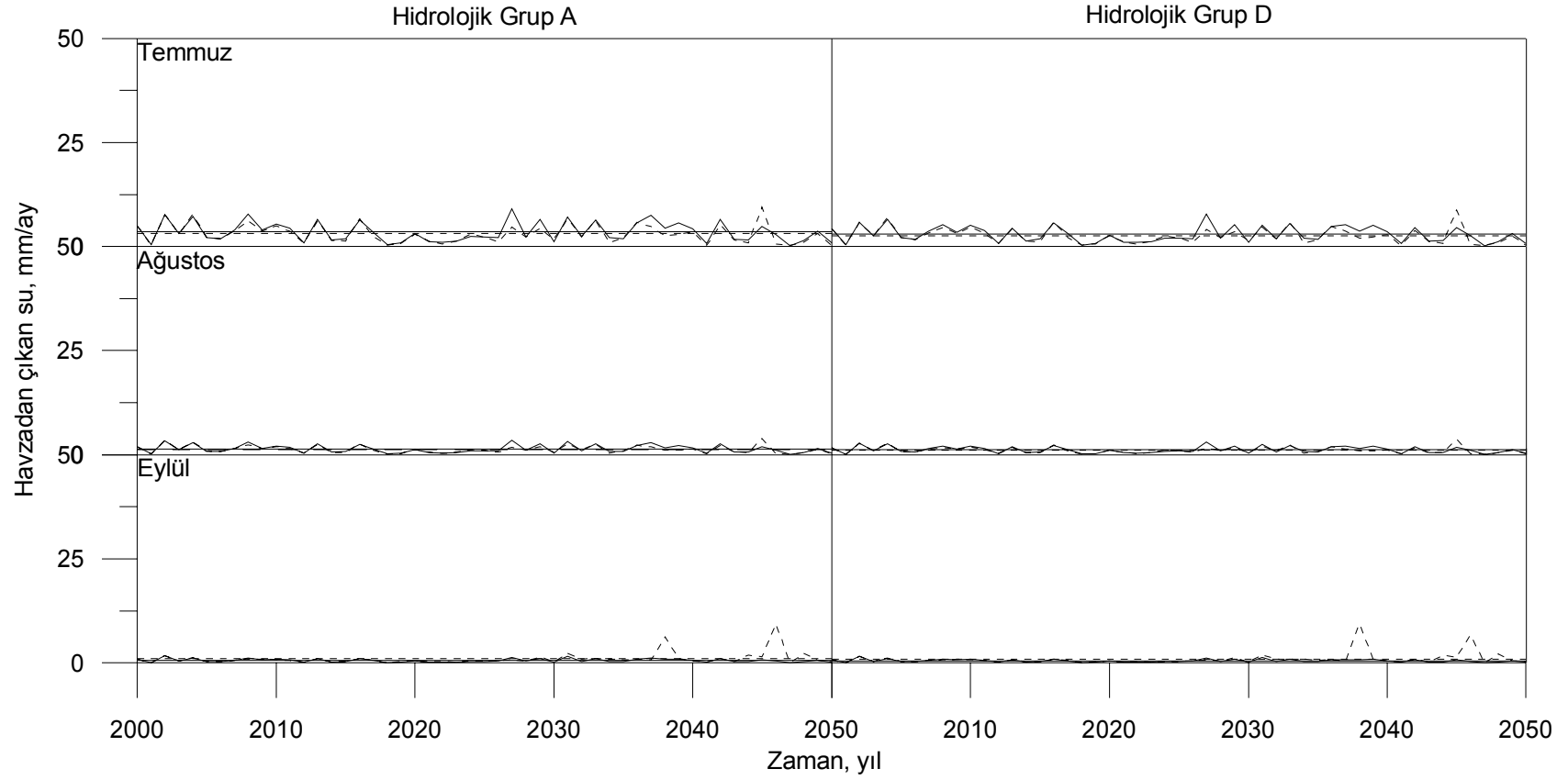




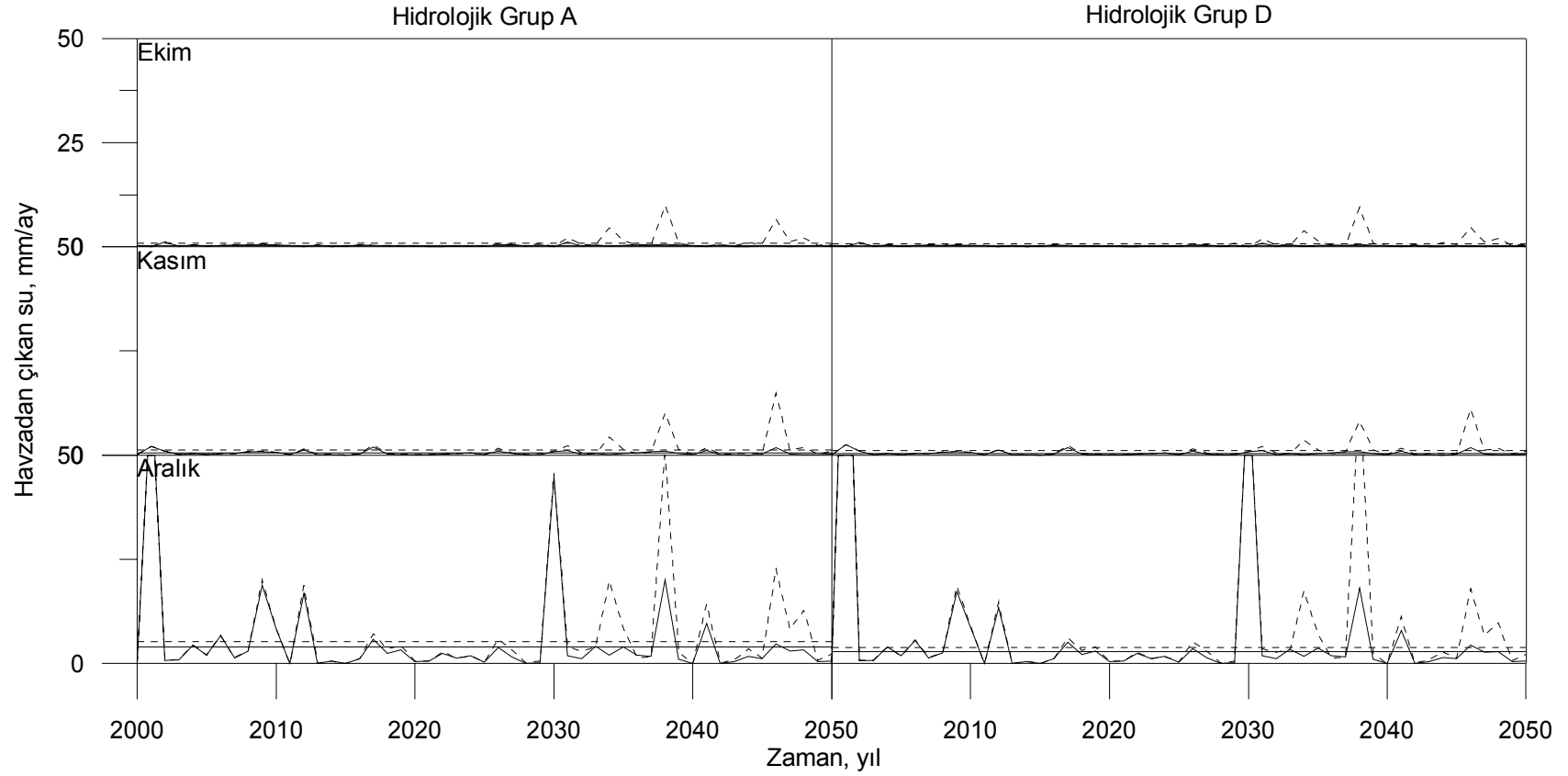
**Şekil 5.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



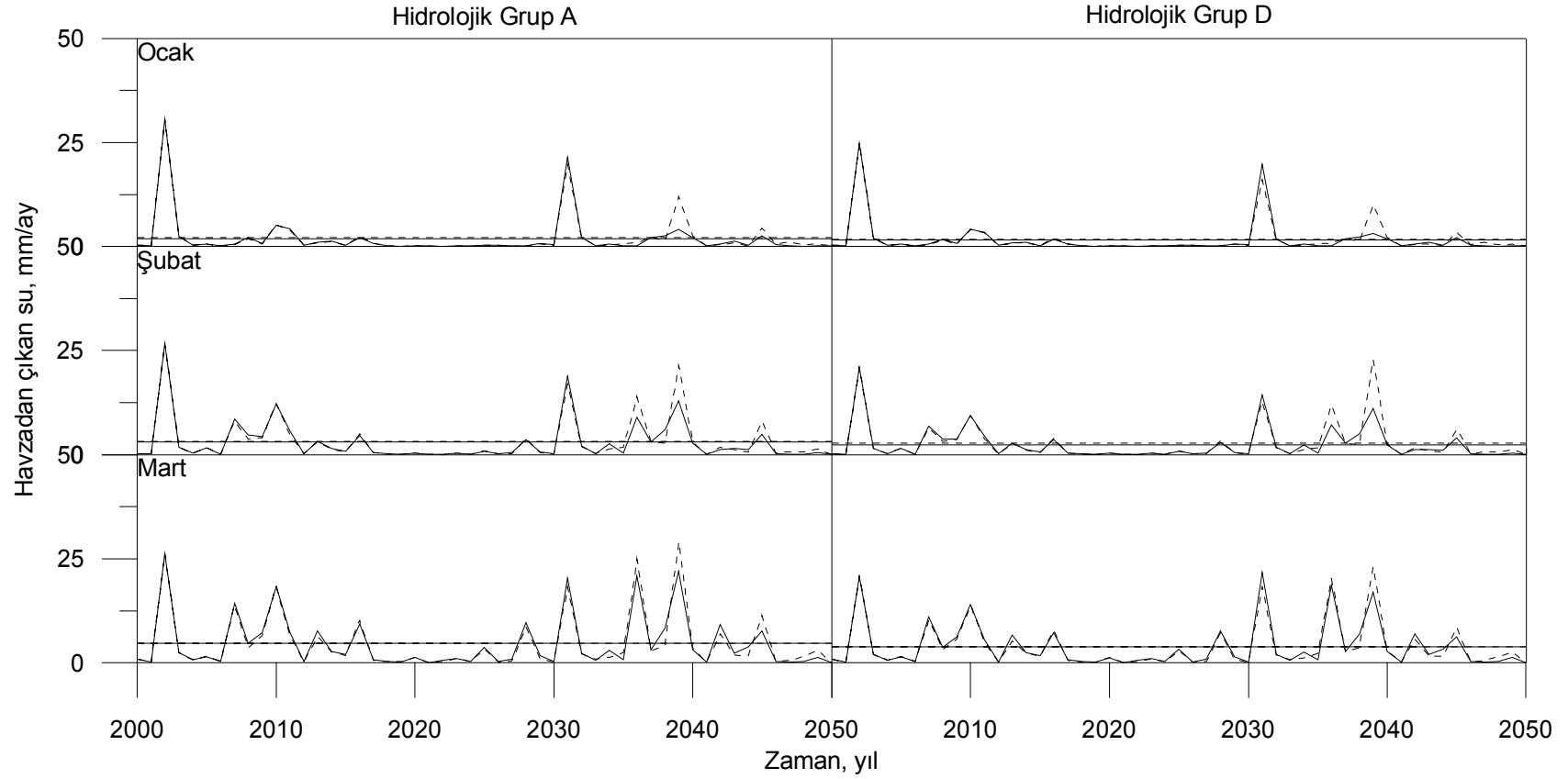
**Şekil 6.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



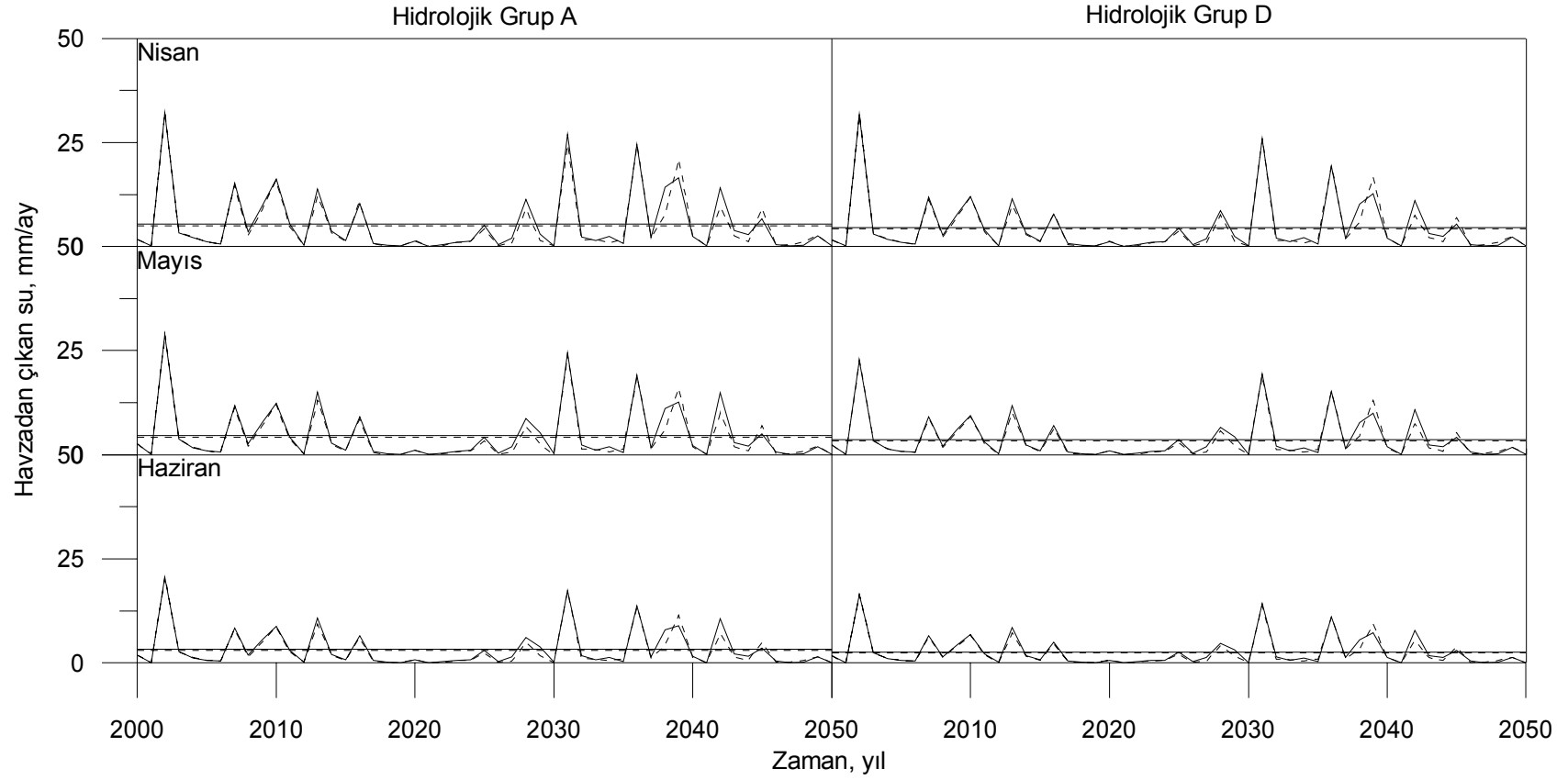
**Şekil 7.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



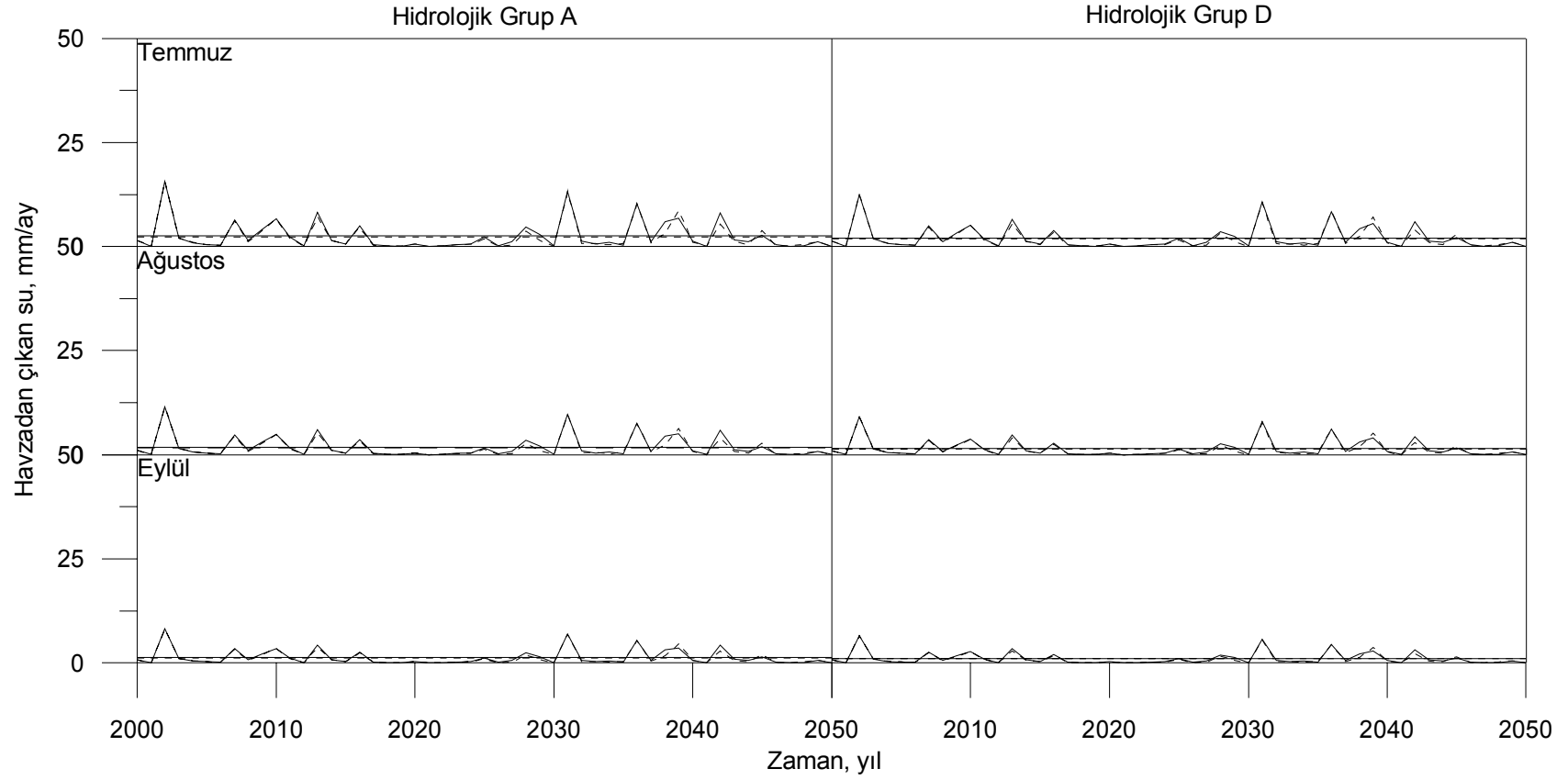
**Şekil 8.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



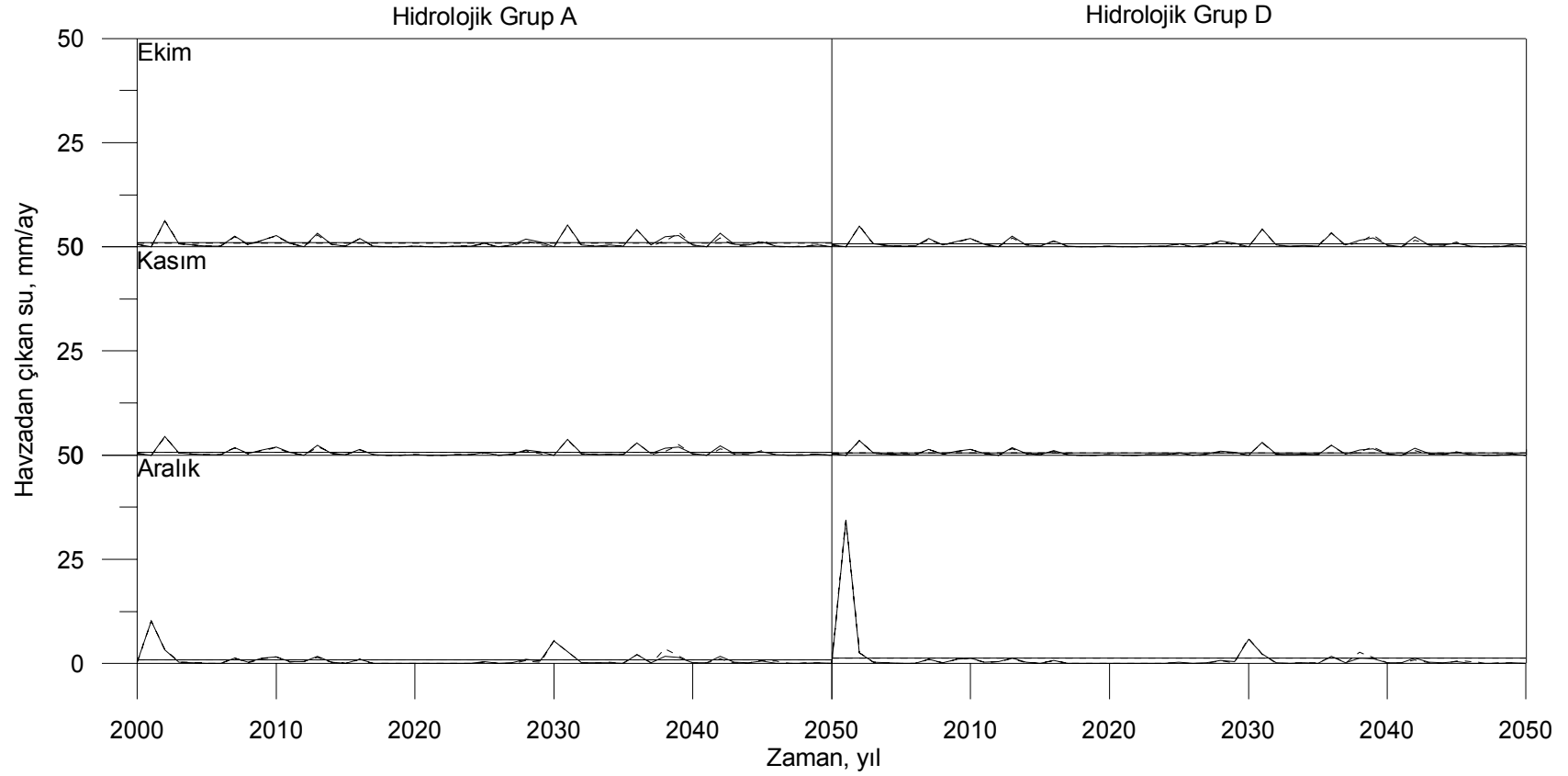
**Şekil 9.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 10.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

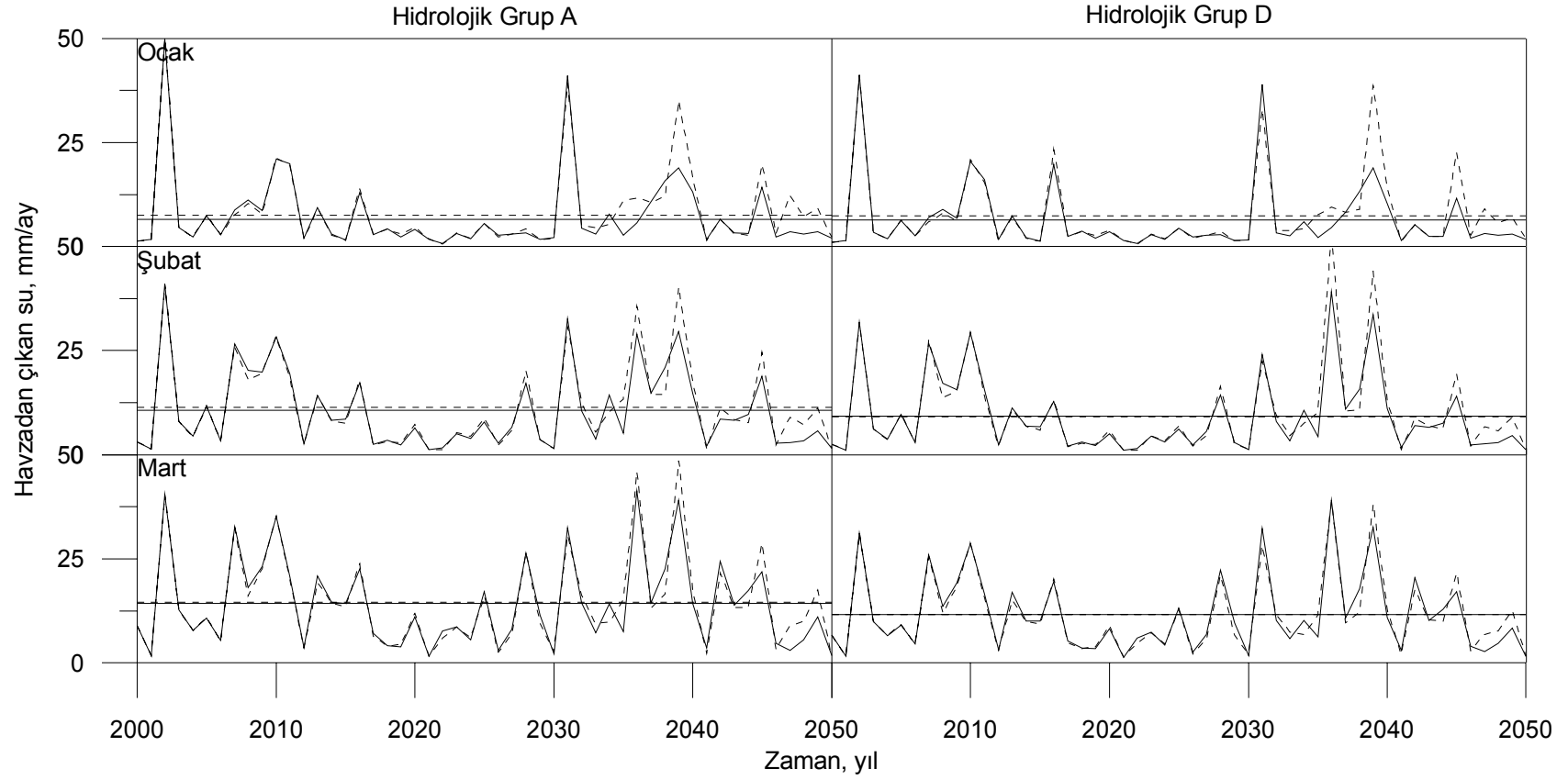


**Şekil 11.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

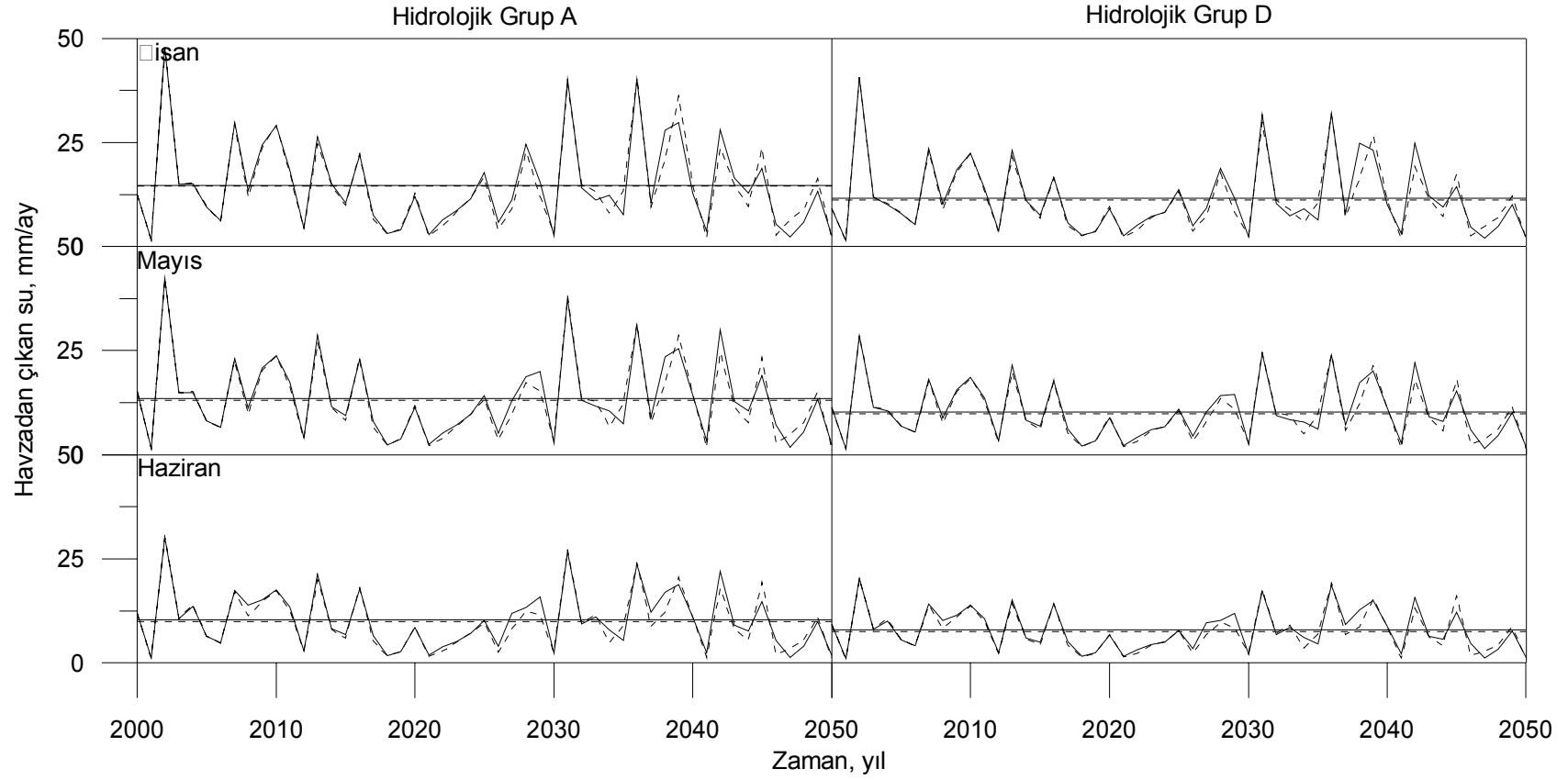


**Şekil 12.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

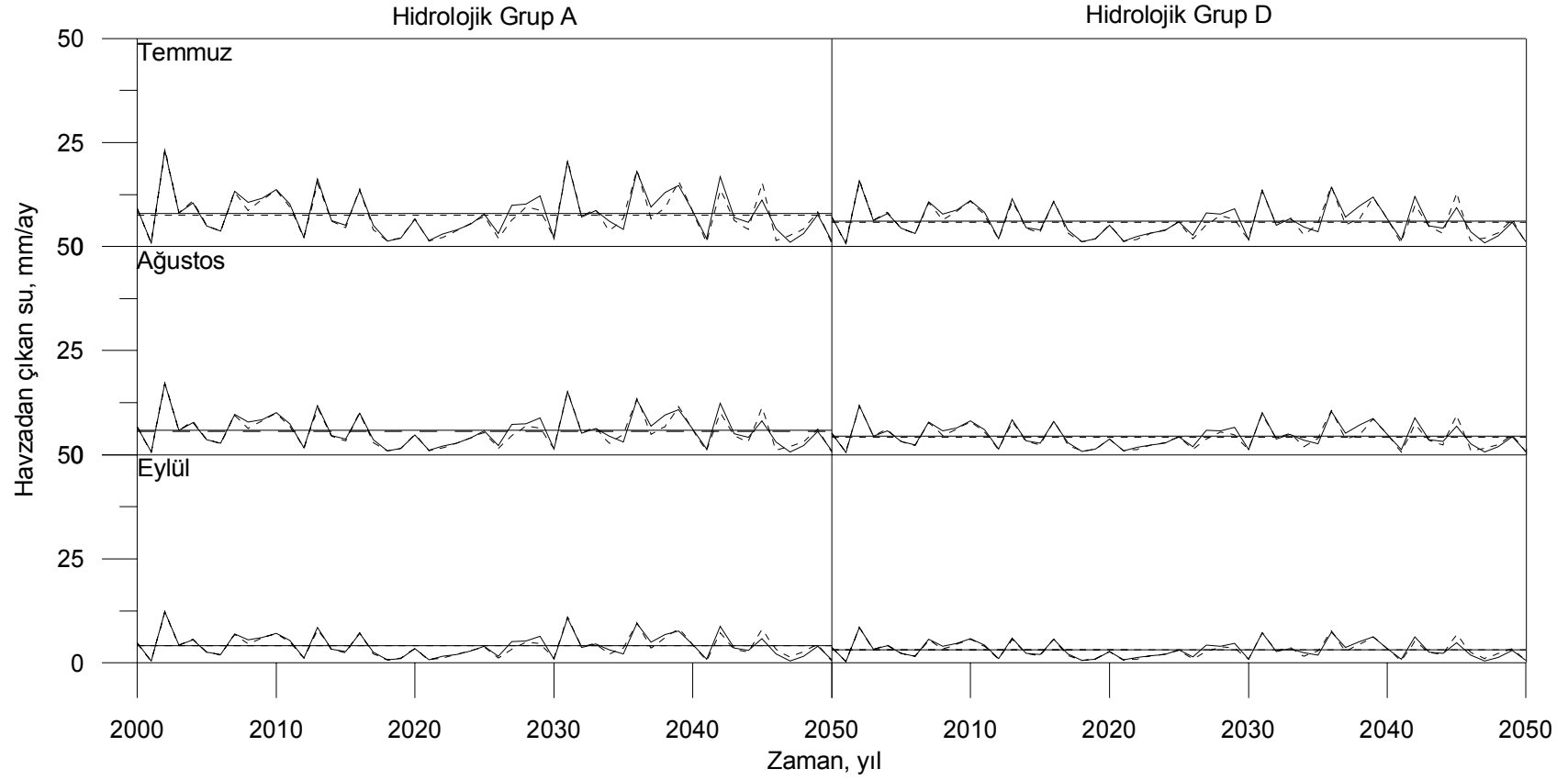




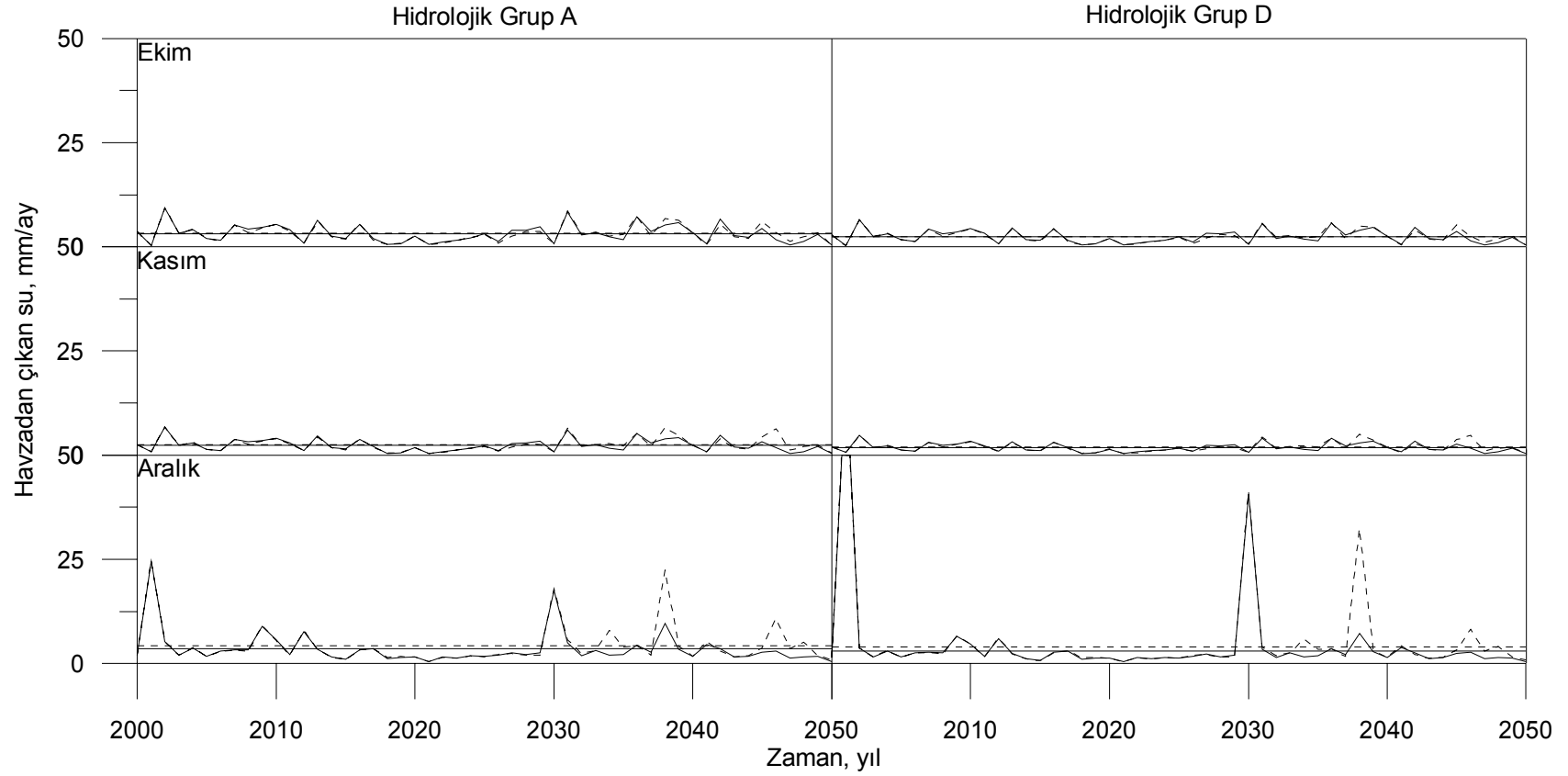
**Şekil 13.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 14.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

