



Bu Program Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından ortaklaşa finanse edilmektedir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GIDA GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KIRSAL TOPLUMLARIN DAYANIKLILIĞININ ARTIRILMASI PROJESİ

KÜÇÜK MENDERES NEHRİ SU HAVZASI KIRSAL TOPLUM DAYANIKLILIK PLANI

NİSAN 2026





ACLIFS



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından ortaklaşa finanse edilmektedir.

Yayın Sorumluluğu

Bu rapor, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin mali desteği ile "İklim Değişikliğine Uyum Hibe Programı (CCAGP)" kapsamında yürütülen "ACLIFS - İklim Değişikliğinin Gıda Güvenliği zerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Kırsal Toplulukların Dayanıklılığının Artırılması" başlıklı proje kapsamında hazırlanmıştır. Hibe programının teknik uygulamasının koordinasyonundan Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇşİDB) İklim Değişikliği Başkanlığı sorumludur ve ÇşİDB Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, Avrupa Birliği Yatırımları Dairesi hibe programının Sözleşme Makamı'dır. Yayının içeriği tamamen TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi sorumluluğundadır. Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmayabilir.



Çevre ve İklim Eylemi
Sektör Operasyonel Programı



İKLİM DEĞİşİKLİĞİ
BAşKANLIĞI



ACLIFS



TÜBİTAK
MAM



İSPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ



EGE ÜNİVERSİTESİ



İ.Ç. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
1453

İT



Bu yayın, Avrupa Birliği'nin ve Türkiye Cumhuriyeti'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi sorumluluğu altındadır. Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

PROJE EKİBİ

Proje Koordinatörü

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi

Dr. Tuğba DOĞAN GÜZEL
Proje Koordinatörü

Dr. Ece Gizem ÇAKMAK
Proje Asistanı

Dr. Deniz SARI
Proje Asistanı

Doç. Dr. Haldun KARAN
Fatih Kemal DİNÇER
Mithat Sinan BİNİCİ
Ömer Visali SARIKAYA
Aslı Süha DÖNERTAŞ

Dr. Ayşegül AVİNAL
Enes Furkan SANCAK
Doç. Dr. Nesimi ÖZKURT
Dr. Melike Neşe TEZEL OĞUZ
Tekin YILDIRIM

Proje Eş Faydalanıcıları

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT
Prof. Dr. Mert DEDEOĞLU
Doç. Dr. Sinan DEMİR
Dr. Fuat KAYA

Ege Üniversitesi

Prof. Dr. M. Tolga ESETLİLİ
Prof. Dr. Yusuf KURUCU
Doç. Dr. Bihter ÇOLAK ESETLİLİ
Öğr. Gör. İbrahim DOĞRU
Araş. Gör. Edanur FIRAT

İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Bekir KAYACAN
Prof. Dr. Ali ERTÜRK
Doç. Dr. Cenk Gökçe ADAŞ
Doç. Dr. Gökhan ÖVENÇ
Doç. Dr. Ferda KARAGÖZ ÖZENÇ
Dr. Cenk GÜREVİN
Dr. Sezgi ERDOĞAN
Dr. Gülşah KOCAKAYA
Araş. Gör. Gökçin VURAL
Muhammet Aydın KALELİ
İdil SALİHOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yurdanur ÜNAL
Dr. Cemre SONUÇ
Araş. Gör. İbrahim AKBAYIR
Burkay KEŞKE

Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi

Dr. Nejat ÖZDEN
Dr. Yunus Emre TERZİ

Meyvecilik Araştırma Enstitüsü

Dr. Bahar TÜRKELİ ULUMAN
Gıda Yük. Müh. Serkan GÜLGÜN
Zir. Yük. Müh. Mesut ALTINDAL
Damla COŞKUN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	3
1. GİRİŞ	5
2. ÇALIŞMA ALANI: KÜÇÜK MENDERES NEHRİ HAVZASI	9
3. MEVCUT DURUM ANALİZİ	11
3.1. İklim Özellikleri.....	11
3.2. Su Kaynakları.....	12
3.3. Tarım Sektörü Profili.....	13
3.4. Sosyoekonomik Yapı.....	14
4. İKLİM PROJEKSİYONLARI	17
4.1. Sıcaklık ve Yağış Değişimleri.....	18
4.2. İklim Endekslerindeki Değişim.....	22
5. GELECEKTEKİ SU MEVCUDİYETİ	29
5.1. Su Potansiyeli Projeksiyonları.....	31
5.2. Tuzluluk Değişimleri.....	34
6. TARIMSAL ETKİ ANALİZİ	37
6.1. İklim Parametreleri ve İklim Endekslerinin Mekânsal Analizi.....	37
6.2. Bitkisel Üretim Üzerindeki Etkiler.....	44
6.3. Ürün Deseni Karar Matrisi.....	56
6.4. Alternatif Ürün Önerileri.....	59
6.5. Hayvancılık Üzerindeki Etkiler.....	60
7. SOSYO-EKONOMİK KIRILGANLIK	65
7.1. Havzanın Sosyo-Ekonomik Mevcut Durumu ve Çiftçi Profili.....	66
7.2. İklim Değişikliği Algısı ve Tarımsal Pratiklere Yansımaları.....	70
7.3. Kırılganlık Dinamikleri ve Ekonometrik Projeksiyonlar.....	74
7.4. Nihai Değerlendirme ve Stratejik Öneriler.....	75

8. PAYDAŞ KATILIMI.....	79
9. SÜRDÜRÜLEBİLİR UYUM STRATEJİLERİ.....	85
9.1. Mevcut Uyum Politikaları, Stratejiler ve Yasal Çerçeve	85
9.2. İklim Değişikliğine Uyum Önlemleri	87
9.3. Uyum Önlemlerinin Önceliklendirilmesi.....	105
9.4. Sonuç ve Stratejik Yol Haritası	108
10. UYGULAMA ÇERÇEVESİ.....	111
KAYNAKLAR.....	113
EK-1: ÜRÜN BAZLI VERİM TAHMİNLERİ VE İLÇE BAZINDA DEĞERLENDİRME	119

ÖZET

Bu rapor, Küçük Menderes Nehri Su Havzası'nda iklim değişikliğinin tarım, su kaynakları ve kırsal topluluklar üzerindeki etkilerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmek ve bu etkiler karşısında uygulanabilir uyum ve dirençlilik stratejileri geliştirmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma, iklim projeksiyonları, hidrolojik modelleme, tarımsal üretim analizleri ve sosyo-ekonomik değerlendirmelerin entegre edildiği çok disiplinli bir metodolojik çerçeveye dayanmaktadır.

Elde edilen bulgular, havzanın gelecekte daha sıcak ve daha kurak bir iklim rejimine doğru ilerlediğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Sıcaklıklarda belirgin artışlar, yağış miktarında azalma ve yağışın mevsimsel dağılımındaki değişim; su kaynaklarının yeniden beslenimini sınırlayan, evapotranspirasyonu artıran ve tarımsal üretim üzerinde doğrudan baskı oluşturan temel iklim sinyalleri olarak öne çıkmaktadır. Bu süreçle birlikte kurak dönemlerin uzaması, sıcak hava dalgalarının artması ve toprak neminin azalması, havzanın su dengesi ve üretim sistemleri açısından kritik riskler oluşturmaktadır.

Hidrolojik modelleme sonuçları, mevcut durumda dahi heterojen dağılım gösteren su kaynaklarının, iklim değişikliği etkisiyle hem miktar hem de zamanlama açısından daha kırılgan hale geleceğini göstermektedir. Yüzey akışlarında ve yeraltı suyu besleniminde öngörülen azalmalar, özellikle sulamaya dayalı tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Buna ek olarak, su miktarındaki azalmaya bağlı olarak artan tuzluluk riski, uzun vadede toprak verimliliği üzerinde önemli olumsuz etkiler yaratma potansiyeline sahiptir.

Tarımsal etki analizleri, iklim değişikliğinin ürünler ve ilçeler bazında farklı düzeylerde etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Yüksek su tüketimine sahip yazlık ürünlerde verim baskısı daha belirgin hale gelirken, bazı ürünlerde ise mekânsal koşullara bağlı olarak görece dirençli bir yapı gözlenmektedir. Artan sıcaklıklar, değişen fenolojik süreçler ve yükselen su talebi, mevcut üretim deseninin uzun vadede yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinin yem üretimi üzerinden su kaynakları ile olan güçlü bağlantısı da, havzadaki toplam su talebini artıran önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Sosyo-ekonomik değerlendirmeler, havzada yüksek üretim potansiyeline rağmen, artan girdi maliyetleri, borçluluk düzeyi ve suya bağımlı üretim yapısı nedeniyle belirgin bir kırılganlık bulunduğunu göstermektedir. Çiftçilerin iklim değişikliği konusunda belirli bir farkındalığa sahip olduğu; özellikle su kıtlığı, verim kayıpları ve maliyet artışlarını en önemli sorunlar olarak tanımladığı görülmektedir. Bununla birlikte, uyum kapasitesinin büyük ölçüde ekonomik koşullar, teknik bilgiye erişim ve altyapı imkânları tarafından belirlendiği anlaşılmaktadır.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Küçük Menderes Havzası'nda tarımsal üretimin geleceğinin su yönetimi, üretim deseni planlaması ve kurumsal kapasite ekseninde

şekilleneceği görülmektedir. Kısa vadede su verimliliğinin artırılması, uygun çeşit seçimi ve üretim takvimlerinin optimize edilmesi öncelikli uyum stratejileri olarak öne çıkarken; orta ve uzun vadede özellikle yüksek su talebine sahip ürünlerde kademeli dönüşümün kaçınılmaz olduğu değerlendirilmektedir. Bu süreçte ürün çeşitlendirmesi, modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması ve yerel koşullara uygun üretim modellerinin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır.

Sonuç olarak bu plan, Küçük Menderes Havzası'nda iklim değişikliğine uyum sürecini desteklemek üzere bilimsel analizler ile paydaş görüşlerini bir araya getiren bütüncül bir karar destek çerçevesi sunmaktadır. Geliştirilen stratejilerin başarısı; kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesine, finansman mekanizmalarının etkin kullanımına ve yerel paydaşların sürece aktif katılımının sağlanmasına bağlıdır. Bu yaklaşım hem doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini hem de kırsal toplulukların uzun vadeli dirençliliğini desteklemeyi amaçlamaktadır.

Bu kapsamda sunulan uyum önlemleri; önem derecesi, aciliyeti, uygulanabilirlik ve performans göstergeleri gibi teknik detaylarla yapılandırılarak karar destek mekanizmalarına somut bir altlık oluşturmak üzere öneri niteliğinde ortaya konulmuştur. Çalışmanın metodolojik çerçevesi ve proje partnerlerinin rolü gereği, bu öneriler kesin bir uygulama takvimi veya bağlayıcı bir aksiyon planı olmaktan ziyade, stratejik bir rehber ve veri temelli bir yol haritası işlevi görmektedir. Raporunda tanımlanan eylem ve göstergelerin operasyonel süreçlere dönüştürülmesi; ilgili kamu kurumlarının liderliğinde, yasal yetki alanları çerçevesinde ve kurumlar arası eşgüdümle şekillenecek nihai uygulama planlarının konusudur.

1. GİRİŞ

İklim değışikliği, tarımsal üretim sistemleri üzerinde çok boyutlu ve giderek derinleşen etkiler yaratan küresel bir çevre sorunu olarak öne çıkmaktadır. Sıcaklık artışı, yağış rejimindeki değışimler ve ekstrem hava olaylarının sıklık ve şiddetindeki artış, tarımsal üretimi doğrudan etkileyerek verim, kalite, üretim sürekliliği ve gıda güvenliği üzerinde belirleyici olmaktadır. Tarımsal üretimin büyük ölçüde iklim koşullarına bağımlı olması, iklim değışikliğini bu sektör açısından yalnızca çevresel bir mesele olmaktan çıkarmakta; aynı zamanda ekonomik, sosyal ve stratejik sonuçlar doğuran temel bir risk alanına dönüştürmektedir. Son yıllarda sıcak hava dalgaları, uzun süreli kuraklık dönemleri, düzensiz yağışlar, şiddetli fırtınalar, dolu ve sel olayları giderek daha sık ve daha yıkıcı biçimde görülmekte; bu durum özellikle tarımsal üretim, hayvancılık, su kaynakları yönetimi ve kırsal yaşam üzerinde önemli baskılar oluşturmaktadır. Bitki gelişim dönemlerinde meydana gelen değışimler, rekolte kayıpları, toprak ve hayvan sağlığı üzerindeki etkiler, mera alanlarının taşıma kapasitesindeki azalma ve yem bitkileri üretimindeki düşüş gibi sonuçlar, iklim değışikliğinin tarım ve hayvancılık sistemleri üzerindeki etkilerinin artık geleceğe ait bir öngörü değil, güncel ve somut bir gerçeklik olduğunu göstermektedir.

İklim değışikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri, özellikle havza ölçeğinde ele alındığında, yalnızca iklim parametrelerindeki değışimlerle sınırlı kalmamakta; su kaynakları, toprak özellikleri, arazi kullanımı, üretim desenleri ve sosyoekonomik yapı ile etkileşim içinde şekillenmektedir. Bu nedenle tarım sektörünün iklim değışikliğine karşı kırılganlığının değerlendirilmesi, yalnızca sıcaklık ve yağış değışimlerinin ya da iklim ekstremlerinin analiz edilmesiyle yeterli olmamakta; hidrolojik süreçlerin, tarımsal alanların mekânsal dağılımının, üretim sistemlerinin özelliklerinin ve kırsal toplulukların uyum kapasitesinin birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, havza bazlı planlama ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü iklim değışikliği etkileri, her havzada aynı biçimde ortaya çıkmamakta; havzanın topoğrafik yapısı, su potansiyeli, ürün deseni ve üretim yapısı bu etkilerin niteliğini ve şiddetini belirlemektedir.

Bu çerçevede Küçük Menderes Havzası, batı Türkiye'de iklim değışikliğine karşı en hassas tarımsal alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Havza; verimli alüvyal ovaları, sulamaya dayalı yoğun tarımsal üretim yapısı ve yoğun hayvancılık faaliyetleri ile hem ekonomik hem de stratejik açıdan önemli bir üretim alanıdır. Ancak bu üretim yapısı aynı zamanda suya yüksek bağımlılık, sıcaklık artışlarına duyarlılık ve yem üretimi ile hayvancılık arasındaki güçlü bağ nedeniyle iklim değışikliğine karşı önemli bir kırılganlık da taşımaktadır. Havza için derlenen veriler, iklim değışikliğinin artık uzak bir çevresel tehdit olarak değerlendirilemeyeceğini; artan sıcaklıklar, azalan su güvencesi, artan sulama suyu arz-talep açığı, değışen bitki fenolojisi ve hayvancılıkla ilişkili yem ve su talebindeki artışın oluşturduğu baskıların kırsal ekonomiyi

yeniden şekillendirmeye başladığını göstermektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin havzada dönemsel bir risk olmaktan çıkarak üretim sistemi üzerinde yapısal ve kalıcı etkiler oluşturmaya başladığına işaret etmektedir.

Bu plan, İklim Değişikliğine Uyum Hibe Programı (CCAGP) kapsamında desteklenen ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi koordinatörlüğünde yürütülen “*ACLIFS – İklim Değişikliğinin Gıda Güvenliği Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Kırsal Toplulukların Dayanıklılığının Artırılması*” projesi çerçevesinde hazırlanmıştır. İklim Değişikliğine Uyum Hibe Programı (CCAGP), iklim değişikliğine uyum projelerinin Türkiye’de yerel ve bölgesel seviyede uygulanmasını desteklemek için tasarlanmıştır. CCAGP, toplulukların dirençliliğini artırmayı, doğal kaynaklar ile ekosistemi korumayı ve etkilenebilir sosyal grupların yanı sıra şehirlerin ve ekonomik sektörlerin uyum kapasitesini geliştirmeyi hedeflemektedir. Programın, Nihai Faydalanıcısı, Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), İklim Değişikliği Başkanlığı olup, ÇŞİDB Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, Avrupa Birliği Yatırımları Daire Başkanlığı’nın Hibe Programının Sözleşme Makamıdır. 13.12.2023 tarihinde imzalanan sözleşme ile yürürlüğe giren ACLIFS Projesi’nin eş faydalanıcıları Isparta Uygulamaları Bilimler Üniversitesi, Ege Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi ve Meyvecilik Araştırma Enstitüsü’dür. Proje ile iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik sonuçları da dahil olmak üzere seçilen üç havzada (Küçük Menderes Havzası ve Eğirdir-Karacaören ve Beyşehir Gölleri Havzaları) tarım ve hayvancılık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve uyum seçeneklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu havzalarda beklenen iklim değişikliğinin modellenmesi, su rezervlerinde öngörülen değişimlerin tahmin edilmesi, yeni iklim koşullarının tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, üretim deseninin modellenmesi ve sosyoekonomik etkilerin belirlenmesine yönelik kapsamlı çalışmalar yürütülmüştür.

Küçük Menderes Havzası için hazırlanan bu Kırsal Toplum Dayanıklılık Planı, söz konusu proje kapsamında üretilen bilimsel ve teknik bulguları, havza ölçeğinde karar alma süreçlerini destekleyecek bütüncül bir çerçeveye dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle plan, yalnızca iklim değişikliğinin etkilerini tanımlayan bir değerlendirme raporu olmanın ötesine geçmekte; iklim projeksiyonları ile su potansiyeli, tarımsal üretim performansı, kırsal geçim kaynakları ve kurumsal müdahale kapasitesi arasındaki ilişkileri havzaya özgü bir yaklaşımla bir araya getirmektedir. Planın temel amacı, gelecekte Küçük Menderes Havzası’nda sıcaklık, yağış ve kuraklık koşullarında beklenen değişimlerin su kaynakları, tarımsal üretim ve kırsal topluluklar üzerindeki muhtemel etkilerini ortaya koymak; bu etkiler karşısında uygulanabilir uyum ve dirençlilik stratejilerini belirlemek ve yerel aktörler için yol gösterici bir çerçeve

sunmaktır. Bu kapsamda plan, çiftçiler, üretici örgütleri, yerel yönetimler ve ilgili kamu kurumları açısından uygulamaya yön verecek bir rehber niteliği taşımaktadır.

Raporun devamında, öncelikle havzanın mevcut çevresel, tarımsal ve sosyoekonomik özellikleri ortaya konulmakta; ardından bölgesel iklim modellemeleri ve su potansiyeline ilişkin değerlendirmeler sunulmaktadır. Bunu tarımsal üretim, ürün desenleri, hayvancılık sistemi ve iklim değişikliğinin sektör üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin analizi izlemekte; sonrasında ise havza için geliştirilen uyum ve dirençlilik stratejileri ile uygulama çerçevesi ele alınmaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI: KÜÇÜK MENDERES NEHRİ HAVZASI

Küçük Menderes Nehri Havzası, İzmir ilinin güney sınırları boyunca uzanan ve yaklaşık 396.682,70 hektarlık bir alanı kapsayan önemli bir tarımsal üretim bölgesidir. Havza; Selçuk, Menderes ve Torbalı ilçelerini kapsayan batı kesimi, Bayındır ve Tire'nin yer aldığı orta bölümü ile Ödemiş, Beydağ ve Kiraz ilçelerini içeren doğu kesiminden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Havzanın batı sınırı Ege Denizi'ne açılırken, güney ve doğu kesimleri dağlık alanlarla çevrilidir. Havzanın en yüksek noktası 2.157 metre ile Bozdağlar olup, topoğrafik çeşitlilik havza içerisinde farklı mikroklimatik koşulların oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.1. Küçük Menderes Havzası'nın konumu

Havza, tipik bir vadi sistemi özelliği taşımakta olup, kuzey, güney ve doğudaki yüksek alanlardan kaynaklanan yüzey akışları Küçük Menderes Nehri'nde birleşerek Ege Denizi'ne ulaşmaktadır. Yoğun yağış dönemlerinde nehir taşkınlarına neden olmakta ve her iki yakasında geniş taşkın ovaları oluşmaktadır. Bu taşkın ovaları, alüvyal birikintilerden oluşan verimli toprak yapısı sayesinde havzanın en önemli tarımsal üretim alanlarını oluşturmaktadır. Ancak bu durum, tarımsal üretim ile su kaynakları arasındaki güçlü bağı da ortaya koymakta; havzanın

yüksek üretim potansiyelinin aynı zamanda su kaynaklarına bağımlı bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Alüvyal toprakların düz ve hafif eğimli yapısı, sulamaya dayalı tarım uygulamaları için uygun koşullar sunmakta olup, bu alanlarda özellikle mısır ve gibi yüksek su talebine sahip ürünler yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu durum, havzanın tarımsal üretim kapasitesini artırmakla birlikte, su kaynakları üzerindeki baskıyı da artırmaktadır.