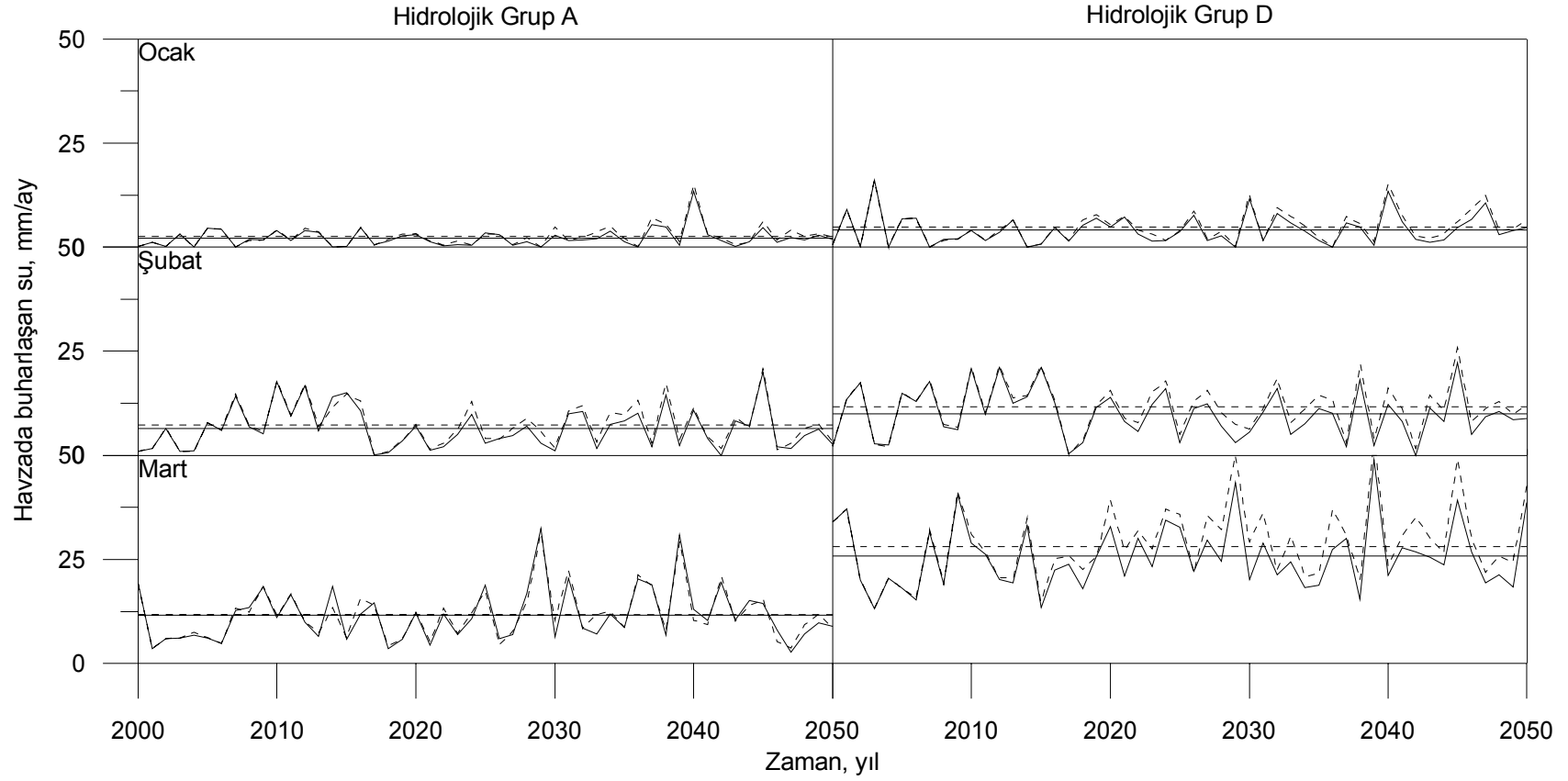


**Şekil 15.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_ \_ \_ \_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

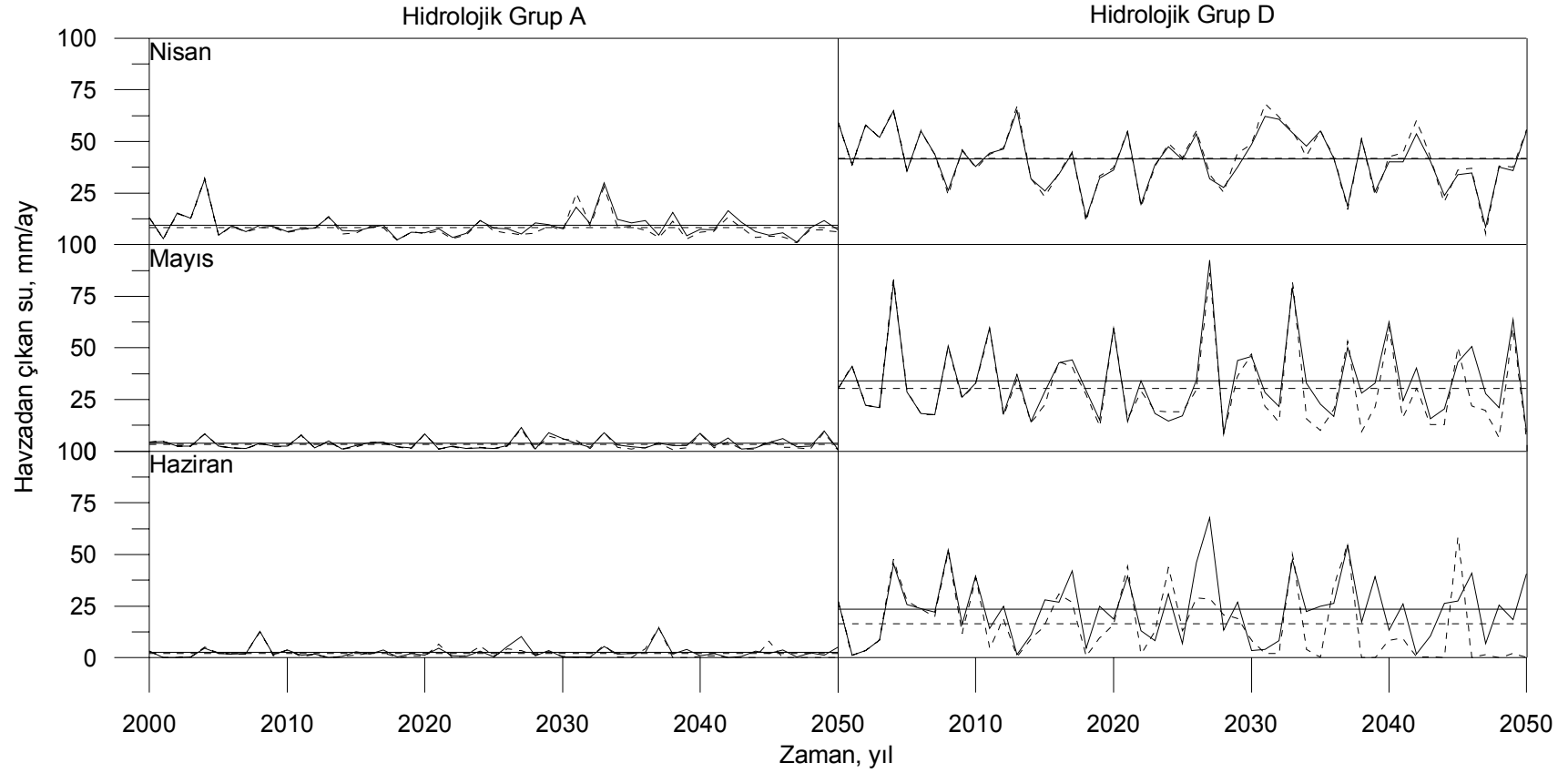


**Şekil 16.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası havzadan çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

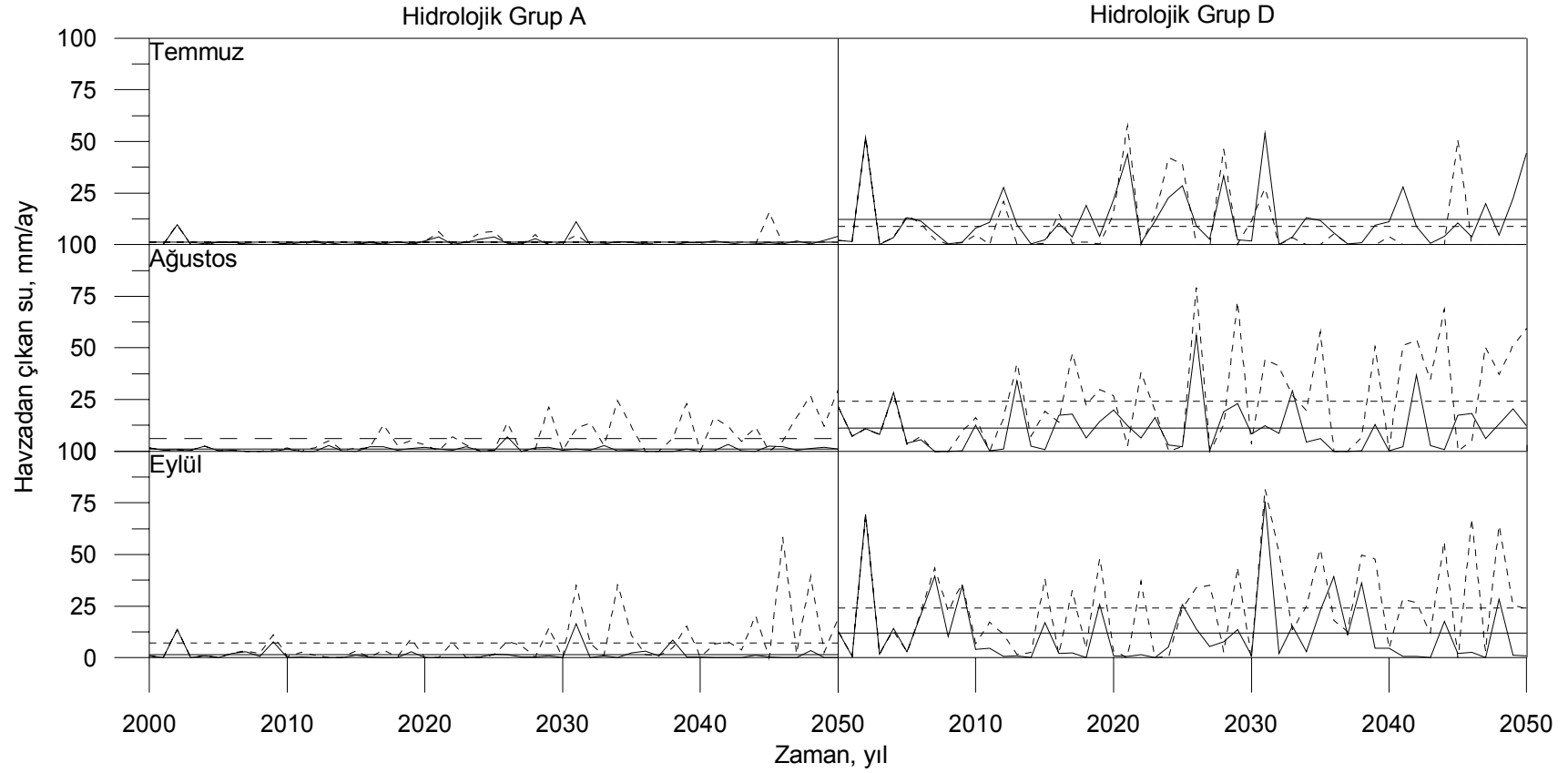
## EK-9 Toplam Buharlaşma+Terleme Verilerinin Aylık Bazda Yıllar Boyu Değişimi



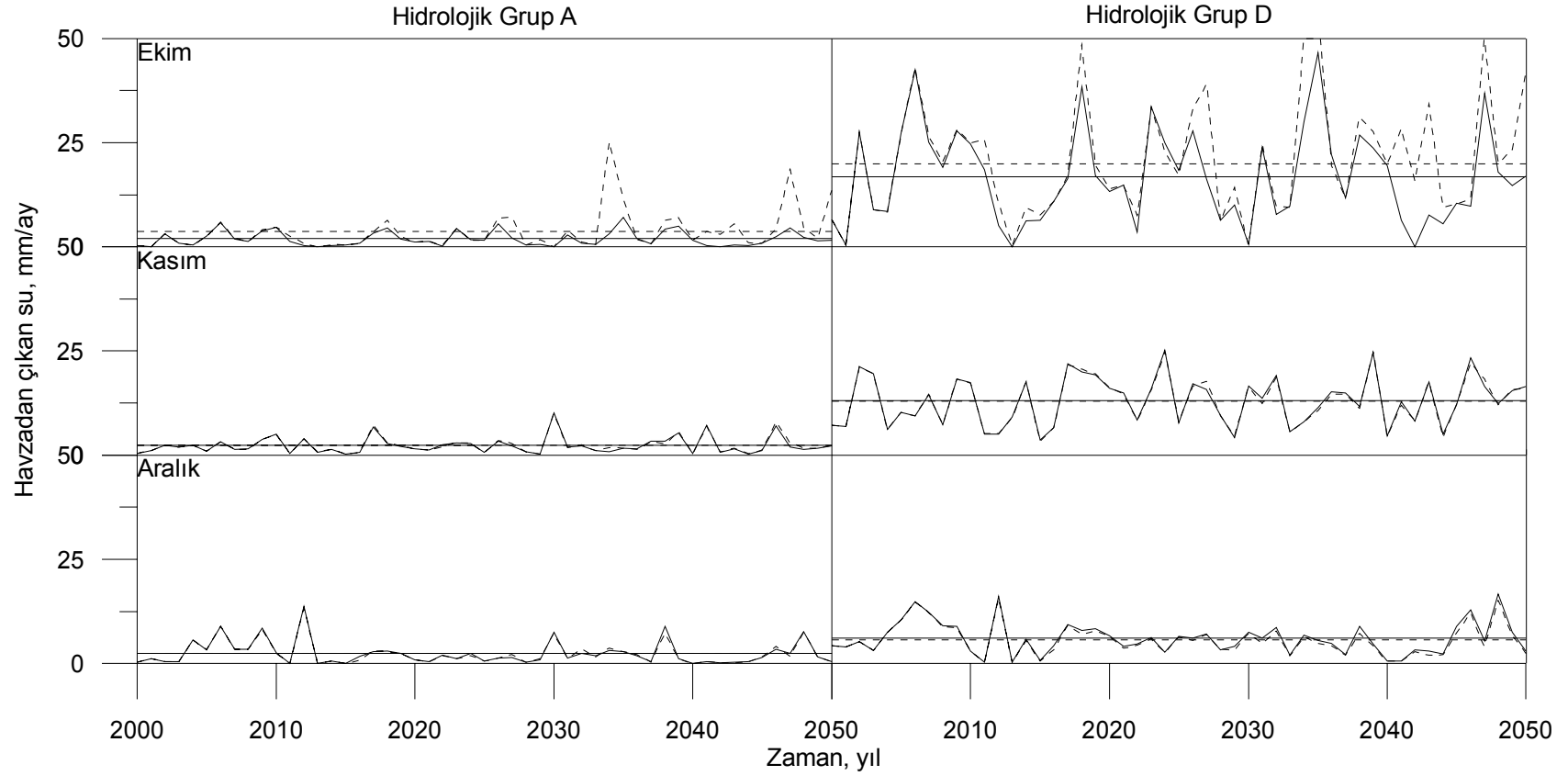
**Şekil 1.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_ \_ \_ \_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 2.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

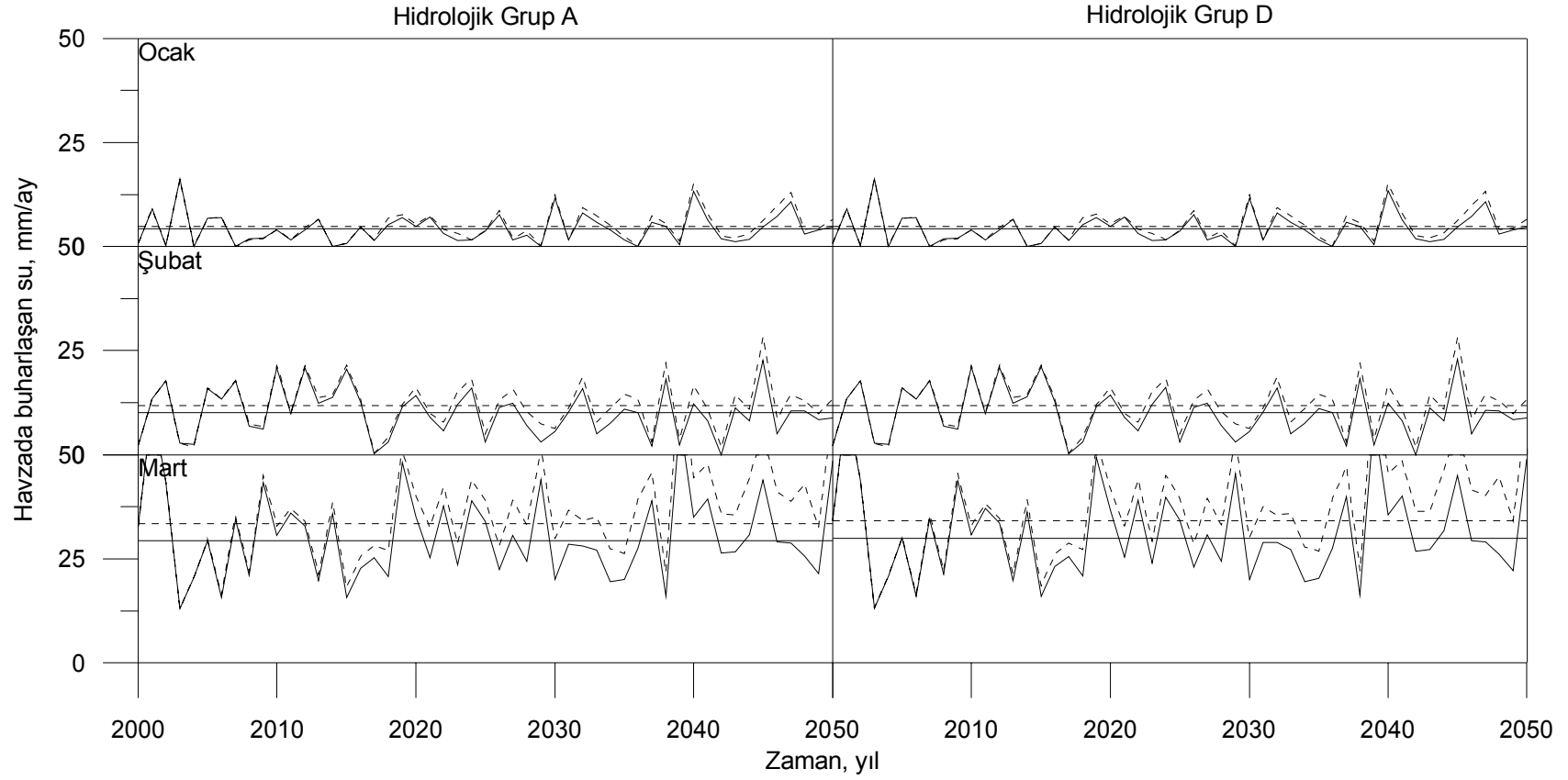


**Şekil 3.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

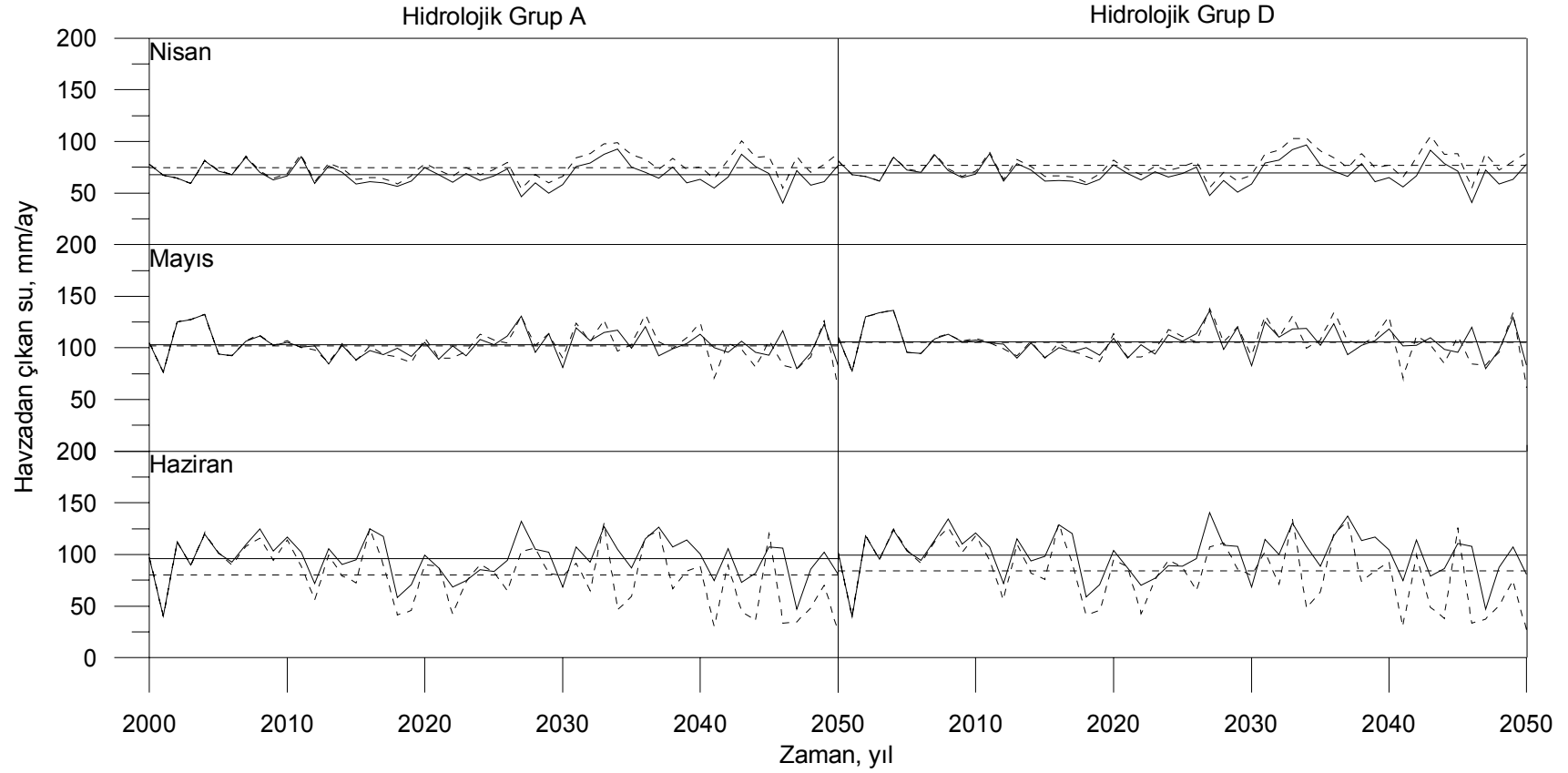


**Şekil 4.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

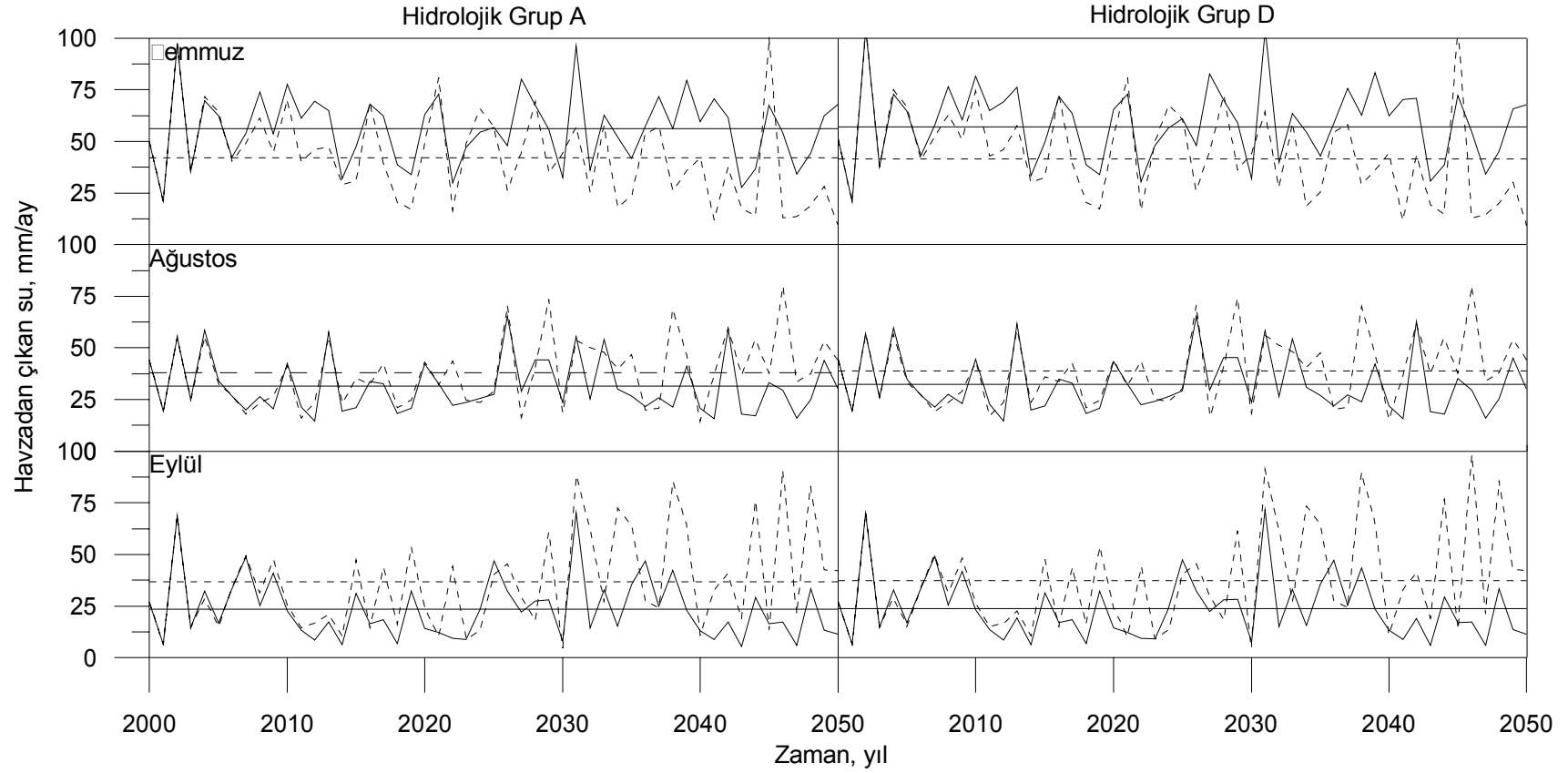




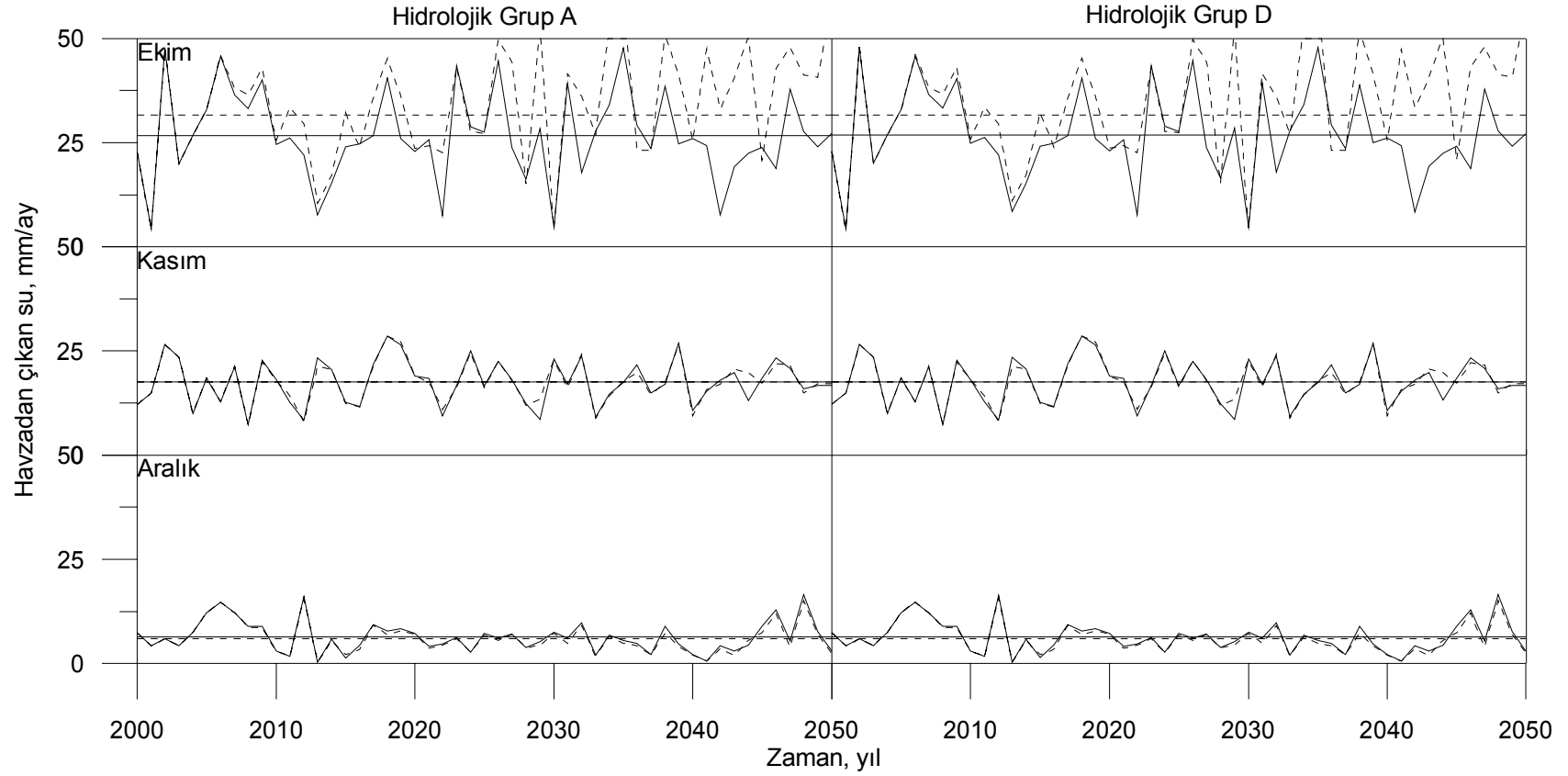
**Şekil 5.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



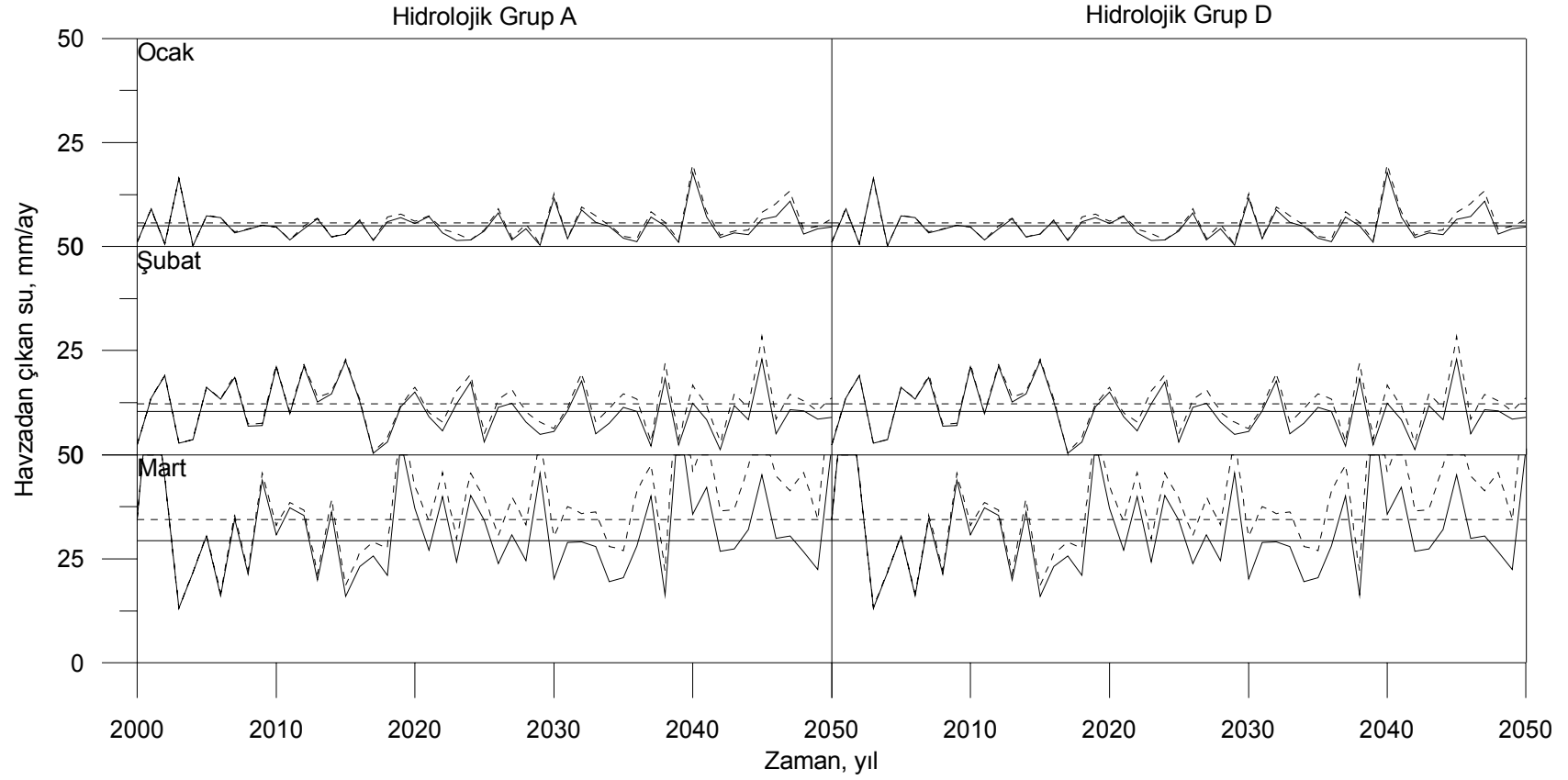
**Şekil 6.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