3. MEVCUT DURUM ANALİZİ

3.1. İklim Özellikleri

Ege Denizi'ne yakın düşük rakımlı batı bölgeleri (Menderes, Selçuk, Torbalı) ile yüksek rakımlı iç ve doğu bölgeleri (Ödemiş, Beydağ, Kiraz) arasında belirgin bir hidro-iklimsel geçiş zonu sergilemektedir. Denizel etkinin azalması ve topoğrafik yüksekliğin batıdan doğuya doğru artmasıyla birlikte, havza tabanı ve batı kesimler daha sıcak ve kurak bir karakter gösterirken, doğu ve kuzeydoğu kesimler nispeten daha serin ve yağışlıdır. Bu bölümde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün havzada yer alan meteorolojik gözlem istasyonlarından elde edilen veriler bazında genel değerlendirmelere yer verilmiştir.

Sıcaklık Koşulları

Havza genelinde yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 15°C'dir. Ancak topoğrafik ve mekânsal farklılıklara bağlı olarak havza içerisinde belirgin sıcaklık farklılıkları gözlenmektedir. Daha düşük rakımlı havza tabanı ve iç kesimlerde, özellikle Tire ve Beydağ çevresinde daha yüksek sıcaklıklar gözlenirken; doğu ve kuzeydoğu kesimlerde, özellikle Kiraz çevresi ve yüksek rakımlı alanlarda daha düşük sıcaklık değerleri görülmektedir. İlçe bazında değerlendirildiğinde, ortalama sıcaklık Selçuk'ta 15,94°C iken, Tire'de 17,29°C olarak ölçülmektedir.

Ekstrem sıcaklık göstergeleri incelendiğinde, Küçük Menderes Ovası'nın merkezi kesimlerinde maksimum sıcaklığın 35°C'yi aştığı gün sayısının (Tx35) mevcut durumda yılda 60 günün üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle yaz aylarında sıcaklık stresinin önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Don olaylı gün sayısı ise havza genelinde önemli mekânsal farklılıklar göstermektedir. Batı ve güneybatı kesimlerde, özellikle Selçuk çevresinde don olaylı gün sayısı yılda 10-30 gün arasında kalırken; doğu ve kuzeydoğu kesimlerde, özellikle Kiraz çevresi ve yüksek rakımlı alanlarda bu değer yılda 60 ile 140 gün arasında değişmektedir.

Yağış ve Nem Rejimi

Havzada yağış rejimi, topoğrafya ve denizel etkilerin belirleyici olduğu güçlü bir mekânsal değişkenlik göstermektedir. Doğu ve kuzeydoğu kesimlerde belirgin bir yağış fazlalığı gözlenmekte olup, özellikle Kiraz çevresinde yıllık ortalama yağış miktarı 1.107 mm seviyelerine kadar ulaşmaktadır. Buna karşılık batı ve güneybatı kesimlerde, özellikle Selçuk ve Menderes çevresinde yıllık yağış miktarı 520–540 mm aralığına kadar düşmektedir.

İlçe bazında değerlendirildiğinde, yıllık toplam yağışın Torbalı ve Menderes'te yaklaşık 606 mm, Ödemiş, Beydağ ve Kiraz'da 705 mm, Tire'de ise 722 mm olduğu görülmektedir. Bu

dağılım, havza içerisinde yağışın hem miktar hem de mekânsal dağılım açısından önemli farklılıklar içerdiğini ortaya koymaktadır.

Havzadaki yıllık ortalama nispi nem (RH) oranları ise en düşük %52,34 ile Ödemiş, Kiraz ve Beydağ çevresinde; en yüksek %59,58 ile Selçuk çevresinde ölçülmektedir. Bu değerler, nem koşullarının da havza içerisinde mekânsal olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Kuraklık ve Yağış Sürekliliği

Havzada kurak ve yağışlı periyotların dağılımı incelendiğinde, belirgin bir zamansal ve mekânsal farklılık ortaya çıkmaktadır. Ardışık 5 günlük kurak periyotlar açısından değerlendirildiğinde, havzanın büyük bir bölümünde bu sürenin genel olarak 75–120 gün aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, özellikle uzun süreli kurak dönemlerin havza genelinde baskın bir özellik olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, kesintisiz ardışık 5 günlük yağışlı periyotlar daha sınırlı ve bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Bu tür periyotlar özellikle havzanın kuzey ve doğu kesimlerinde daha belirgin olup, yılda yaklaşık 6–10 olay seviyesinde gerçekleşmektedir. Bu dağılım, yağışın süreklilikten ziyade daha çok kesintili ve düzensiz bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2. Su Kaynakları

Küçük Menderes Havzası, kuzey, güney ve doğu yüksek kesimlerinden gelen yüzeysel akışların Küçük Menderes Nehri'nde birleşerek Ege Denizi'ne döküldüğü tipik bir vadi yapısındadır. Havzanın su kaynaklarına ilişkin mevcut durumu; artan talep, yeraltı sularına aşırı bağımlılık, yoğun tarımsal faaliyetler ve yönetimsel sorunlar ekseninde kritik bir su stresi ve yönetim baskısı düzeyine ulaşmıştır.

Yeraltı Suyuna Aşırı Bağımlılık ve "Hidro-İklimsel Sıkışma"

Son yıllarda havza, artan sulama talebi ve su kirliliği gibi baskılar nedeniyle ciddi bir su stresi altında mücadele etmektedir. Havzadaki sulama ve sanayi suyu ihtiyacının neredeyse tamamı yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Yapılan hesaplamalar, havzada yeraltı suyu besleniminde referans döneme kıyasla halihazırda yaklaşık %15'lik bir düşüş olduğunu göstermektedir. Bu durum, sürdürülebilir sınırları zorlayan yeraltı suyu çekimleriyle birleşerek belirgin bir hidrolojik dengesizliğe yol açmaktadır. Yapılan saha anketlerine göre, üreticilerin %75'i şu anda yeraltı suyuna bağımlı üretim yaparken, %54'ü son 10 yılda su mevcudiyetinde önemli veya çok önemli bir azalma olduğunu bildirmektedir. Bu durum, su talebinin arttığı ancak birincil kaynağın (akiferler) giderek tükendiği bir "Hidro-İklimsel Sıkışma" (Hydro-Climatic Squeeze) yaratmıştır. Çiftçilerin bölgede en yoğun hissettiği sorunların başında da doğrudan "su kıtlığı" gelmektedir.

Bitkisel Üretim ve Hayvancılıkta Su Kullanımı

Havzadaki su talebinin en büyük itici gücü, bitkisel üretim ve hayvancılıktır. Sulanan alüvyal ovalarda silajlık mısır, dane mısır, sebze ve yem bitkileri yoğun bir şekilde yetiştirilmektedir. Ancak en büyük baskıyı bölgedeki devasa büyükbaş hayvan varlığı oluşturmaktadır. Doğrudan su tüketimi (içme ve serinleme) ve dolaylı su tüketimi (yem üretimi) bir arada değerlendirildiğinde, hayvancılık toplam tarımsal su talebinin çok büyük bir bölümünden sorumludur. Havzanın yaklaşık 760.000 büyükbaş hayvan için en temel yem kaynağı olan silajlık mısır, yıllık bazda 1.100 mm'ye kadar sulama gerektirmektedir. Sadece yem üretiminin dahi, bazı alt havzalarda yaz aylarındaki toplam sulama suyu çekiminin yarısından fazlasını oluşturduğu görülmektedir. Evapotranspirasyona dayalı hesaplamalar; silajlık mısır (900–1.100 mm), dane mısır (760–900 mm) ve domates (760–908 mm) gibi baskın ürünlerin mevsimsel su talebinin, Küçük Menderes Vadisi'ndeki birçok alt havzanın yenilenebilir yüzeysel su potansiyelini halihazırda aştığını göstermektedir.

Sulama Altyapısı ve Verimlilik

Havzada sulama yapılan tarım alanlarının oranı oldukça yüksektir; saha anketlerine katılan çiftçilerin %75'i arazilerini suladığını belirtmektedir. Türkiye genelinde sulama alanlarının yaklaşık %60'ında yüksek su kaybına (%35-60) neden olan yüzey (salma) sulama yöntemleri kullanılmakta olup, ortalama sulama randımanı %51 seviyelerinde seyretmektedir. Küçük Menderes Havzası'nda ise tüm çiftçilerin yaklaşık %39'u damla sulama sistemlerini kullanmaktadır. Bu durum, su tasarrufu sağlayan tekniklerin sınırlı düzeyde benimsendiğini gösterse de, yeraltı suyu seviyelerindeki düşüş hızı göz önüne alındığında mevcut teknolojik uyum düzeyi yetersiz kalmaktadır. Geniş alan işleyen bazı çiftçilerin gerekli modern sulama altyapısından yoksun olması, sistemsel bir altyapı açığı ve kırılabilirlik yaratmaktadır.

Su Kalitesi ve Çevresel Taşıma Kapasitesi Baskısı

Küçük Menderes Havzası'nda mevcut durum, yalnızca su miktarı açısından değil, su kalitesi açısından da önemli sorunlara işaret etmektedir. Havzada yoğun olarak yürütülen hayvancılık faaliyetlerinin çevresel yükü, özellikle belirli alanlarda ekosistemin taşıma kapasitesi üzerinde baskı oluşturabilmektedir. Bu kapsamda, yüzeysel ve yeraltı sularında nitrat kirliliği riski öne çıkmakta olup, bu durum havza ekosistemi ile birlikte içme suyu kaynakları açısından dikkatle izlenmesi gereken bir konu olarak değerlendirilmektedir.

3.3. Tarım Sektörü Profili

Havzanın tarım sektörü; yüksek ürün çeşitliliği, küçük ama ticari değeri yüksek işletme yapıları ve hayvancılık ile bitkisel üretimin iç içe geçtiği yoğun bir üretim modeli ile karakterize edilmektedir.

Tarımsal Arazi Kullanımı ve Üretim Deseni

Küçük Menderes Havzası, farklı ürün türlerinin yetiştirilmesine olanak sağlayan yaklaşık 196.332 hektar işlenebilir tarım arazisine sahiptir. Bu alanın önemli bir bölümünü çok yıllık dikili tarım alanları oluşturmaktadır. Yaklaşık 98.000 hektarlık alanda zeytin, narenciye, incir ve diğer meyve türlerini içeren bahçeler yer almakta olup, özellikle zeytin yetiştiriciliği havzanın engebeli ve eğimli yamaçlarında yaygın olarak gerçekleştirilmektedir.

Tarım arazilerinin geri kalan bölümü ise ağırlıklı olarak tek yıllık üretim sistemlerine ayrılmıştır. Sulama imkânlarının yüksek olduğu alüvyal taban arazilerde silajlık mısır, dane mısır, sebze ve yem bitkileri yoğun olarak yetiştirilmektedir. Bu dağılım, havzada bitkisel üretimin hem topoğrafik koşullar hem de suya erişim imkânları doğrultusunda şekillendiğini göstermektedir.

Hayvancılık Profili ve Yem Üretimi

Küçük Menderes Havzası, Ege Bölgesi'nin yüzölçümü bakımından en küçük havzalarından biri olmasına rağmen, büyükbaş hayvan varlığı açısından öne çıkan bir üretim yapısına sahiptir. Bölgede yaklaşık 760.000 büyükbaş ve 332.000 küçükbaş (koyun ve keçi) hayvan bulunmakta olup, et ve süt üretimi önemli bir ekonomik faaliyet olarak gerçekleştirilmektedir.

Hayvancılık faaliyetlerindeki bu yoğunluk, havzadaki bitkisel üretim desenini doğrudan etkilemektedir. Büyükbaş hayvanların temel kaba yem kaynağı olan silajlık mısır, havzada geniş alanlarda yetiştirilmekte olup, her yıl yaklaşık 55.000 hektarlık bir alanda ekim gerçekleştirilmektedir. Bu durum, bitkisel üretim ile hayvancılık faaliyetleri arasındaki güçlü karşılıklı bağımlılığı ortaya koymaktadır.

Hayvancılık sektörünün su kaynakları üzerindeki etkisi hem doğrudan hem de dolaylı olarak ortaya çıkmaktadır. Hayvanların içme ve bakım suyu ihtiyacı doğrudan su talebi yaratırken, silajlık mısır gibi yüksek su tüketimine sahip yem bitkilerinin sulama gereksinimi dolaylı su kullanımını artırmaktadır. Bu çerçevede, hayvancılık faaliyetlerinin havzanın tarımsal su talebi üzerinde önemli bir paya sahip olduğu değerlendirilmektedir.

3.4. Sosyoekonomik Yapı

Küçük Menderes Havzası, yüzölçümü bakımından sınırlı bir alana sahip olmasına rağmen, tarım alanı büyüklüğü, nüfus yapısı ve üretim yoğunluğu açısından öne çıkan bir tarımsal bölgedir. Havzanın büyük ölçüde İzmir ili sınırları içerisinde yer alması, bölgedeki görece yüksek eğitim düzeyi ve güçlü kooperatifçilik yapıları ile birlikte, tarımsal üretimde yeniliklere açıklık ve kurumsal kapasite açısından olumlu bir zemin sunmaktadır.

Havzadaki tarımsal işletmeler genel olarak küçük ölçekli bir yapıya sahip olmakla birlikte, modern üretim tekniklerinin kullanımı ve yoğun üretim modeli sayesinde birim alandan elde

edilen gelir görece yüksek seviyededir. Bununla birlikte, arazi yapısında zaman içerisinde değişimlerin yaşandığı ve işletme ölçeklerinin dinamik bir yapı sergilediği görölmektedir.

Ekonomik yapı açısından değerlendirildiğinde, havzada yüksek gelir potansiyeline sahip bir üretim sistemi bulunmasına rağmen, artan girdi maliyetleri ve borçluluk düzeyleri finansal kırılganlığı artıran temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, farklı ölçeklerdeki işletmeler için ortak bir ekonomik baskı alanı oluşturmaktadır.

Tarımsal üretim ve pazarlama yapısı incelendiğinde, havzanın pazara yüksek düzeyde entegre olduğu, üreticilerin hem iç hem de dış pazarlara erişim sağlayabildiği görölmektedir. Ancak üretim sisteminin büyük ölçüde sulamaya dayalı olması, su kaynaklarına bağımlılığı artırmakta ve üretim yapısını iklim koşullarına karşı daha hassas hale getirmektedir.

İklim değişikliği algısı açısından ise üreticilerin, sorunun nedenleri ve etkileri konusunda belirli bir farkındalığa sahip olduğu; özellikle su kıtlılığı, verim kayıpları ve maliyet artışlarının üretim üzerindeki etkilerinin yoğun şekilde hissedildiği anlaşılmaktadır. Bu çerçevede, havzadaki tarımsal yapı hem yüksek üretim potansiyeli hem de artan çevresel ve ekonomik baskılar nedeniyle çok boyutlu bir dönüşüm süreci içerisinde.

4. İKLİM PROJEKSİYONLARI

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için, gelecekteki iklim koşullarının güvenilir bir şekilde ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde, Küçük Menderes Havzası için özel olarak hazırlanan iklim projeksiyonları, teknik ayrıntılardan arındırılarak, tarımsal üretim açısından anlamlı sonuçlar çerçevesinde ele alınmaktadır.

Küçük Menderes Havzası gibi topoğrafik açıdan karmaşık ve deniz etkisine açık bölgelerde, yalnızca küresel iklim modelleri ile yapılan değerlendirmeler yerel koşulları yeterince yansıtamamaktadır. Küresel modeller, geniş alanları kapsayan ve yaklaşık 100 kilometre yatay mekânsal çözünürlüğe sahip hesaplamalar yapmakta olup, bu durum yerel ölçekteki sıcaklık farklılıkları, topoğrafik etkiler ve denizel etkileşimlerin ayrıntılı olarak temsil edilmesini sınırlandırmaktadır. Örneğin, aynı model hücresi içerisinde hem Bozdağlar'ın serin etkisi hem de Ege Denizi'nden gelen nemli hava tek bir ortalama değer olarak ifade edilebilmekte, bu da yerel iklim özelliklerinin tam olarak ortaya konulmasını zorlaştırmaktadır.

Bu nedenle çalışmada, küresel model çıktılarının havza ölçeğine daha doğru yansıtılabilmesi amacıyla "dinamik ölçek küçültme" yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, küresel MPI-ESM-HR modelinden elde edilen veriler, yüksek çözünürlüklü bölgesel bir iklim modeli olan COSMO-CLM (Böhm ve diğ., 2006; Rockel ve diğ., 2008) ile yeniden işlenerek Küçük Menderes Havzası'na uyarlanmıştır. Modelleme sürecinde çözünürlük aşamalı olarak artırılmış; önce yaklaşık 12 kilometre, ardından 2,5 kilometre ölçeğine kadar indirgenmiştir. Bu yaklaşım sayesinde yerel rüzgâr sistemleri, topoğrafyaya bağlı sıcaklık değişimleri ve kısa süreli şiddetli yağışlar gibi bölgesel iklim özellikleri daha gerçekçi bir şekilde temsil edilebilmiştir.

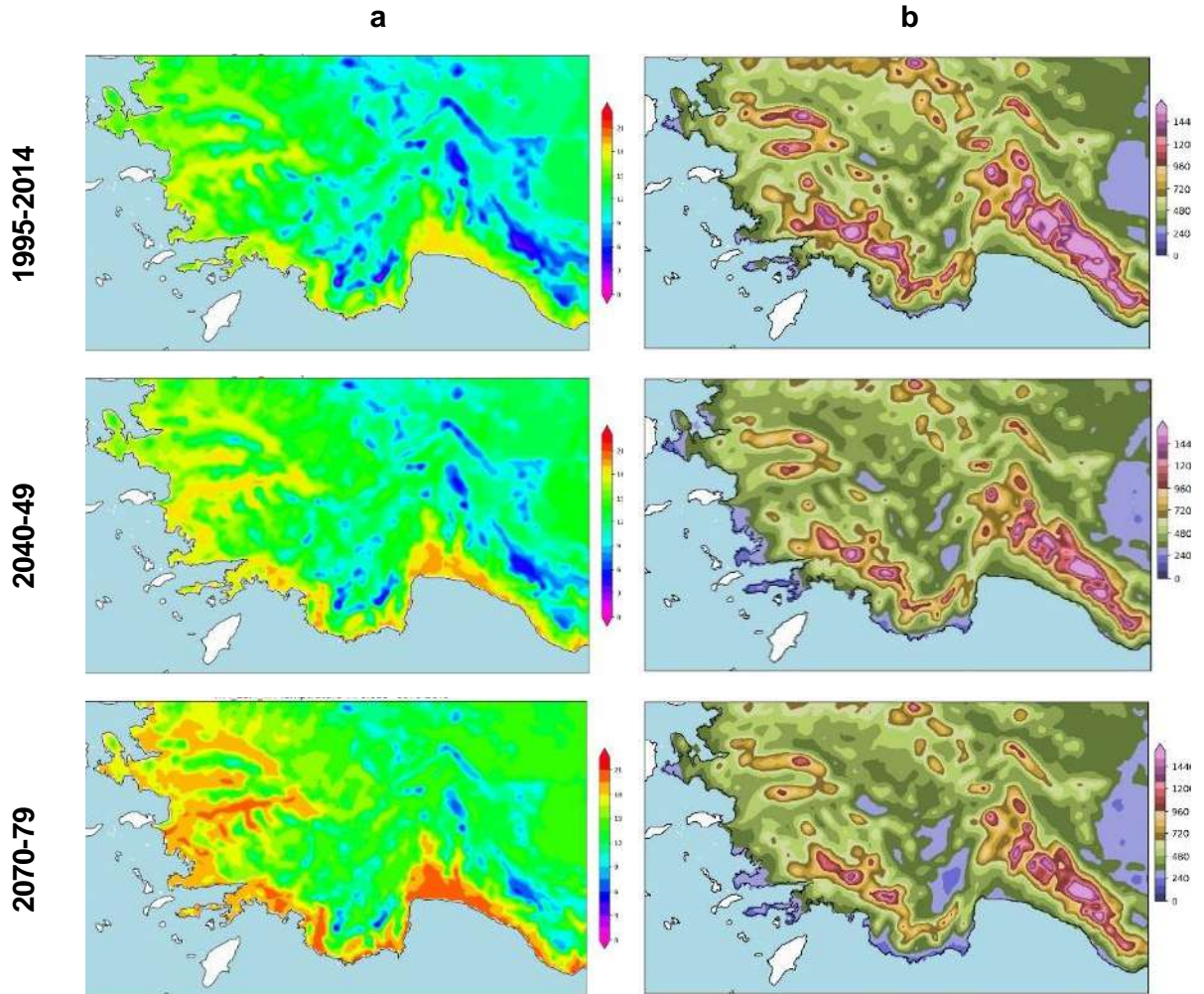
Elde edilen model çıktılarının güvenilirliğini artırmak amacıyla, ham model verilerine düzeltme işlemi uygulanmıştır. Bu kapsamda ERA5-Land yeniden analiz verileri referans alınarak Quantile Delta Mapping (QDM) yöntemi kullanılmıştır (Lee ve diğ., 2018). Bu yöntem, model verilerindeki sistematik sapmaları azaltırken iklim değişikliğine bağlı eğilimleri koruyarak daha tutarlı ve güvenilir projeksiyonların elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Gelecekteki iklim koşullarının değerlendirilmesinde karşılaştırılabilir bir çerçeve oluşturmak amacıyla analizler üç farklı zaman dilimi için gerçekleştirilmiştir. Referans dönem (1995–2014) mevcut iklim koşullarını temsil ederken, yakın gelecek dönemi (2040–2049) önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde beklenen değişimleri, uzak gelecek dönemi (2070–2079) ise yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkabilecek koşulları yansıtmaktadır. Bu dönemler arasındaki karşılaştırmalar, iklim değişikliğinin zaman içerisindeki etkilerinin daha net bir şekilde ortaya konulmasını sağlamaktadır.