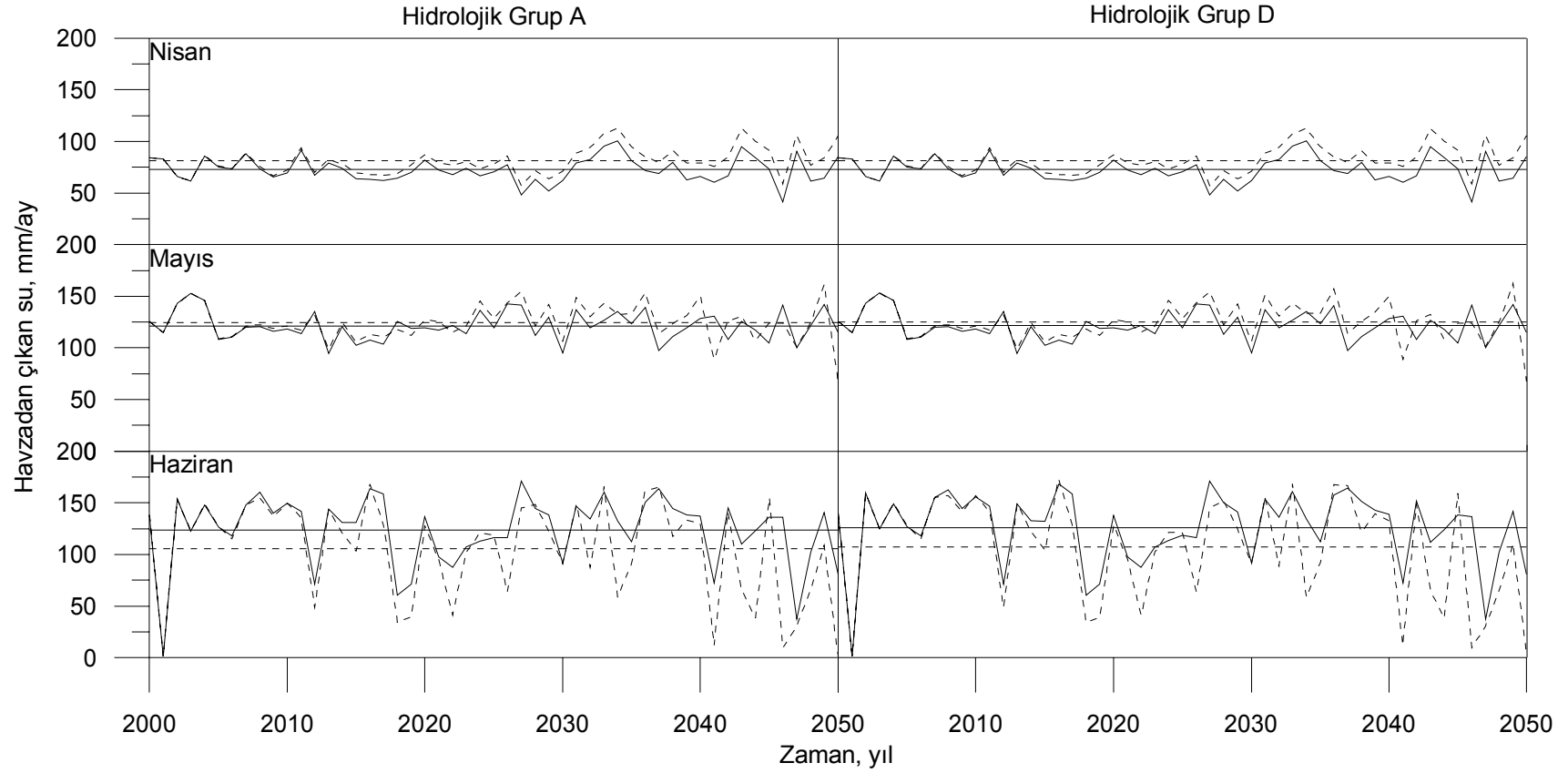
**Şekil 7.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



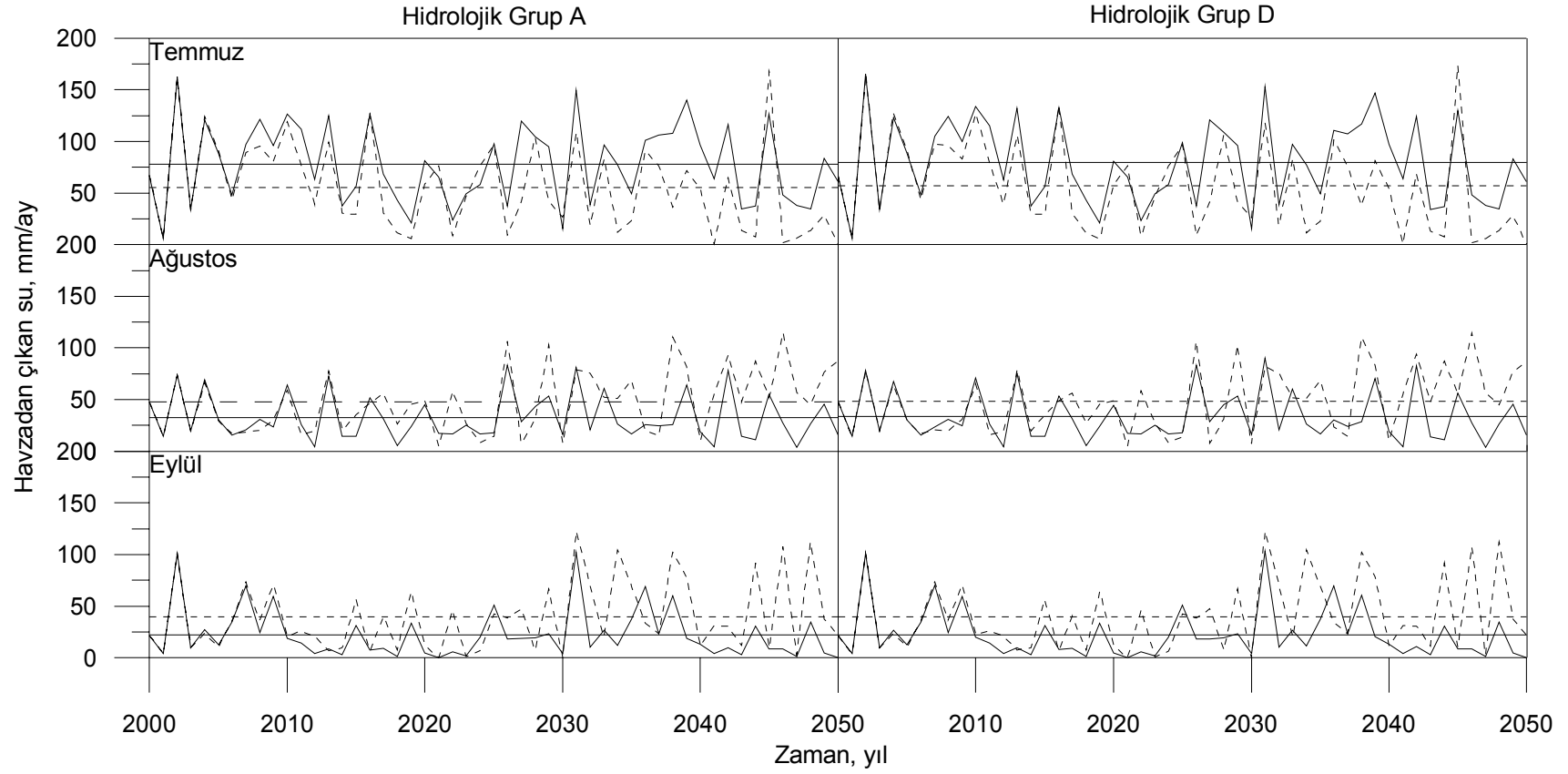
**Şekil 8.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



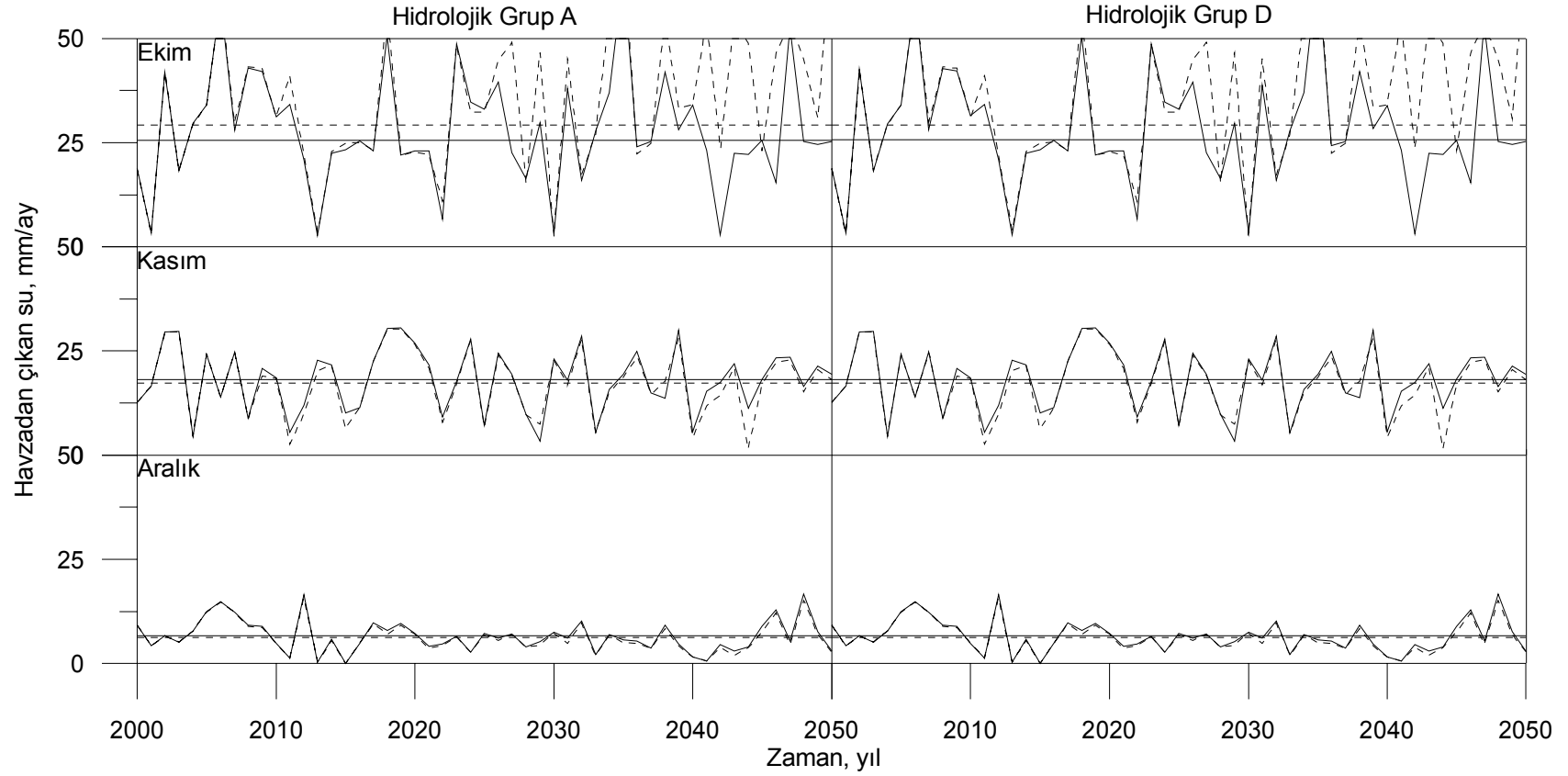
**Şekil 9.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 10.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

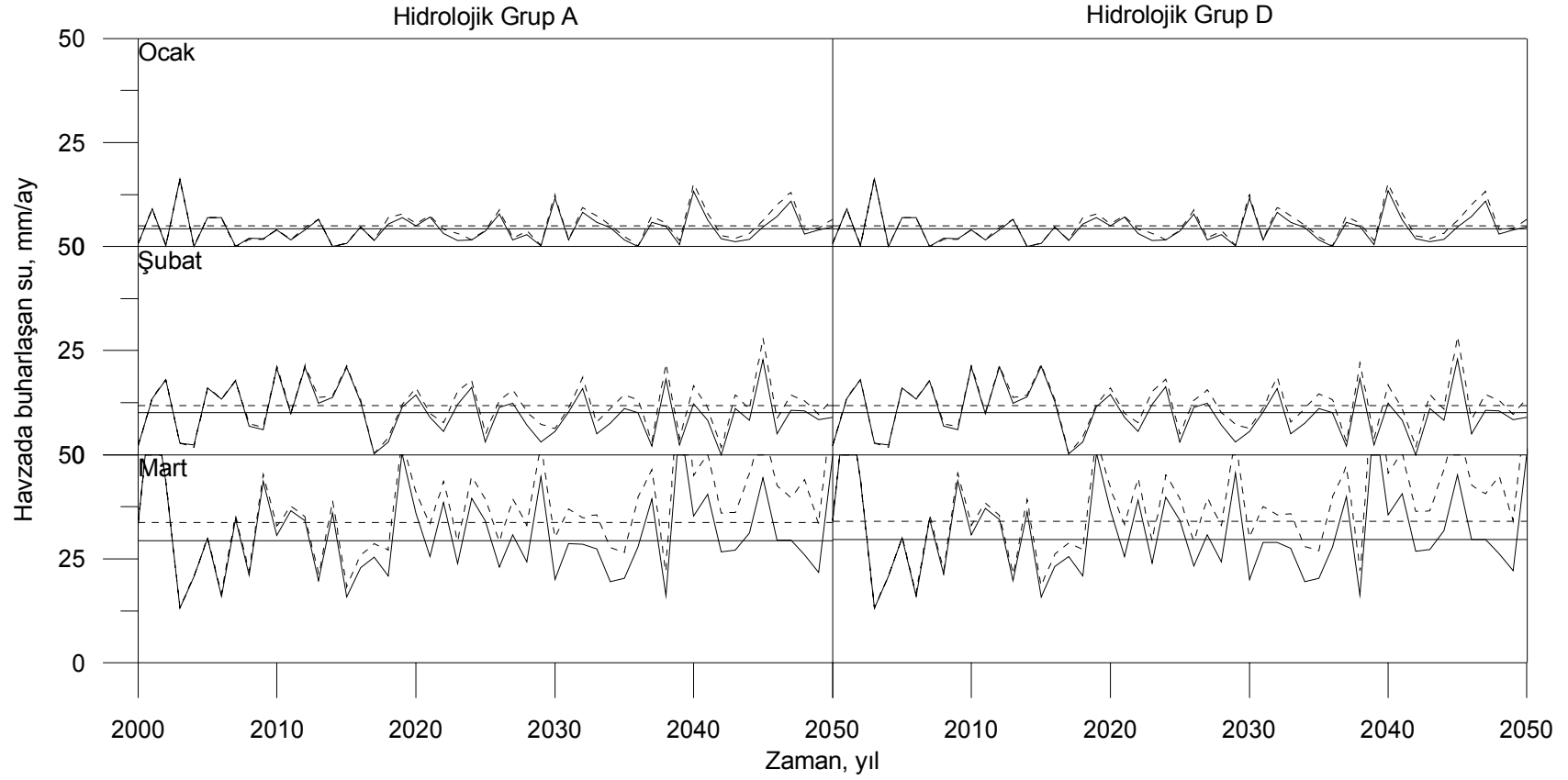


**Şekil 11.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

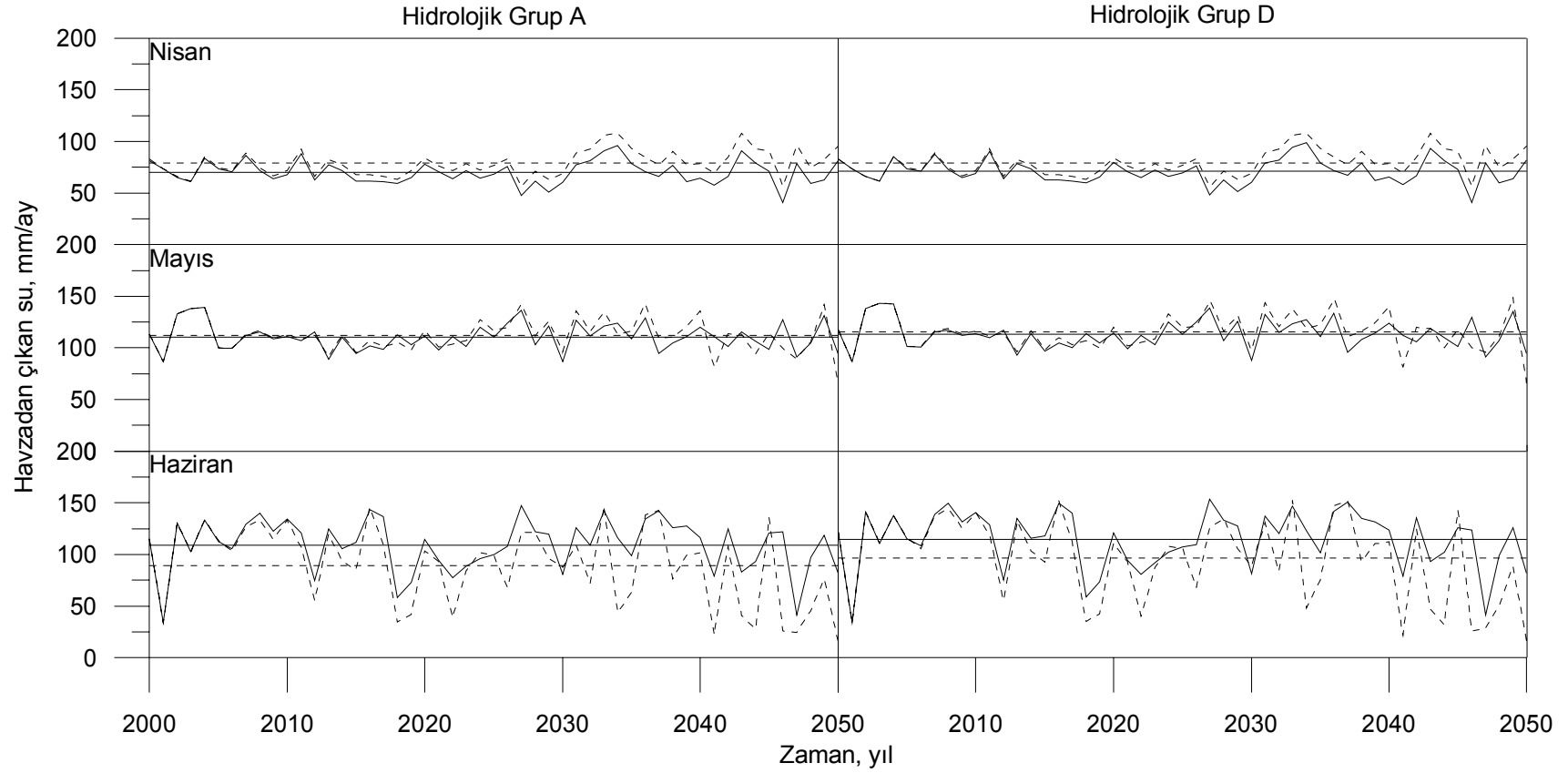


**Şekil 12.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

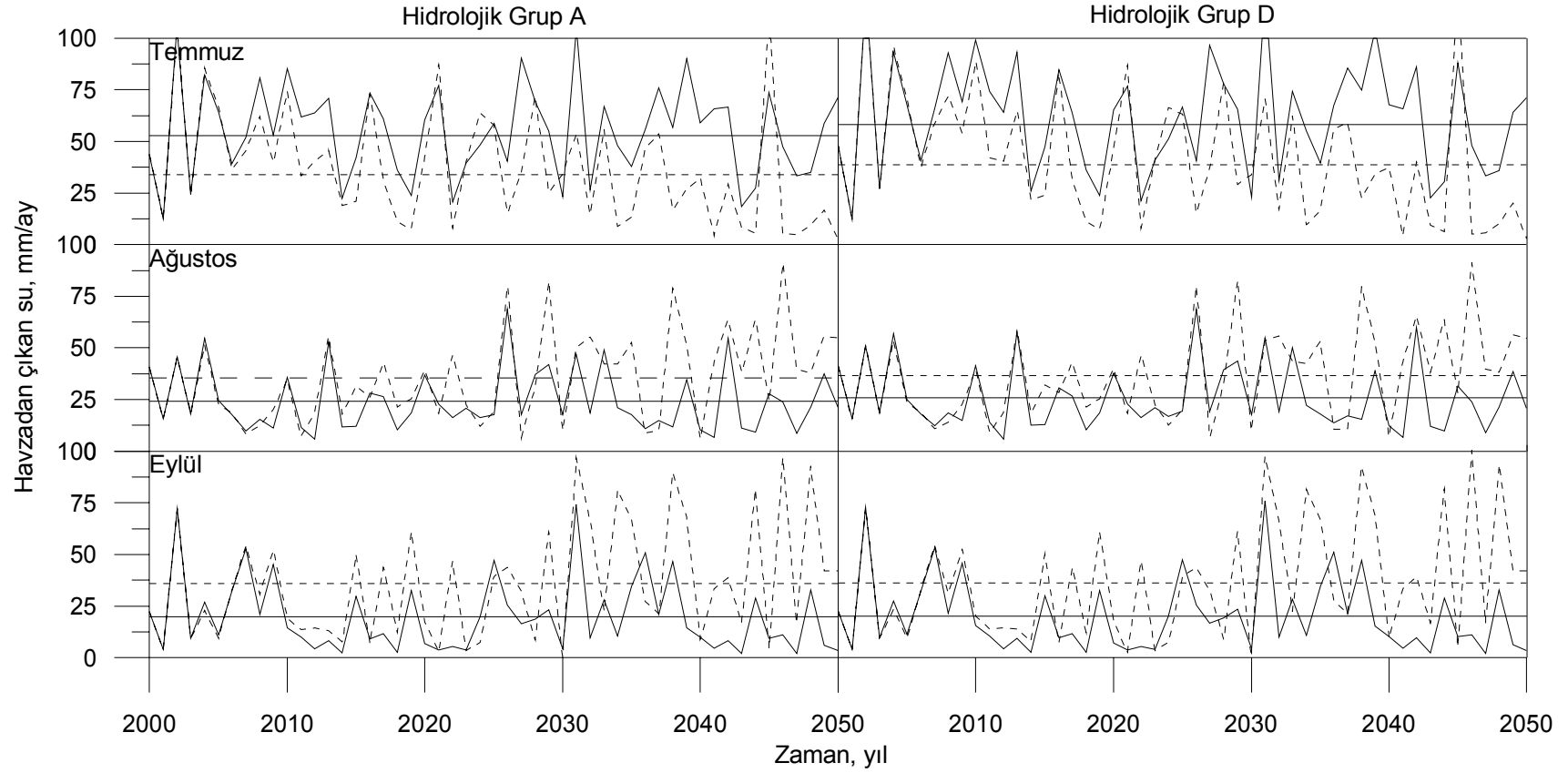




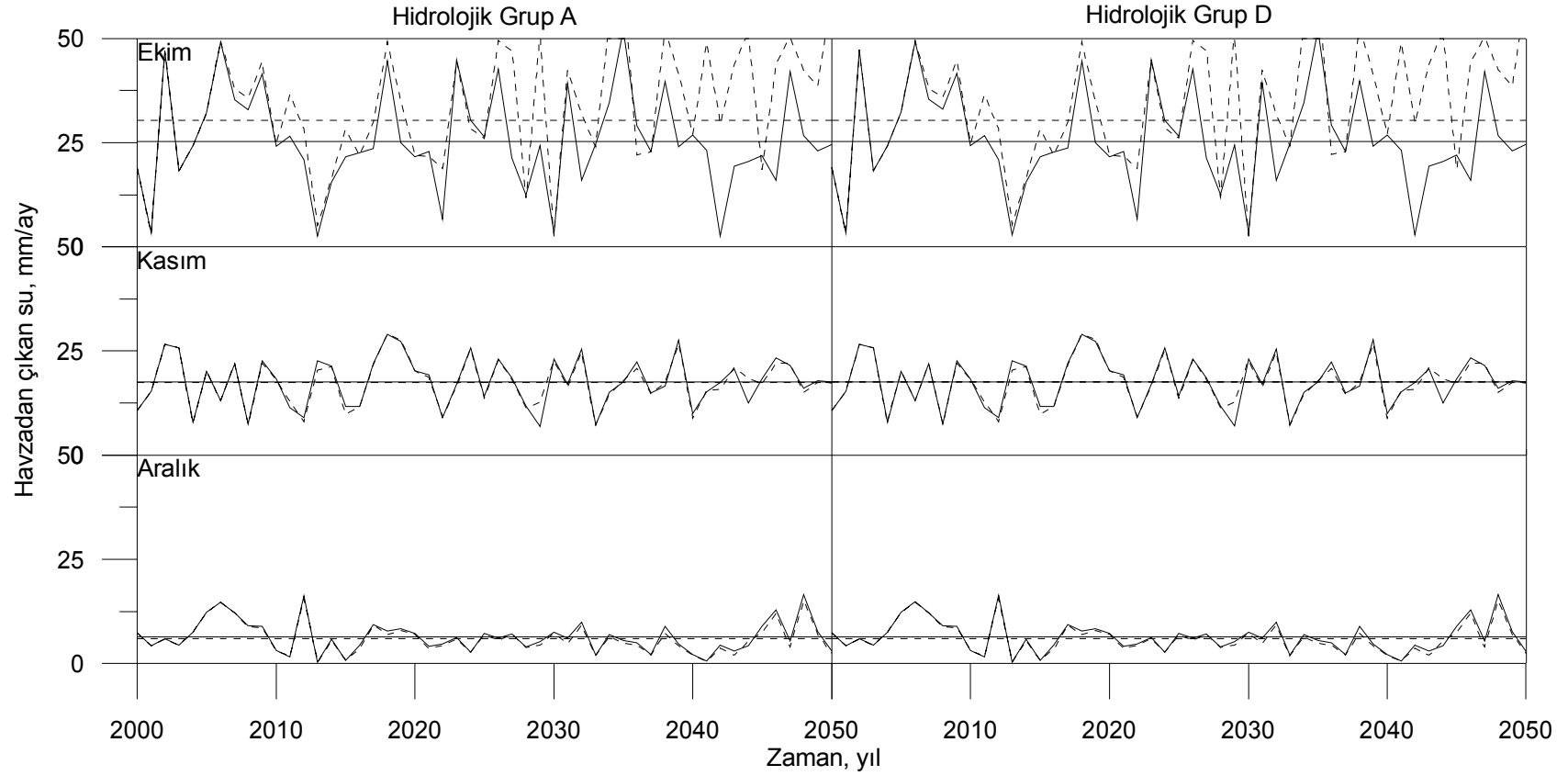
**Şekil 13.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 14.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

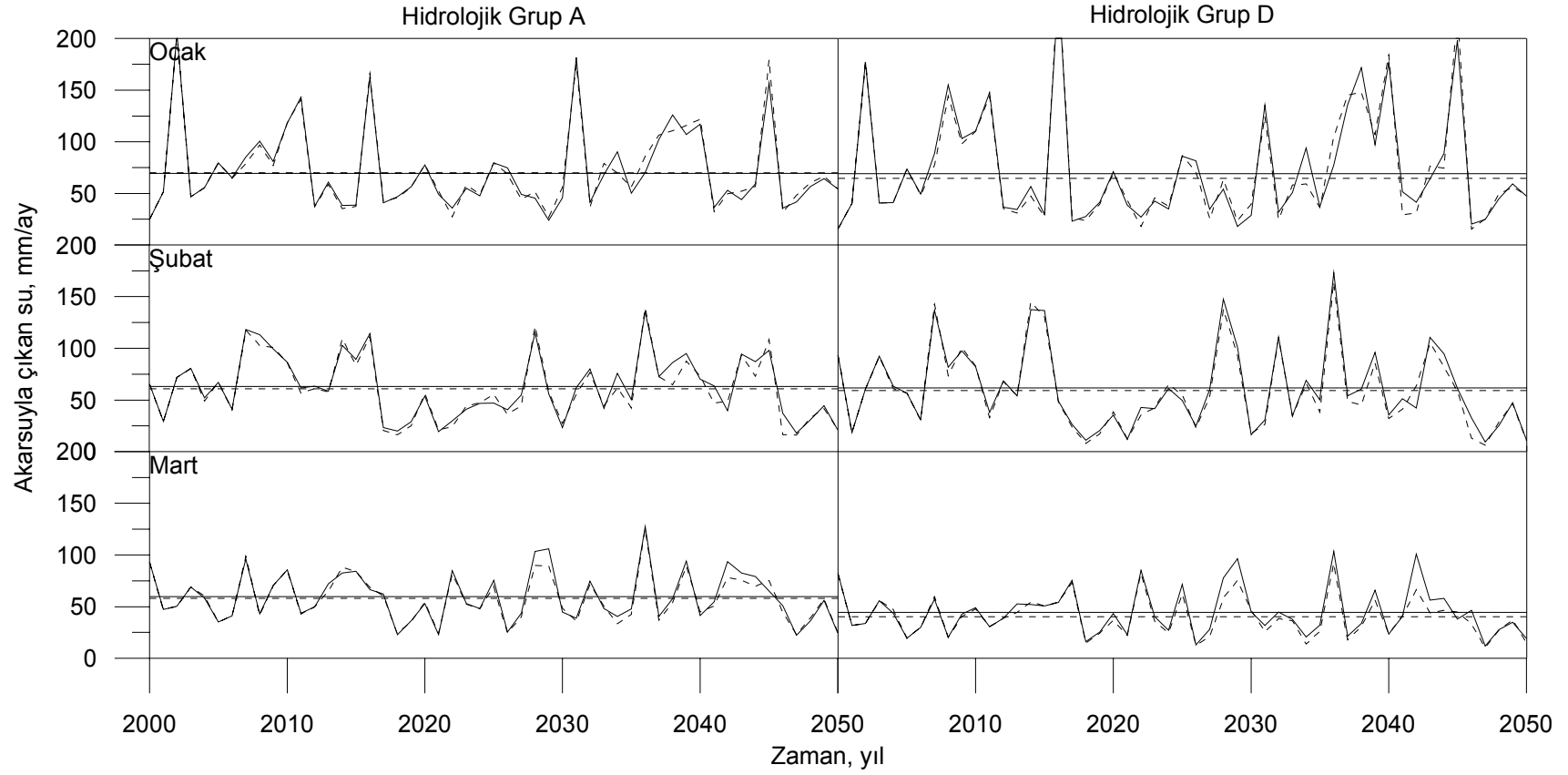


**Şekil 15.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

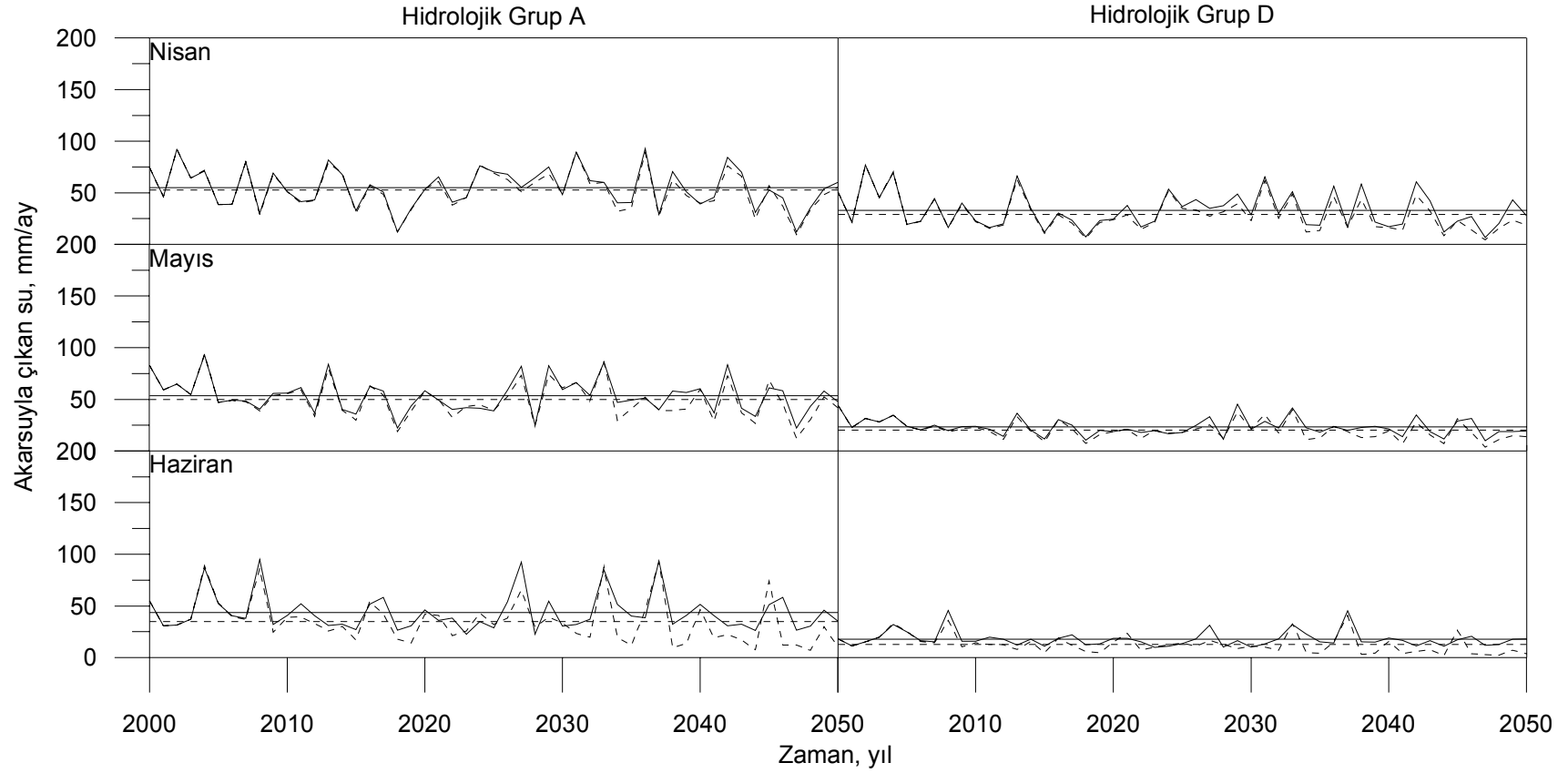


**Şekil 16.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası toplam buharlaşma+terleme miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