Tüm projeksiyonlar, sera gazı emisyonlarının yüksek seviyelerde devam ettiği ve iklim değişikliğinin etkilerinin daha belirgin şekilde hissedileceği bir senaryo olan SSP3-7.0 çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu senaryo, mevcut küresel eğilimlerle uyumlu bir yaklaşım sunmakta ve havza için orta ve uzun vadede karşılaşılabilecek iklim risklerinin değerlendirilmesine imkân tanımaktadır.

4.1. Sıcaklık ve Yağış Değişimleri

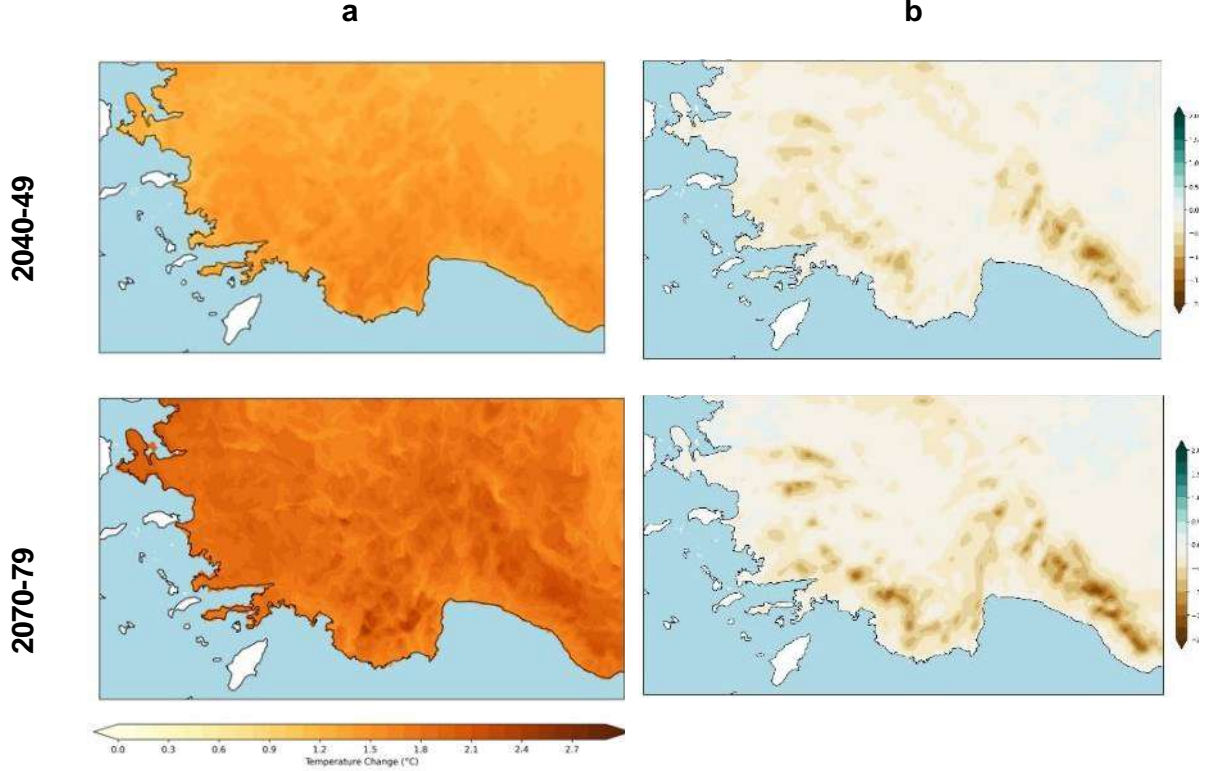
Küçük Menderes Havzası için gerçekleştirilen iklim projeksiyonları, gelecekte bölge genelinde daha sıcak ve daha kurak koşulların hâkim olacağını göstermektedir. Model sonuçları, yıllık ortalama sıcaklıklarda belirgin bir artış eğilimi ve yağış miktarında genel bir azalma yönünde güçlü bir sinyal ortaya koymaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Referans ve projeksiyon dönemleri için yıllık a) ortalama sıcaklık (°C) ve b) toplam yağış dağılımları (mm)

Referans dönemde, kıyı kesimlerde daha ılıman ve nemli koşullar hâkimken, iç kesimlerde ve yüksek rakımlı alanlarda daha düşük sıcaklıklar ve farklı yağış desenleri gözlenmektedir. Bu durum, bölgenin topoğrafik yapısı ve deniz etkisi ile yakından ilişkilidir.

Projeksiyon sonuçları, sıcaklıkların zamanla artacağını ve bu artışın özellikle yüzyılın ilerleyen dönemlerinde daha belirgin hale geleceğini göstermektedir (Şekil 4.2). Küçük Menderes Havzası için ortalama sıcaklık artışının 2040-2049 döneminde yaklaşık 0,9-1,3°C, 2070-2079 döneminde ise yaklaşık 1,8-2,0°C seviyelerine ulaşması beklenmektedir.

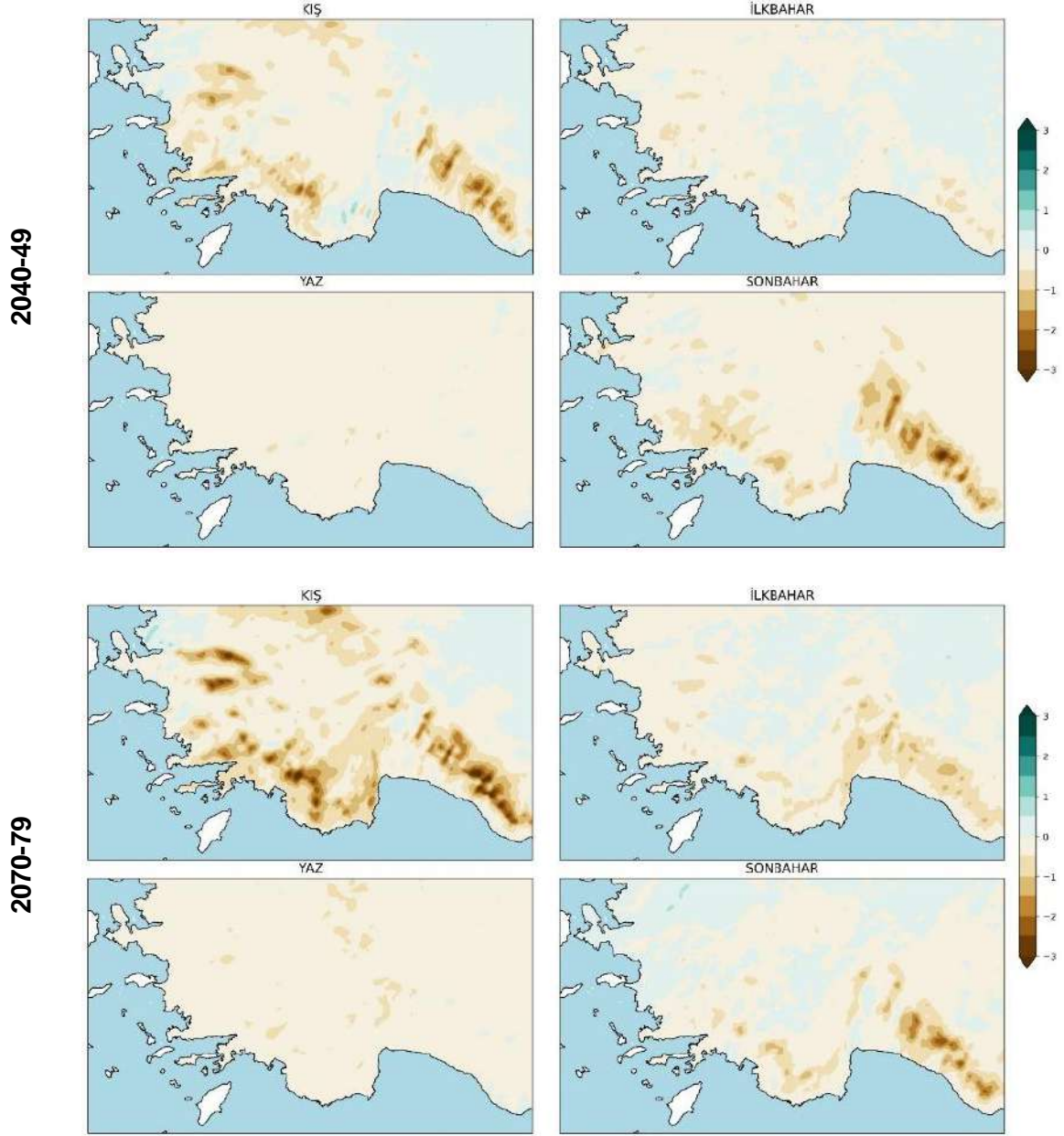


Şekil 4.2. Yıllık a) ortalama sıcaklık (°C) ve b) toplam yağış (mm/gün) değerlerinin referans döneme göre değişimi

Sıcaklık artışı mekânsal olarak homojen değildir. Özellikle yüksek rakımlı ve iç kesimlerde artışın daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu durum, kar örtüsünün azalması ve yüzey özelliklerindeki değişimlerle ilişkili geri besleme mekanizmaları ile açıklanmaktadır.

Yağış projeksiyonları ise daha karmaşık bir yapı sergilemekle birlikte, genel eğilim bölge genelinde kuraklaşma yönündedir. Özellikle 2040–2049 döneminde dağlık alanlarda başlayan azalma eğilimi, 2070-2079 döneminde daha geniş alanlara yayılmaktadır. İç kesimlerde yağış kayıplarının daha belirgin olduğu görülmektedir.

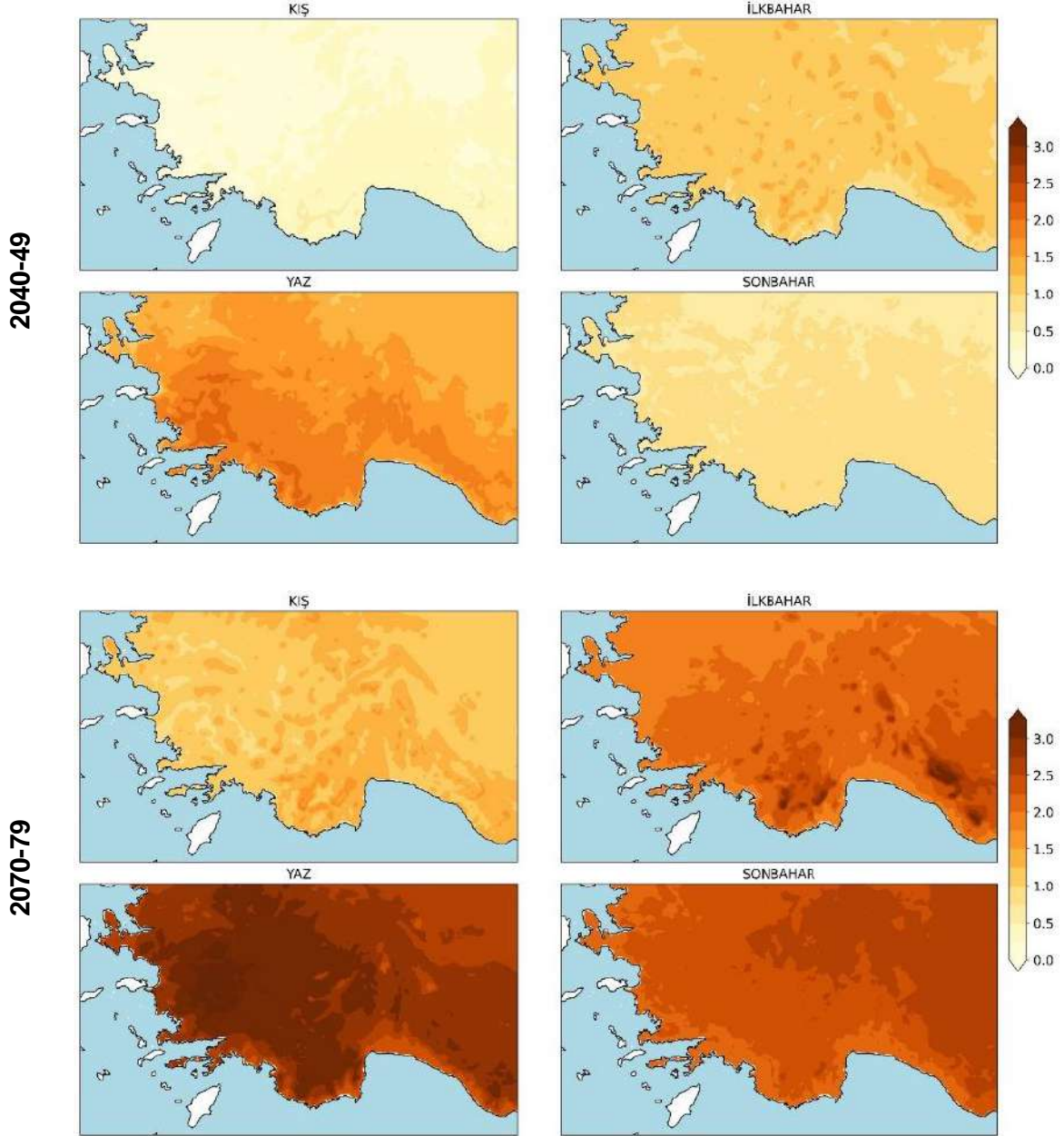
Bu değişimin en kritik yönü, yağışın mevsimsel dağılımındaki bozulmadır (Şekil 4.3). Kış aylarında beklenen yağış azalması, havzanın ana su beslenme dönemini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 4.3. Referans döneme göre mevsimsel yağış farkları (mm/gün)

Kış yağışlarının azalması, yeraltı suyu beslenmesi ve yüzey suyu kaynakları açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Aynı zamanda kurak dönemlerin yıl içine yayılması, toprak neminin azalmasına ve tarımsal üretim üzerinde baskının artmasına neden olabilecektir.

Sıcaklık projeksiyonları incelendiğinde, mevsimsel değişimlerin de belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). En yüksek sıcaklık artışlarının yaz aylarında gerçekleşmesi beklenirken, ilkbahar ve sonbahar aylarında da önemli artışlar öngörülmektedir.



Şekil 4.4. Referans döneme göre mevsimsel sıcaklık farkları (°C)

Bu durum, özellikle büyüme dönemlerinde sıcaklık koşullarının değişmesine ve vejetasyon süresinin farklılaşmasına yol açabilecektir. Ancak artan sıcaklıkların su talebini artırması ve kuraklık stresini güçlendirmesi nedeniyle bu potansiyel avantajların sınırlı kalması beklenmektedir.

Özet olarak SSP3-7.0 senaryosu kapsamında, 1995-2014 tarihsel dönemi için Küçük Menderes Havzası üzerinde sıcaklık (°C) ve toplam yağış (mm) değerlerinin 2040-49 ve 2070-79 gelecek dönemlerine ait mekânsal farklılıkları Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Küçük Menderes Havzası için sıcaklık (°C) ve toplam yağış (mm) değerlerinin 2040-49 ve 2070-79 gelecek dönemlerine ait mekânsal farklılıkları

Dönem	Ortalama Sıcaklık Değişimi (°C)	Yağış Değişimi (%)
2040–2049	+0,9	-12,8
2070–2079	+2,0	-10,7

Elde edilen projeksiyonlar birlikte değerlendirildiğinde, Küçük Menderes Havzası'nda gelecekte daha sıcak ve daha kurak bir iklim yapısının hâkim olacağı açıkça görülmektedir. Sıcaklık artışları ile birlikte buharlaşma ve bitki su tüketiminin artması, buna karşılık yağış miktarındaki azalma ve mevsimsel dağılımdaki bozulma, havzanın su dengesi üzerinde önemli bir baskı oluşturacaktır. Özellikle kış yağışlarındaki azalma, su kaynaklarının yenilenmesini sınırlandırarak yaz aylarında yaşanabilecek su stresini daha da artırabilecektir.

4.2. İklim Endekslerindeki Değişim

İklim değişikliğinin etkileri yalnızca ortalama sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişimlerle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda ekstrem hava olaylarının sıklığı, süresi ve şiddetinde de önemli değişimlere yol açmaktadır. Tarımsal üretim açısından belirleyici olan bu ekstrem koşullar, ürün verimliliği, su yönetimi ve hayvancılık faaliyetleri üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır.

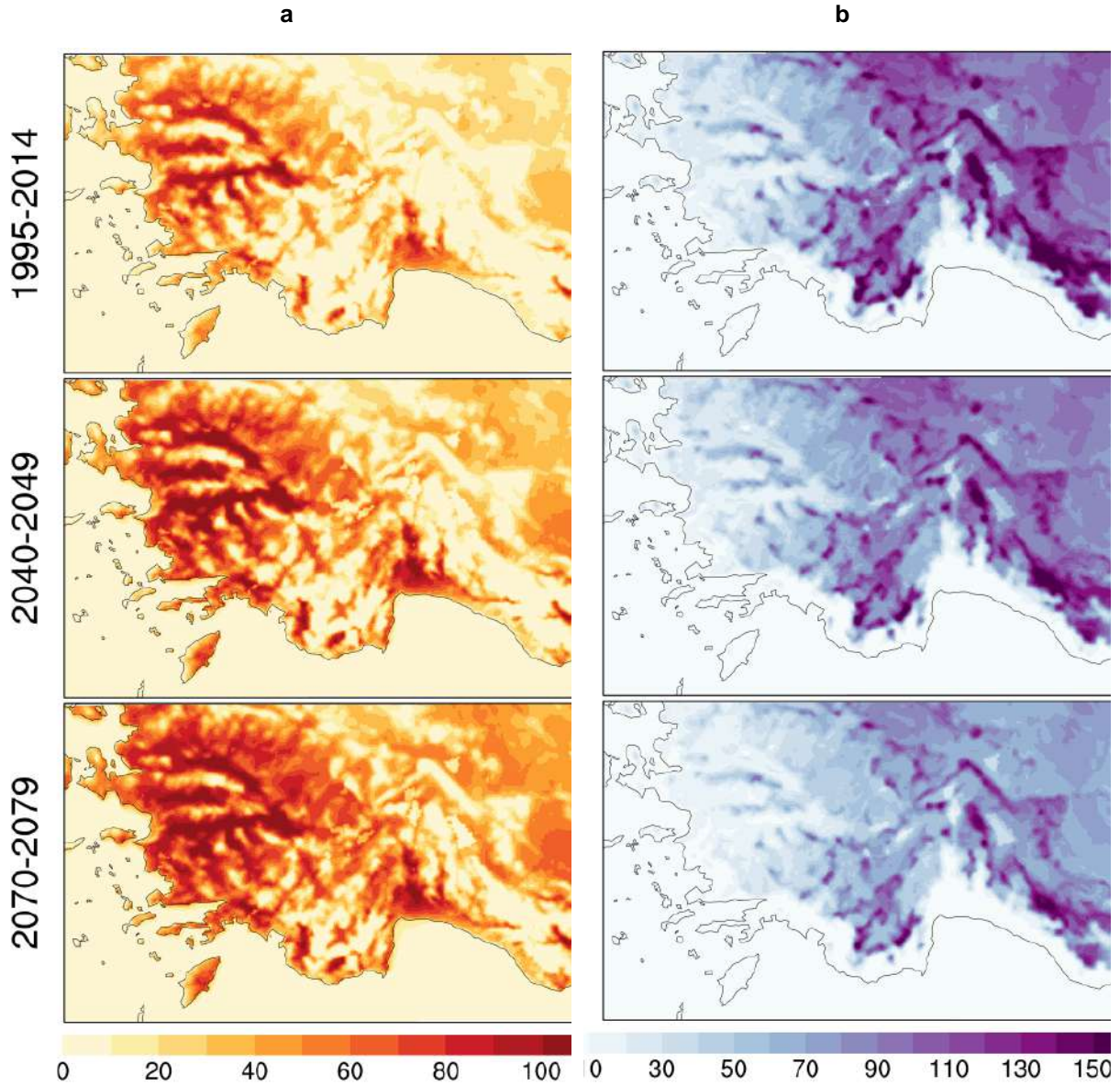
Bu kapsamda, Küçük Menderes Havzası için yapılan analizlerde sıcaklık, kuraklık ve yağış rejimine ilişkin çeşitli iklim endekslerindeki değişimler değerlendirilmiştir.

Aşırı Sıcaklıklar ve Sıcak Hava Dalgaları

Maksimum sıcaklığın (T_{maks}) 35°C'yi aştığı gün sayısının ve minimum sıcaklığın (T_{min}) 0°C'nin altında kaldığı gün sayısının mekansal dağılımı analiz edilmiş ve Şekil 4.5'te referans (1995-2014) ve gelecek (2040-49, 2070-79) dönemleri için sunulmuştur.

Projeksiyonlar, maksimum sıcaklığın 35°C'yi aştığı gün sayısında (T_{x35}) belirgin bir artış olacağını göstermektedir. Referans dönemde ortalama yaklaşık 26 gün olan bu değer, 2070'li yıllarda yaklaşık 48 güne ulaşması beklenmektedir.

Küçük Menderes Havzası özelinde ise bu değerlerin halihazırda bazı ovalık alanlarda yılda 60 günü aştığı dikkate alındığında, gelecekte bu sıcaklıkların hem süresinin hem de mekânsal yayılımının artacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5. a) Maksimum sıcaklığın 35°C'yi aştığı ortalama gün sayısı (Tx35) ve b) Don olan günlerin sayısı (FD)

Yüksek sıcaklıklar, bitkilerde fotosentez hızının düşmesine, su kaybının artmasına ve verim kayıplarına yol açmaktadır (Zhao ve diğ., 2017). Özellikle 30–35°C aralığı birçok ürün için kritik eşik olup, bu değerlerin aşılması durumunda çiçeklenme sorunları, meyve kalitesinde düşüş ve ürün kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Aynı zamanda sıcak hava dalgalarının süresi (HWDI) ve sıklığında (HWN) beklenen artışlar, tarımsal üretim ve hayvancılık açısından ilave stres faktörleri oluşturmaktadır.

Kuraklık ve Yağış Rejimi

Yağış rejimindeki değişimler, yalnızca toplam yağış miktarındaki azalma ile değil, aynı zamanda yağışın zamansal dağılımındaki bozulma ile de kendini göstermektedir. Ardışık kurak gün sayısını ifade eden CDD endeksine göre, kurak dönemlerin süresinin yakın gelecekte yaklaşık 20 gün, uzak gelecekte ise 24 gün kadar uzaması beklenmektedir (Tablo 4.2.). Buna karşılık, yağışlı günlerin sürekliliğini gösteren CWD endeksinde azalma öngörülmekte, bu da yağışların daha kısa sürede ve daha düzensiz gerçekleşeceğine işaret etmektedir. Bu durum, suyun toprağa sızması yerine yüzey akışına geçmesine neden olarak su verimliliğini azaltabilmektedir.

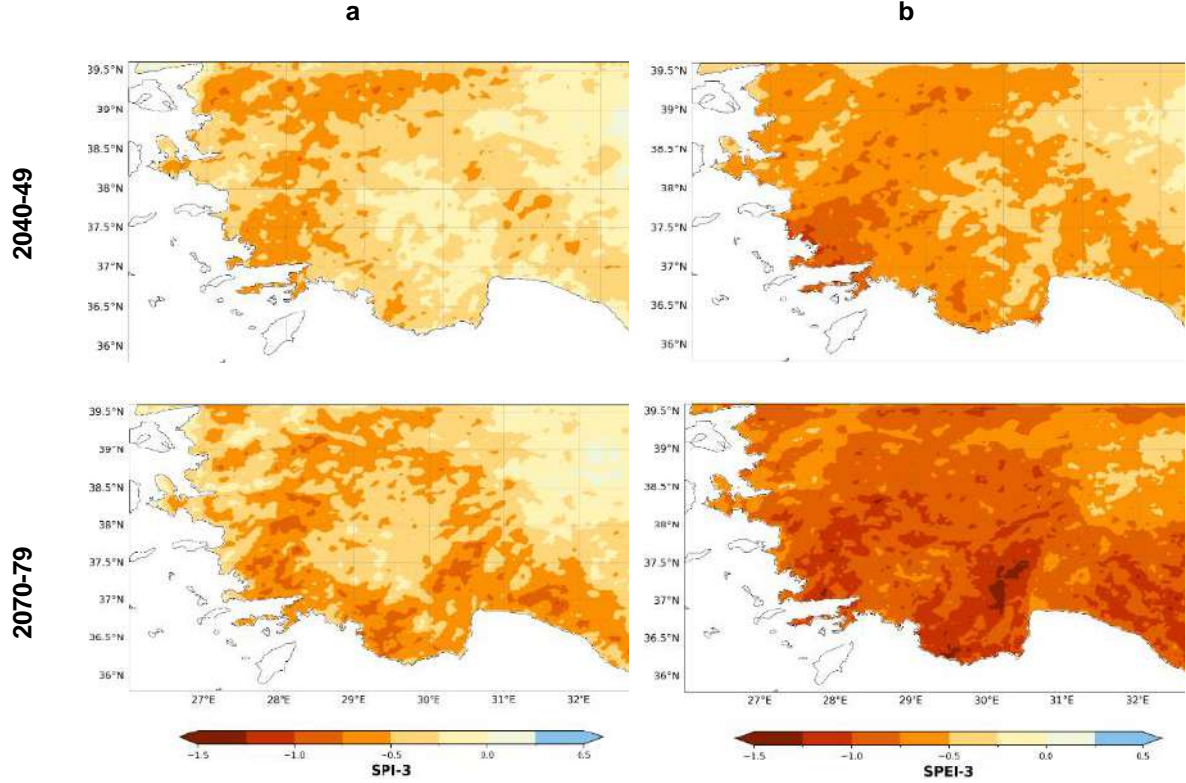
Tablo 4.2. Tarımsal açıdan kritik bazı iklim ekstrem göstergelerindeki değişim

Endeks/Periyot	2040-2049	2070-2079
HWDI (Sıcak hava dalga süresi)	16.8	27.7
HWN (Sıcak hava dalga sayısı)	1.9	3.1
CWD (Ardışık yağışlı gün sayısı)	-0.3	-0.6
CDD (Ardışık kurak gün sayısı)	19.7	23.8

Kuraklık değerlendirmelerinde kullanılan SPI ve SPEI endeksleri, farklı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Şekil 4.6, 2040-2049 ve 2070-2079 dönemleri için 3 aylık birikim periyodunda Standartlaştırılmış Yağış (SPI-3) ve Standartlaştırılmış Yağış-Evapotranspirasyon (SPEI-3) endekslerindeki referans periyoduna göre tahmini değişimi göstermektedir.

SPI-3 endeksi, yağışlardaki kısa vadeli dalgalanmaları yansıtarak meteorolojik kuraklık ve kısa vadeli yağışlı koşullar hakkında bilgi sağlamaktadır. 2040-2049 döneminin mekânsal örüntüsü, özellikle Ege kıyıları, güneybatı Anadolu ve Antalya Körfezi çevresinde negatif SPI-3 değerlerinin olduğunu ortaya koyarken, alanın bazı iç kesimleri ve kuzeydoğu kesimlerinde hafif pozitif değerler öngörmektedir. SPI-3 değerlerinde beklenen bu küçük azalma ve artışlar, referans dönemine kıyasla normale yakın koşulların devam edeceğini göstermektedir. 2070-2079 periyoduna geçildiğinde pozitif SPI-3 değerlerinin şiddetinin arttığı ve alansal olarak iç kesimlere doğru genişlediği öngörülmektedir. Bu negatif değerler, özellikle uç değerlerin -1,1'e ulaştığı kıyı ve alçak rakımlı bölgelerde yağışlarda bir azalmaya işaret etse de SPI-3 değerlerinin $\pm 0,99$ aralığında kalmasından dolayı normale yakın koşulların hüküm süreceği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. 2040-2049 ve 2070-2079 dönemlerinde a) SPI-3 ve b) SPEI-3

Yalnızca yağışı değil, sıcaklığa bağlı evapotranspirasyon artışıyla oluşan su kayıplarını da dikkate alan SPEI-3 endeksi, genel olarak SPI-3 endeksine göre daha şiddetli kuraklık koşulları öngörmektedir. 2040–2049 dönemine ait SPEI-3 değişimlerinde topoğrafyanın kuraklık dağılımı üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir. Bu durum, kuraklık sinyalinin yerel yükselti farklılıklarından ziyade bölgesel iklim süreçleri tarafından yönlendirildiğini göstermektedir. Dönem boyunca çalışma alanı genelinde negatif anomalilerin hâkim olacağı (ortalama -0,52) öngörülmektedir. Özellikle batı kesimlerde değerlerin yer yer -1,1'e yaklaşması, bu bölgelerde kurak koşulların güçlenmesine yönelik açık bir eğilime işaret etmektedir. Bu eğilimin, ilerleyen dönemlerde daha da belirginleşmesi beklenmektedir. 2070'li yıllarda kuraklığa eğilimli bu bölgelerin orta derecede kurak kategorisine geçiş yapacağı tahmin edilmektedir. Çalışma alanı genelinde ortalama SPEI değerlerinin -0,85'e kadar gerilemesi ve özellikle yüksek bölgelerde -1,5'e düşmesi, çok kurak koşullara geçileceğini göstermektedir.

Yalnızca yağışa dayalı SPI endeksi, bazı dönemlerde normale yakın koşullara işaret edebilse de, sıcaklık artışını da dikkate alan SPEI endeksi daha şiddetli kuraklık koşullarını ortaya koymaktadır. Bu fark, azalan yağışlar ile artan sıcaklıkların birleşik etkisinin, toprak nemi üzerinde daha belirgin bir kurutucu etki oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık bileşeninin hesaba katılmasıyla ortaya çıkan bu artan kuraklık şiddeti, potansiyel evapotranspirasyon hesaplama yönteminin kuraklık değerlendirme sonuçlarını önemli ölçüde etkilediğini gösteren Zhou ve diğ. (2020) bulgularıyla da tutarlıdır. Dolayısıyla, SPEI gibi

sıcaklık duyarlı endekslerin gelecekteki ısınma senaryoları altında kuraklık dinamiklerini daha gerçekçi biçimde temsil edebilmektedir.

Don Olayları ve Fenolojik Etkiler

Projeksiyonlar, don olaylı gün sayısında (FD-Frost Days) genel bir azalma olacağını göstermektedir. Referans dönemde ortalama 70 gün civarında olan don olaylı gün sayısının, 2070'li yıllarda yaklaşık 50 gün seviyelerine düşmesi beklenmektedir (Şekil 4.5).

Bu durum ilk bakışta olumlu gibi görünse de özellikle meyve ağaçları açısından önemli riskler barındırmaktadır. Azalan kış soğukları, bitkilerin ihtiyaç duyduğu “soğuklama süresinin” karşılanamamasına yol açarak düzensiz çiçeklenme ve verim kayıplarına neden olabilmektedir.

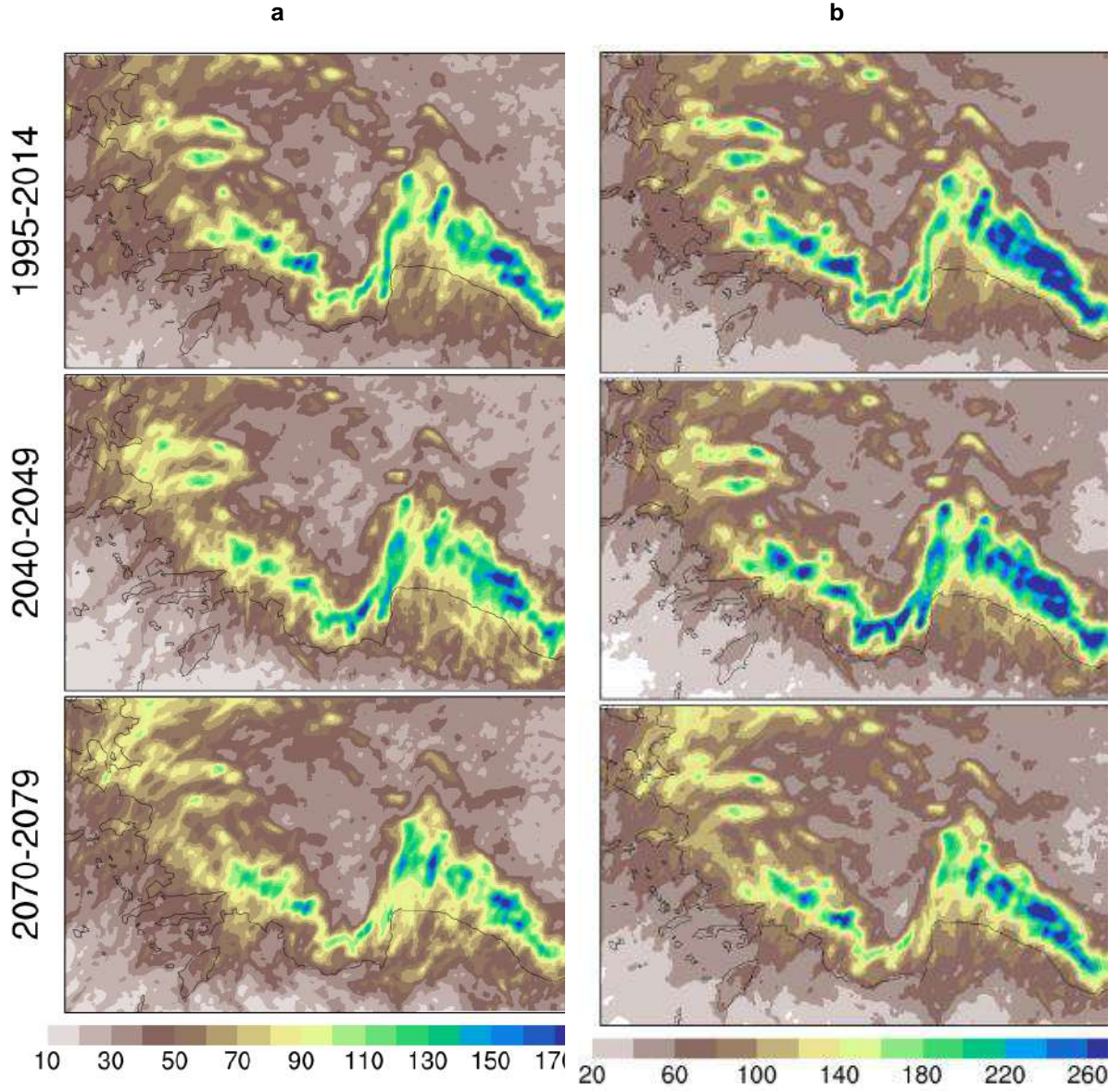
Aşırı Yağış Olayları

Kısa süreli (günlük ve beş günlük) şiddetli yağış olaylarını temsil eden Rx1day ve Rx5day endeksleri, gelecekte karmaşık bir değişim yapısına işaret etmektedir. Referans dönemde özellikle dağlık alanlarda yüksek olan bu değerlerin, bazı bölgelerde azalırken bazı alanlarda korunacağı veya sınırlı artış göstereceği öngörülmektedir.

Rx1gün ve Rx5gün endekslerinin üç farklı dönem (1995–2014, 2040–2049, 2070–2079) için mekânsal dağılımı Şekil 4.7a ve Şekil 4.7b ile sırasıyla gösterilmektedir.

Projeksiyonlara göre, 2040–2049 döneminde aşırı yağış olaylarının mekânsal dağılımının büyük ölçüde korunacağı, ancak bazı bölgelerde sınırlı artış veya azalışların görülebileceği öngörülmektedir. 2070–2079 dönemine gelindiğinde ise kısa süreli şiddetli yağışların genel olarak zayıflama eğilimine girmesi beklenmektedir. Bu durum, özellikle toplam yağış miktarındaki azalma ile birlikte değerlendirildiğinde, havzada daha kuru koşulların baskın hale geleceğine işaret etmektedir.

Bununla birlikte, aşırı yağış olaylarının tamamen ortadan kalkmayacağı ve belirli dönemlerde kısa süreli ancak etkili yağışların devam edebileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, taşkın ve yüzey akışı risklerinin tamamen ortadan kalkmadığı, ancak genel hidrolojik sistemin daha kurak bir yapıya doğru evrildiği değerlendirilmektedir.



Şekil 4.7. 1995-2014, 2040-2049 ve 2070-2079 dönemlerinde a) Rx1gün ve b) Rx5gün

Bitki Gelişimi ve Büyüme Derece Günü (GDD)

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini değerlendirmede kullanılan önemli göstergelerden biri de büyüme derece günleri (GDD) endeksidir. Bu endeks, bitkilerin büyüme dönemleri boyunca maruz kaldıkları toplam ısı birikimini ifade etmekte olup, ürünlerin gelişim süreci, hasat zamanı ve verim potansiyeli üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Projeksiyonlar, Küçük Menderes Havzası'nda sıcaklık artışına bağlı olarak GDD değerlerinde belirgin bir artış olacağını göstermektedir. Bu artış, bitkilerin gelişim süreçlerinin hızlanmasına ve fenolojik evrelerin (çiçeklenme, olgunlaşma vb.) daha erken gerçekleşmesine neden olabilecektir.

Bu durum ilk bakışta büyüme sezonunun uzaması gibi olumlu bir etki yaratabilir. Ancak artan sıcaklıkların aynı zamanda su talebini artırması, toprak neminin daha hızlı tükenmesi ve

bitkilerin daha uzun süre sıcaklık stresine maruz kalması, bu potansiyel avantajı sınırlayabilmektedir.

Özellikle çok yıllık bitkilerde (meyve ağaçları gibi) sıcaklık artışına bağlı olarak soğuklama ihtiyacının karşılanamaması ve aşırı ısı birikimi, ürün kalitesi ve verim üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Tek yıllık bitkilerde ise gelişim süresinin kısalması, ürün oluşum dönemlerinin kritik sıcaklıklarla çakışmasına neden olarak verim kayıplarına yol açabilmektedir.

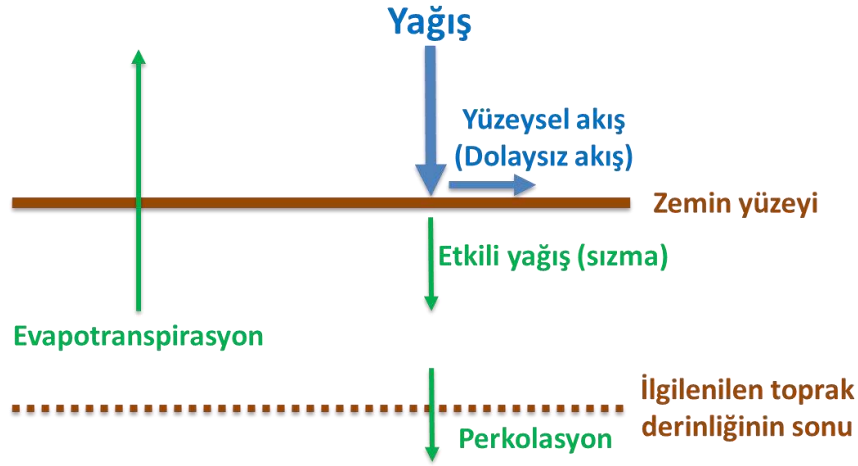
İklim endekslerindeki değişimler birlikte değerlendirildiğinde, Küçük Menderes Havzası'nda gelecekte: daha uzun kurak dönemlerin yaşandığı, sıcak hava dalgalarının daha sık ve daha uzun sürdüğü, yağışların düzensizleştiği, don olaylarının azaldığı ancak yeni riskler oluşturduğu bir iklim yapısının hâkim olacağı anlaşılmaktadır.

Bu değişimler, tarımsal üretim açısından yalnızca verim kayıpları değil, aynı zamanda üretim planlaması, su yönetimi ve ürün deseni seçiminde köklü değişiklikleri gerekli kılmaktadır. Artan sıcaklık ve kuraklık stresi, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırırken, çiftçilerin üretim sistemlerini bu yeni iklim koşullarına uyarlamasını kaçınılmaz hale getirmektedir.

5. GELECEKTEKİ SU MEVCUDİYETİ

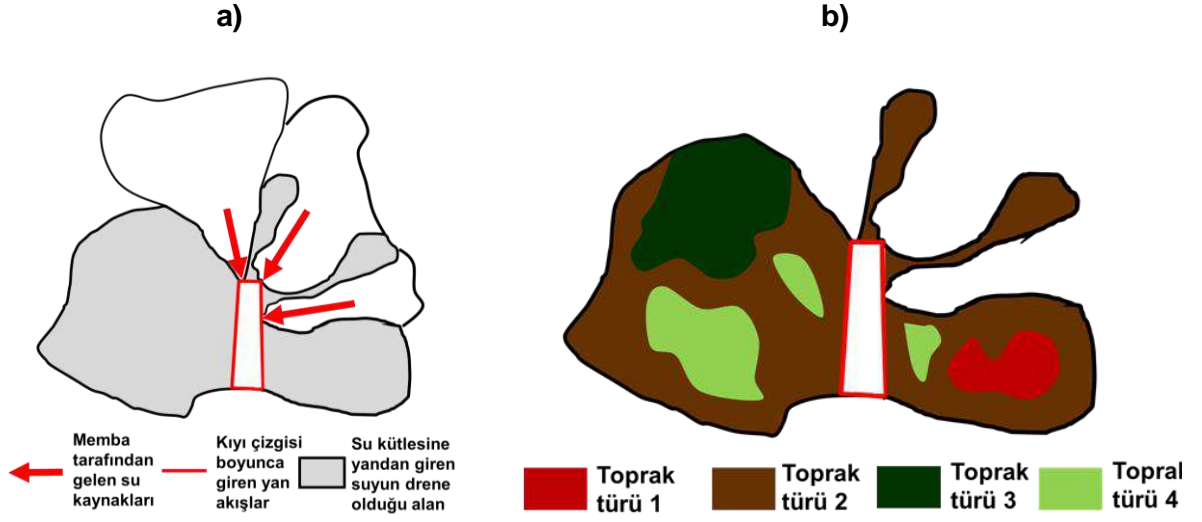
Küçük Menderes Havzası'nda gelecekteki su mevcudiyetinin değerlendirilmesi amacıyla, havzanın hidrolojik döngüsünü temsil eden model tabanlı bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu kapsamda geliştirilen model, yağış, yüzey akışı, toprak nemi, buharlaşma ve derine sızma (perkolasyon) gibi temel hidrolojik süreçlerin birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır (Şekil 5.1).