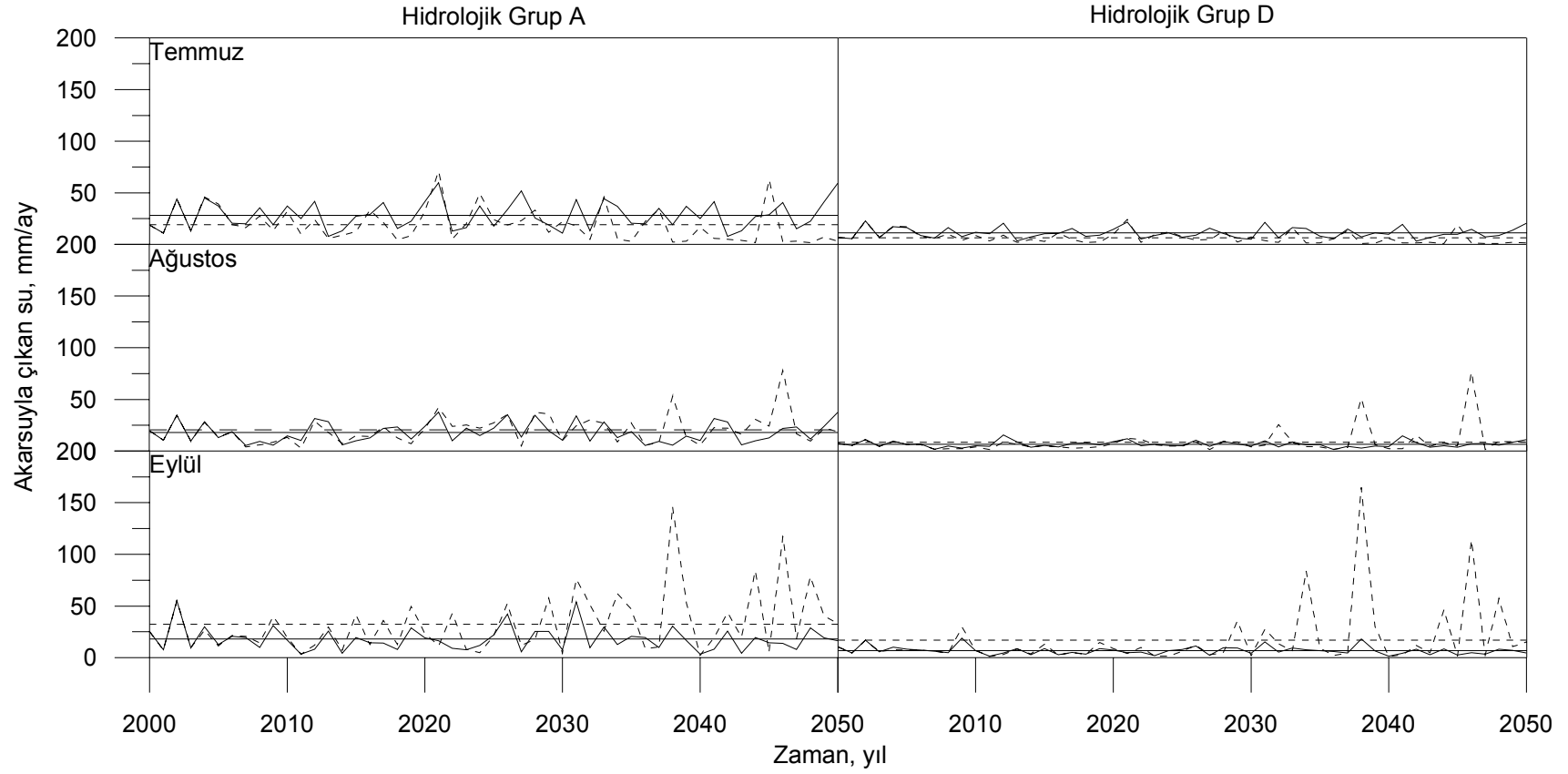
## EK-10 Akarsu ile Çıkan Suyun Aylık Bazda Yıllar Boyu Değişimi



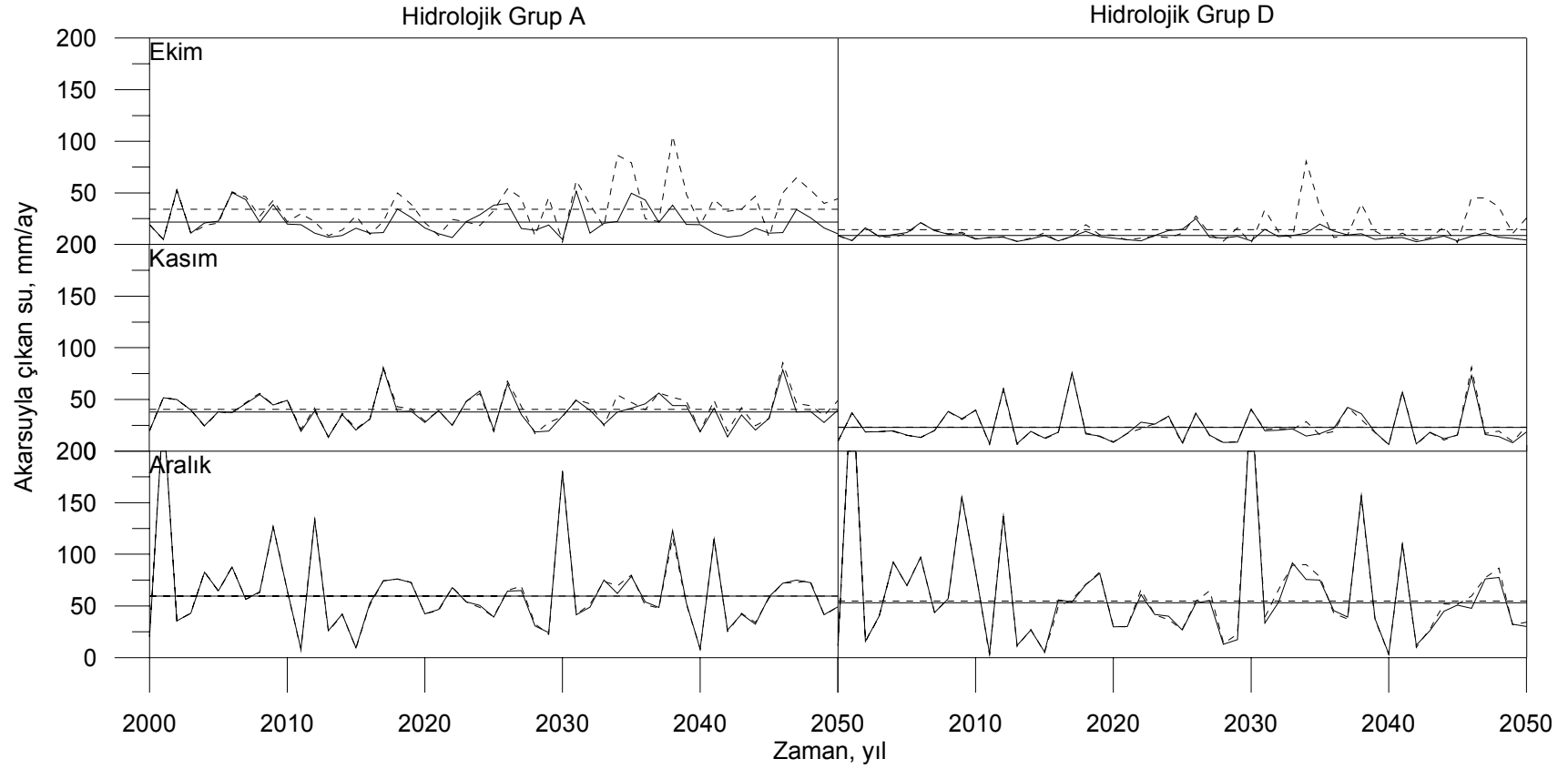
**Şekil 1.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 2.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

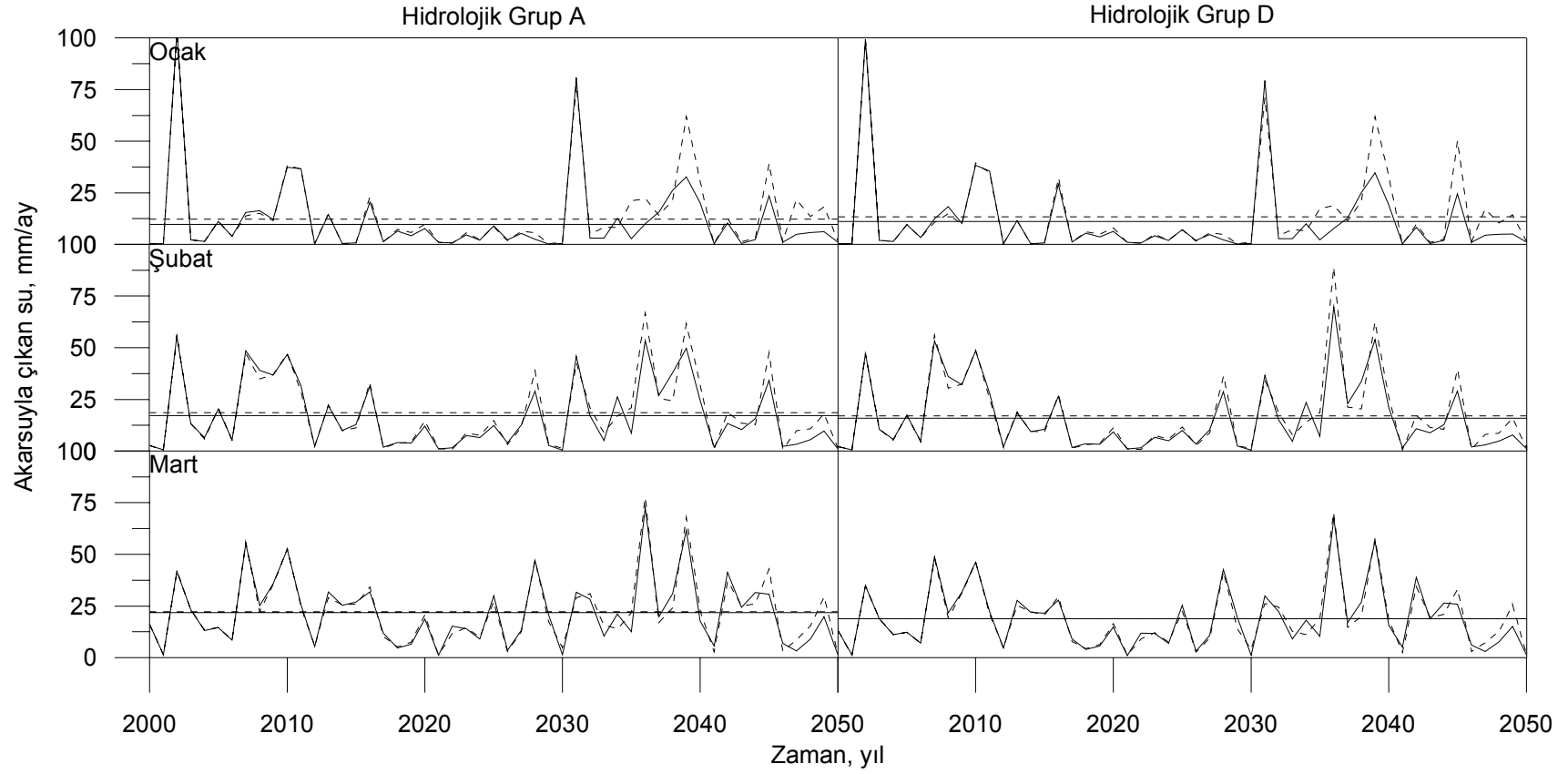


**Şekil 3.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

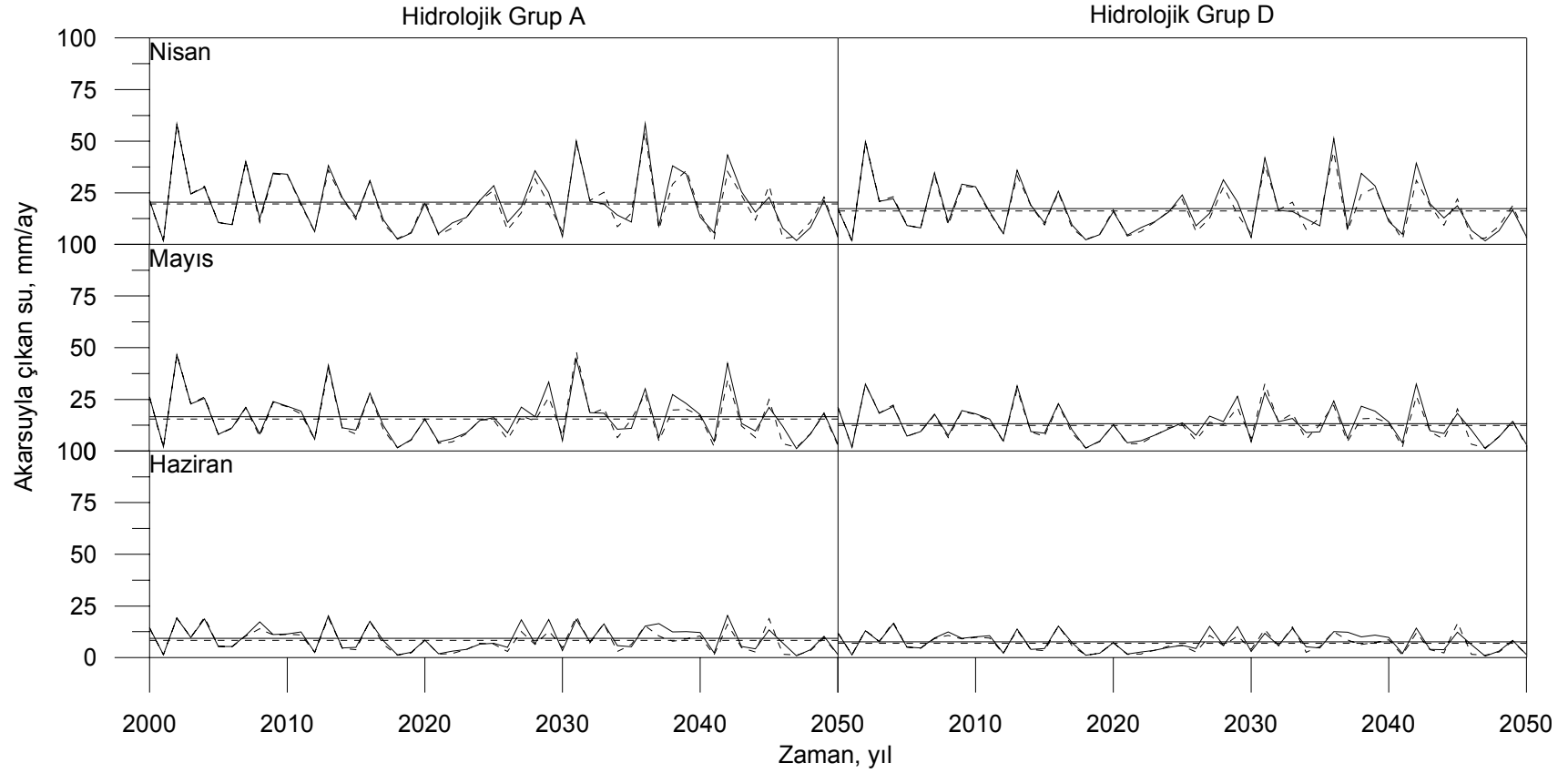


**Şekil 4.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

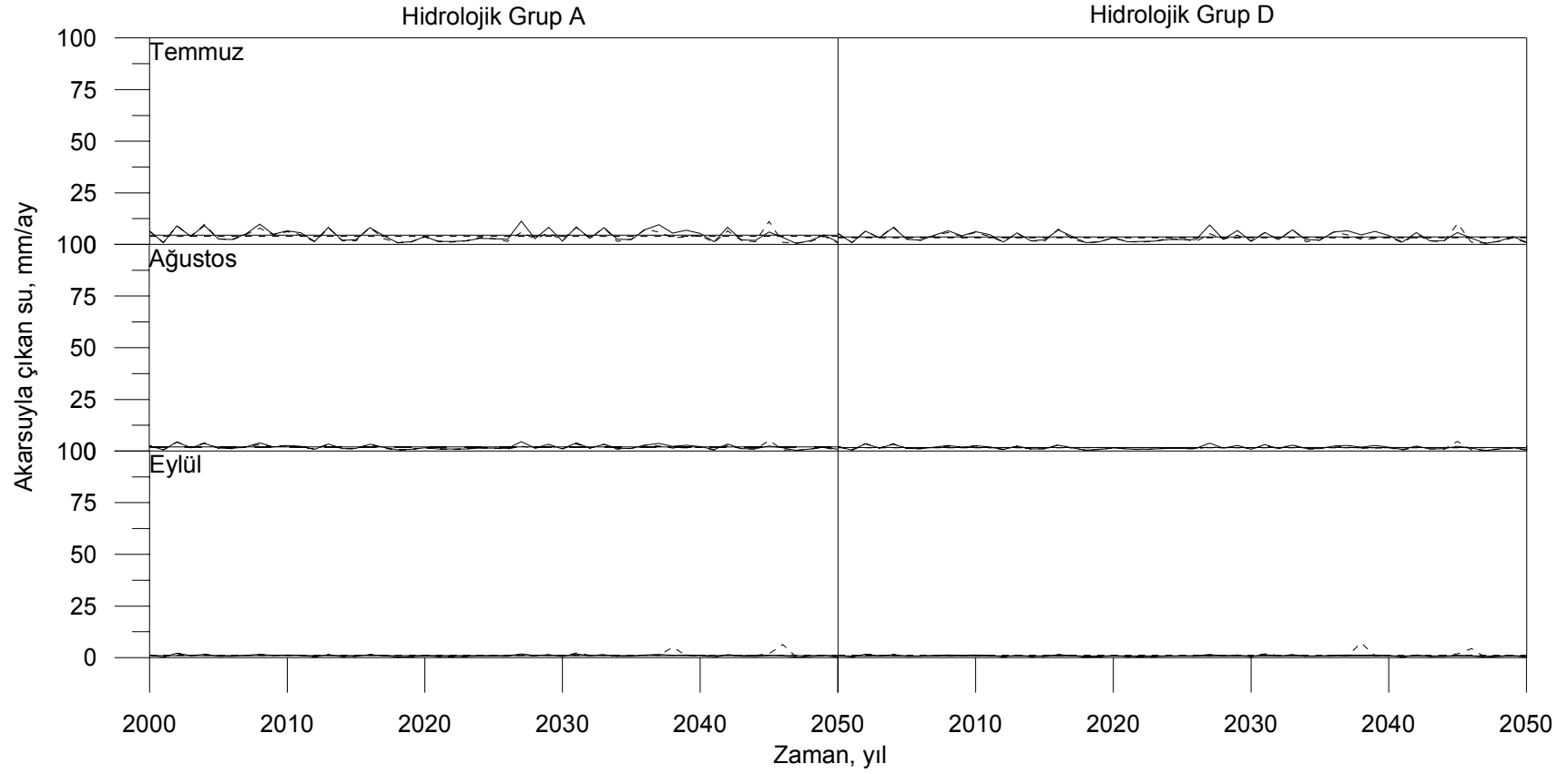




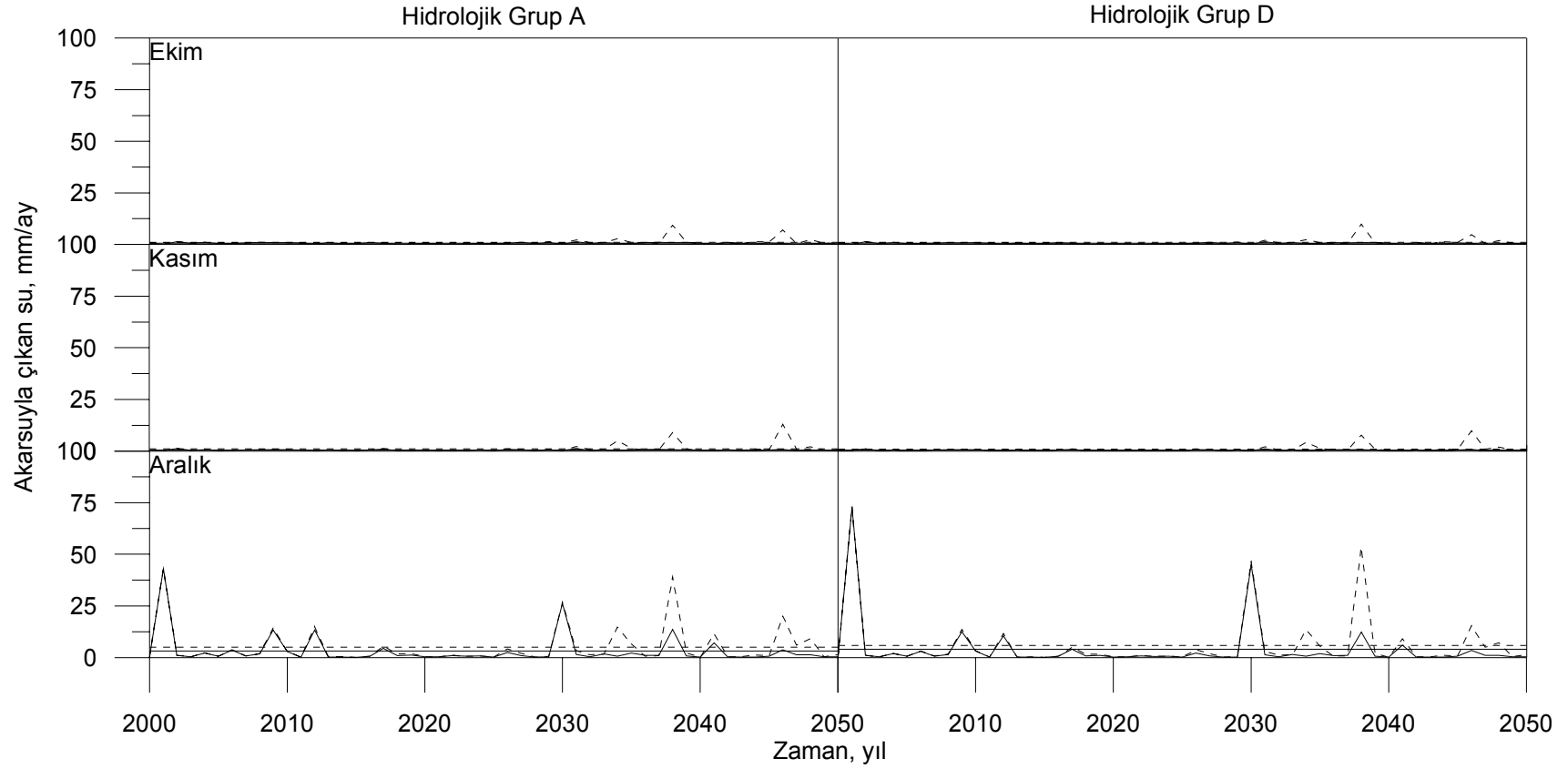
**Şekil 5.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



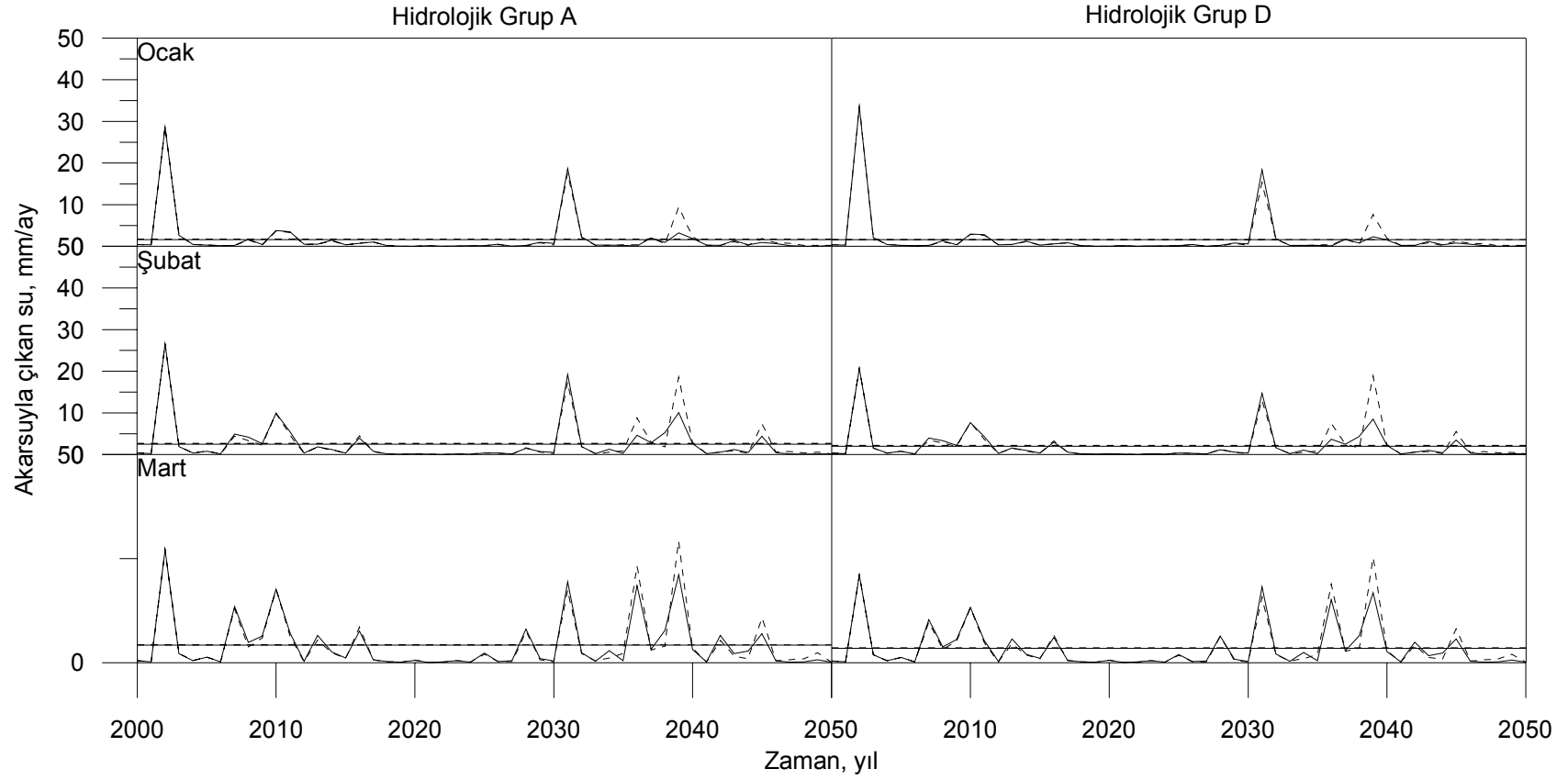
**Şekil 6.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



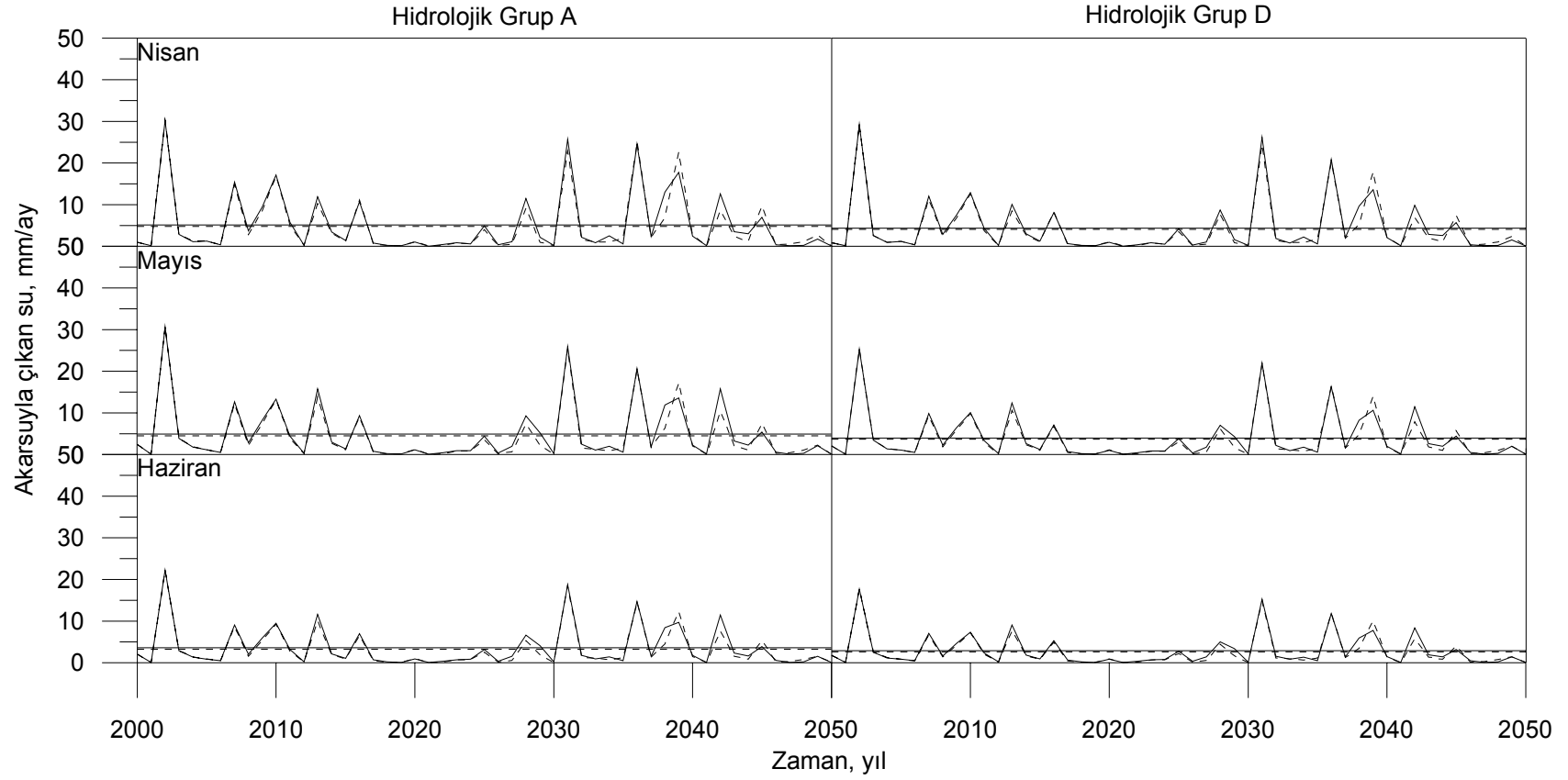
**Şekil 7.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



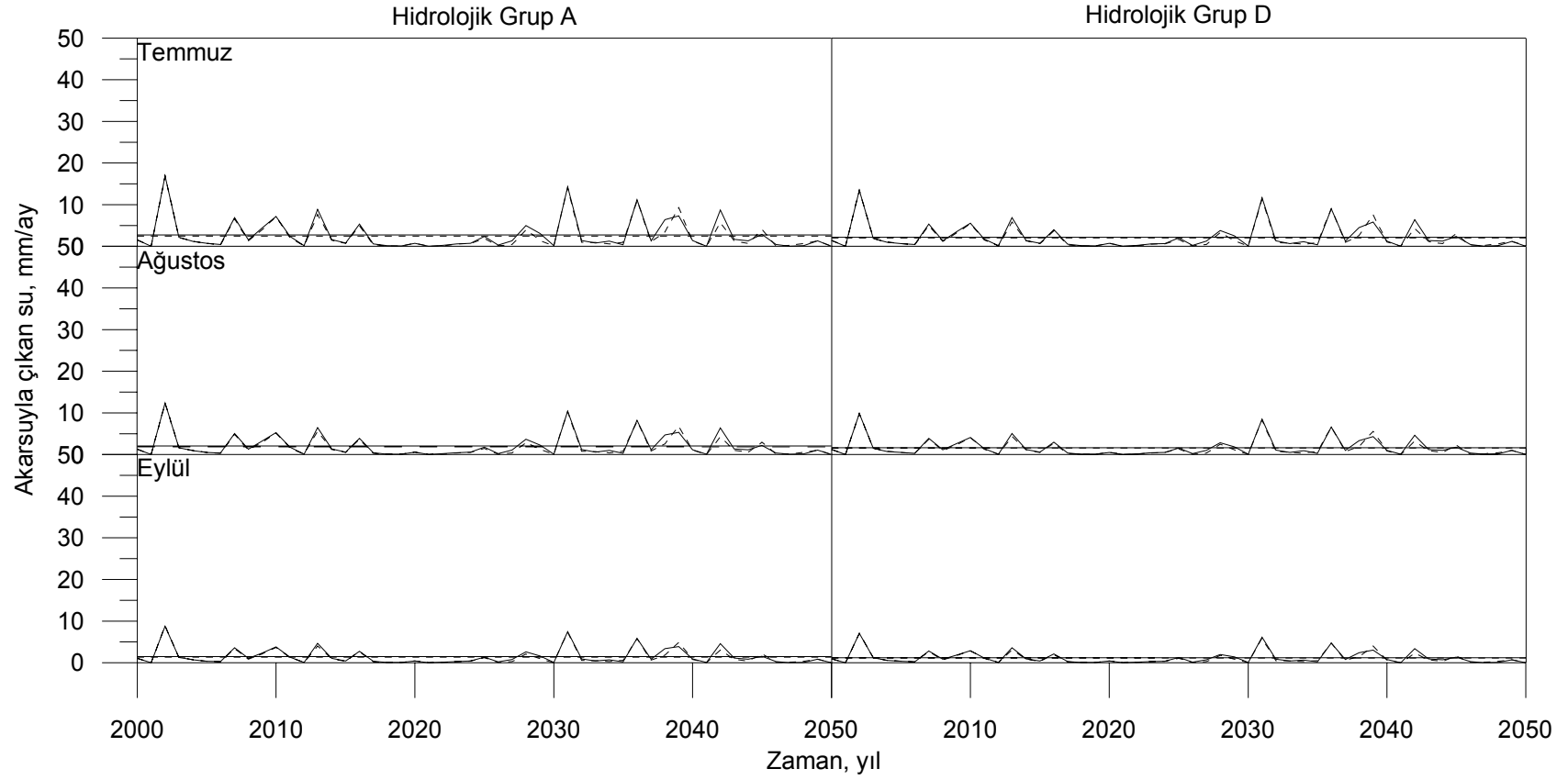
**Şekil 8.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_ \_ \_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



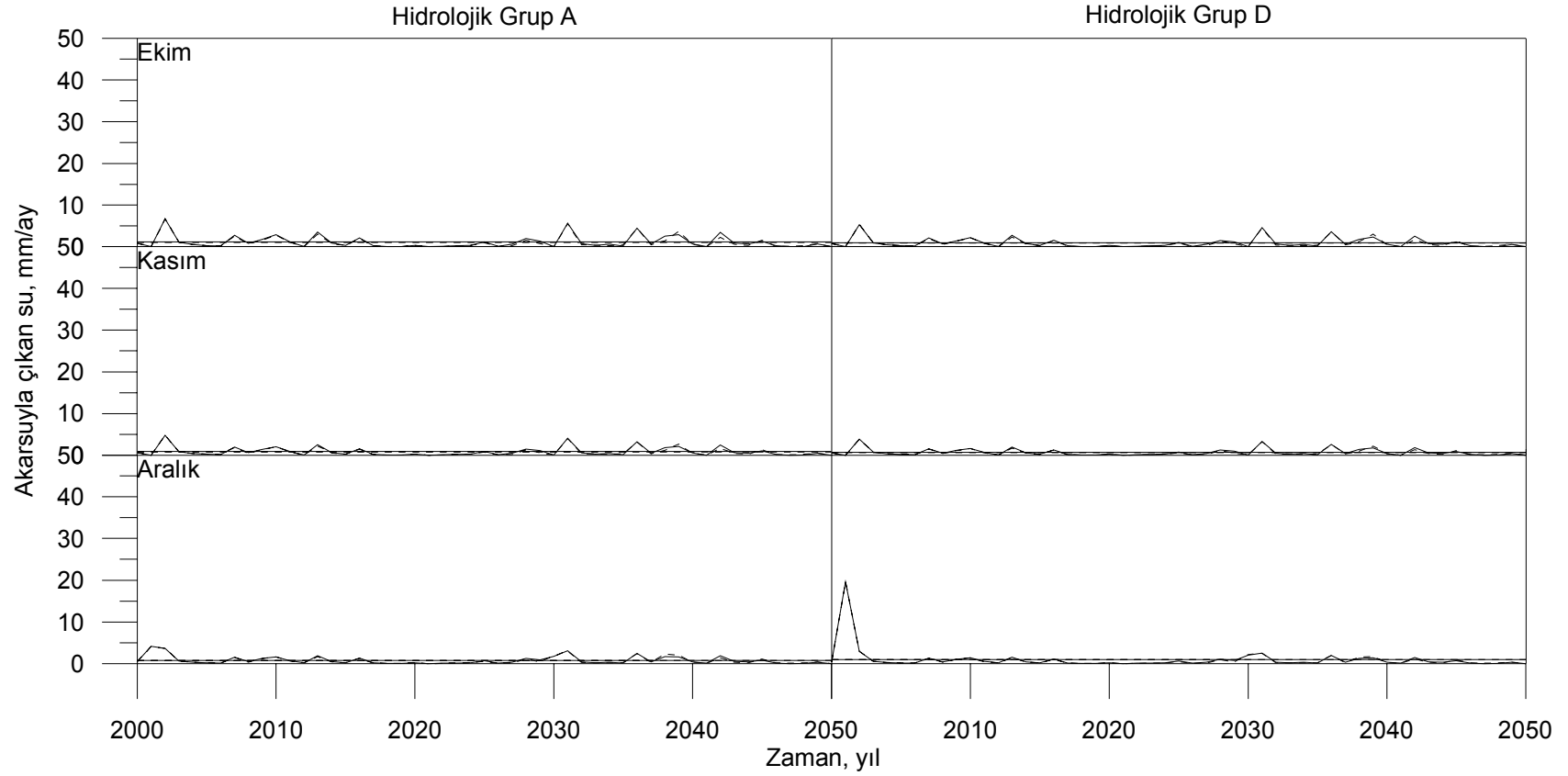
**Şekil 9.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 10.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