Model yaklaşımında, havzaya düşen yağışın bir kısmının doğrudan yüzey akışına geçtiği, bir kısmının ise toprağa sızarak bitkilerin kullanımına sunulduğu kabul edilmektedir. Toprağın su tutma kapasitesini aşan su ise yeraltı suyu sistemine sızmakta veya yüzey akışı yoluyla havzadan uzaklaşmaktadır. Bu süreçte evapotranspirasyon (buharlaşma ve terleme, ya da zeminden buharlaşma) önemli bir su kaybı bileşeni olarak dikkate alınmaktadır.



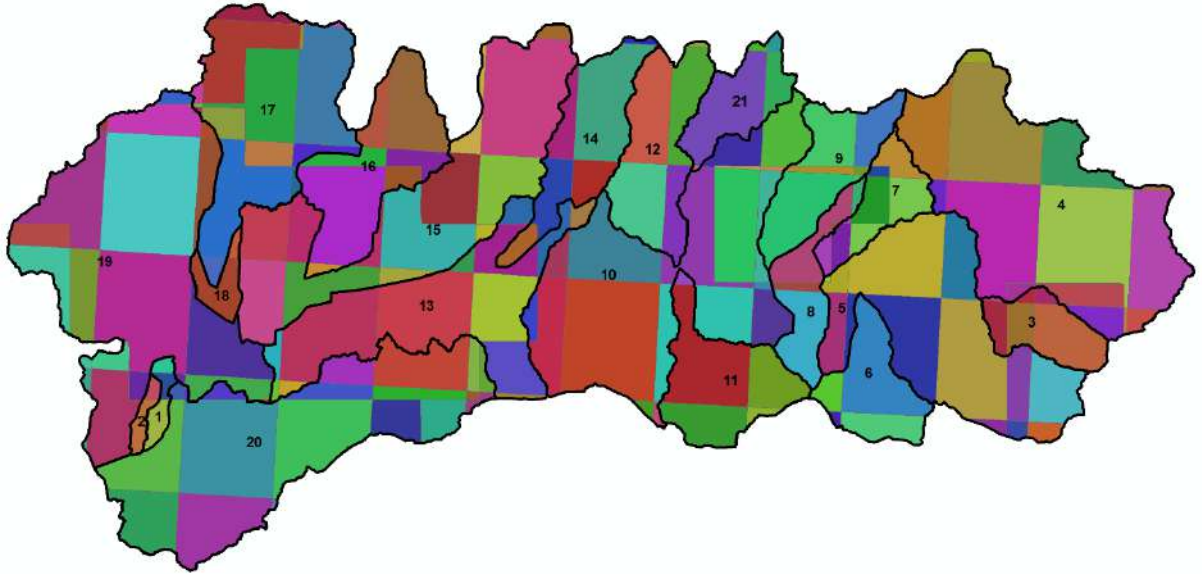
Şekil 5.1. Hidrolojik modelin temel şeması

Havza, suyun hareketini daha doğru temsil edebilmek amacıyla "RRU-runoff routing unit" (akış öteleme birimleri) ve "hydrological response unit" (HRU-hidrolojik işlem birimleri) olarak alt birimlere ayrılmıştır. Bu alt birimlendirme, SWAT/SWAT Plus (1998; Bieger ve diğ., 2017), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center, 2025), WEAP (Yates ve diğ., 2005) ya da HYPE (Lindstörn ve diğ., 2010) gibi birçok hidrolojik ve su kaynakları modelleme ve analiz platformlarında kullanılmıştır ve hemen hemen her durumda, ilgili hidrolojik işlem birimlerinin oluşturulması için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılması gerekmektedir. Bu ayrım, farklı toprak türleri, topoğrafya ve iklim koşullarının su dengesi üzerindeki etkilerini daha hassas şekilde analiz etmeye imkân tanımaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Akış öteleme birimleri (a) ve hidrolojik işlem birimleri (b)

Küçük Menderes Havzası için oluşturulan bu alt birimler, havza içerisindeki farklı hidrolojik davranışları temsil edecek şekilde modellenmiş ve su dengesi hesaplamaları bu birimler üzerinden gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.3. Küçük Menderes Havzası için hidrolojik alt birimler (RRU ve HRU)

Model hesaplamaları aylık zaman adımları kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, her bir dönem için yağış, evapotranspirasyon, yüzey akışı ve yeraltı suyu beslenimi ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen bu bileşenlerin toplamı, havzanın "toplam su potansiyeli" olarak değerlendirilmiştir.

Su potansiyeli, yüzey akışı ile toprak içerisinde gerçekleşen akışların (yanal akış ve derine sızma) toplamı olarak tanımlanmakta olup, havzanın kullanılabilir su miktarını temsil

etmektedir. Bu kapsamda hem referans dönem hem de gelecekteki iklim koşulları altında su potansiyelindeki değişimler analiz edilmiştir.

Modelleme çalışmasında, önceki bölümlerde sunulan iklim projeksiyonları (sıcaklık ve yağış verileri) kullanılarak 2020'lerden 2090'lara kadar olan dönemler için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bu sayede iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri zamansal olarak değerlendirilmiş ve havzanın gelecekteki su dengesi ortaya konulmuştur.

Modelleme yaklaşımı kapsamında, yalnızca su miktarındaki değişimler değil, aynı zamanda su kalitesine ilişkin göstergeler de değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, havza genelinde tuzluluk değişimleri, su potansiyelindeki değişimlere bağlı olarak analiz edilmiştir.

Tuzluluk hesaplamaları, sabit bir tuz kütlesi varsayımı altında, su miktarındaki değişime bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre, su potansiyelindeki azalma durumunda tuzluluk konsantrasyonunun artacağı; su miktarındaki artış durumunda ise tuzluluğun seyrelerek azalacağı kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle su kaynaklarının azalması ile birlikte tuzluluk riskinin artabileceğini ortaya koymak açısından önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, her bir hidrolojik birim için farklı dönemlere ait tuzluluk değişim katsayıları hesaplanmış ve su kaynaklarındaki niceliksel değişimlerin su kalitesi üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir.

5.1. Su Potansiyeli Projeksiyonları

Küçük Menderes Havzası için gerçekleştirilen hidrolojik modelleme sonuçları, havzanın mevcut su potansiyelinin hidrolojik alt birimler arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Referans döneme ait hesaplamalara göre, havzanın toplam su potansiyeli yaklaşık 1,25 milyar m³/yıl düzeyindedir.

Tablo 5.1. Küçük Menderes Havzası referans su potansiyeli değerleri

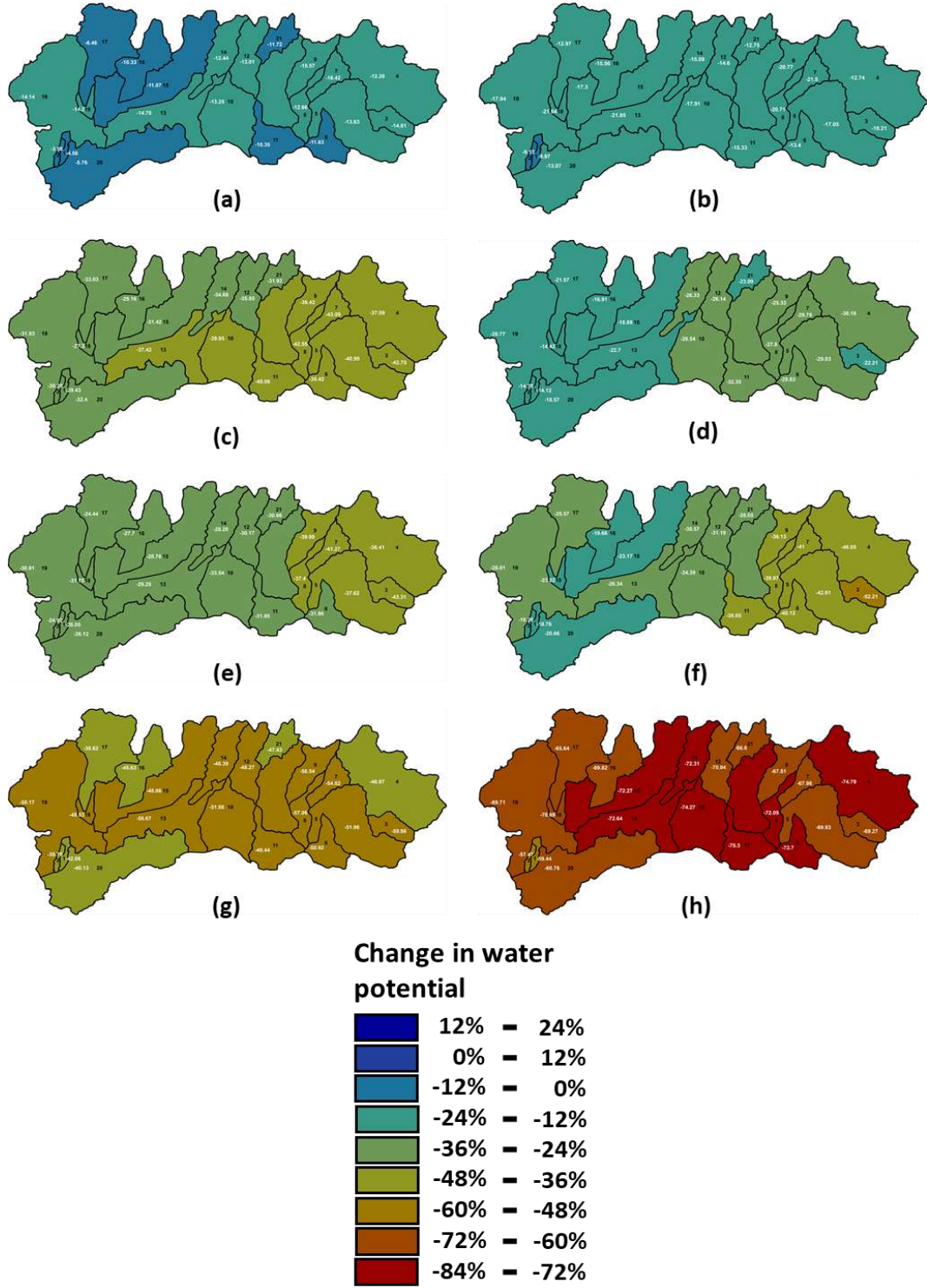
RRU No	Referans Tarih Aralığı için Ortalama Yıllık Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)
1	104,79
2	129,91
3	406,53
4	97,70
5	57,03
6	41,35
7	11,64
8	42,20
9	23,14
10	44,78

RRU No	Referans Tarih Aralığı için Ortalama Yıllık Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)
11	5,12
12	13,29
13	3,86
14	53,81
15	8,94
16	16,54
17	44,22
18	15,58
19	19,31
20	19,84
21	90,81
22	2,27

Alt birimler bazında değerlendirildiğinde, su potansiyelinin havza içerisinde homojen dağılmadığı görülmektedir. Özellikle 3 numaralı akış öteleme birimi yaklaşık 406 milyon m³/yıl ile en yüksek su potansiyeline sahip olup, havza toplamının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla 2 numaralı birim (129,9 milyon m³/yıl) ve 1 numaralı birim (104,8 milyon m³/yıl) izlemektedir.

Buna karşılık, bazı hidrolojik birimlerde su potansiyelinin oldukça düşük olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin 22 numaralı birimde su potansiyeli yalnızca yaklaşık 2,27 milyon m³/yıl düzeyindedir. Benzer şekilde 11, 7 ve 15 numaralı birimlerde de su potansiyelinin görece düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu durum, havza içerisinde su kaynaklarının mekânsal olarak dengesiz dağıldığını göstermektedir.

Gelecek projeksiyonları, bu mevcut yapının daha da kırılgan hale geleceğine işaret etmektedir (Şekil 5.4). İklim modeli çıktıları ile hidrolojik model sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi sonucunda, havzanın toplam su potansiyelinde özellikle orta ve uzun vadede belirgin bir azalma eğilimi öngörülmektedir. Bu azalma eğilimi, başlıca iki temel süreç tarafından belirlenmektedir. İlk olarak, özellikle kış aylarında beklenen yağış azalması, yüzey akışı ve yeraltı suyu beslenimini doğrudan azaltmaktadır. İkinci olarak ise artan sıcaklıklar, evapotranspirasyon oranlarını yükselterek sistemden kaybolan su miktarını artırmakta ve kullanılabilir suyu azaltmaktadır.



Şekil 5.4. Küçük Menderes Havzası su potansiyelinin gelecekteki değişimi (a) 2020'ler, (b) 2030'lar, (c) 2040'lar, (d) 2050'ler, (e) 2060'lar, (f) 2070'ler, (g) 2080'ler, (h) 2090'lar

Projeksiyon sonuçları, iklim değişikliğine bağlı olarak havzanın su dengesi üzerinde belirgin değişimler yaşanabileceğine işaret etmektedir. Artan sıcaklıklarla birlikte potansiyel buharlaşma oranlarında artış öngörülmekte olup, bu artışın 2040'lı yıllarda yaklaşık %7, yüzyılın sonuna doğru ise yaklaşık %26 seviyelerine ulaşabileceği hesaplanmaktadır. Bu

durum, atmosferin su tutma kapasitesinin artmasıyla birlikte toprak neminin daha hızlı azalmasına ve bitkilerin su stresine daha erken girmesine neden olabilecek bir eğilim ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, yüzeysel akış miktarlarında önemli azalma eğilimleri dikkat çekmektedir. Model sonuçları, yüzeysel akışlarda 2040'lı yıllarda yaklaşık %46'ya varan, yüzyılın sonuna doğru ise %80'in üzerine çıkabilen azalışların söz konusu olabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, yüzey suyu kaynaklarının (baraj ve göletler gibi) beslenme koşullarını önemli ölçüde etkileyebilecek bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.

Yeraltı suyu beslenmesini sağlayan yüzeyaltı akış ve derine sızma (perkolasyon) bileşenlerinde de benzer bir azalma eğilimi öngörülmektedir. Bazı hidrolojik birimlerde bu azalmanın 2070'li yıllarda yaklaşık %77, 2090'lı yıllarda ise %90'ın üzerine çıkabileceği hesaplanmaktadır. Bu durum, yeraltı suyu seviyelerinde düşüş yaşanması ve mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk oluşturabilecek niteliktedir. Su potansiyelindeki azalma eğilimi zamanla artmakta ve özellikle 2040'lı yıllardan sonra daha belirgin hale gelmektedir.

Uzun vadeli projeksiyonlar, özellikle yüzyılın sonlarına doğru hidrolojik sistemde daha belirgin değişimlerin ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, havzada mevcut durumda dahi mekânsal olarak dengesiz dağılan su kaynaklarının, iklim değişikliği etkisiyle hem miktar hem de zamanlama açısından daha sınırlı ve değişken hale gelebileceği anlaşılmaktadır. Bu durum, su yönetimi ve tarımsal üretim planlaması açısından daha dikkatli ve entegre yaklaşımların geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

5.2. Tuzluluk Değişimleri

Küçük Menderes Havzası için hesaplanan tuzluluk değişimleri, her bir akış öteleme birimi ve on yıllık dönem için Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Küçük Menderes Havzası tuzluluk değişimleri

RRU No	2020ler	2030ler	2040ler	2050ler	2060ler	2070ler	2080ler	2090ler
1	1,20	1,07	1,63	1,65	1,66	2,42	1,94	7,35
2	1,28	0,99	1,62	1,80	1,68	3,18	2,34	Kuruma
3	1,23	1,10	1,59	1,55	1,54	1,99	1,78	3,76
4	1,22	1,08	1,51	1,48	1,48	1,86	1,63	3,00
5	1,16	1,01	1,37	1,39	1,38	1,68	1,49	2,75
6	1,19	0,97	1,54	1,61	1,44	2,44	1,94	5,65
7	1,21	1,07	1,56	1,67	1,47	2,47	2,11	6,12
8	1,13	0,98	1,32	1,36	1,37	1,63	1,44	2,70
9	1,11	1,03	1,44	1,58	1,21	1,82	1,78	5,79

RRU No	2020ler	2030ler	2040ler	2050ler	2060ler	2070ler	2080ler	2090ler
10	1,11	0,97	1,29	1,36	1,36	1,64	1,44	2,85
11	1,01	0,93	1,31	1,45	1,22	1,75	1,74	6,42
12	1,12	0,94	1,36	1,39	1,24	1,84	1,61	5,23
13	0,97	0,86	1,17	1,37	1,16	1,84	1,55	6,22
14	1,11	1,01	1,23	1,37	1,35	1,67	1,46	3,00
15	1,09	0,90	1,29	1,32	1,21	1,71	1,56	4,27
16	1,10	0,84	1,22	1,31	1,26	1,69	1,55	4,06
17	0,95	0,85	1,14	1,34	1,13	1,67	1,63	7,18
18	0,99	0,89	1,18	1,34	1,17	1,58	1,59	8,16
19	1,08	0,82	1,21	1,27	1,20	1,63	1,53	3,97
20	0,91	0,83	0,99	1,25	1,05	1,41	1,46	5,86
21	1,04	0,83	1,15	1,32	1,19	1,57	1,51	4,11

Model sonuçları, havzanın büyük bir bölümünde tuzluluk değerlerinde artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Yakın gelecekte (2030'lar-2040'lar), birçok hidrolojik birimde tuzluluk seviyelerinin yaklaşık %20-%60 (1,2 ile 1,6 kat) aralığında artabileceği hesaplanmaktadır. Bu durum, su miktarındaki azalmaya bağlı olarak tuz konsantrasyonunun artmaya başladığını göstermektedir.

Orta ve uzun vadede bu eğilimin daha belirgin hale geldiği görülmektedir. 2070'li yıllara gelindiğinde, bazı alt havzalarda tuzluluk artış katsayılarının 1,5 ile 3,18 kat aralığına ulaştığı; yani tuzluluk seviyelerinde yaklaşık %50 ile %200'ün üzerinde artışlar söz konusu olabileceği hesaplanmaktadır.

Yüzyılın sonuna doğru (2080–2090), su potansiyelindeki belirgin azalmaya bağlı olarak bazı hidrolojik birimlerde tuzluluk artışının daha yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Model sonuçları, belirli alt birimlerde tuzluluk katsayılarının 3 ila 8 kat aralığına kadar çıkabildiğini; bazı birimlerde ise suyun tamamen kurumaması nedeniyle tuzluluğun artık ölçülemeyecek bir çoraklık seviyesine ulaştığı ve sistemin hidrolojik olarak işlevini kaybetme eğilimi gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Bu durumun temel nedeni, yağışların azalması ve sıcaklıkların artması ile birlikte hem su miktarının azalması hem de evapotranspirasyonun artmasıdır. Azalan su miktarı, mevcut tuz yükünün daha az su içerisinde çözünmesine neden olurken; artan buharlaşma, toprak içerisindeki tuzların yüzeye doğru taşınmasına katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca, yeterli yağış veya sulama suyu ile tuzların toprak profiline alt katmanlarına taşınmaması (yıkınamaması), zamanla yüzeyde tuz birikimine neden olabilmektedir.

Artan tuzluluk, tarımsal üretim açısından önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Yüksek tuzluluk koşulları, bitkilerin su alımını zorlaştırmakta, büyüme süreçlerini olumsuz etkilemekte

ve verim kayıplarına yol açabilmektedir. Aynı zamanda toprak yapısında bozulmalara neden olarak uzun vadede tarım alanlarının üretkenliğini azaltabilmektedir.

6. TARIMSAL ETKİ ANALİZİ

Küçük Menderes Havzası için gerçekleştirilen tarımsal etki değerlendirmesi, iklim projeksiyonları, hidrolojik analizler ve mevcut tarımsal üretim verilerinin birlikte ele alındığı bütünlük bir modelleme yaklaşımına dayanmaktadır. Bu kapsamda, hem mevcut durumun doğru bir şekilde ortaya konulması hem de geleceğe yönelik üretim koşullarının güvenilir biçimde tahmin edilmesi amacıyla çok aşamalı bir analiz süreci yürütülmüştür.

İlk aşamada, havzanın mevcut tarımsal yapısı yüksek mekânsal çözünürlükte analiz edilmiştir. Bu kapsamda, uydu görüntüleri (KOMPSAT-3A ve TripleSat) ve saha gözlemleri kullanılarak tarım alanları parsel bazında haritalandırılmış; Tarım ve Orman Bakanlığı'na ait Çiftçi Kayıt Sistemi verileri kadastro verileri ile entegre edilerek güncel ürün deseni belirlenmiştir. Bu süreçte, kayıtlı ve kayıtsız üretim alanları birlikte değerlendirilmiş ve havza genelinde tarım alanları detaylı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca toprak özellikleri, topoğrafya, drenaj durumu ve erozyon riski gibi üretimi doğrudan etkileyen çevresel faktörler coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında değerlendirilerek analizlere dâhil edilmiştir.

İkinci aşamada, iklim projeksiyonlarından elde edilen gelecekteki sıcaklık (T2M), yağış (PRCP) ve nispi nem (RH) tahminleri kullanılarak bitkisel üretim üzerindeki etkiler modellenmiştir. Bu kapsamda, ürün bazlı verim tahminleri oluşturulmuş; iklim değişkenlerindeki değişimlerin bitki gelişim süreçleri üzerindeki etkileri, mevsimsel su tüketimi (ETc) ile birlikte değerlendirilmiştir. Analizlerde yalnızca ortalama iklim değerleri değil, aynı zamanda don olaylı gün sayısı, ardışık kurak günler ve "Büyüme Derece Günleri" (GDD) gibi tarımsal açıdan kritik iklim göstergeleri de dikkate alınmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, farklı ürünlerin iklim değişikliğine karşı duyarlılığı belirlenmiş ve havza genelinde üretim desenine ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

Üçüncü aşamada ise hayvancılık faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, havzadaki hayvan varlığı dikkate alınarak hem doğrudan su tüketimi (içme ve bakım suyu) hem de dolaylı su tüketimi (yem bitkileri üretimi) birlikte değerlendirilmiştir. Özellikle yüksek su tüketimine sahip yem bitkilerinin üretimi ile hayvancılık arasındaki ilişki, havzanın toplam su talebi üzerindeki baskıyı ortaya koymak açısından kritik bir bileşen olarak ele alınmıştır.

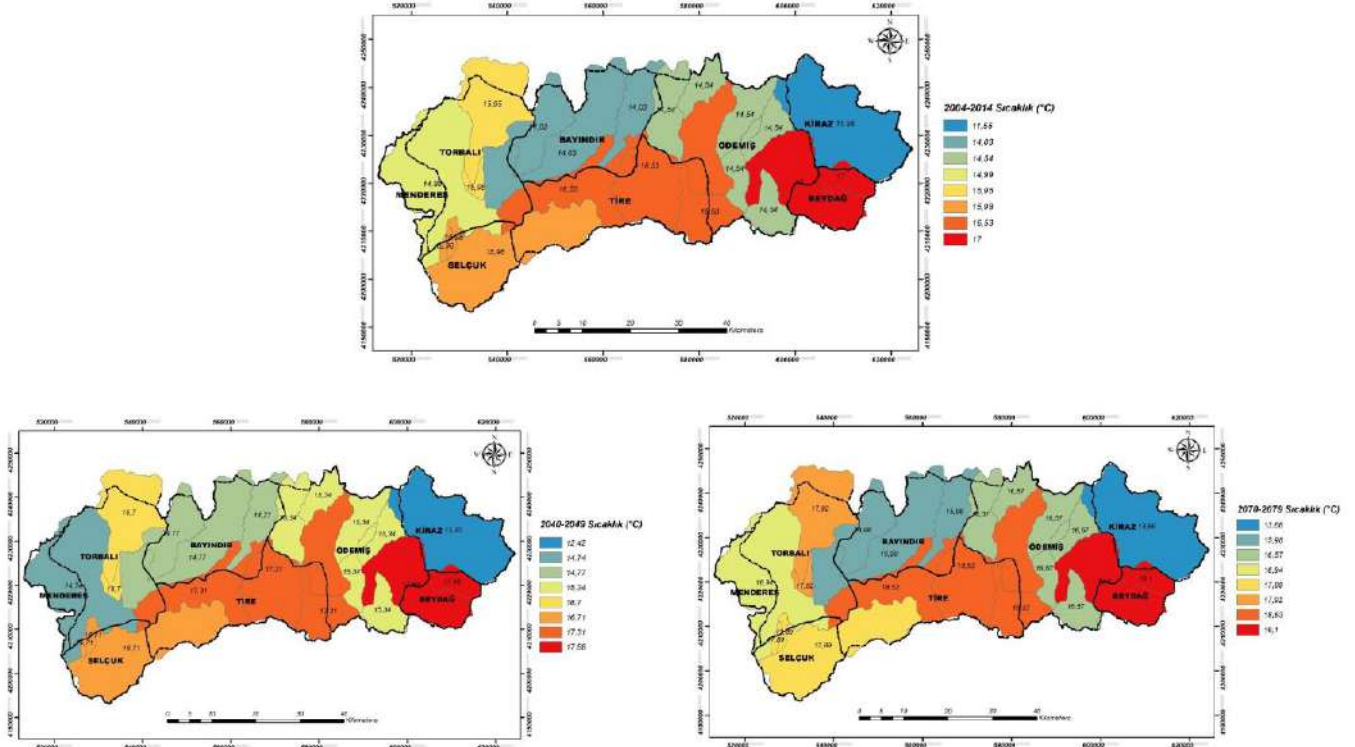
6.1. İklim Parametreleri ve İklim Endekslerinin Mekânsal Analizi

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için, havza genelindeki ortalama değerlerin ötesine geçilerek sıcaklık, yağış ve aşırı hava olaylarındaki (iklim indisleri) mekânsal değişimlerin ilçe ölçeğinde incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, yüksek çözünürlüklü bölgesel iklim model çıktıları kullanılarak referans dönem (2004–2014) ile yakın (2040–2049) ve uzak gelecek (2070–2079) dönemleri karşılaştırılmıştır.

Sıcaklık Projeksiyonları

Ortalama sıcaklık haritaları (Şekil 6.1), 2004–2014 referans döneminde havzanın doğu-kuzeydoğu bölgelerinde (özellikle Kiraz çevresi) daha düşük, havzanın tabanı ve iç kesimlerinde ise (ör. Tire–Beydağ) daha yüksek sıcaklık değerlerinin baskın olduğunu ortaya koymaktadır. İlçe ölçeğinde incelendiğinde, yıllık ortalama sıcaklıkların havza genelinde 2004–2014 döneminde yaklaşık 15,0 °C'den, 2040–2049 döneminde yaklaşık 15,8 °C'ye, 2070–2079 döneminde ise yaklaşık 17,0 °C'ye yükseldiği görülmektedir. Bu durum, havzada yakın gelecekte yaklaşık +0,8 °C, uzak gelecekte ise yaklaşık +2,0 °C'lik bir sıcaklık artışına işaret etmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde öngörülen 'ısınma odağı' (warming hotspot) özelliği bu artışların bölgesel ölçekte beklenen bir sonuç olduğunu desteklemektedir (IPCC, 2023; Giorgi & Lionello, 2008).

Isı artışı sinyali tüm alt bölgelerde gözlemlenirken, görece serin bir alan olan Kiraz çevresinde bile belirgin olduğu görülmektedir. Bu bölgede mutlak sıcaklıklar düşük kalmaya devam etse de artışın boyutu yaklaşık 2,1 °C'ye ulaşmaktadır. Daha sıcak olan havza tabanı ve güneydoğu kesimlerde (ör. Beydağ), artan sıcaklıkların atmosferik buharlaşma talebini yükseltmesi ve buna bağlı olarak bitkisel su tüketimini artırması beklenmektedir. Özellikle Akdeniz iklim kuşağında bu mekanizma, sulama suyu ihtiyacını artırarak kritik bir etki zinciri olarak öne çıkmaktadır (MedECC, 2020; IPCC, 2023).

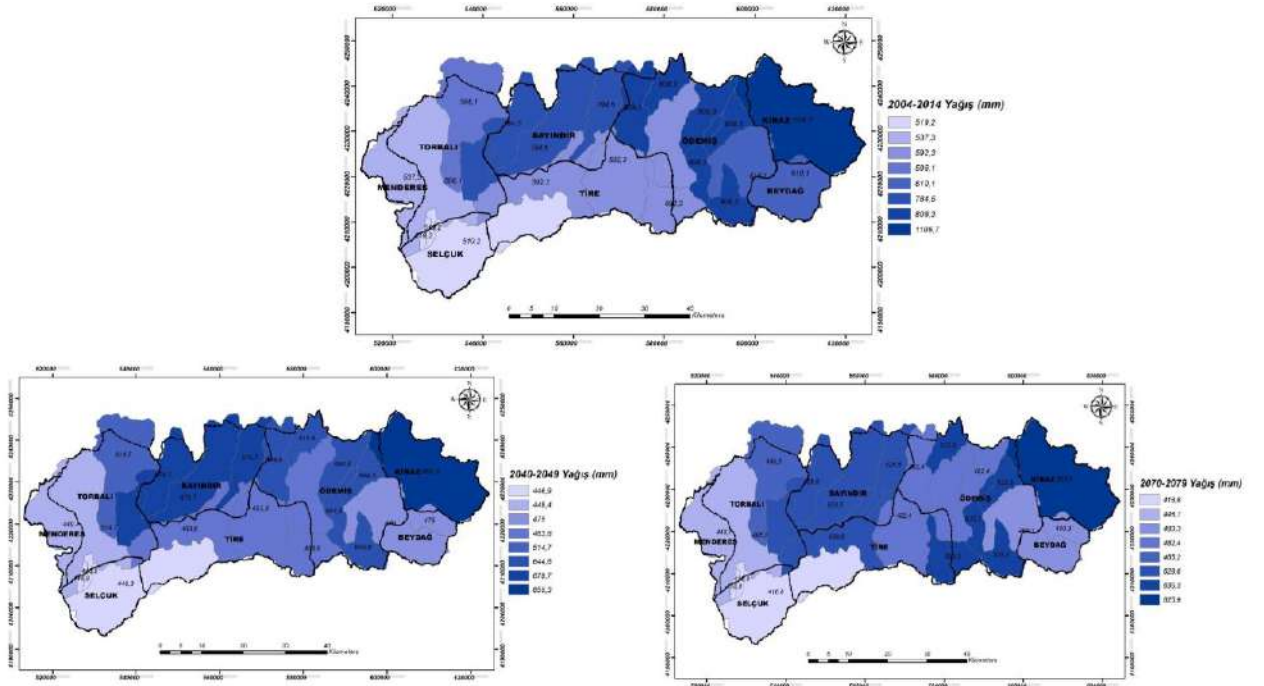


Şekil 6.1. Küçük Menderes Havzası'nda ortalama sıcaklığın (°C) mekânsal dağılımı: 2004-2014 referans dönemi ile 2040-2049 ve 2070-2079 gelecek dönemleri

Yağış Projeksiyonları

Yıllık toplam yağışın mekânsal dağılımı, referans dönemde doğu ve kuzeydoğu bölgelerinde belirgin bir yağış üstünlüğü olduğunu göstermektedir (Şekil 6.2). Örneğin, Kiraz çevresinde yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 1107 mm'ye ulaşırken, batı ve güneybatı kesimlerde (Selçuk ve Menderes çevresi) bu değer 520–540 mm seviyelerine kadar düşmektedir. Bu durum, havzada yağışın topoğrafya ve denizel etkilerle birlikte güçlü bir mekânsal farklılık sergilediğini ortaya koymaktadır.

Geleceğe yönelik senaryolar, havza genelinde yıllık yağış miktarında 2040–2049 döneminde yaklaşık %12, 2070–2079 döneminde ise yaklaşık %21 oranında azalma öngörmektedir. Bu azalışın özellikle referans dönemde daha yüksek yağış alan doğu ve iç kesimlerde belirginleşmesi (örneğin, Kiraz'da yağışların yakın gelecekte yaklaşık %17 ve uzak gelecekte %25 düşmesi) hidrolojik stresin havza genelinde doğuya yoğunlaşma riskini artırmaktadır. Sıcaklık artışı göz önünde bulundurulduğunda ise yaz kuraklığının daha da şiddetleneceği ve toprak ile su dengesi üzerinde olumsuz etkiler yaratacağı beklenmektedir. Ardışık kurak günlerin artmasına bağlı olarak toprak nemindeki önemli azalışların toprak canlılığını olumsuz etkilemesi beklenmektedir. Ayrıca, havzaya yönelik kuraklık projeksiyonları, meteorolojik kuraklığın şiddetinin artabileceğini göstererek bu bulguları desteklemektedir (Güney, 2024). Benzer şekilde Akdeniz Havzası ölçeğinde yapılan analizler de yağış azalmasının ve buharlaşma talebindeki artışın su kaynaklarının mevcudiyetini olumsuz etkileyeceğini ortaya koymaktadır (IPCC, 2023; MedECC, 2020).



Şekil 6.2. Küçük Menderes Havzası'nda yıllık toplam yağışın (mm) mekânsal dağılımı: 2004-2014 referans dönemi ile 2040-2049 ve 2070-2079 gelecek dönemleri

Su Potansiyeli Göstergesi

Su potansiyeli haritaları, 2040–2049 dönemi için havza genelinde düşüş gösteren bir 'iklimsel su açığı' sinyalinin varlığını ortaya koyarken, 2070–2079 döneminde ise bu olumsuz durumun belirgin şekilde şiddetlendiğini işaret etmektedir (Bkz. Bölüm 5.1). Mekânsal olarak, su açığı havzanın iç ve doğu bölgelerinde (Ödemiş–Beydağ–Kiraz) daha yoğun hissedilirken, batı bölgelerde ise nispeten daha sınırlı bir etkiye sahiptir. Yağıştaki azalma ve ısınmaya bağlı artan buharlaşma talebinin bir arada şekillendirdiği bu durum, havzanın su kaynakları ile sulama yönetimi açısından kırılganlığının artacağına işaret etmektedir. Bu bulgu, Akdeniz Havzası'nda rapor edilen artan su stresiyle paralellik göstermektedir. Özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki beklenen kısalmalar, buna karşın süresi uzayan yaz mevsimine bağlı olarak bitki su talebi süresini de artıracaktır.

Tarımsal İklim Endeksleri

- Don Olayı Yaşanan Gün Sayısı

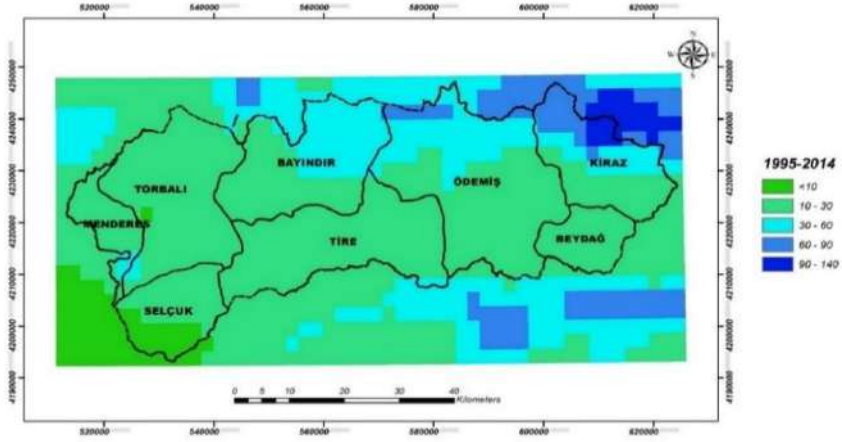
1995–2014 referans döneminde, don olayı yaşanan gün sayısının bölgesel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Havzanın doğu ve kuzeydoğu kesimlerinde, özellikle Kiraz çevresi ve yüksek bölgelerde, don olaylı gün sayısı 60–140 gün arasında değişen daha yüksek sınıflarda yoğunlaşırken; batı ve güneybatı kesimlerde, özellikle Selçuk çevresinde, bu süre <10–30 gün aralığında daha düşük değerlere sahiptir. İlerleyen dönemlerde, don olaylı gün sayısında genel bir azalmanın meydana gelmesi beklenmektedir. Özellikle 2070–2079 arasında, havzanın büyük bir kısmında 10–30 gün aralığının ön plana çıkması, artan sıcaklıkların soğuk ekstrem olaylarını azaltıcı etkisini gözler önüne sermektedir (Şekil 6.3). Soğuk ekstrem indekslerindeki bu azalma eğilimi, küresel düzeyde raporlanan gözlemsel değişimlerle paralellik göstermektedir (Alexander ve diğerleri, 2006). Ancak yüksek kesimlerde don riskinin tamamen ortadan kalkmaması nedeniyle meyvecilikte soğuklama gereksinimi, çiçeklenme zamanlaması ve geç don riski gibi konularda uyum stratejilerinin hâlâ büyük bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır (ETCCDI, 2020).

- 5 Günlük Kurak Gün Periyodu

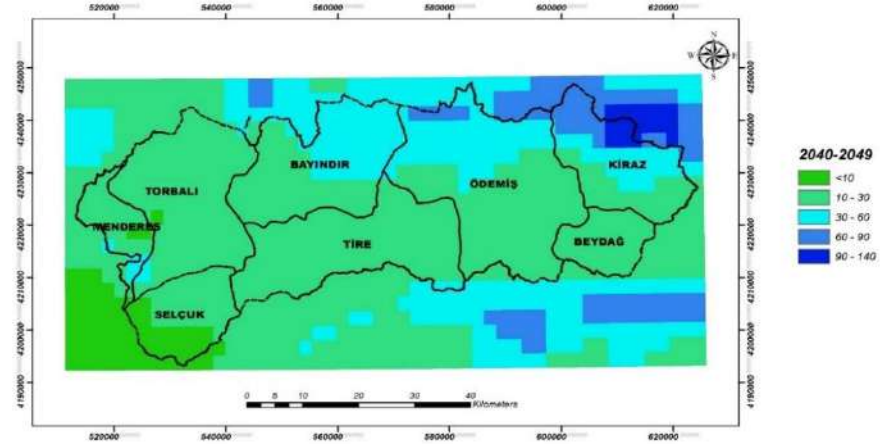
Ardışık 5 günlük kurak gün periyodu haritalarına (Şekil 6.4) göre, referans dönemde havzanın büyük bir kısmında 75–120 aralığındaki sınıfın hakim olduğu, ancak gelecek dönemlerde özellikle batı kesimler ve havza tabanında 120–170 sınıfında bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, yağışsız dönemlerin uzadığını ve kurak periyotların daha sık yaşandığını göstermekte; dolayısıyla tarımsal üretimde sulama suyu talebinin artmasına ve bitkilerde su stresinin daha da şiddetlenmesine neden olabilecek bir potansiyel taşımaktadır. Akdeniz Havzası ölçeğinde ısınmayla birlikte kurak dönemlerin uzaması ve su kaynaklarının

azalması, tarım ve su yönetimi açısından başlıca risk faktörlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

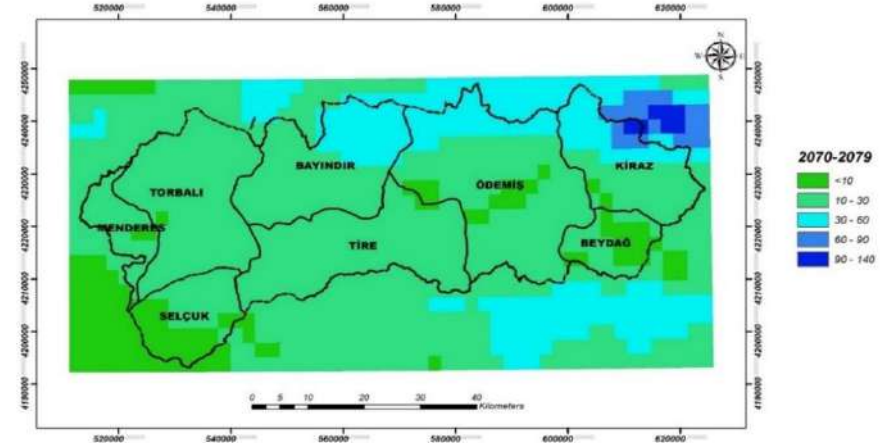
(a)



(b)

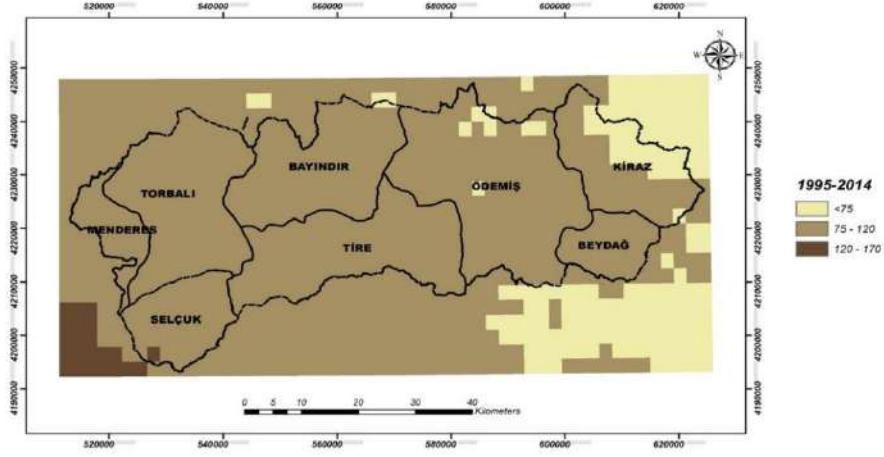


(c)