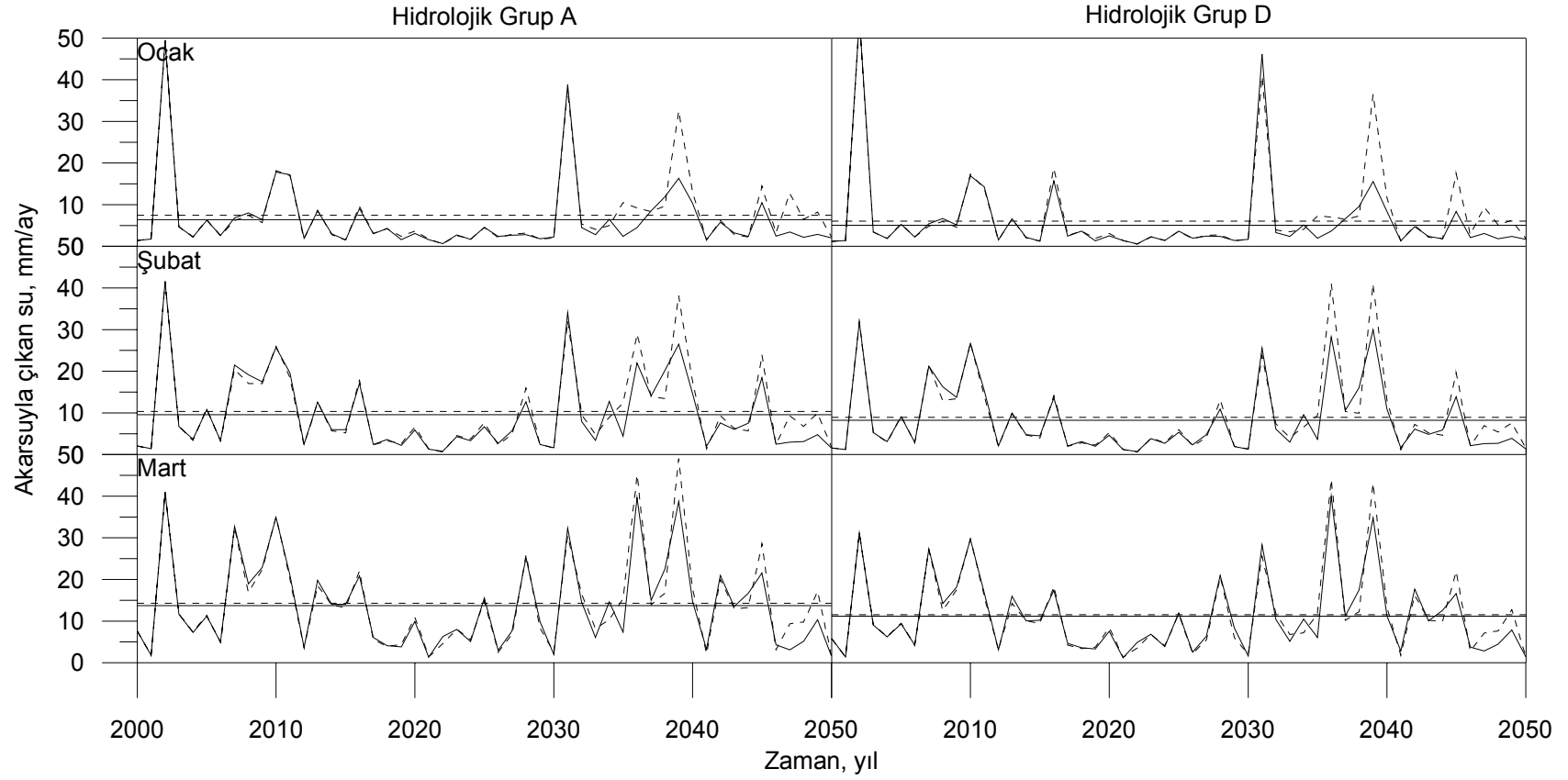


**Şekil 11.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

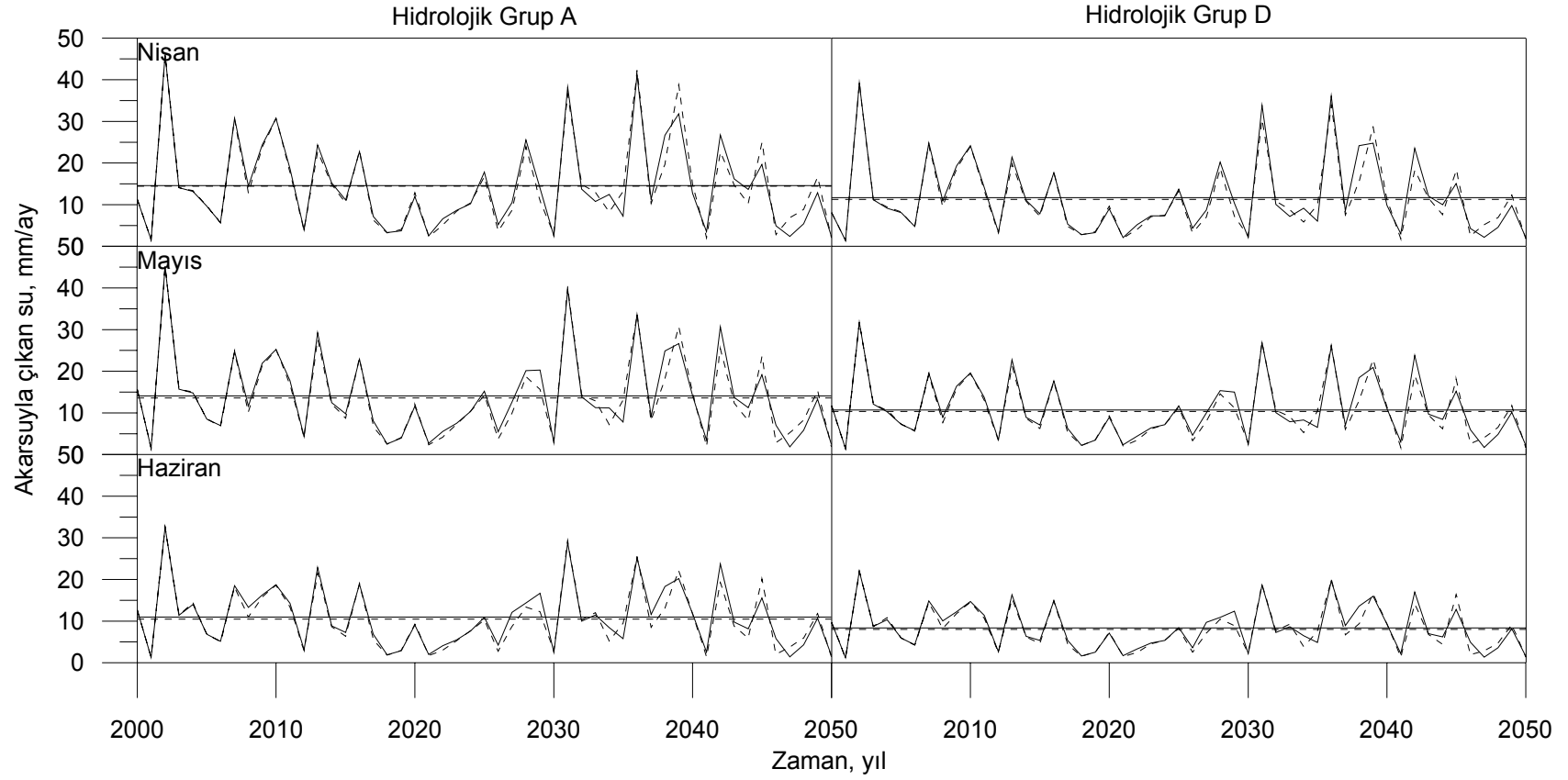


**Şekil 12.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

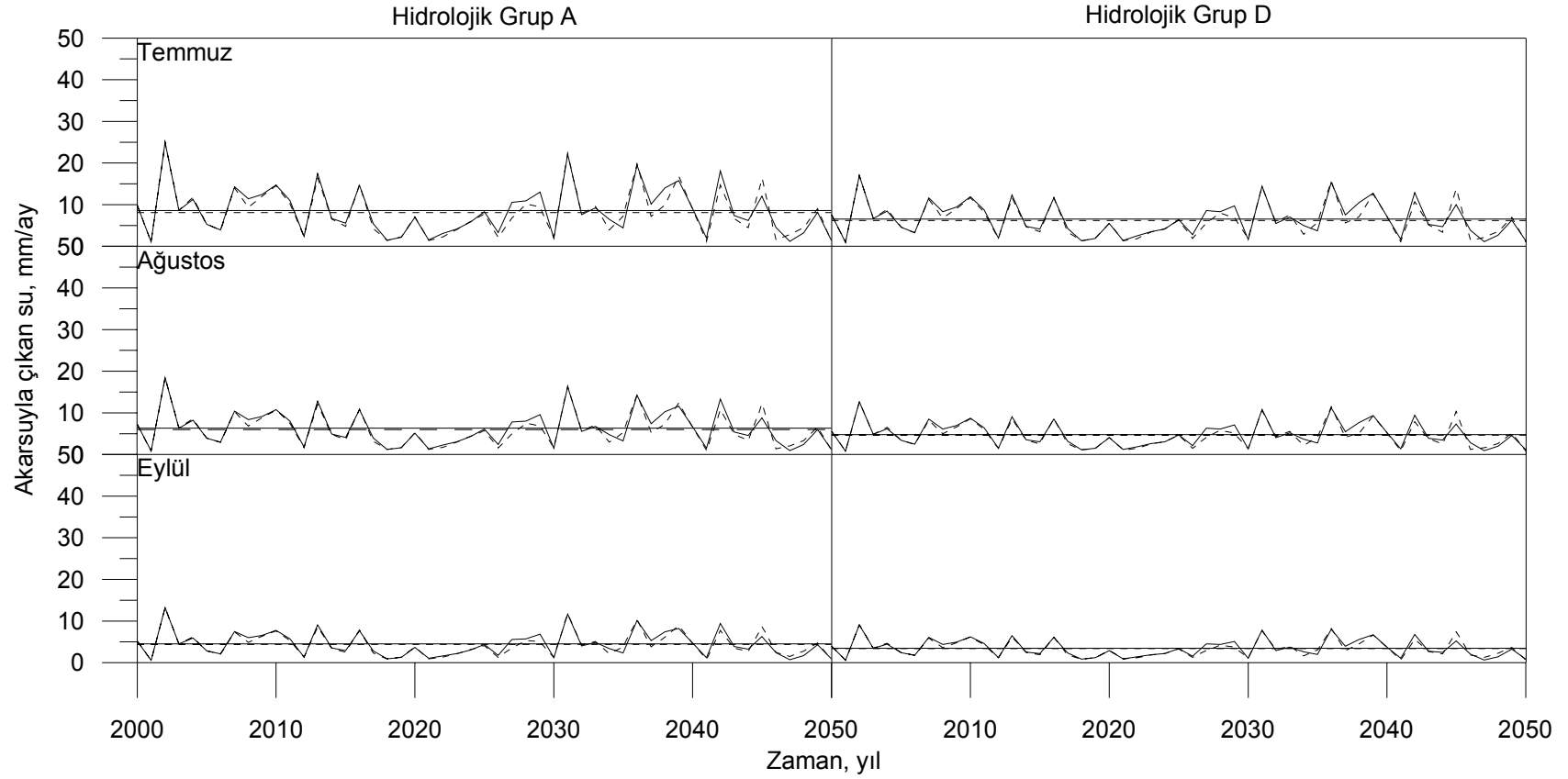




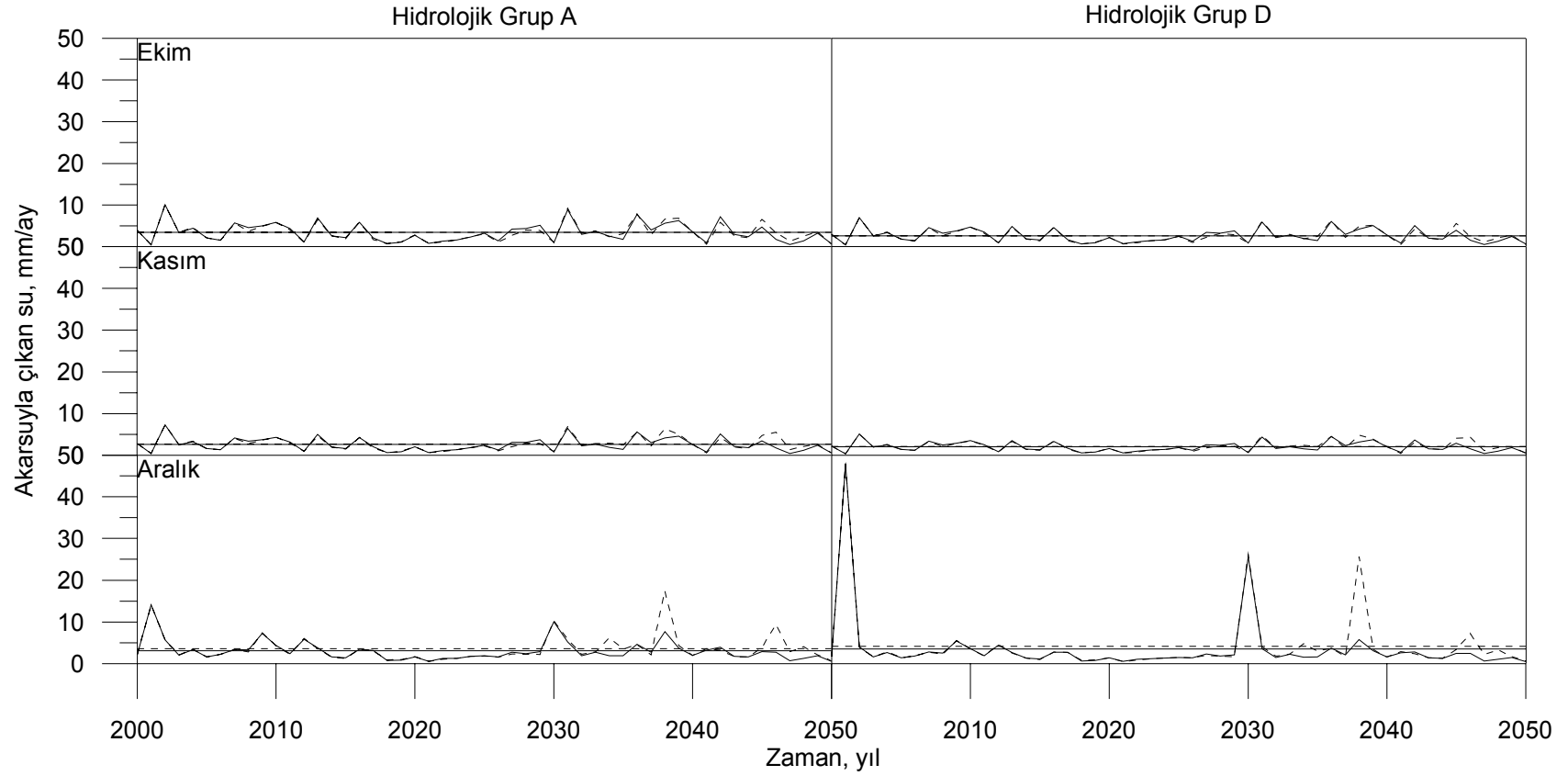
**Şekil 13.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 14.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

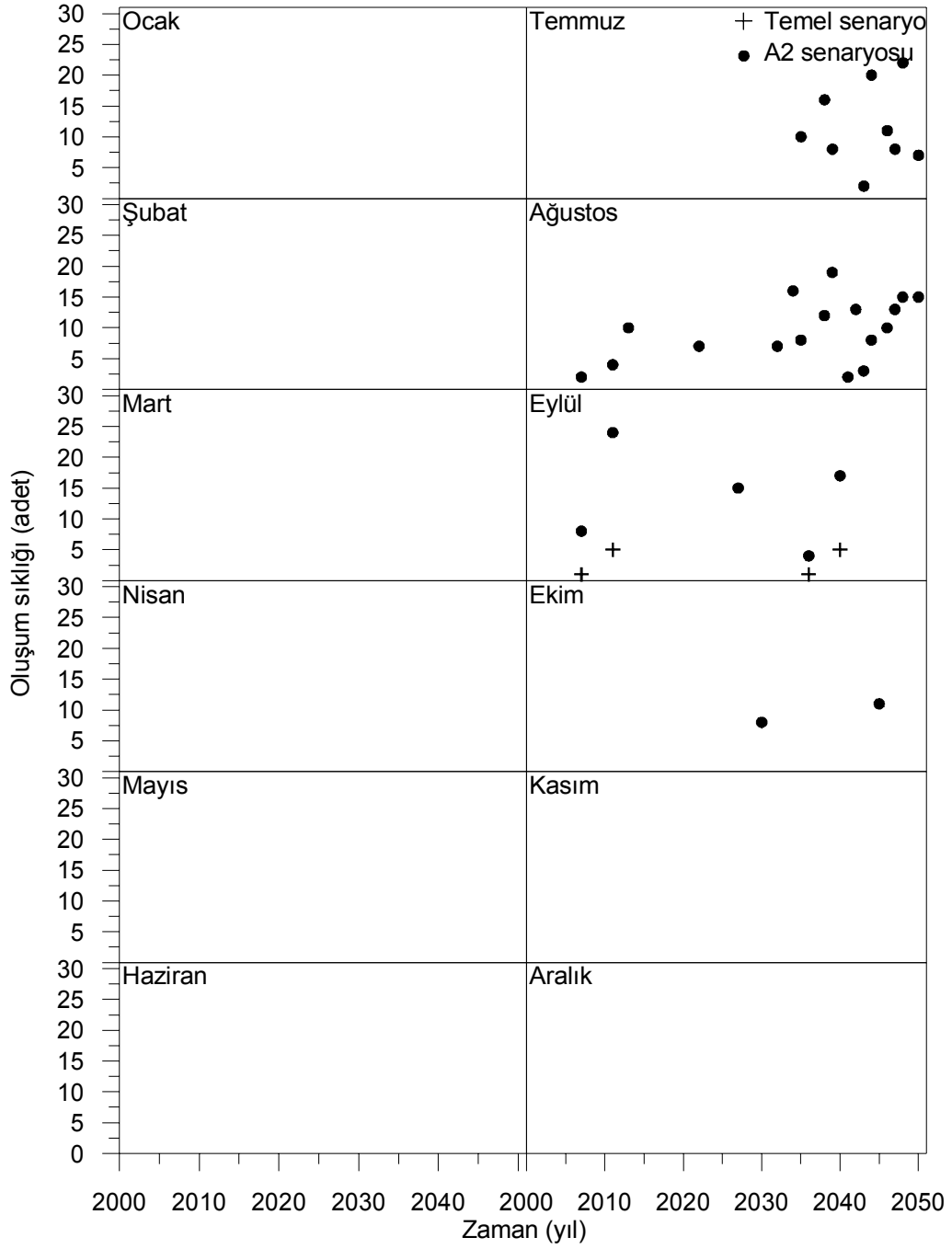


**Şekil 15.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

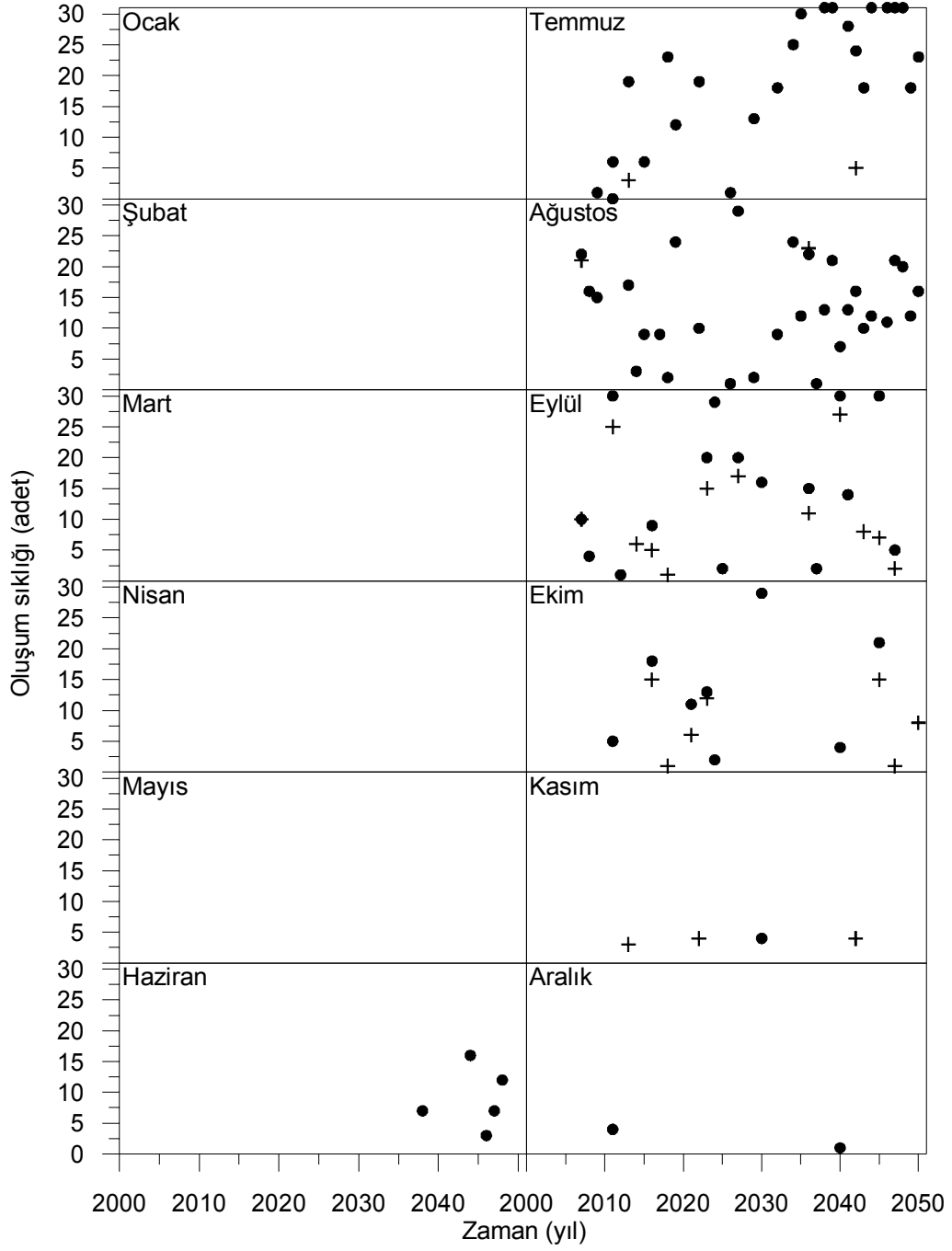


**Şekil 16.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası akarsu ile çıkan su miktarı değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

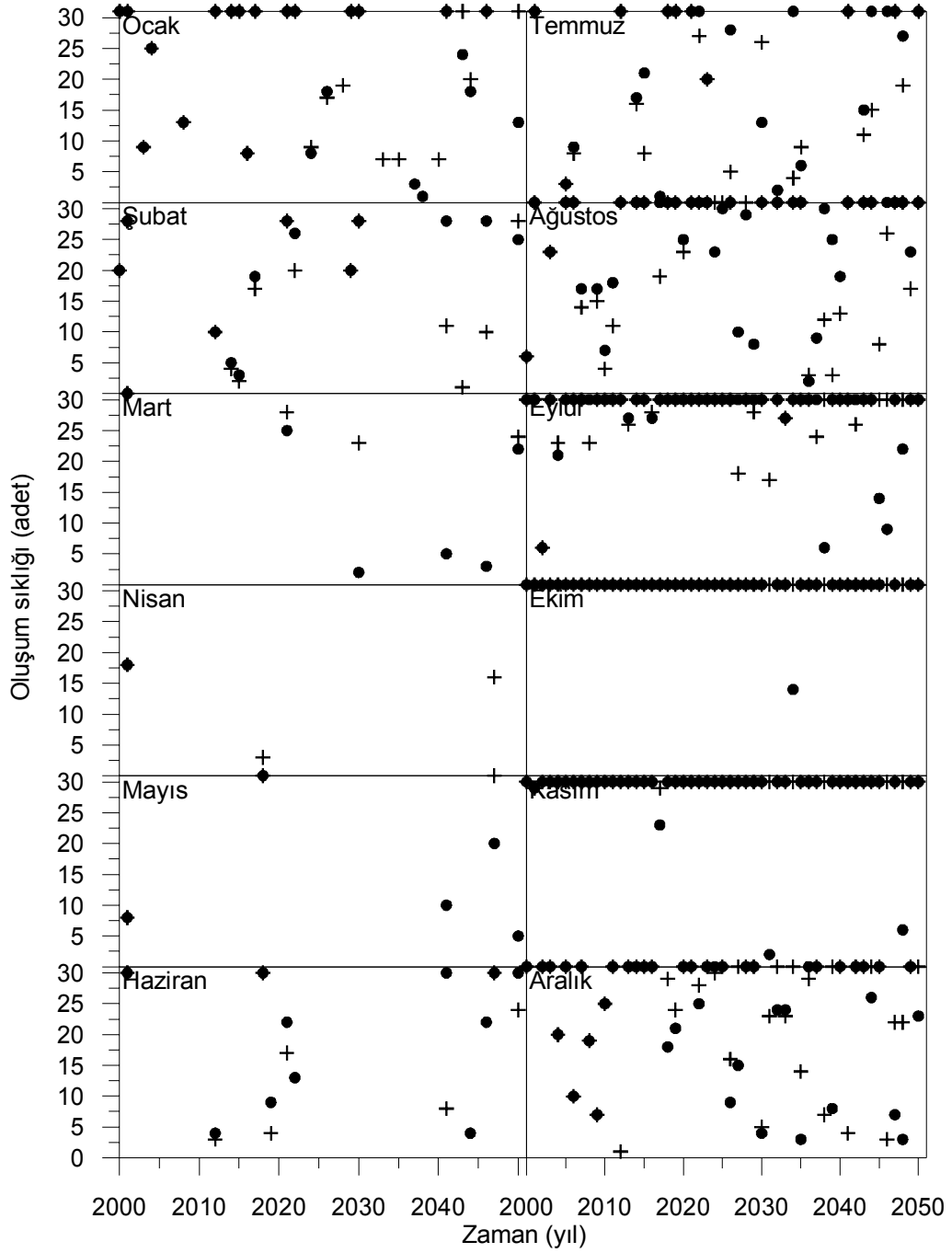
## EK-11 Akarsu Kuru/Taşkın Gün Sayıları Grafikleri



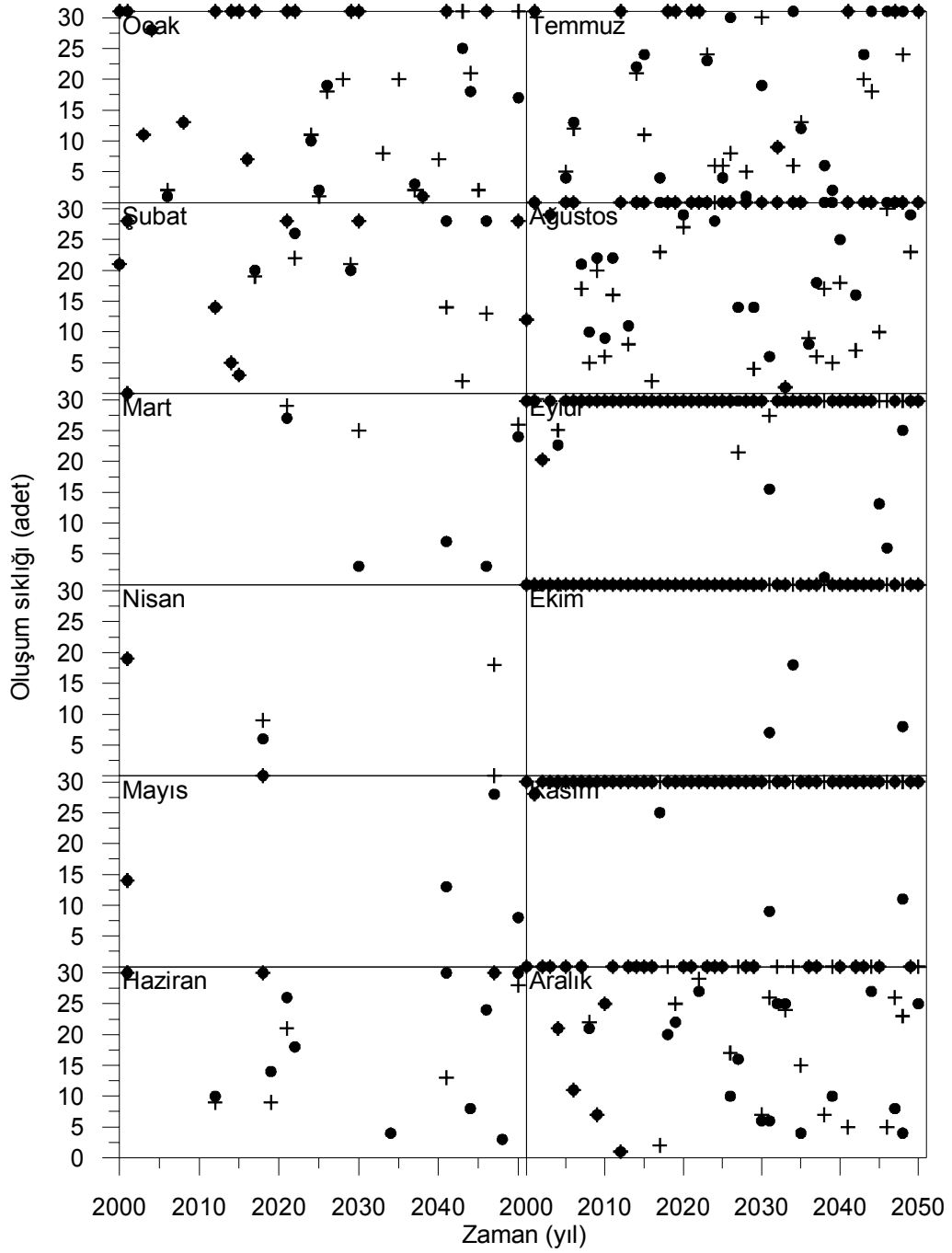
Şekil 1. 01 numaralı çıplak arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı



Şekil 2. 04 numaralı çıplak arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı

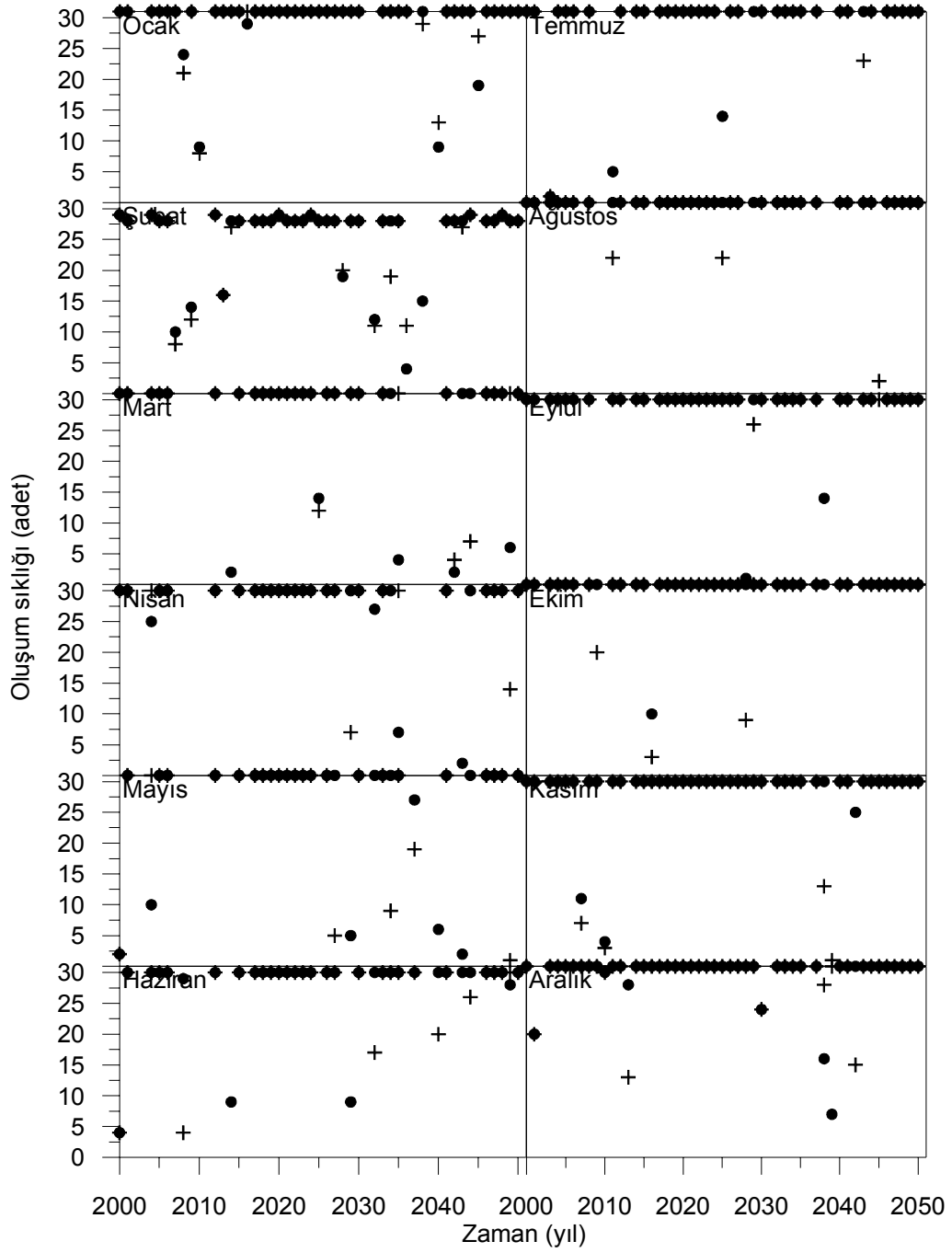


Şekil 3. 05 numaralı mera arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı

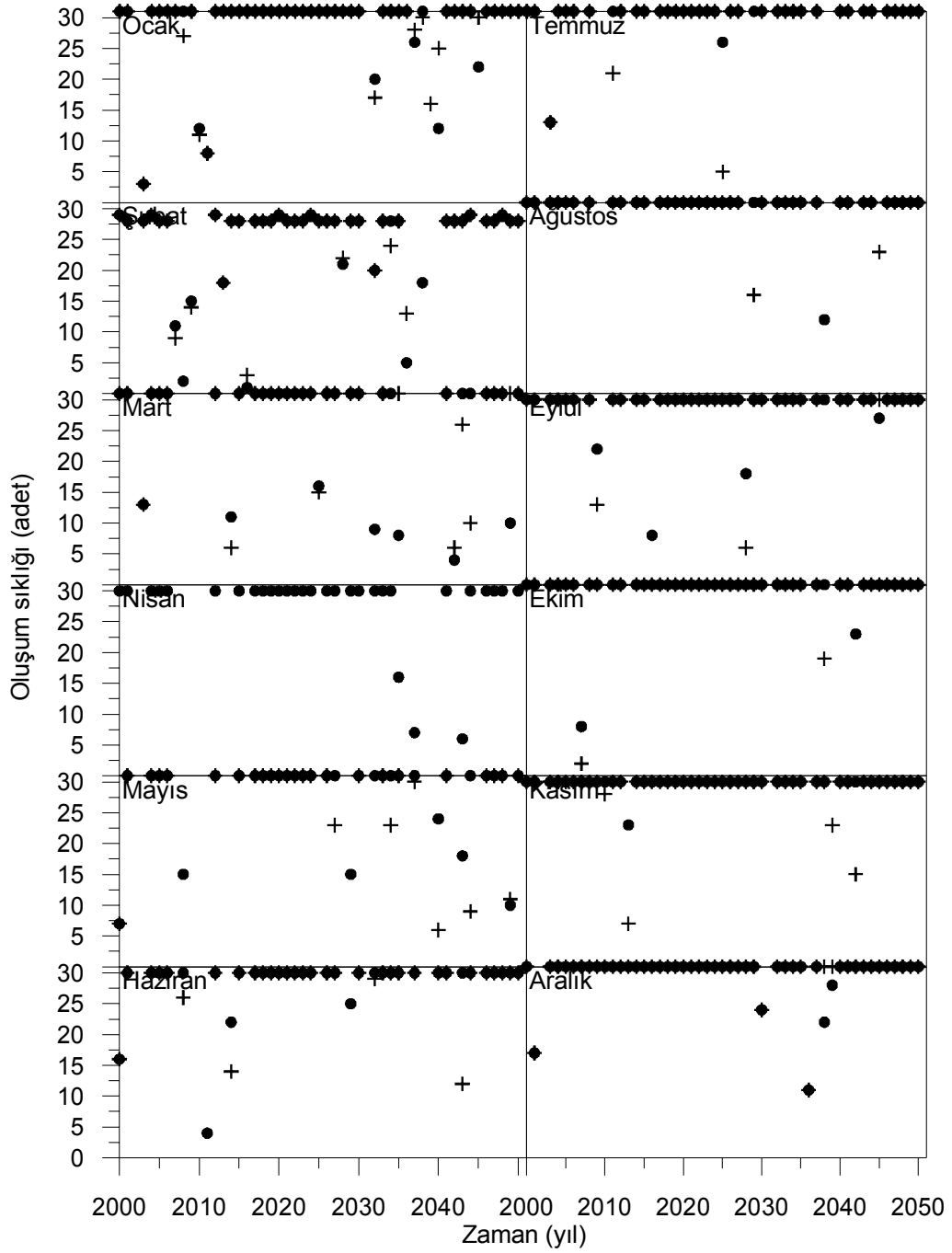


Şekil 4. 08 numaralı mera arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı

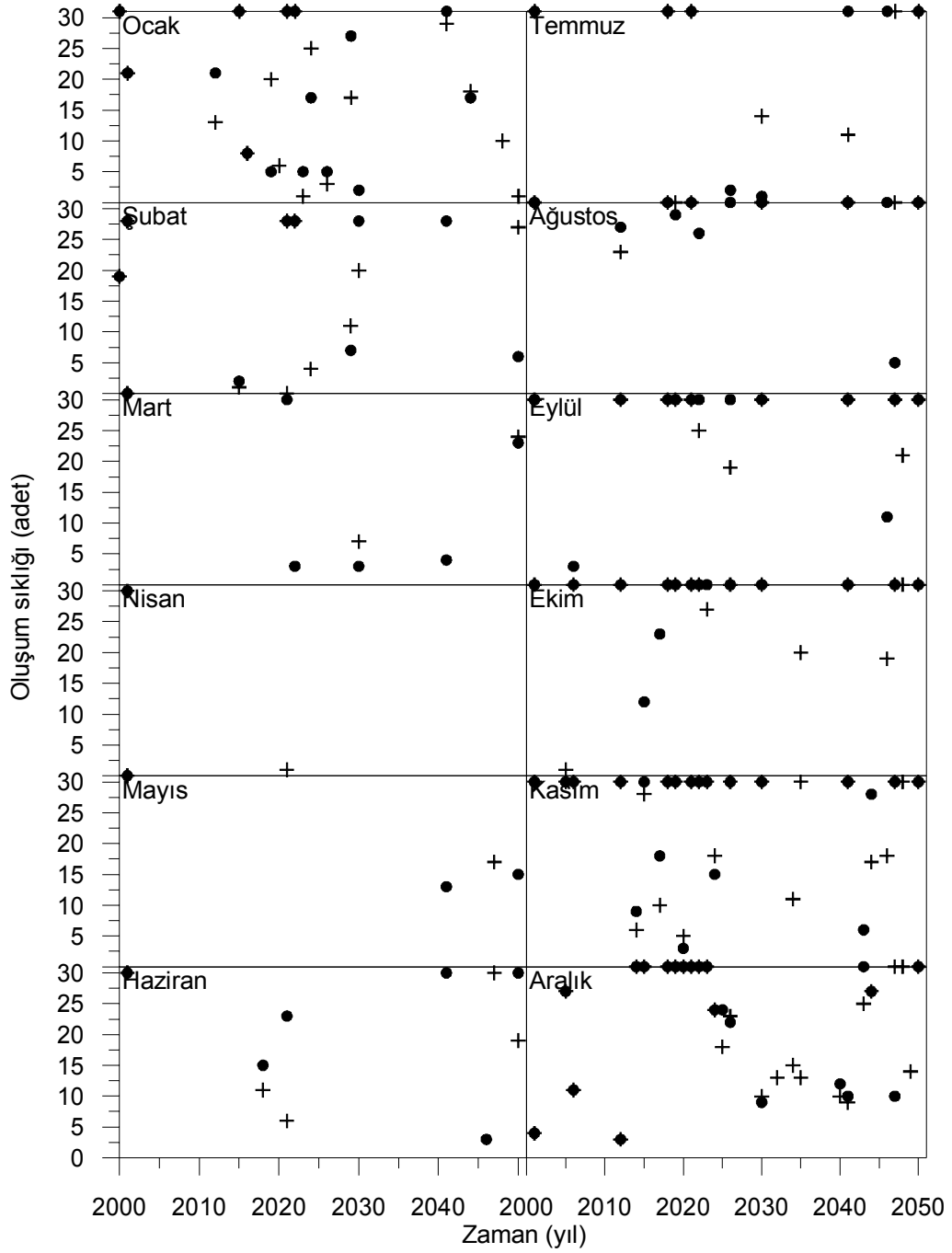




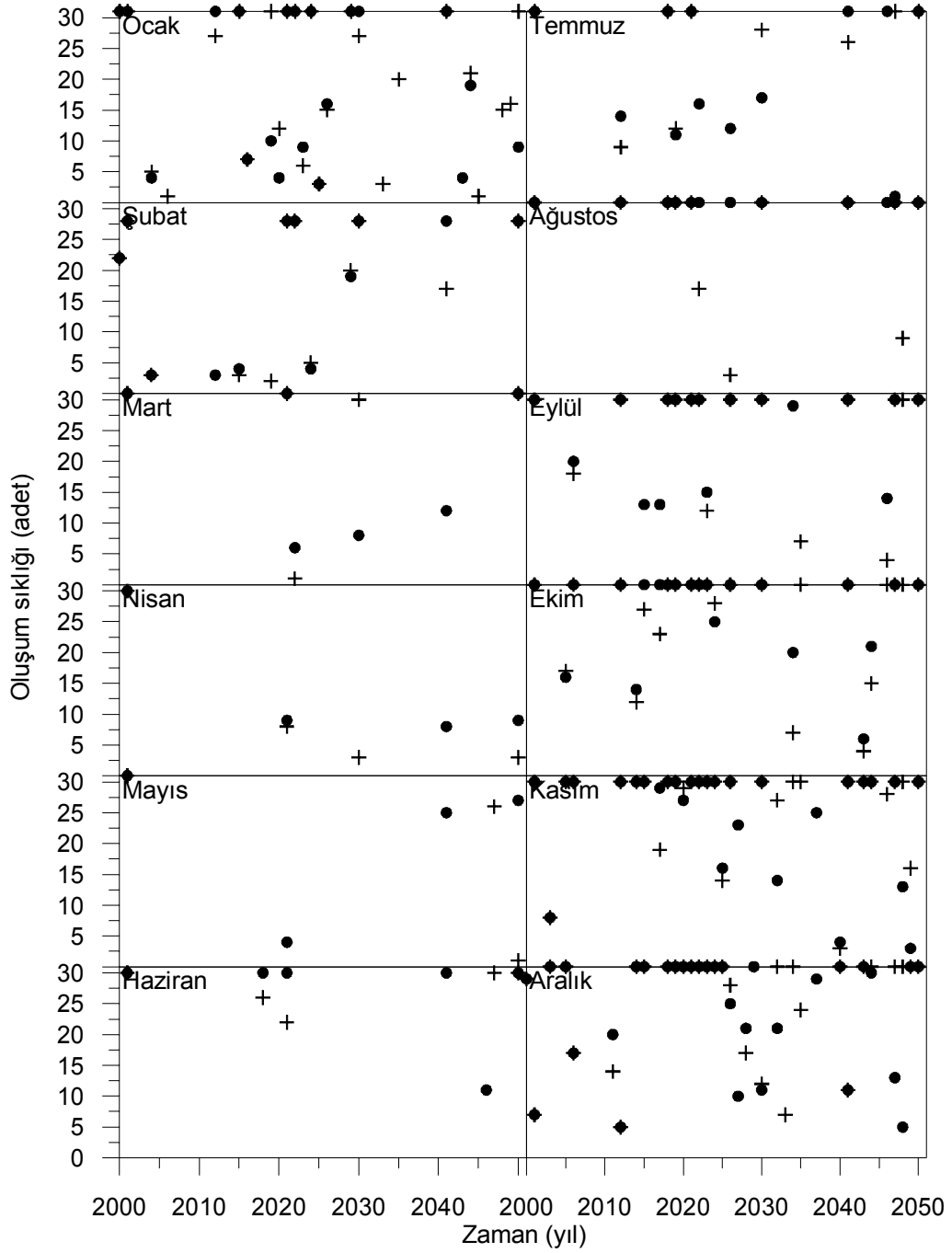
Şekil 5. 09 numaralı iğne yapraklı ormanlık arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı



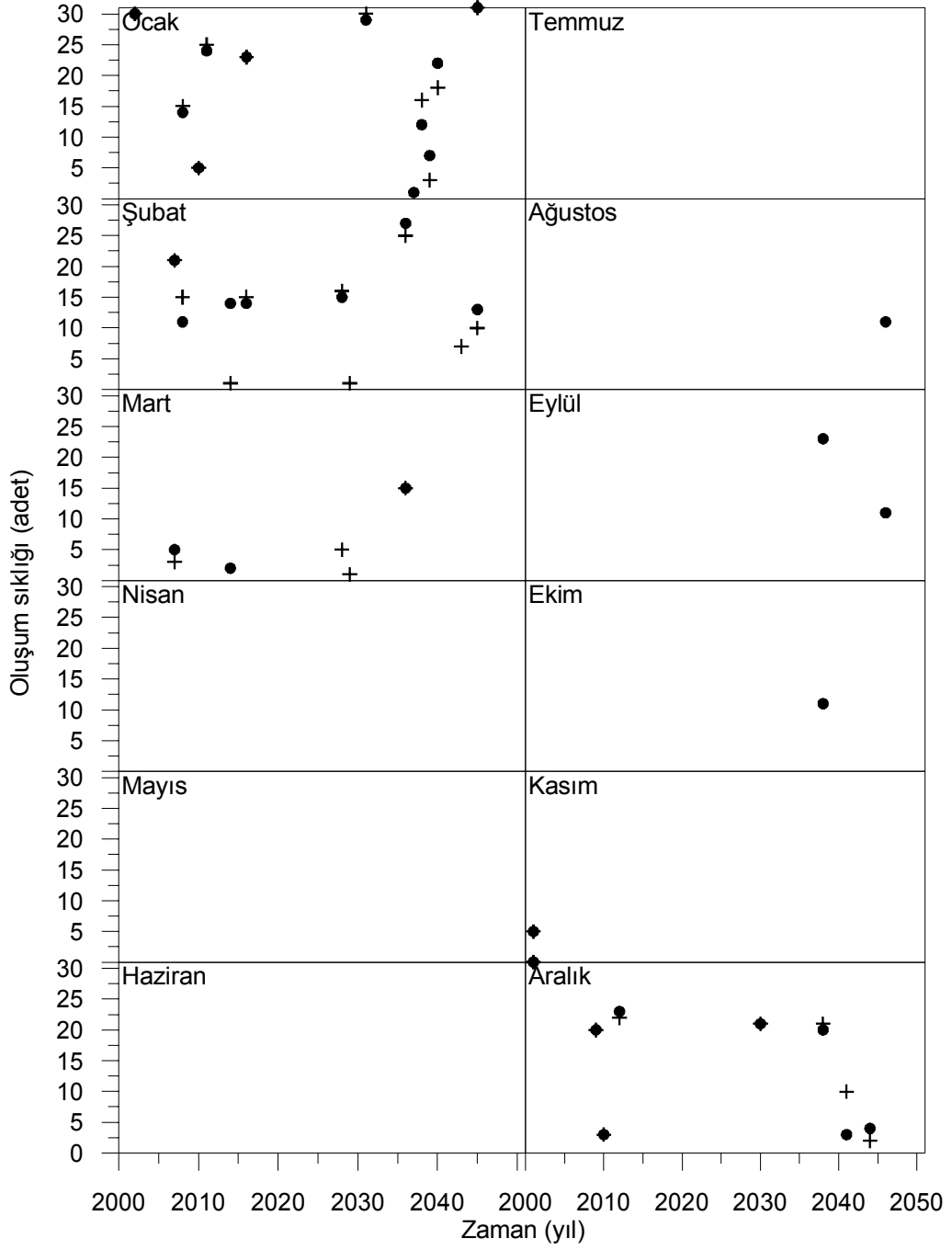
Şekil 6. 12 numaralı iğne yapraklı ormanlık arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı



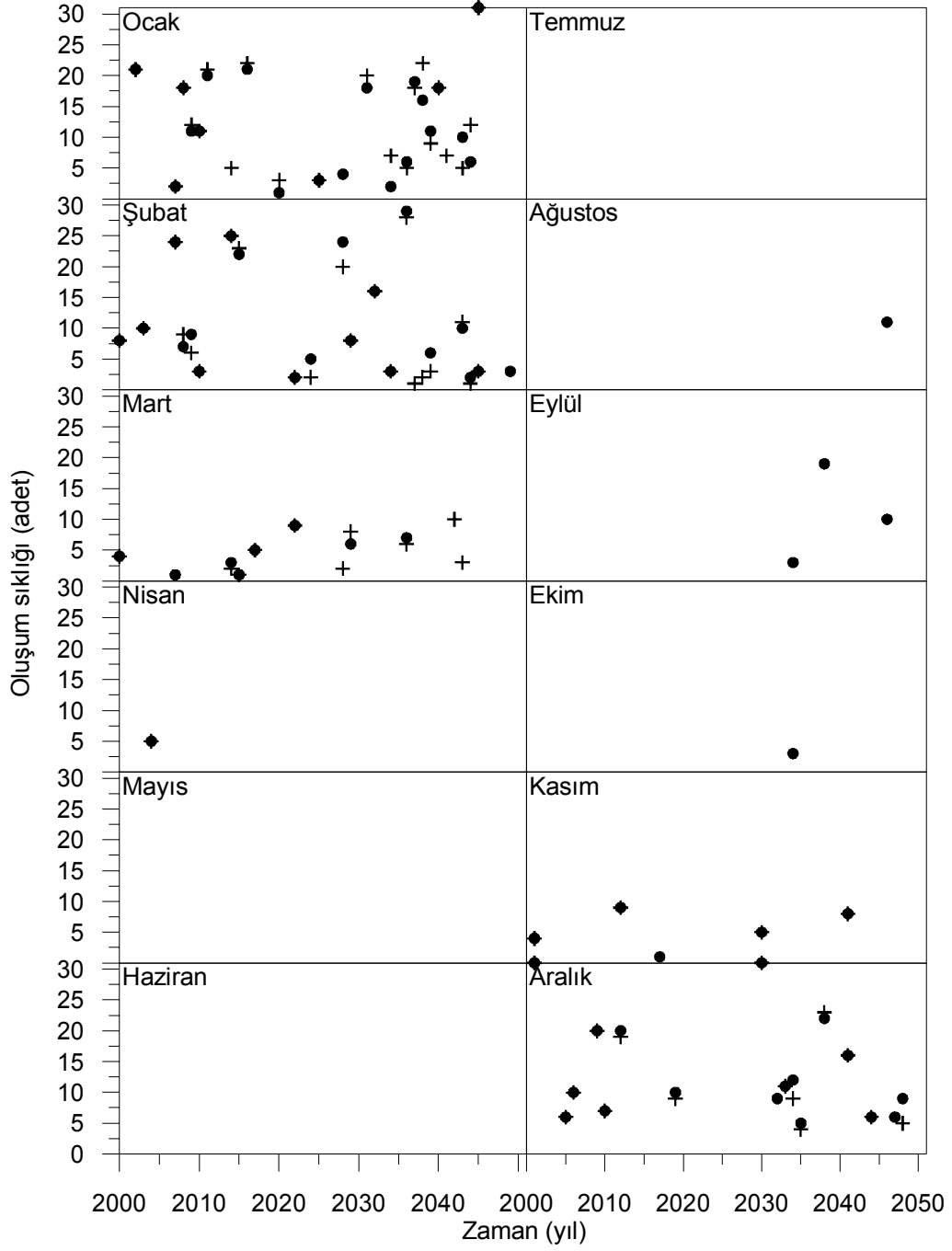
Şekil 7. 13 numaralı yaprağını döken ormanlık arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı



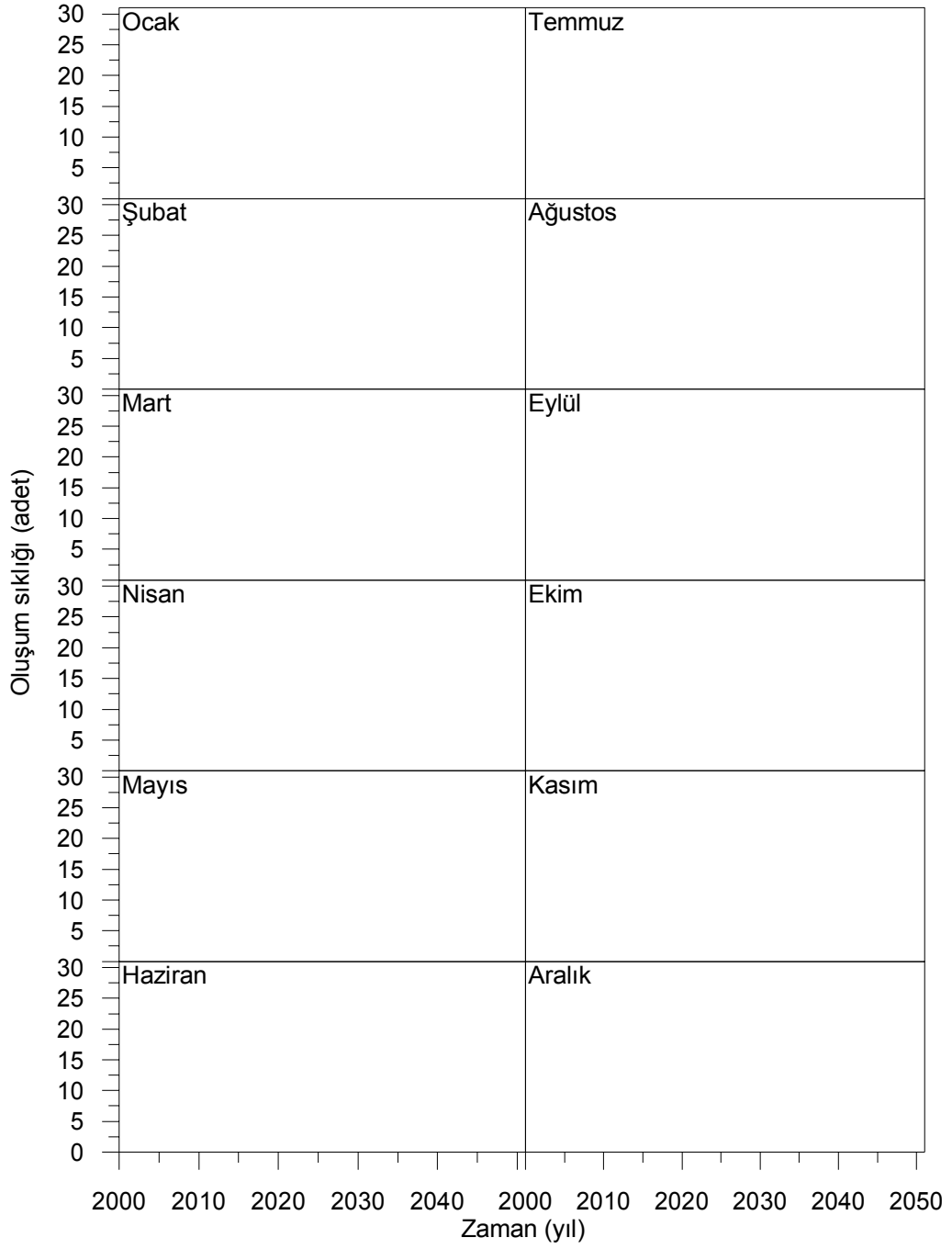
Şekil 8. 16 numaralı yaprağını döken ormanlık arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun kuru gün sayısı



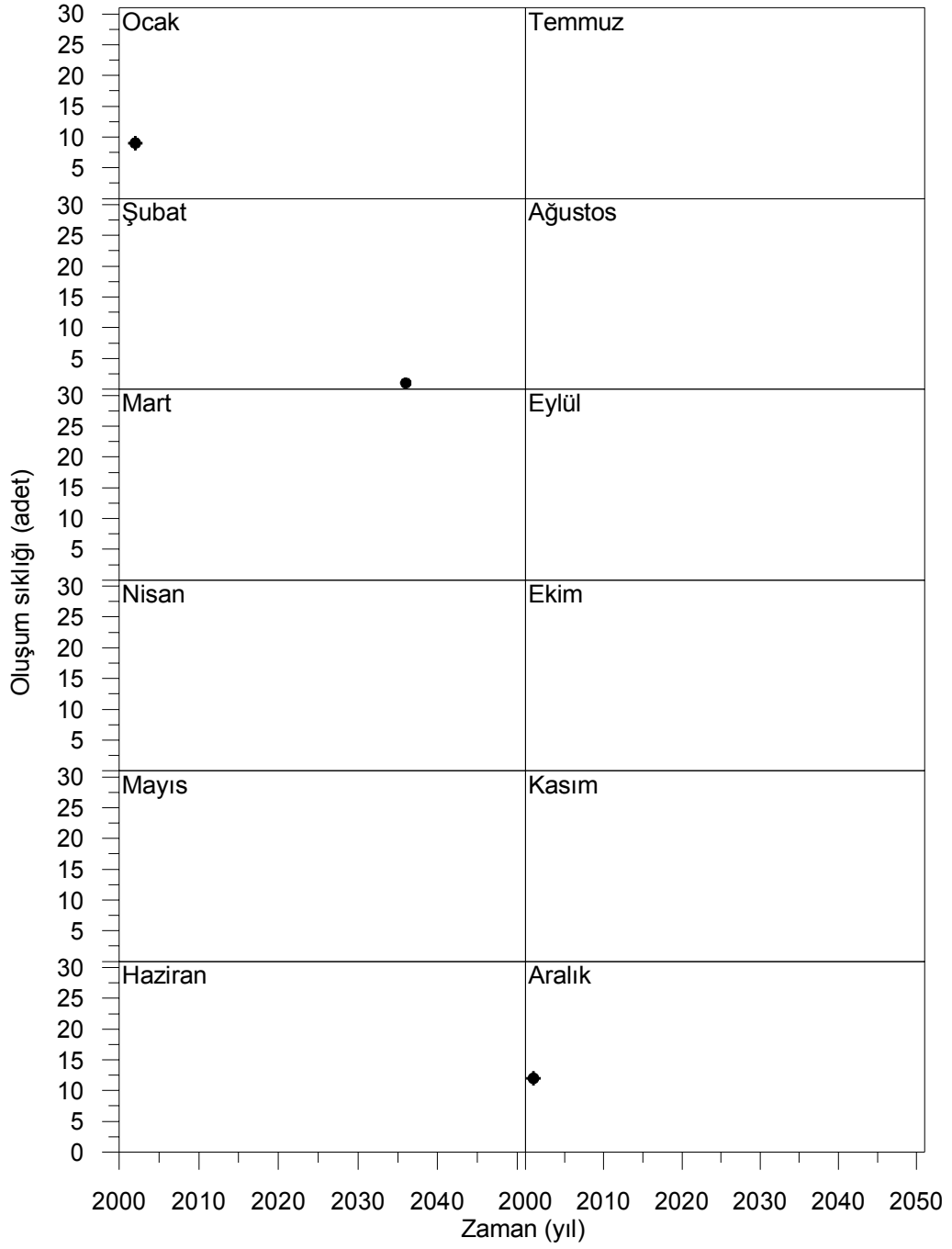
Şekil 9. 01 numaralı çıplak arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı



Şekil 10. 04 numaralı çıplak arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

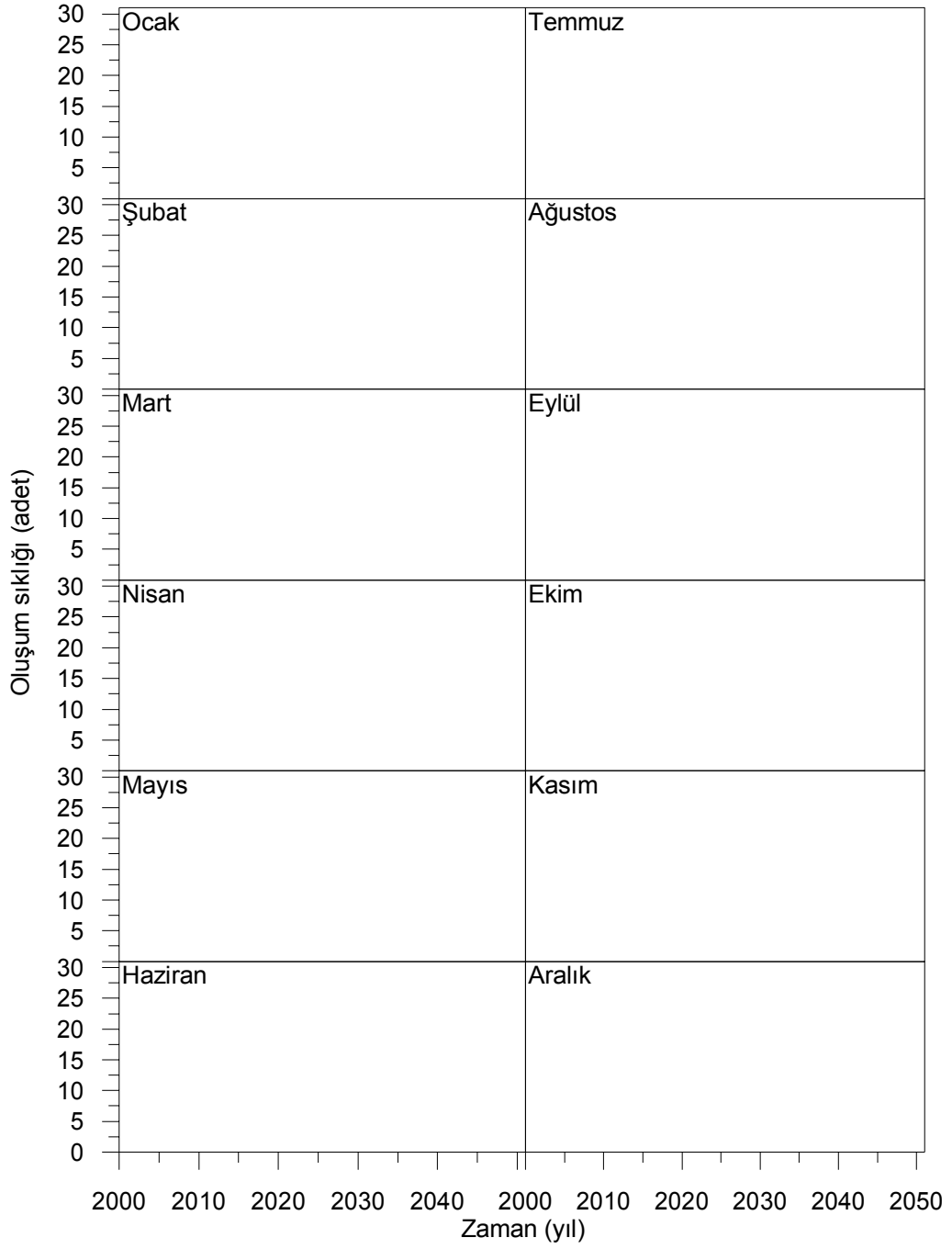


**Şekil 11.** 05 numaralı mera arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

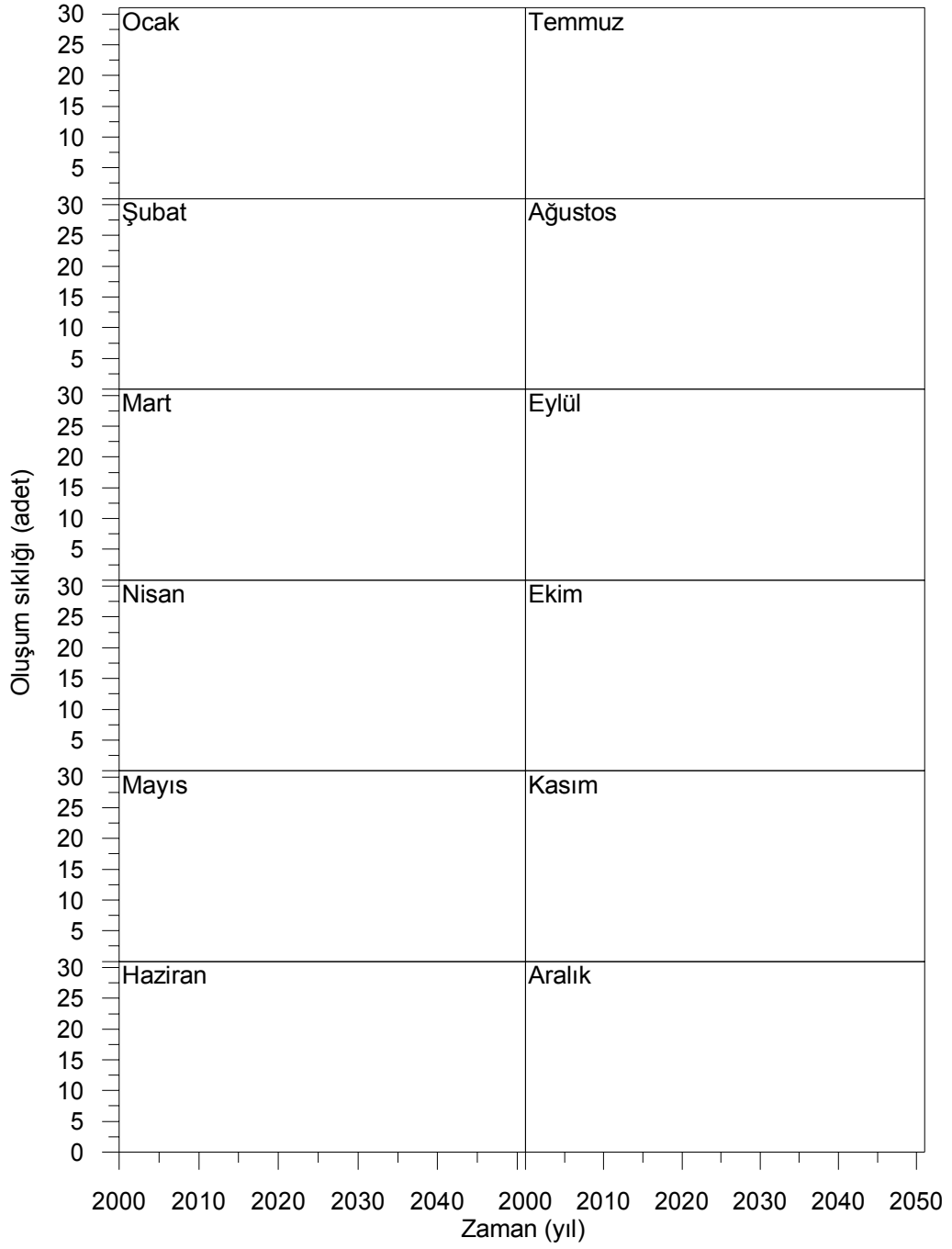


Şekil 12. 08 numaralı mera arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

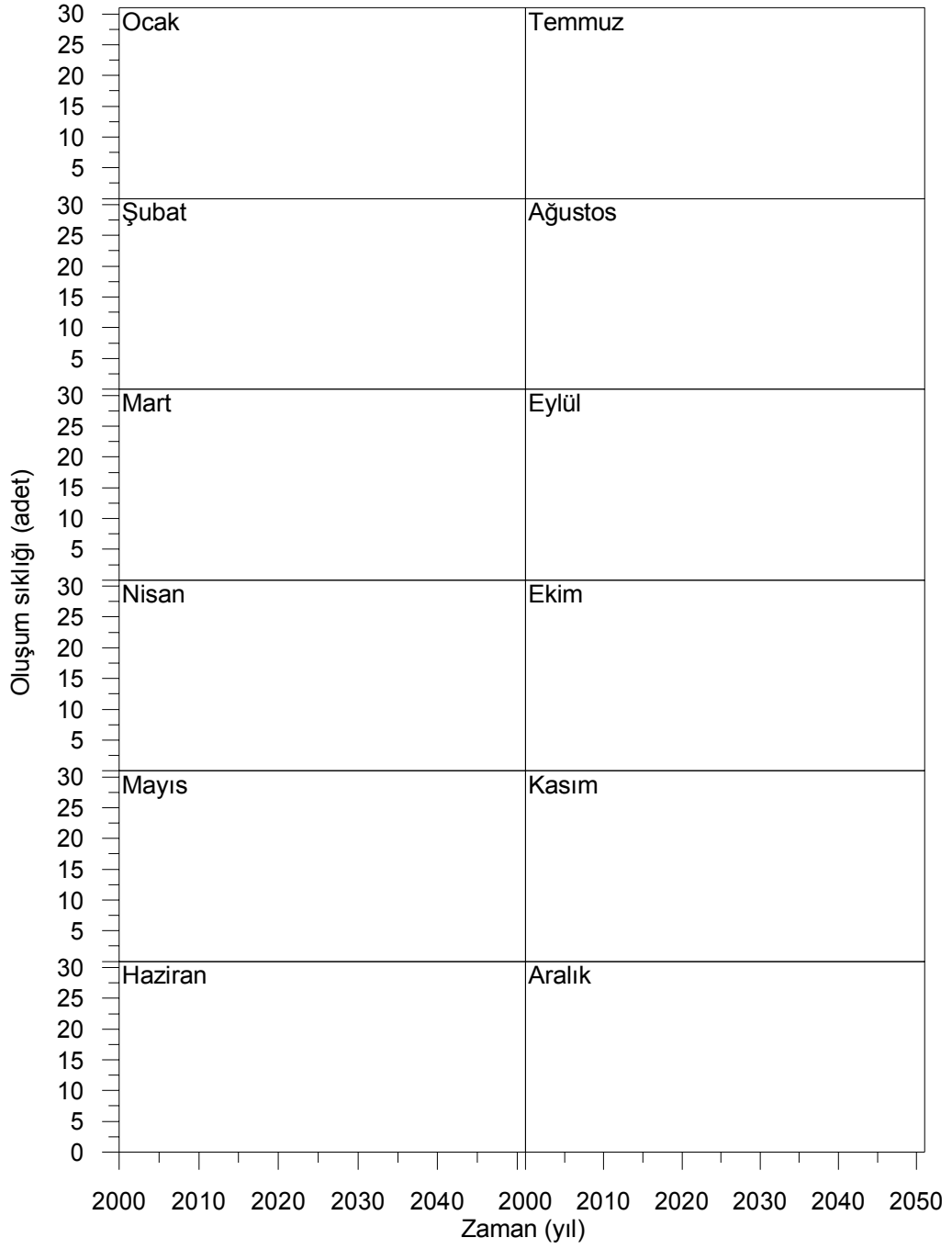




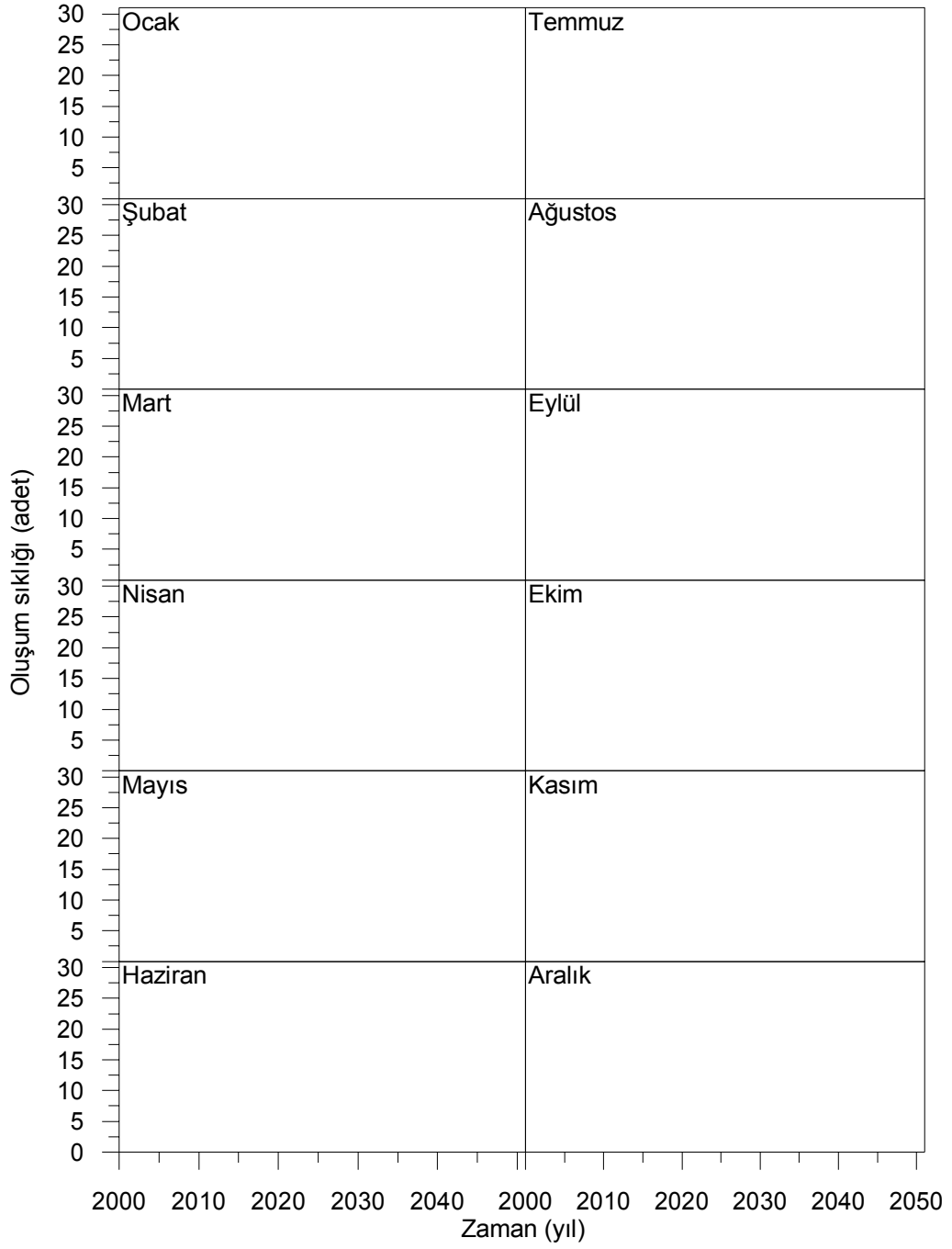
Şekil 13. 09 numaralı iğne yapraklı ormanlık arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı



**Şekil 14.** 12 numaralı iğne yapraklı ormanlık arazi D toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

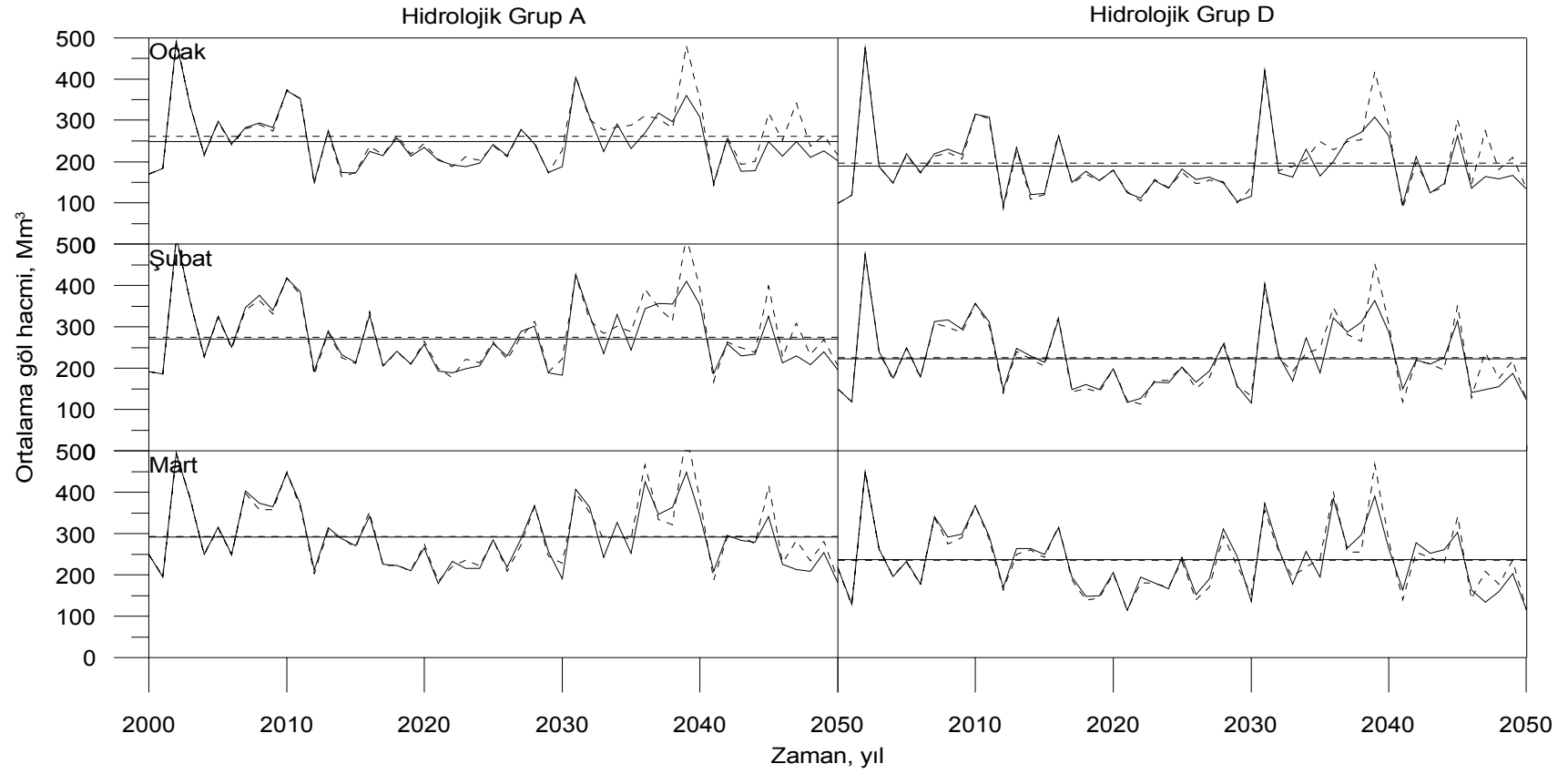


**Şekil 15.** 13 numaralı yaprağını döken ormanlık arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

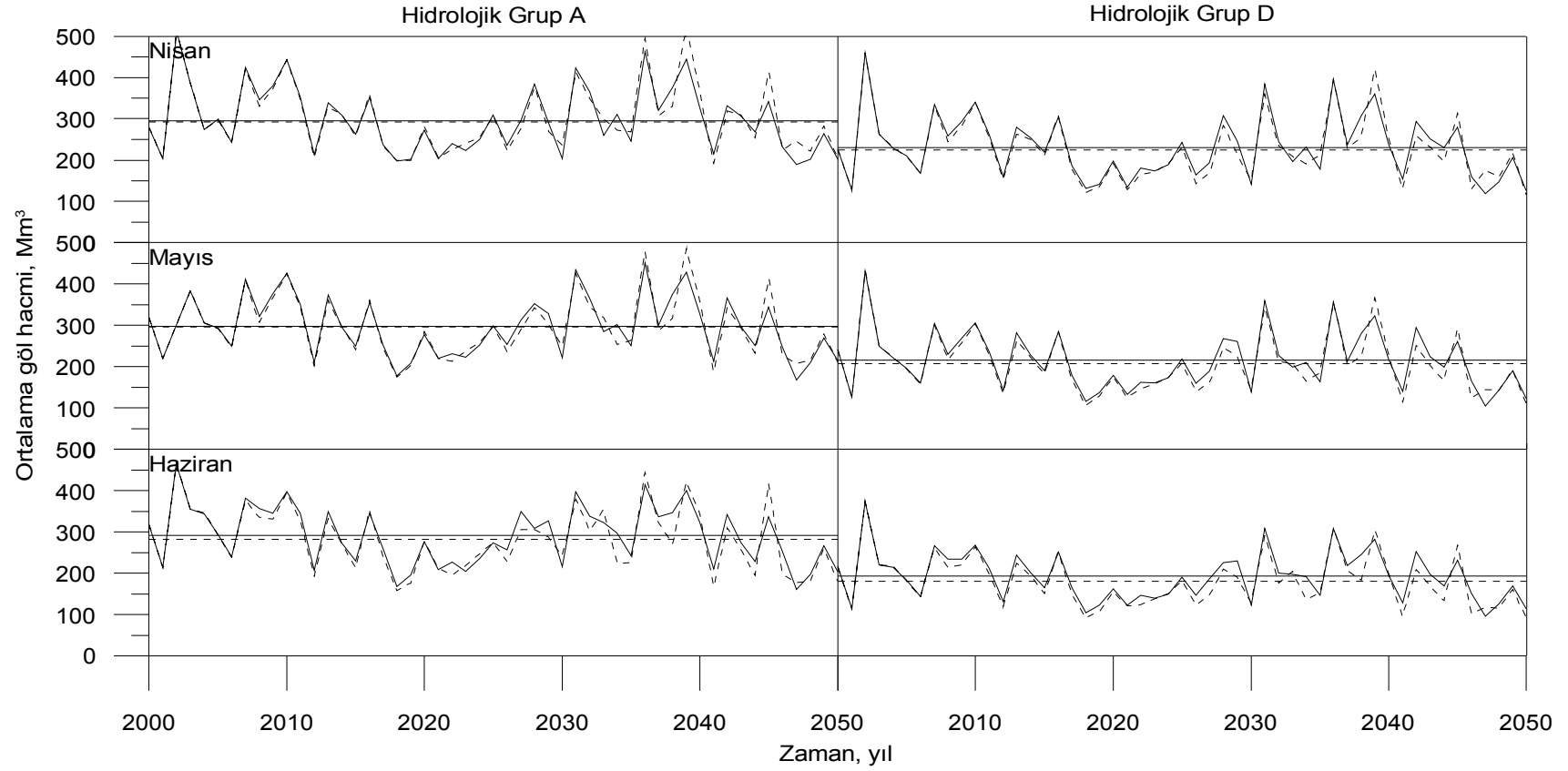


**Şekil 16.** 13 numaralı yaprağını döken ormanlık arazi A toprak grubu hipotetik havzası için yıllara göre aylık olarak akarsuyun taşkın gün sayısı

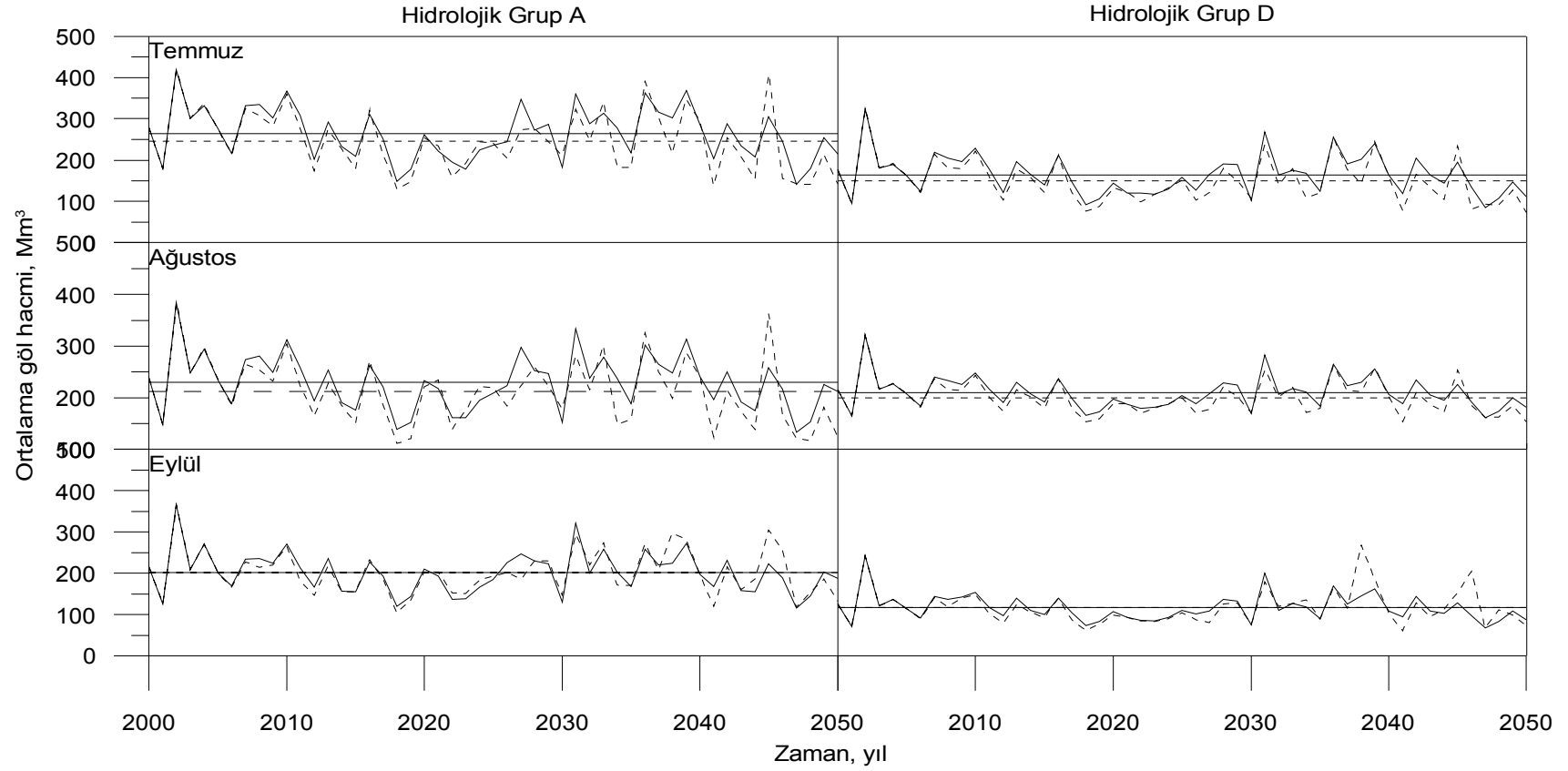
## EK-12 Ortalama Göl Hacminin Aylık Bazda Yıllar Boyu Değişimi



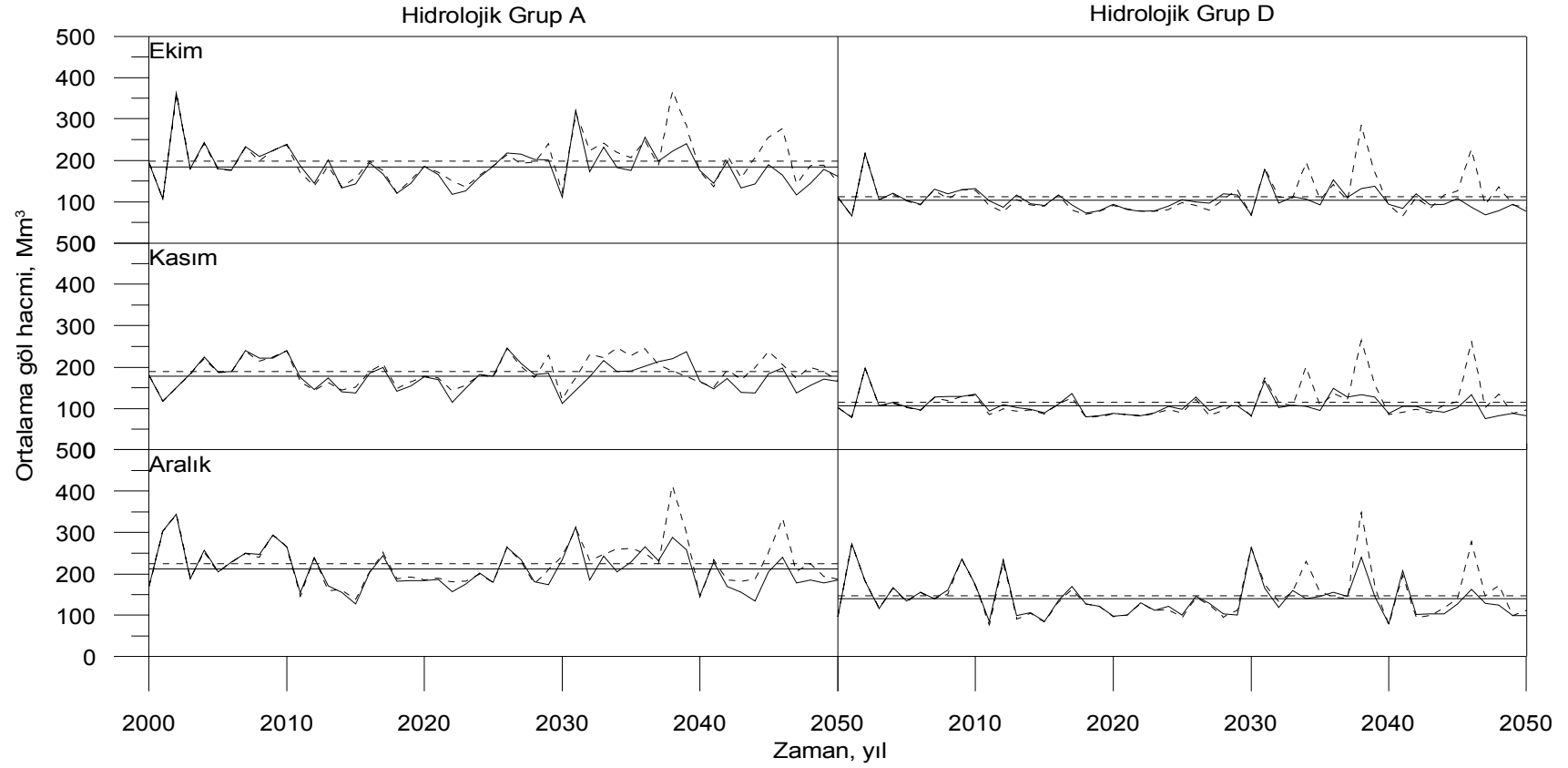
**Şekil 1.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 2.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

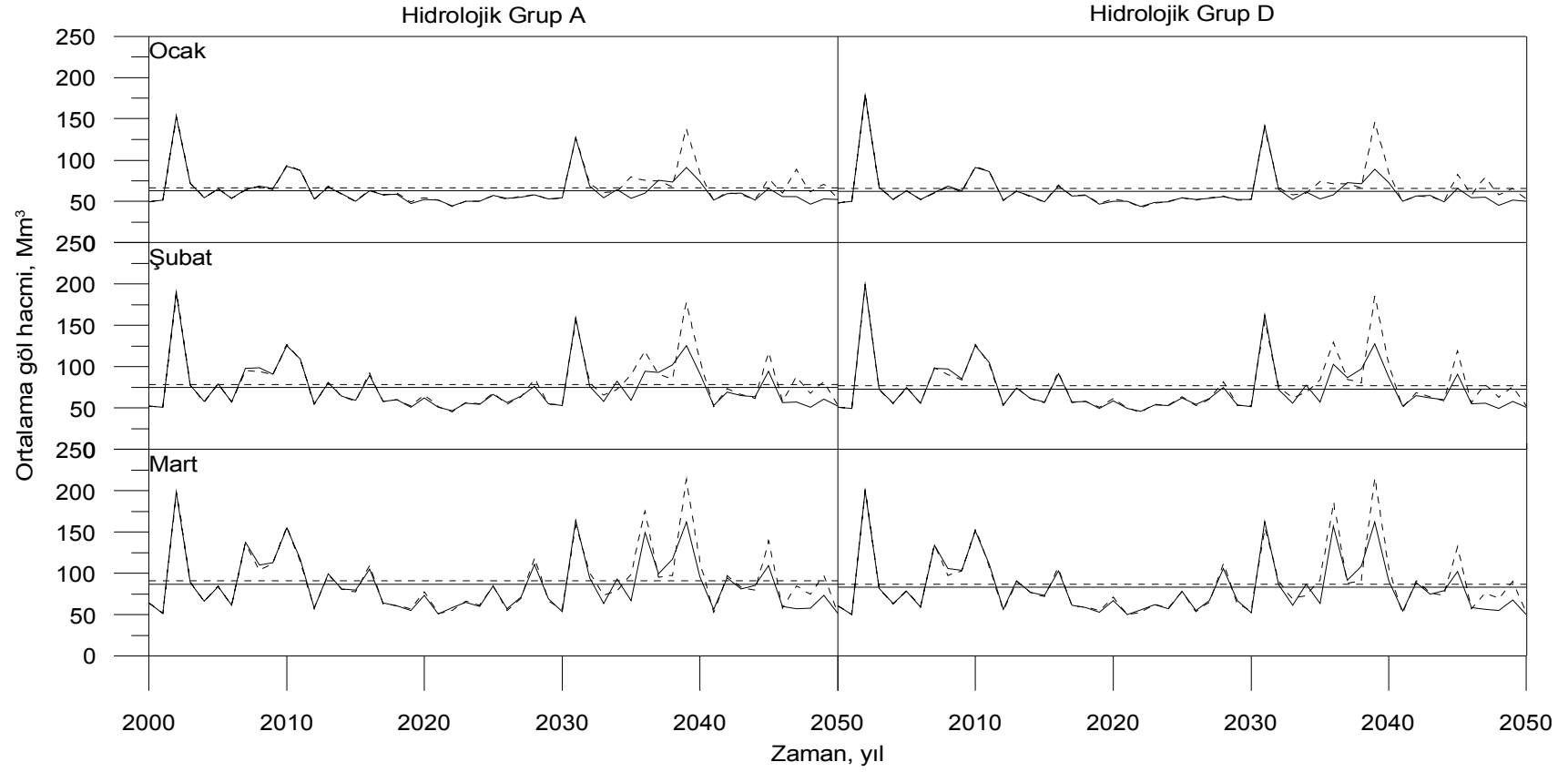


**Şekil 3.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

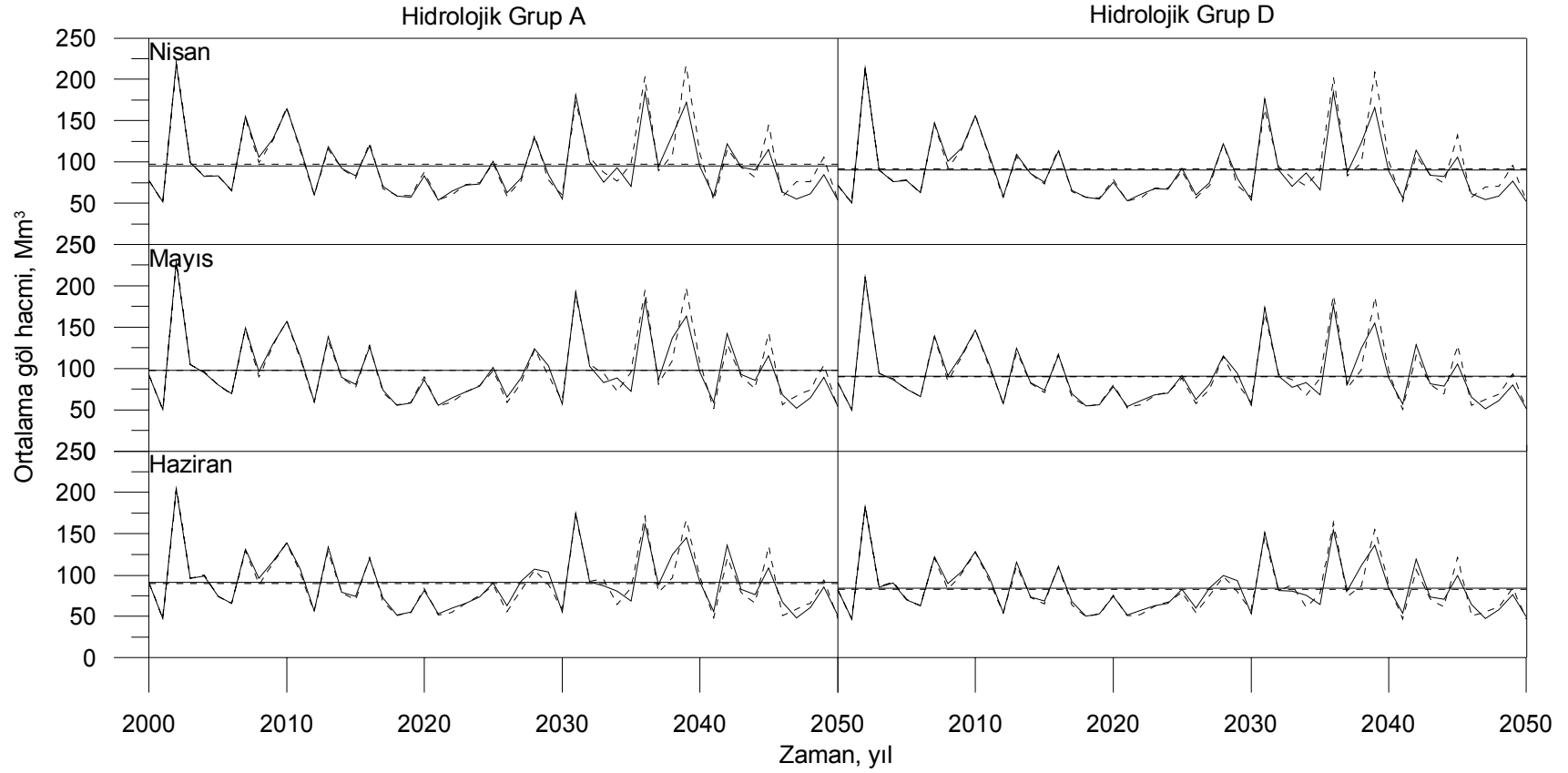


**Şekil 4.** Çıplak arazi simülasyonu (01-04 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

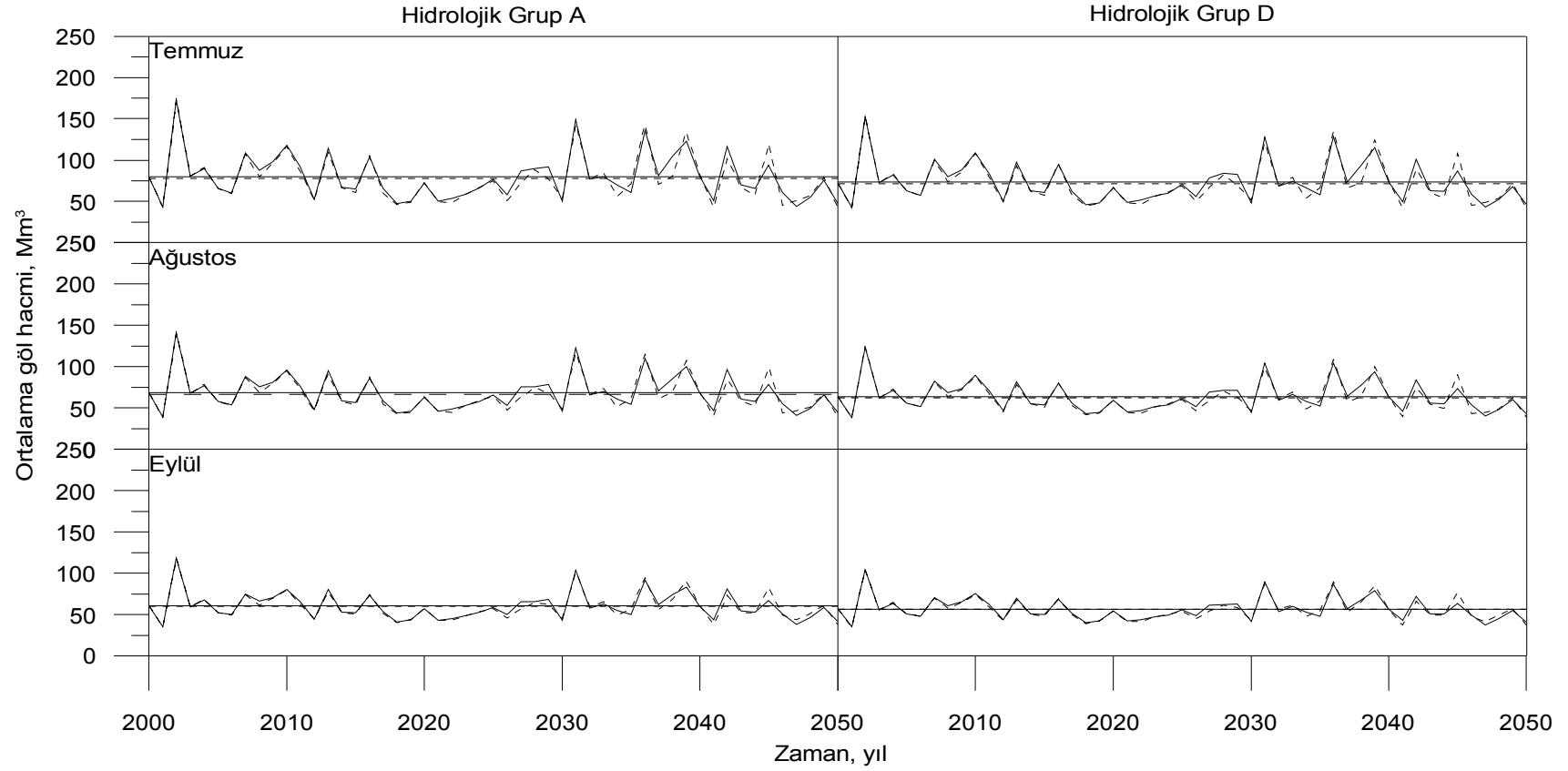




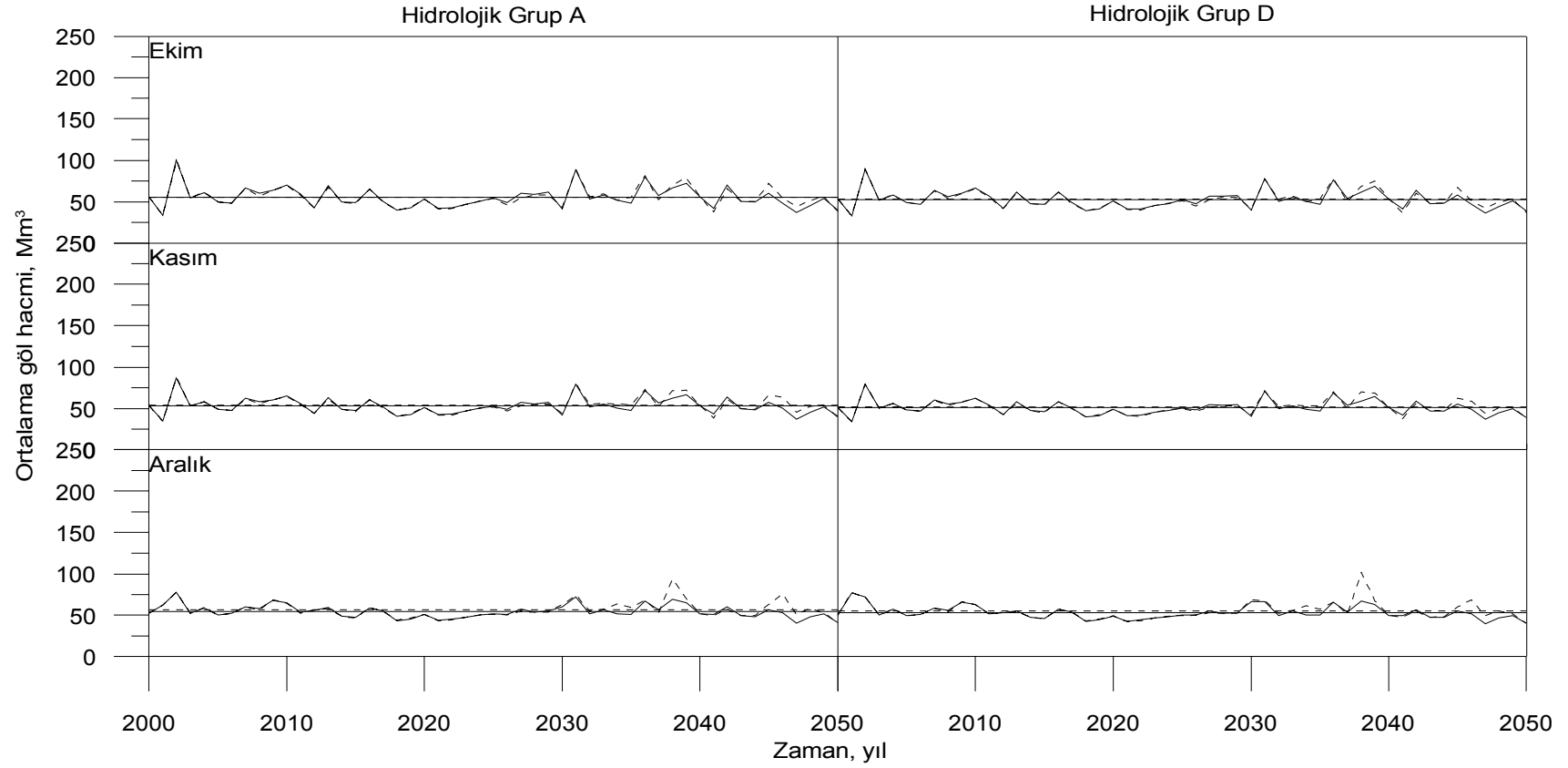
**Şekil 5.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



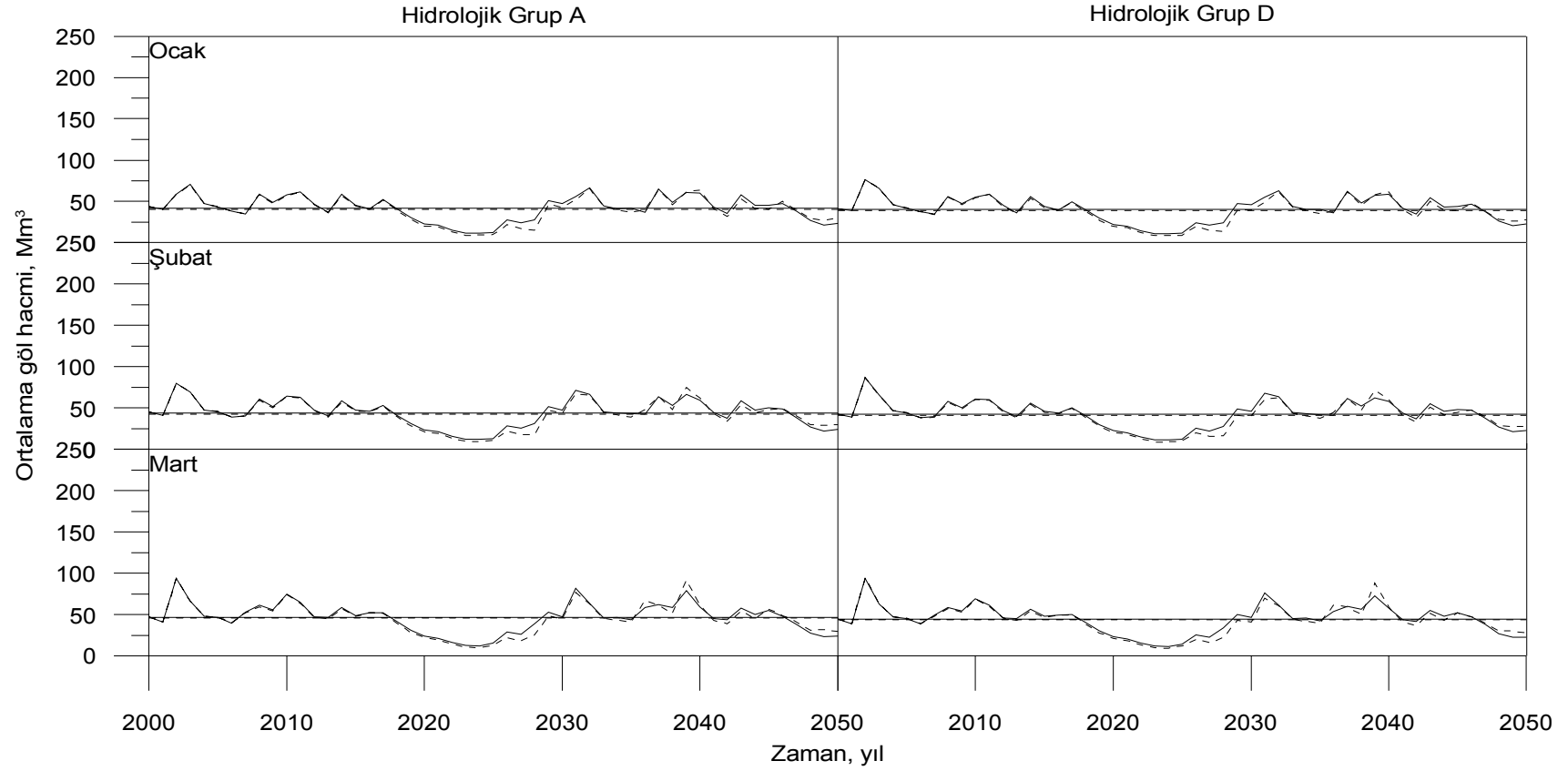
**Şekil 6.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