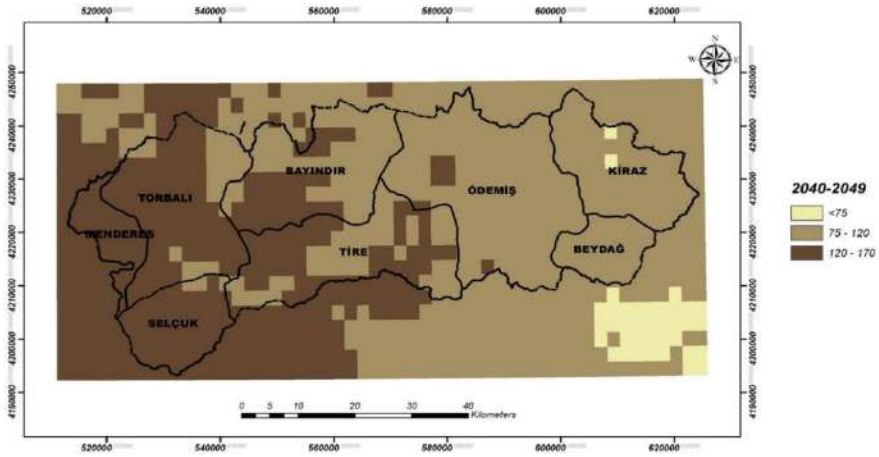


Şekil 6.3. Don olayı yaşanan gün sayısının mekânsal dağılımı: (a) 1995-2014, (b) 2040-2049, (c) 2070-2079

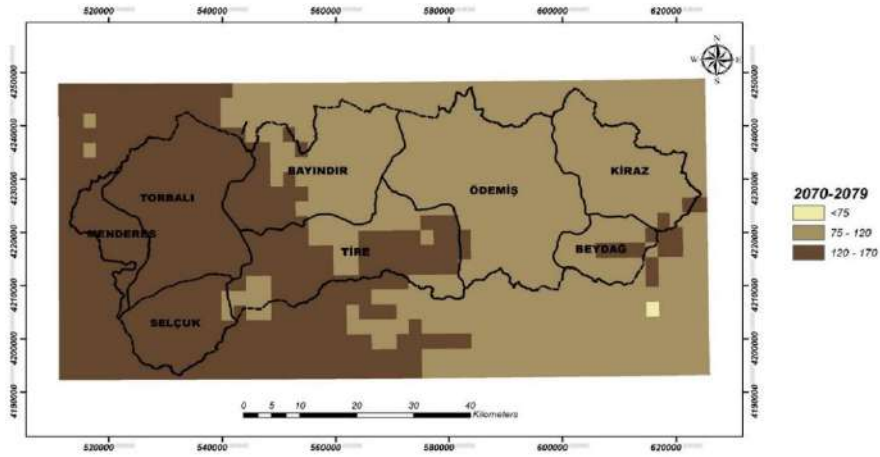
(a)



(b)



(c)

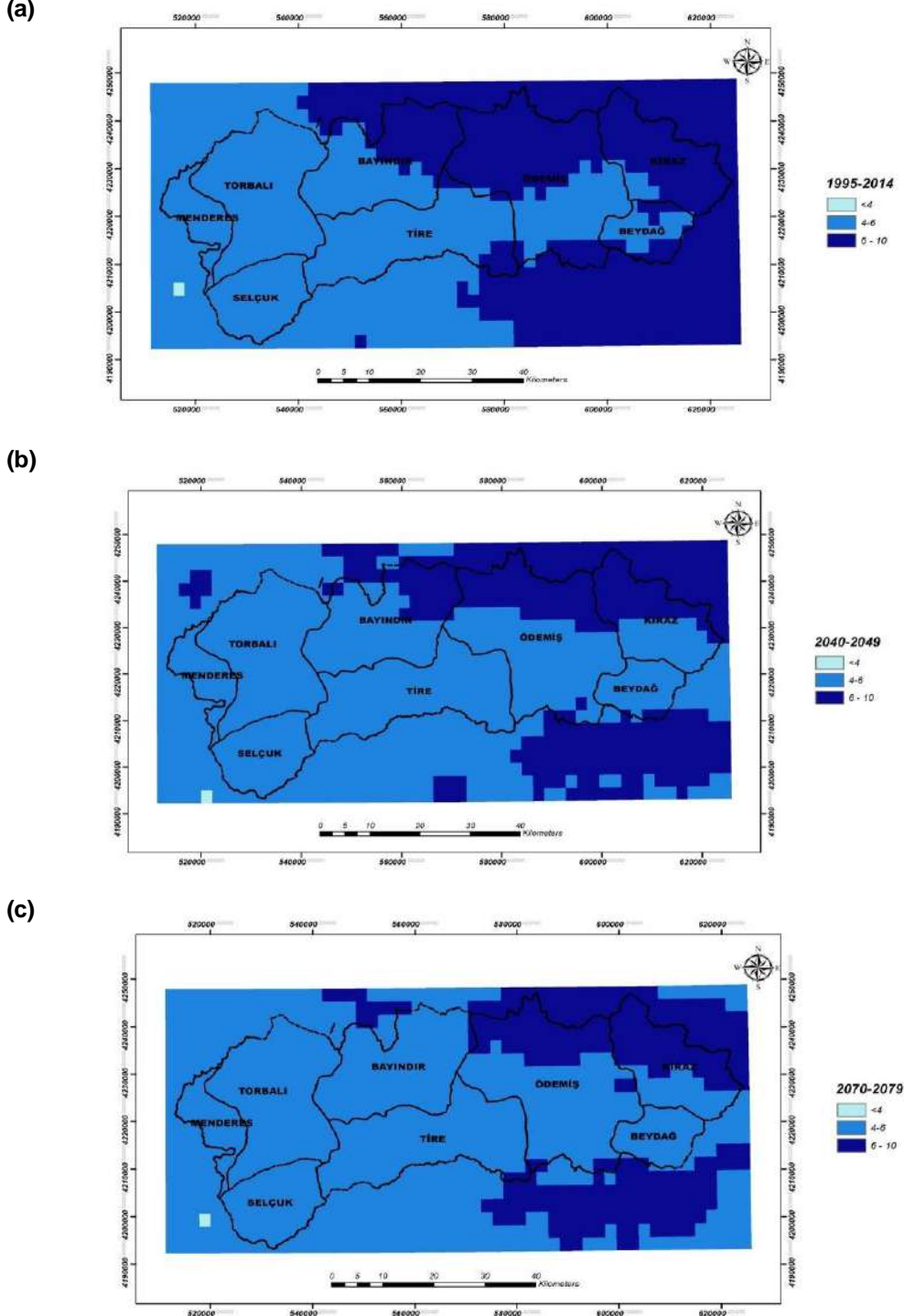


Şekil 6.4. 5 günlük kurak gün periyodunun mekânsal dağılımı: (a) 1995-2014, (b) 2040-2049, (c) 2070-2079

- 5 Günlük Yağışlı Gün Periyodu

Ardışık 5 günlük yağışlı dönemler (Şekil 6.5), referans dönemde havzanın kuzey ve doğu bölgelerinde 6–10 aralığına yaklaşan değerlerle daha belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Gelecekteki senaryolarda, mekânsal desen değişiklik gösterse de havzanın büyük bir

kısmında 4–6 aralığının hâkimiyetini koruması dikkat çekmektedir. Bu durum, toplam yağış miktarındaki azalma ile birlikte yağışlı dönemlerin sürekliliğinde bir zayıflama olduğunu ifade etmektedir. Böyle bir yapı, uzun kurak periyotların artışı ve yağışın belirli dönemlerde yoğunlaşma ihtimali nedeniyle taşkın, erozyon ve su kalitesi gibi etkileri takip etme gerekliliğini ortaya çıkarabilir. Bu çoklu risk perspektifi, Akdeniz bölgesine yönelik değerlendirmelerde de öne çıkarılmıştır (IPCC, 2023; MedECC, 2020).



Şekil 6.5. 5 günlük yağışlı gün periyodunun mekânsal dağılımı: (a) 1995-2014, (b) 2040-2049, (c) 2070-2079

Küçük Menderes Havzası'nda sıcaklık artışı (özellikle yüzyıl sonunda yaklaşık +2 °C), yıllık yağış miktarındaki azalma ve kuraklık dönemlerinin uzaması, hidrolojik stresin artacağını ve tarımsal üretimde su yönetimi ile ürün desenine yönelik kararların iklim uyumu perspektifiyle yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu mekânsal bulgular, raporun ilerleyen bölümlerinde su kaynakları ve tarımsal etkiler bileşenleri için önemli bir referans çerçevesi oluşturmaktadır (IPCC, 2023; Gürkan, Arabacı, Demircan, & Eskiöglü, 2016; Güney, 2024).

6.2. Bitkisel Üretim Üzerindeki Etkiler

Küçük Menderes Havzası'nda iklim projeksiyonlarından türetilen yağış (PRCP), ortalama hava sıcaklığı (T2M) ve bağıl nem (RH) göstergeleri ve ürün bazlı verim tahminleri modeli oluşturulmuştur (Tablo 6.1). Verim tahminleri grafikleri her ürün için yıllık ortalamayı ve belirsizlik aralığını (min–maks) göstermektedir. İlçe bazında yorumlar, (i) iklim değişkenlerindeki yön ve büyüklük, (ii) modelin öngördüğü verim düzeyi/ değişimi ve (iii) ürünlerin mevsimsel bitki su tüketimi (ETc) dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çerçeve, ürün deseninin sürdürülmesi veya dönüşümü için ön değerlendirme niteliğinde bir karar matrisi üretmek üzere kullanılmıştır.

Tablo 6.1. İlçe bazında yağış (PRCP), ortalama hava sıcaklığı (T2M) ve bağıl nem (RH) ortalamaları (referans ve gelecek zaman)

Değişken	Yıl	İlçe							
		Tire	Selçuk	Torbali	Ödemiş	Bayındır	Menderes	Kiraz	Beydağ
PRCP (mm/year)	2004-2014	721,8	627	606	705,5	692	606	705,5	705,5
	2040-2049	489,9	436,2	447,8	469,9	474	447,8	469,9	469,9
	2070-2079	516,1	412,8	430,8	511,2	493,9	430,8	511,2	511,2
T2M (°C)	2004-2014	17,29	15,94	16,82	17,05	16,96	16,82	17,05	17,05
	2040-2049	18,24	16,84	17,69	18,05	17,92	17,69	18,05	18,05
	2070-2079	19,32	17,87	18,8	19,11	19,01	18,8	19,11	19,11
RH (%)	2004-2014	55,04	59,58	57,79	52,34	54,63	57,79	52,34	52,34
	2040-2049	52,31	56,91	55,46	49,44	51,87	55,46	49,44	49,44
	2070-2079	52,39	57,04	55,19	49,57	51,87	55,19	49,57	49,57

Havzada önem arz eden ürünlere ilişkin verim tahminleri ve ilçe bazında değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir. Ürün bazında detaylı grafik, tablo ve değerlendirmeler EK-1'de yer almaktadır.

Arpa

Arpa kdeniz koşullarında çoğunlukla yağışa dayalı yetiştirilen kışlık bir tahıl olup verim istikrarı kış–ilkbahar yağışlarının miktar ve dağılımına, ayrıca başaklanma–tane doldurma döneminde oluşan terminal ısı/su stresine duyarlıdır (Doorenbos & Kassam, 1979; Benito-Verdugo ve diğ.,

2026). Küçük Menderes Havzası için projeksiyonlarda izlenen ısınma ve yağış/bağıl nemdeki azalmanın, referans evapotranspirasyon talebini yükselterek (ET_o) toprak neminin daha erken tükenmesine ve kritik fenolojik evrelerde su açığı riskinin artmasına yol açabileceği değerlendirilmektedir (Allen ve diğ., 1998; IPCC, 2022).

Küçük Menderes Havzası'nda arpa verimlerinin gelecekte ilçelere göre farklı yönlerde değişebileceği görülmektedir (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Arpa için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ET _c (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	293,0	309,4	260,9	-15,7	272,7	-11,9
Selçuk	312,0	243,6	275,9	+13,3	289,6	+18,9
Tire	293,0	296,3	266,7	-10,0	277,7	-6,3
Torbali	312,0	328,2	280,4	-14,6	296,5	-9,7
Ödemiş	293,0	250,2	260,1	+4,0	266,1	+6,4
Menderes	312,0	328,2	280,4	-14,6	296,5	-9,7
Kiraz	293,0	250,2	260,1	+4,0	266,1	+6,4
Beydağ	293,0	250,2	260,1	+4,0	266,1	+6,4

Referans dönemde arpa verimleri yaklaşık 243–328 kg/da aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verimler çoğu ilçede %10–%16 oranında azalırken, bazı ilçelerde %4–%13 arasında artış görülebilmektedir.
- 2070'li yıllarda ise verim kayıplarının %6–%12 seviyelerinde devam ettiği, buna karşılık bazı ilçelerde %6–%19'a varan artışların mümkün olduğu görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Verim azalışı beklenen ilçeler: Bayındır (-15,7% / -11,9%), Tire (-10% / -6,3%), Torbali ve Menderes (-14,6% / -9,7%)
- Verim artışı beklenen ilçeler: Selçuk (+13,3% / +18,9%), Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (+4% / +6,4%)

Bu farklılıkların temel nedeni, ilçeler arasında sıcaklık artışı, yağış azalması ve nem düşüşünün farklı şiddetlerde gerçekleşmesidir. Örneğin birçok ilçede yağış miktarında yaklaşık 150–230 mm/yıl azalma, sıcaklıkta ise yaklaşık 2°C artış öngörülmektedir. Buna bağlı olarak toprak neminin daha hızlı azalması ve bitkilerin su stresine daha erken girmesi söz konusu olabilmektedir.

Arpa için mevsimlik su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 293–312 mm aralığındadır. Bu nedenle özellikle yağışın azaldığı ve sıcaklığın arttığı koşullarda, su yönetimi verim üzerinde belirleyici bir faktör haline gelmektedir.

Buğday

Havzada tarla bitkileri üretiminin önemli bileşenlerinden biri olup, Akdeniz iklim kuşağında verim istikrarı büyük ölçüde kış–ilkbahar yağışları ve başaklanma–tane doldurma dönemindeki ısı/su stresi tarafından belirlenmektedir. Bölge için öngörülen sıcaklık artışı ile birlikte yağış ve bağıl nemdeki azalış; gelişme süresinin kısalması, evapotranspiratif talebin artması ve özellikle çiçeklenme çevresindeki kısa süreli sıcak hava dalgaları ile “flash kuraklık” benzeri hızlı gelişen kuraklık olaylarının şiddetlenmesi üzerinden verim kaybı riskini yükseltebilir (IPCC, 2022; Gulino & Lopes, 2024; Senapati ve diğ., 2026; Benito-Verdugo ve diğ., 2026). Türkiye örneklerinde iklim senaryolarına bağlı olarak verim eğilimlerinin alt bölgelere göre farklılaşabildiği, ancak sıcaklık–yağış bileşiminin ve yönetim/çeşit uyumunun verim tahminlerinde kritik olduğu gösterilmiştir (Coşkun ve diğ., 2023; Çetin ve diğ., 2022).

Buğday için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3. Buğday için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	393,0	344,2	249,3	-27,6	266,9	-22,4
Tire	393,0	352,4	265,8	-24,6	275,1	-21,9
Torbalı	415,0	412,3	345,7	-16,1	352,8	-14,4
Ödemiş	393,0	238,4	243,3	+2,0	247,3	+3,7
Menderes	415,0	412,3	345,7	-16,1	352,8	-14,4
Kiraz	393,0	238,4	243,3	+2,0	247,3	+3,7
Beydağ	393,0	238,4	243,3	+2,0	247,3	+3,7

Referans dönemde buğday verimleri yaklaşık 238–412 kg/da aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verimler bazı ilçelerde %16–%28 oranında azalırken, bazı ilçelerde %2 civarında artış görülmektedir.
- 2070'li yıllarda ise verim kayıplarının %14–%22 seviyelerinde devam ettiği, buna karşılık bazı ilçelerde %3–%4 düzeyinde sınırlı artışların sürdüğü görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Belirgin verim azalışı beklenen ilçeler: Bayındır (-27,6% / -22,4%), Tire (-24,6% / -21,9%), Torbalı ve Menderes (-16,1% / -14,4%)
- Sınırlı verim artışı beklenen ilçeler: Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (+2,0% / +3,7%)

Bu farklılıkların temelinde, ilçeler arasında sıcaklık artışı ile birlikte yağış ve bağıl nemde meydana gelen azalışın farklı düzeylerde gerçekleşmesi yer almaktadır. Birçok ilçede yağış miktarında yaklaşık 150–235 mm/yıl azalma ve sıcaklıkta yaklaşık 2°C artış öngörülmektedir. Bu durum, toprak neminin daha hızlı tükenmesine ve özellikle başaklanma–tane doldurma döneminde su ve sıcaklık stresinin artmasına neden olabilecek bir süreç olarak değerlendirilmektedir.

Buğday için sezonluk su ihtiyacı (ET_c) yaklaşık 393–415 mm aralığındadır. Bu nedenle, yağıştaki azalma ve sıcaklık artışı ile birlikte su yönetimi, verim üzerinde belirleyici bir faktör haline gelmektedir.

Mısır (Dane)

Mısır yazlık dönemde yetiştirilen ve özellikle tepe püskülü–koçan bağlama evresinde su stresine yüksek duyarlılık gösteren bir üründür; bu nedenle sıcaklık artışıyla birlikte yükselen evaporatif talep, yağış ve bağıl nemdeki düşüşle birleştiğinde net sulama gereksinimini büyütür (Doorenbos & Kassam, 1979; Djaman ve diğ., 2018). Türkiye'nin Akdeniz kuşağında yapılan modelleme çalışmaları, iklim değişikliği altında mısırın sulama suyu ihtiyacının senaryolara ve dönemselliğe bağlı olarak anlamlı ölçüde değişebildiğini ve sulama planlamasının ETo-temelli yapılmasının önemini vurgulamaktadır (Yano ve diğ., 2007; Şen, 2023).

Dane mısır için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4. Mısır (dane) için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ET _c (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	736,0	890,2	621,3	-30,2	601,9	-32,4
Selçuk	656,0	936,8	855,1	-8,7	768,0	-18,0
Tire	736,0	965,4	626,5	-35,1	620,5	-35,7
Torbalı	656,0	1015	750,9	-26,0	713,5	-29,7
Ödemiş	736,0	692,9	570,5	-17,7	561,4	-19,0
Menderes	656,0	1015	750,9	-26,0	713,5	-29,7
Kiraz	736,0	692,9	570,5	-17,7	561,4	-19,0
Beydağ	736,0	692,9	570,5	-17,7	561,4	-19,0

Küçük Menderes Havzası'nda dane mısır verimlerinin gelecekte tüm ilçelerde azalış eğilimi göstereceği görülmektedir. Diğer ürünlerden farklı olarak, mısırdaki genel eğilim tüm havza genelinde verim kaybı yönündedir.

Referans dönemde mısır verimleri yaklaşık 693–1015 kg/da aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim kayıpları %8,7 ile %35,1 arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise kayıpların %18 ile %35,7 aralığında devam ettiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- En yüksek verim kaybı beklenen ilçeler: Tire (-35,1% / -35,7%), Bayındır (-30,2% / -32,4%)
- Orta düzeyde verim kaybı beklenen ilçeler: Torbalı ve Menderes (-26,0% / -29,7%)
- Görece daha sınırlı kayıp beklenen ilçeler: Selçuk (-8,7% / -18,0%), Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (-17,7% / -19,0%)

Bu verim kayıplarının temel nedeni, sıcaklık artışı ile birlikte buharlaşma talebinin yükselmesi ve yağış ile bağıl nemdeki azalışın birlikte etkili olmasıdır. Birçok ilçede yağış miktarında yaklaşık 150–230 mm/yıl azalma ve sıcaklıkta yaklaşık 2°C artış öngörülmektedir. Bu durum, özellikle yaz döneminde toprak neminin hızla azalmasına ve bitkilerin su stresine daha fazla maruz kalmasına neden olabilecek bir süreç olarak değerlendirilmektedir.

Mısır için sezonluk su ihtiyacı (ET_c) yaklaşık 656–736 mm aralığındadır ve diğer tahıllara kıyasla oldukça yüksektir. Bu nedenle, artan sıcaklık ve azalan yağış koşullarında sulama ihtiyacının daha da artacağı anlaşılmaktadır. Özellikle çiçeklenme ve koçan oluşumu dönemlerinde su stresine duyarlılığın yüksek olması, verim kayıplarını artıran temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Pamuk

Pamuk sıcak mevsim bitkisi olmakla birlikte çiçeklenme ve koza gelişimi döneminde eş zamanlı kuraklık ve sıcaklık stresine duyarlıdır; bu dönemlerde yaşanan su kısıtı koza tutumunu ve lif/çekirdek kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Bista ve diğ., 2024; Ali ve diğ., 2022). Isınma ve bağıl nem azalımı, bitki transpirasyonunu ve ETo'ı artırarak sulama suyu talebini yükseltir; buna karşılık su kaynaklarındaki kısıtlar pamukta verim dalgalanmasını büyütebilir (Allen ve diğ., 1998). Akdeniz koşullarında pamuk su durumunun izlenmesi ve hedefli sulama uygulamalarının geliştirilmesi, su verimliliğini artırmak ve üretim riskini azaltmak açısından kritik görülmektedir (Garofalo ve diğ., 2024).

Pamuk için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.5'te verilmiştir.