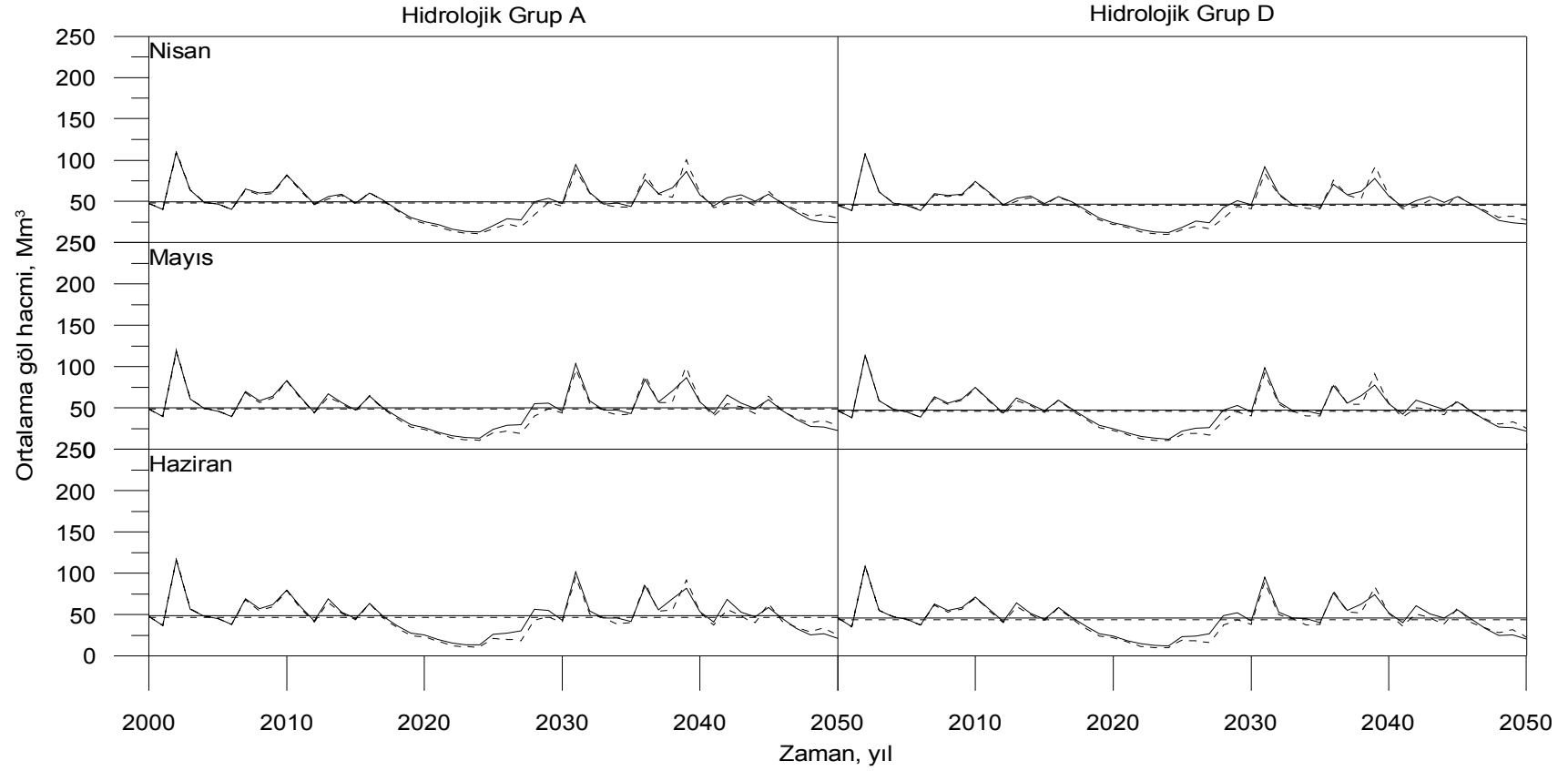
**Şekil 7.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



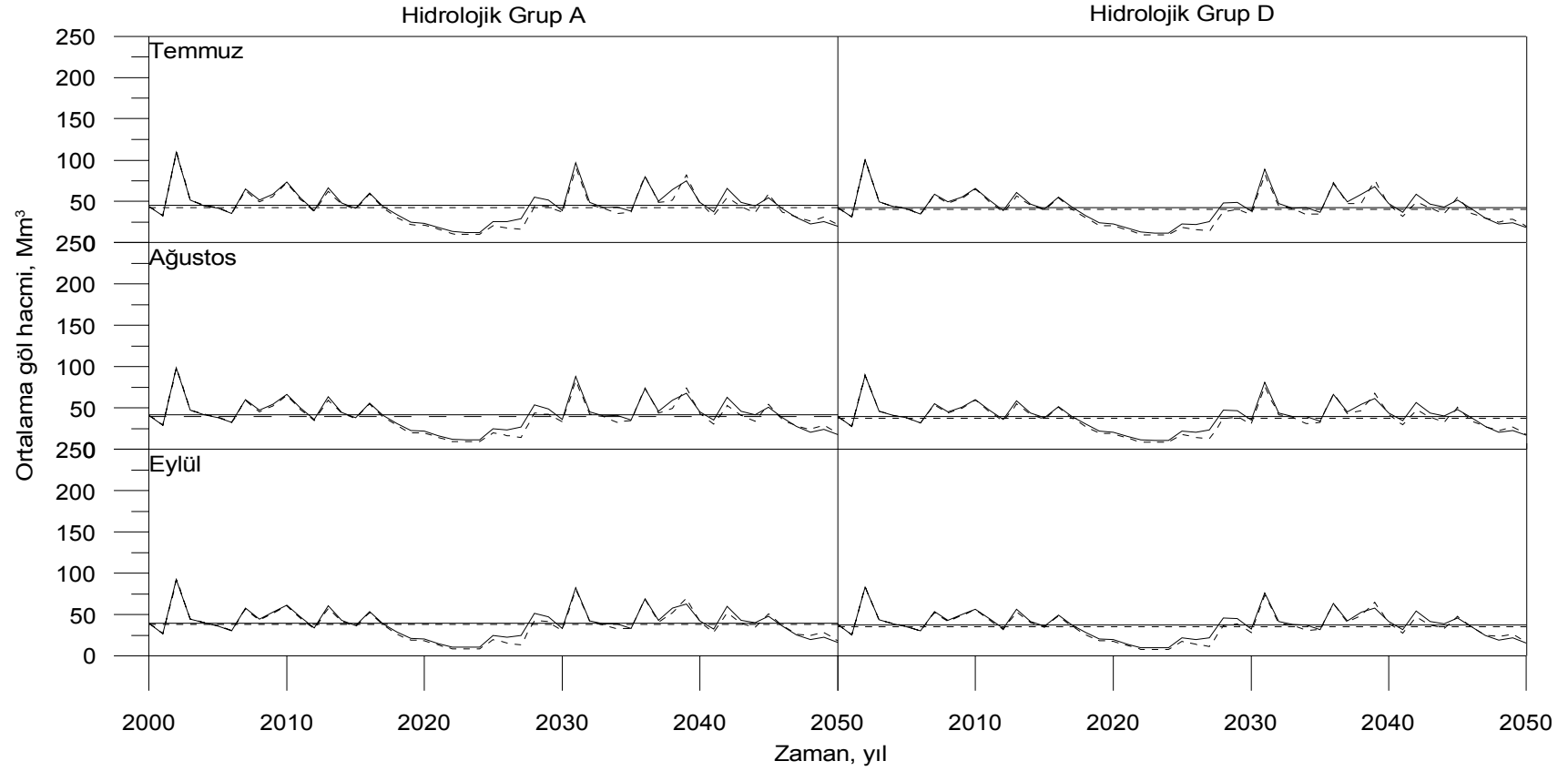
**Şekil 8.** Mera arazi simülasyonu (05-08 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



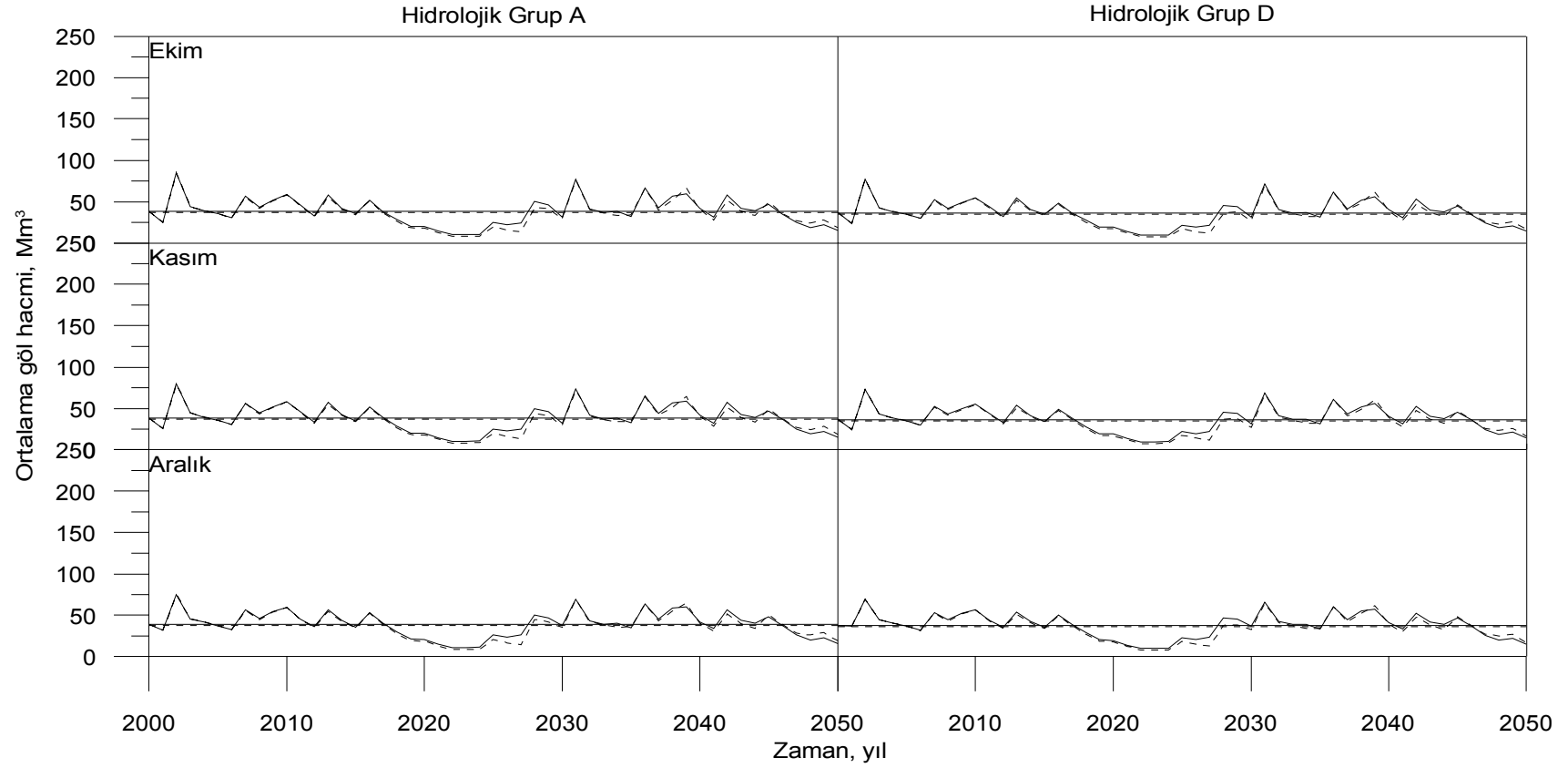
**Şekil 9.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 10.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

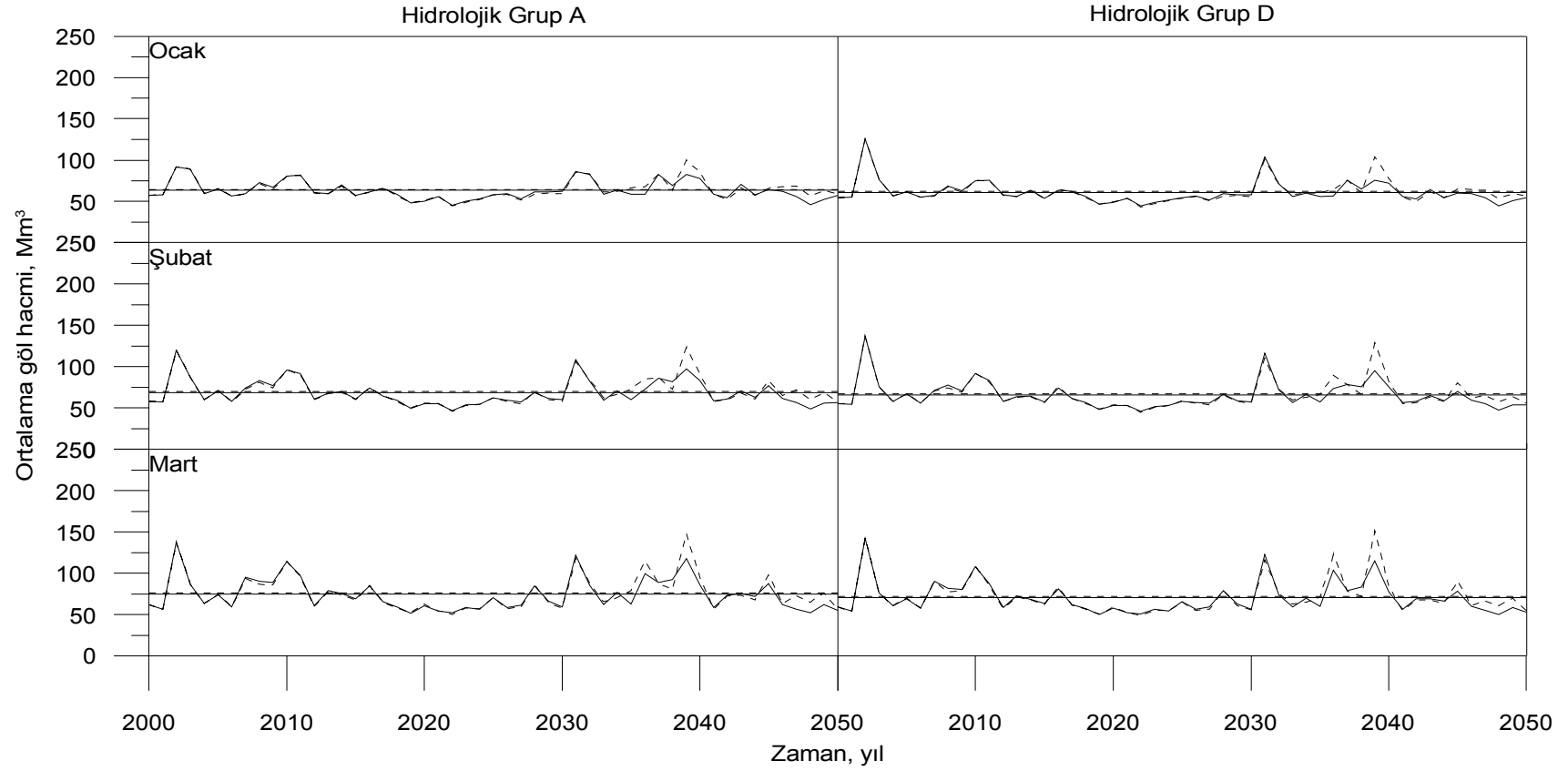


**Şekil 11.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

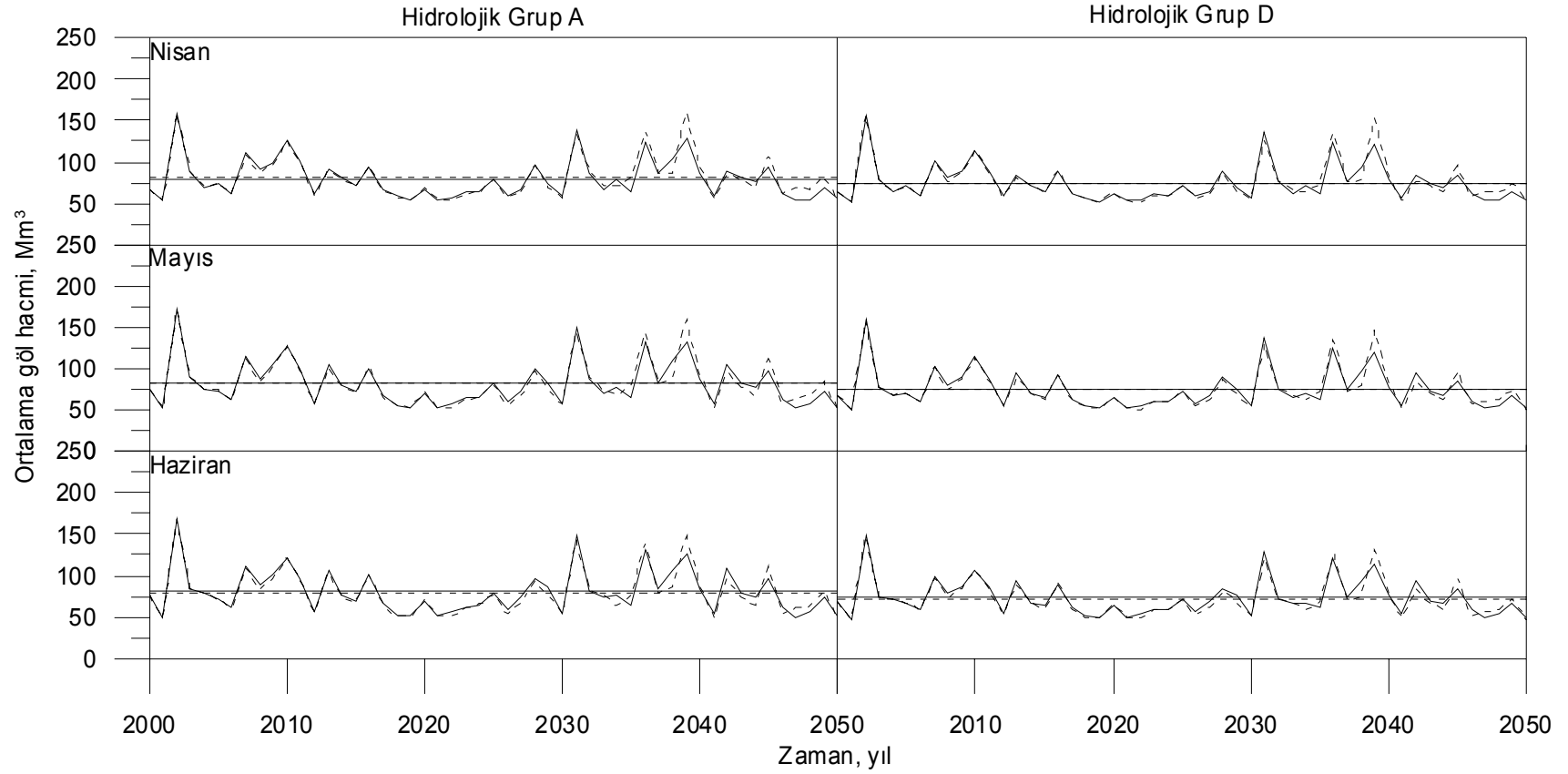


**Şekil 12.** İğne yapraklı orman arazisi simülasyonu (09-12 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

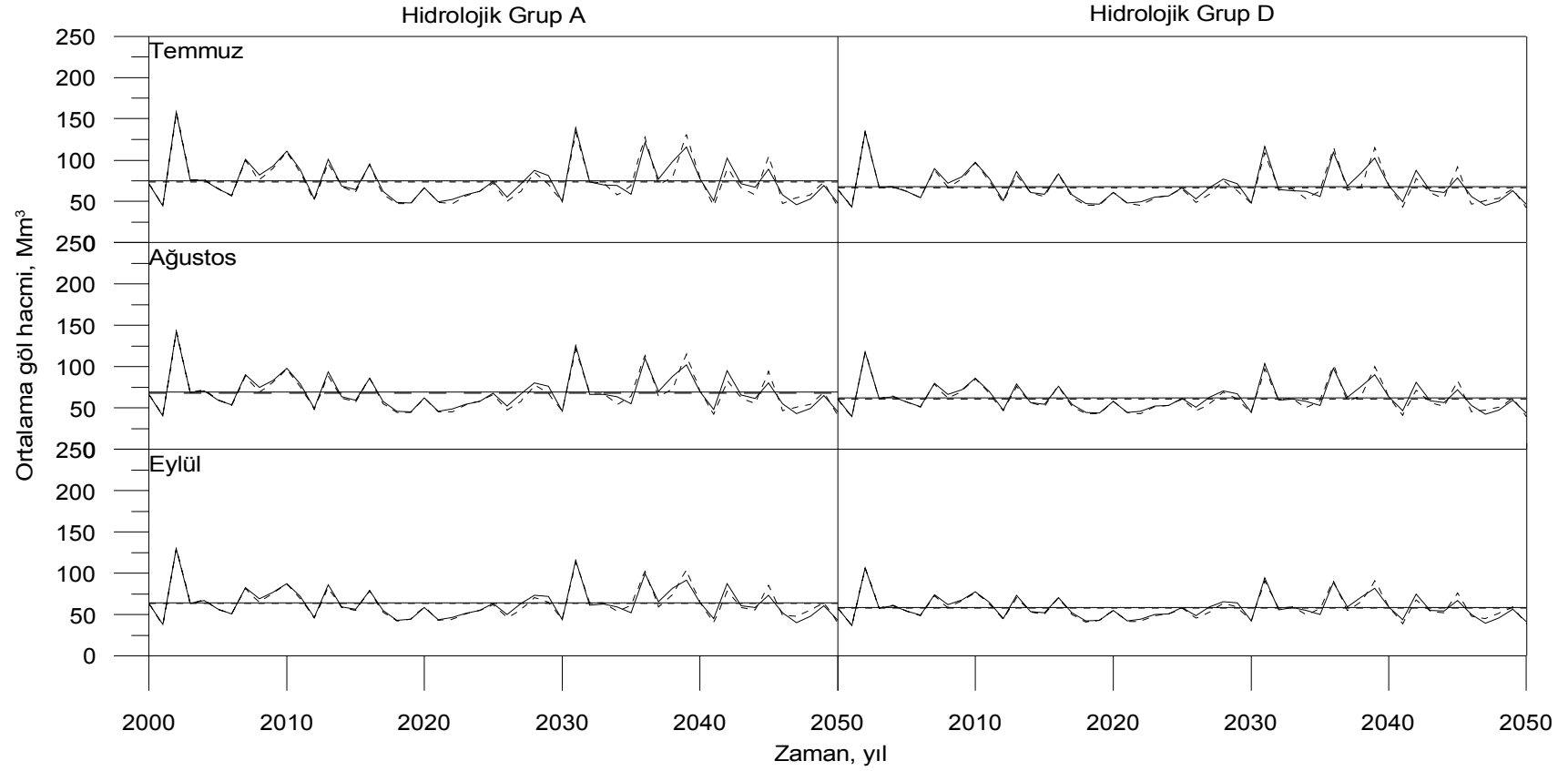




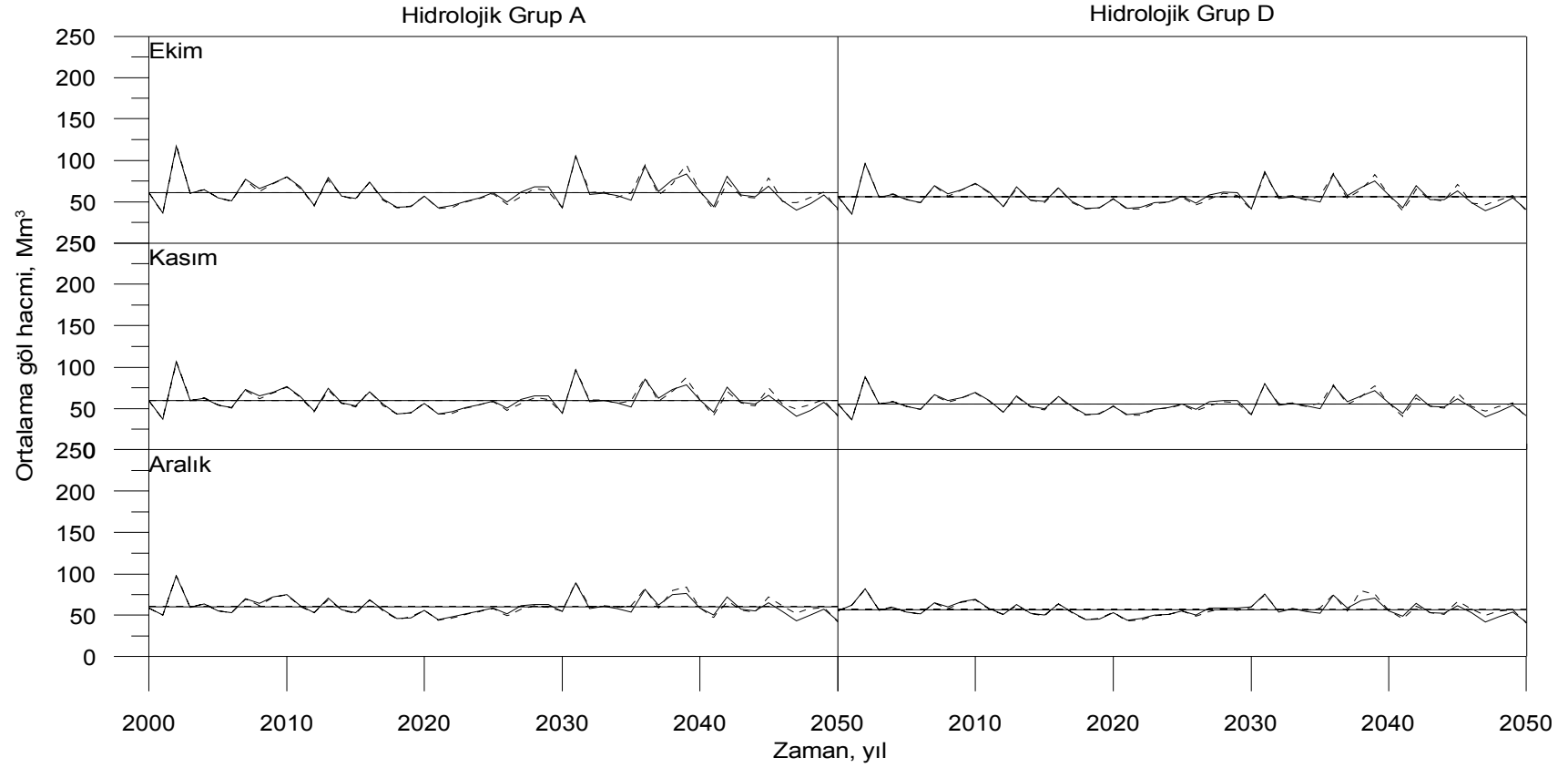
**Şekil 13.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ocak, Şubat, Mart aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 14.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 15.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, - - - - A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri



**Şekil 16.** Kışın yaprağını döken orman arazisi simülasyonu (13-16 numaralı senaryolar), Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait farklı hidrolojik toprak gruplarına göre 2000-2050 yılları arası ortalama göl hacmi değişimi, \_\_\_\_\_ Temel senaryo, \_\_\_ A2 senaryosu verileri ve ortalama değerleri

### EK-13 Model Sonuçları Yüzde Artış/Azalış Oranları

| Senaryo | Parametre | Yıllık | Ocak | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık |
|---------|-----------|--------|------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| 01      | PERO      | 4,4    | 9,1  | -4,3  | -9,5  | -8,6  | -23,5 | -51,2   | -76,3  | 55,6    | 150,3 | 104,2 | 4,9   | 2,4    |
| 04      | PERO      | 1,5    | 3,3  | -2,3  | -16,2 | -22,8 | -32,1 | -53,8   | -63,0  | 78,1    | 75,7  | 59,8  | -0,7  | 8,9    |
| 05      | PERO      | 19,7   | 30,6 | 28,4  | 6,3   | -5,7  | -9,4  | -7,5    | -12,0  | -8,7    | 32,5  | 117,4 | 79,9  | 26,1   |
| 08      | PERO      | 19,4   | 26,9 | 20,9  | 3,5   | -5,4  | -7,7  | -6,3    | -13,0  | -9,0    | 39,9  | 121,4 | 82,6  | 21,2   |
| 09      | PERO      | 5,2    | 11,9 | 16,7  | 8,4   | 3,8   | 1,6   | 0,8     | 0,8    | 0,9     | 0,8   | 1,0   | 1,5   | 8,9    |
| 12      | PERO      | 4,7    | 11,8 | 18,4  | 9,0   | 5,2   | 1,6   | 0,4     | 0,5    | 0,4     | 1,0   | 0,7   | 1,8   | 8,6    |
| 13      | PERO      | 7,8    | 19,3 | 26,2  | 7,4   | 0,4   | 1,5   | 2,0     | 3,2    | 3,1     | 9,5   | 14,0  | 14,5  | 17,6   |
| 16      | PERO      | 9,2    | 20,9 | 21,8  | 5,7   | 0,9   | 3,5   | 5,1     | 1,3    | 1,2     | 7,8   | 15,3  | 16,8  | 15,6   |
| 01      | TAET      | 57,7   | 37,2 | 18,1  | 2,4   | -23,0 | -20,4 | -50,1   | -57,2  | 1053,3  | 410,3 | 78,9  | 5,7   | -0,2   |
| 04      | TAET      | 14,5   | 40,6 | 33,7  | 20,4  | 4,1   | -28,3 | -72,5   | -57,7  | 237,8   | 154,4 | 25,7  | -2,8  | -10,7  |
| 05      | TAET      | 10,0   | 40,2 | 41,7  | 43,1  | 22,6  | 1,7   | -34,9   | -47,1  | 47,6    | 142,3 | 64,4  | -1,6  | -11,5  |
| 08      | TAET      | 10,5   | 40,1 | 42,2  | 44,4  | 23,4  | 3,6   | -34,5   | -46,5  | 44,6    | 138,4 | 65,4  | -0,7  | -11,5  |
| 09      | TAET      | 11,6   | 25,2 | 38,3  | 48,4  | 27,1  | 14,2  | -23,3   | -49,8  | 131,0   | 139,2 | 28,6  | -5,7  | -9,1   |
| 12      | TAET      | 11,0   | 25,2 | 38,3  | 48,4  | 27,1  | 15,9  | -22,5   | -47,6  | 120,8   | 139,4 | 28,6  | -5,7  | -9,1   |
| 13      | TAET      | 11,0   | 36,6 | 42,5  | 45,0  | 23,7  | 8,8   | -40,8   | -55,3  | 102,6   | 207,3 | 67,0  | -2,1  | -11,7  |
| 16      | TAET      | 11,2   | 36,7 | 42,6  | 45,6  | 24,6  | 11,7  | -33,6   | -55,5  | 91,8    | 204,1 | 67,3  | -2,0  | -11,6  |

| Senaryo | Parametre | Yıllık | Ocak | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık |
|---------|-----------|--------|------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| 01      | ROVOL     | 4.6    | 9,6  | -1,2  | -8,4  | -9,5  | -16,6 | -42,0   | -77,9  | 12,9    | 123,2 | 144,8 | 18,2  | 0,3    |
| 04      | ROVOL     | 1.8    | 9,4  | -10,3 | -15,7 | -23,9 | -27,0 | -49,8   | -57,9  | 33,8    | 75,9  | 104,6 | 4,8   | 3,9    |
| 05      | ROVOL     | 17.6   | 31,8 | 33,8  | 8,3   | -4,8  | -8,6  | -8,0    | -8,9   | -10,8   | 9,0   | 38,2  | 70,0  | 21,0   |
| 08      | ROVOL     | 19.2   | 29,7 | 25,0  | 9,8   | -6,4  | -7,3  | -4,9    | -8,0   | -11,9   | 11,5  | 41,9  | 72,6  | 18,6   |
| 09      | ROVOL     | 4.6    | 9,5  | 14,2  | 8,6   | 6,9   | 2,8   | 1,2     | 0,8    | 0,0     | 0,4   | 0,9   | -0,6  | 6,6    |
| 12      | ROVOL     | 4.8    | 11,9 | 15,3  | 8,6   | 4,8   | 4,8   | 1,6     | 0,0    | -0,6    | -0,9  | -0,6  | 0,0   | 6,0    |
| 13      | ROVOL     | 6.8    | 19,0 | 26,0  | 10,1  | 1,9   | 2,3   | 1,8     | 4,1    | 3,7     | 6,8   | 11,8  | 13,8  | 13,4   |
| 16      | ROVOL     | 7.5    | 19,2 | 21,0  | 9,3   | 0,1   | 3,9   | 4,9     | 2,5    | 0,7     | 4,1   | 12,7  | 16,1  | 13,3   |
| 01      | VOL       | 8.5    | 12,4 | 11,4  | 6,9   | 3,9   | 1,7   | -4,1    | -13,2  | -13,1   | 8,3   | 17,9  | 19,9  | 14,6   |
| 04      | VOL       | 6.1    | 8,4  | 7,9   | 0,3   | -3,4  | -4,7  | -7,0    | -10,6  | -6,2    | 5,4   | 14,4  | 14,3  | 9,2    |
| 05      | VOL       | 4.7    | 5,9  | 10,1  | 9,3   | 5,6   | 2,2   | 1,5     | 0,2    | 1,0     | 2,0   | 5,5   | 5,1   | 4,8    |
| 08      | VOL       | 4.2    | 5,9  | 8,1   | 7,7   | 4,4   | 2,0   | 0,4     | -0,4   | -0,1    | 1,5   | 5,4   | 5,4   | 4,4    |
| 09      | VOL       | -2.5   | -4,3 | -3,5  | -1,3  | -0,4  | -0,8  | -3,4    | -4,5   | -3,5    | -1,9  | -2,0  | -2,3  | -2,5   |
| 12      | VOL       | -3.0   | -4,9 | -5,2  | -1,9  | -2,2  | -2,9  | -5,3    | -6,3   | -5,5    | -2,6  | -2,9  | -2,7  | -2,1   |
| 13      | VOL       | 1.0    | 3,6  | 5,0   | 4,6   | 2,7   | 1,2   | -0,2    | -1,2   | -0,8    | -0,3  | 1,2   | 2,2   | 3,6    |
| 16      | VOL       | 1.1    | 3,6  | 4,3   | 3,5   | 2,0   | 0,8   | 0,0     | -0,8   | -0,2    | 0,2   | 1,1   | 1,9   | 3,4    |