Tablo 6.5. Pamuk için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	834,0	451,0	410,1	-9,1	400,0	-11,3
Selçuk	748,0	424,2	395,4	-6,8	389,3	-8,2
Tire	834,0	420,7	400,0	-4,9	396,2	-5,8
Torbalı	748,0	445,1	392,7	-11,8	388,8	-12,6
Menderes	748,0	445,1	392,7	-11,8	388,8	-12,6

Küçük Menderes Havzası'nda pamuk verimlerinin gelecekte genel olarak azalış eğilimi göstereceği, ancak bu azalışın diğer ürünlere kıyasla daha sınırlı düzeyde kalacağı görülmektedir.

Referans dönemde pamuk verimleri yaklaşık 420–451 kg/da aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim kayıpları %4,9 ile %11,8 arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu kayıpların %5,8 ile %12,6 aralığında devam ettiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Görece sınırlı verim kaybı beklenen ilçeler: Tire (-4,9% / -5,8%), Selçuk (-6,8% / -8,2%), Bayındır (-9,1% / -11,3%)
- Daha belirgin verim kaybı beklenen ilçeler: Torbalı ve Menderes (-11,8% / -12,6%)

Bu verim değişimlerinin temelinde, sıcaklık artışı ile birlikte bağıl nemdeki azalma ve buna bağlı olarak artan buharlaşma talebi yer almaktadır. Birçok ilçede yağış miktarında azalma ve sıcaklıkta artış birlikte değerlendirilmekte olup, bu durum özellikle yaz döneminde su açığının büyümesine neden olabilecek bir süreç olarak öne çıkmaktadır.

Pamuk için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 748 - 834 mm aralığındadır. Bu değer, ürünün suya yüksek bağımlılığını göstermekte olup, sulama koşullarının verim üzerindeki belirleyici rolünü artırmaktadır. Özellikle çiçeklenme ve koza gelişimi dönemlerinde ortaya çıkan su ve sıcaklık stresi, verim ve kalite üzerinde etkili olabilmektedir.

Patates

Patates serin koşullarda yumru bağlama ve yumru büyüme süreçleri açısından daha avantajlı olup, yüksek sıcaklıklar yumru indüksiyonu ve kuru madde birikimini sınırlayarak verimi düşürebilmektedir (Muhie, 2022; Sánchez-Correa ve diğ., 2024). İklim projeksiyonlarında sıcaklığın artması ve bağıl nemin azalması, özellikle yaz döneminde ETo'ı yükselterek sulama

ihtiyacını artırmakta; bu durum su kısıtı altında verimde azalış riskini güçlendirebilmektedir. Patates için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6. Patates için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Tire	546,0	3653	2894	-20,8	2900	-20,6
Ödemiş	546,0	3091	2689	-13,0	2707	-12,4
Kiraz	546,0	3091	2689	-13,0	2707	-12,4
Beydağ	546,0	3091	2689	-13,0	2707	-12,4

Küçük Menderes Havzası'nda patates verimlerinin gelecekte tüm ilçelerde azalış eğilimi göstereceği görülmektedir. Bu azalışın, özellikle sıcaklık artışı ve bağıl nemdeki düşüş ile birlikte daha belirgin hale geldiği anlaşılmaktadır.

Referans dönemde patates verimleri yaklaşık 3091–3653 kg/da aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim kayıpları %13 ile %20,8 arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu kayıpların %12,4 ile %20,6 aralığında devam ettiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Daha yüksek verim kaybı beklenen ilçe: Tire (-20,8% / -20,6%)
- Görece daha sınırlı kayıp beklenen ilçeler: Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (-13,0% / -12,4%)

Bu verim kayıplarının temelinde, sıcaklık artışı ile birlikte bağıl nemdeki azalma ve buna bağlı olarak artan buharlaşma talebi yer almaktadır. Birçok ilçede yağış miktarında azalma ve sıcaklıkta artış birlikte değerlendirilmekte olup, bu durum özellikle toprak neminin daha hızlı tükenmesine ve bitkilerin su stresine daha erken girmesine neden olabilecek bir süreç olarak öne çıkmaktadır.

Patates için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 546 mm düzeyindedir. Bu nedenle, özellikle yumru bağlama ve yumru gelişim dönemlerinde su kısıtı, verim üzerinde belirleyici bir faktör haline gelmektedir.

Zeytin (Sofralık)

Zeytin Akdeniz havzasının karakteristik çok yıllık türü olup, sofralık üretimde verim kadar meyve iriliği ve kalite parametreleri de iklim duyarlılığını belirlemektedir. Yükselen sıcaklıklar çiçeklenme fenolojisini öne çekebilme; bazı çeşitlerde çiçek kalitesi ve meyve tutumu süreçlerini olumsuz etkileyerek verimde düşüşe yol açabilmektedir (Benlloch-González ve diğ.,

2024). Su kısıtı altında yürütülen üretimde düzenlenmiş kısıntılı sulama yaklaşımları, dönemsel su stresini yöneterek verim ve özellikle sofralık zeytinde kritik olan meyve büyüklüğünü etkileyen dökülme risklerini sınırlamayı hedeflemektedir (Corell ve diğ., 2020). Türkiye’de iklim değişimine bağlı olarak zeytin için uygun alanların mekânsal olarak yer değiştirebileceğine ilişkin bulgular, uzun dönem planlamada çeşit seçimi ve sulama altyapısının önemini vurgulamaktadır (Özdel ve diğ., 2025).

Sofralık zeytin için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Zeytin (sofralık) için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040’lar	Δ% (2040)	Verim 2070’ler	Δ% (2070)
Bayındır	665,0	18,55	14,69	-20,8	16,66	-10,2
Torbalı	638,0	15,55	15,02	-3,4	16,38	+5,3
Ödemiş	665,0	12,00	14,65	+22,1	15,99	+33,2
Menderes	638,0	15,55	15,02	-3,4	16,38	+5,3
Kiraz	665,0	12,00	14,65	+22,1	15,99	+33,2
Beydağ	665,0	12,00	14,65	+22,1	15,99	+33,2

Havzada sofralık zeytin verimlerinin gelecekte ilçelere göre farklı yönlerde değişebileceği görülmektedir. Diğer ürünlerden farklı olarak, bazı ilçelerde verim artışı öngörülürken, bazı ilçelerde azalış eğilimi devam etmektedir.

Referans dönemde zeytin verimleri yaklaşık 12,00–18,55 kg/ağaç aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040’lı yıllarda verim değişimleri %3,4 azalış ile %22,1 artış arasında değişmektedir.
- 2070’li yıllarda ise bu değişimlerin %10,2 azalış ile %33,2 artış aralığında gerçekleştiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Belirgin verim artışı beklenen ilçeler: Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (+22,1% / +33,2%)
- Sınırlı değişim veya artış beklenen ilçeler: Torbalı ve Menderes (-3,4% / +5,3%)
- Verim azalışı beklenen ilçe: Bayındır (-20,8% / -10,2%)

Zeytin için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 638–665 mm aralığındadır. Bu nedenle, su kısıtı koşullarında yalnızca verim değil, aynı zamanda meyve iriliği ve kalite parametreleri üzerinde de etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Zeytin (Yağlık)

Yağlık zeytinde yaz sonu su açığı, meyve büyümesi ve yağ birikimi dönemlerinde verim/yağ oranını sınırlayabilir; projeksiyonlardaki ısınma ve kuraklaşma, destek sulama gereksinimini artırarak verim dalgalanmasını büyütebilir (Benlloch-González ve diğ., 2024; Fernandez ve diğ., 2023). Bitki su durumuna dayalı sulama programları ve su kısıtı koşullarında optimize edilmiş kısıntılı sulama stratejileri, verim kaybını azaltmada öne çıkmaktadır (Corell ve diğ., 2020).

Yağlık zeytin için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.8'de verilmiştir.

Tablo 6.8. Zeytin (yağlık) için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	638,0	14,82	11,31	-23,7	12,19	-17,8
Selçuk	638,0	17,10	12,78	-25,3	12,34	-27,8
Tire	638,0	16,22	12,19	-24,9	12,35	-23,9
Torbalı	638,0	14,70	11,73	-20,2	11,85	-19,4
Ödemiş	638,0	13,27	10,47	-21,1	11,38	-14,2
Menderes	638,0	14,70	11,73	-20,2	11,85	-19,4
Kiraz	638,0	13,27	10,47	-21,1	11,38	-14,2
Beydağ	638,0	13,27	10,47	-21,1	11,38	-14,2

Havzada yağlık zeytin verimlerinin gelecekte tüm ilçelerde azalış eğilimi göstereceği görülmektedir. Sofralık zeytinden farklı olarak, yağlık zeytinde verim değişimlerinin genel olarak negatif yönlü olduğu anlaşılmaktadır.

Referans dönemde zeytin verimleri yaklaşık 13,27–17,10 kg/ağaç aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim kayıpları %20,2 ile %25,3 arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu kayıpların %14,2 ile %27,8 aralığında devam ettiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- En yüksek verim kaybı beklenen ilçeler: Selçuk (-25,3% / -27,8%), Tire (-24,9% / -23,9%)
- Yüksek düzeyde verim kaybı beklenen ilçeler: Bayındır (-23,7% / -17,8%), Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (-21,1% / -14,2%)
- Görece daha sınırlı kayıp beklenen ilçeler: Torbalı ve Menderes (-20,2% / -19,4%)

Zeytin için sezonluk su ihtiyacı (ET_c) yaklaşık 638 mm düzeyindedir. Bu nedenle, su kısıtı koşullarında özellikle meyve gelişimi ve yağ birikimi dönemlerinde verim üzerinde belirgin etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Narenciye

Narenciye, düzenli ve güvenilir sulama suyu arzına bağımlı bir meyve grubu olup, su stresi meyve dökümü, irilik ve kalite kaybı üzerinden ekonomik verimi hızla düşürebilir (Allen ve diğ., 1998; Mira-García ve diğ., 2023). Akdeniz havzasında iklim değişikliği, kuraklık–sıcaklık–tuzluluk gibi çoklu streslerin sıklık ve şiddetini artırarak narenciye bahçelerinde üretim kırılma eğilimini yükseltmektedir (Balfagón & Gómez-Cadenas, 2025). Uzun dönemli izleme çalışmaları, uygun kısıntılı sulama stratejilerinin bazı koşullarda verim ve kaliteyi kabul edilebilir düzeyde koruyabildiğini, ancak sonuçların su kısıtı şiddetine ve yönetim düzeyine duyarlı olduğunu göstermektedir (Vanella ve diğ., 2021).

Narenciye için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.9'da verilmiştir.

Tablo 6.9. Narenciye için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ET _c (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	752.0	112.3	100.9	-10.2	91.81	-18.2
Selçuk	752.0	124.5	74.08	-40.5	53.40	-57.1
Tire	752.0	35.00	95.42	+172.6	84.65	+141.9
Torbali	752.0	35.00	62.69	+79.1	57.00	+62.9
Menderes	752.0	35.00	62.69	+79.1	57.00	+62.9

Referans dönemde narenciye verimleri yaklaşık 35–124,5 kg/ağaç aralığında değişmektedir. Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim değişimleri %10,2 azalış ile %172,6 artış arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu değişimlerin %18,2 azalış ile %141,9 artış aralığında gerçekleştiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Belirgin verim kaybı beklenen ilçeler: Selçuk (-40,5% / -57,1%), Bayındır (-10,2% / -18,2%)
- Artış sinyali veren ilçeler: Tire (+172,6% / +141,9%), Torbali ve Menderes (+79,1% / +62,9%)

Narenciye için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 752 mm düzeyindedir. Bu durum, ürünün yüksek ve düzenli sulama gereksinimine sahip olduğunu göstermektedir.

Şeftali

Şeftalide kış soğuklanma gereksinimi ve çiçeklenme dönemi sıcaklıkları verim için kritiktir; ısınma, geç don riskini azaltırken yetersiz soğuklanma riskini artırabilir (Drogoudi ve diğ., 2023). Havza ortalamasına yakın koşullarda ısınmanın şiddetlenmesi, fenolojiyi öne çekerek bazı yıllarda çiçeklenme–meyve tutum dinamiklerini değiştirebilir. Modeldeki artış sinyali, don riskindeki olası azalmanın bazı yıllarda verimi destekleyebileceğini düşündürür; ancak su stresi ve sıcak ekstremeleri dikkate alınmalıdır. Nispeten yüksek yağışlı, sıcak koşullarda ısınmanın şiddetlenmesi, fenolojiyi öne çekerek bazı yıllarda çiçeklenme–meyve tutum dinamiklerini değiştirebilir. Azalış sinyali, fenolojik stres ve su açığı birleştiğinde verimin baskılanabileceğine işaret eder; çeşit ve bahçe yönetimi adaptasyonları önemlidir. Bu ürün için ETc 853–917 mm/sezon aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılabilirlik gösterebilmektedir.

Şeftali için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10. Şeftali için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	917,0	25,91	25,66	-1,0	27,58	+6,5
Selçuk	853,0	43,09	34,89	-19,0	36,18	-16,0
Tire	917,0	39,45	26,52	-32,8	28,70	-27,2
Torbali	853,0	36,82	33,46	-9,1	34,40	-6,6
Ödemiş	917,0	30,00	25,88	-13,7	26,25	-12,5
Menderes	853,0	36,82	33,46	-9,1	34,40	-6,6
Kiraz	917,0	30,00	25,88	-13,7	26,25	-12,5
Beydağ	917,0	30,00	25,88	-13,7	26,25	-12,5

Referans dönemde şeftali verimleri yaklaşık 25,91–43,09 kg/ağaç aralığında değişmektedir.

Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim değişimleri %1 azalış ile %32,8 azalış arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu değişimlerin %27,2 azalış ile %6,5 artış aralığında gerçekleştiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Belirgin verim kaybı beklenen ilçe: Tire (-32,8% / -27,2%)

- Orta düzeyde verim kaybı beklenen ilçeler: Selçuk (-19,0% / -16,0%), Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (-13,7% / -12,5%)
- Görece sınırlı değişim beklenen ilçeler: Torbalı ve Menderes (-9,1% / -6,6%), Bayındır (-1,0% / +6,5%)

Şeftali için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 853–917 mm aralığındadır. Bu nedenle, özellikle yaz döneminde su kısıtı koşullarında verim üzerinde baskı oluşabileceği anlaşılmaktadır.

Kiraz

Kiraz (*Prunus avium* L.) yüksek soğuklanma gereksinimi, çiçeklenme dönemindeki sıcaklık rejimi ve ilkbahar donları nedeniyle iklim değişikliğine hassas bir türdür. Akdeniz koşullarında kış soğuklanmasının azalması, dinlenme kırılması ve çiçeklenme düzeni üzerinde etkiler yaratarak verim ve kaliteyi dolaylı biçimde etkileyebilir (Fernandez et al., 2023; Imperiale et al., 2022). Öte yandan ısınma bazı yıllarda geç don riskini azaltarak verimi destekleyebilse de, su kısıtı ve sıcak ekstremeleri meyve tutumu ve iriliği üzerinde baskı oluşturabilir (Kaufmann & Blanke, 2019). Bu bölümde kiraz verim tahminleri, iklim göstergelerindeki değişimlerle birlikte ele alınarak ilçe bazında kırılma ve uyum alanları tartışılmaktadır.

Kiraz için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları Tablo 6.11'de verilmiştir.

Tablo 6.11. Kiraz için ilçe bazında verim düzeyleri ve değişim oranları

İlçe	ETc (mm/sezon)	Verim Ref	Verim 2040'lar	Δ% (2040)	Verim 2070'ler	Δ% (2070)
Bayındır	873,0	24,45	26,25	+7,4	26,42	+8,1
Selçuk	786,0	20,91	19,28	-7,8	20,52	-1,9
Tire	873,0	25,00	26,04	+4,2	26,16	+4,6
Torbalı	786,0	20,91	22,44	+7,3	22,69	+8,5
Ödemiş	873,0	28,64	27,34	-4,5	27,50	-4,0
Menderes	786,0	20,91	22,44	+7,3	22,69	+8,5
Kiraz	873,0	28,64	27,34	-4,5	27,50	-4,0
Beydağ	873,0	28,64	27,34	-4,5	27,50	-4,0

Referans dönemde kiraz verimleri yaklaşık 20,91–28,64 kg/ağaç aralığında değişmektedir.

Gelecek projeksiyonlarına göre:

- 2040'lı yıllarda verim değişimleri %7,8 azalış ile %7,4 artış arasında değişmektedir.
- 2070'li yıllarda ise bu değişimlerin %4,0 azalış ile %8,5 artış aralığında gerçekleştiği görülmektedir.

İlçe bazında öne çıkan bulgular şu şekildedir:

- Artış eğilimi gösteren ilçeler: Bayındır (+7,4% / +8,1%), Tire (+4,2% / +4,6%), Torbalı ve Menderes (+7,3% / +8,5%)
- Sınırlı azalış beklenen ilçeler: Selçuk (-7,8% / -1,9%), Ödemiş, Kiraz ve Beydağ (-4,5% / -4,0%)

Kiraz için sezonluk su ihtiyacı (ETc) yaklaşık 786–873 mm aralığındadır. Bu durum, özellikle yaz döneminde su kısıtı olduğunda verim üzerinde baskı oluşabileceğini göstermektedir.

6.3. Ürün Deseni Karar Matrisi

Karar matrisleri; 2040'lar (2040–2049) ve 2070'ler (2070–2079) için öngörülen verim değişimleri, ürünlerin mevsimsel su tüketimi (ETc) ve ilçelerin iklim projeksiyonlarında izlenen kuraklaşma–sıcaklaşma eğilimleri birlikte dikkate alınarak oluşturulmuştur. “Devam” kategorisi, verimde belirgin bir azalma beklenmeyen ve/veya su talebi görece düşük ürünleri; “Koşullu” kategorisi, su verimliliği önlemleri ile çeşit ve uygulama uyarlamaları sayesinde sürdürülebilirliği güçlendirilebilecek ürünleri; “Azalt–Dönüşüm” kategorisi ise verimde kayıp riski yüksek ve/veya su talebi yüksek ürünlerde üretimin kademeli azaltılarak alternatiflere yönelmesi gereken durumları ifade eder. Bu kapsamda Tablo 6.12, 2040'lar;

Tablo 6.13 ise 2070'ler için özet ön karar matrisini göstermektedir.

Tablo 6.12. İlçe bazında ürün deseni için ön karar matrisi (2040'lar) (Devam / Koşullu / Azalt–Dönüşüm)

Ürün	Bayındır	Selçuk	Tire	Torbalı	Ödemiş	Menderes	Kiraz	Beydağ
Arpa	Koşullu	Devam	Koşullu	Koşullu	Devam	Koşullu	Devam	Devam
Buğday	Azalt–Dönüşüm	—	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Devam	Koşullu	Devam	Devam
Mısır (Dane)	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Koşullu
Narenciye	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	Devam	Koşullu	—	Koşullu	—	—
Pamuk	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	—	Azalt–Dönüşüm	—	—
Patates	—	—	Azalt–Dönüşüm	—	Koşullu	—	Koşullu	Koşullu
Şeftali	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm
Zeytin (Sofralık)	Azalt–Dönüşüm	—	—	Koşullu	Devam	Koşullu	Devam	Devam
Zeytin (Yağlık)	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm	Azalt–Dönüşüm	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu
Kiraz	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu

Tablo 6.13. İlçe bazında ürün deseni için ön karar matrisi (2070'ler) (Devam / Koşullu / Azalt–Dönüşüm)

Ürün	Bayındır	Selçuk	Tire	Torbalı	Ödemiş	Menderes	Kiraz	Beydağ
Arpa	Koşullu	Devam	Koşullu	Koşullu	Devam	Koşullu	Devam	Devam
Buğday	Azalt– Dönüşüm	—	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Devam	Koşullu	Devam	Devam
Mısır (Dane)	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm
Narenciye	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Devam	Koşullu	—	Koşullu	—	—
Pamuk	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	—	Azalt– Dönüşüm	—	—
Patates	—	—	Azalt– Dönüşüm	—	Koşullu	—	Koşullu	Koşullu
Şeftali	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm
Zeytin (Sofralık)	Koşullu	—	—	Devam	Devam	Devam	Devam	Devam
Zeytin (Yağlık)	Koşullu	Azalt– Dönüşüm	Azalt– Dönüşüm	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu
Kiraz	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu	Koşullu

6.4. Alternatif Ürün Önerileri

Ürün deseni karar matrisleri, 2040'lar ve 2070'ler için ürün bazında aynı yönde ve aynı şiddette işlemeyen, zamana bağlı bir risk yapısına işaret etmektedir. Bu nedenle ürün desenine ilişkin önerilerin tek bir statik karara indirilmesi yerine, kısa ve orta vadede mevcut üretim deseninin su verimliliği önlemleri, uygun çeşit seçimi ve ekim-dikim takviminin yeniden düzenlenmesiyle desteklenmesi; uzun vadede ise su arzı güvenilirliği zayıflayan ve verim kaybı belirginleşen ürünlerde kademeli dönüşüm planlarının devreye alınması daha tutarlı bir yaklaşım sunmaktadır. Matrislerde yer alan 'Devam', 'Koşullu' ve 'Azalt-Dönüşüm' sınıfları da bu aşamalı uyum mantığı çerçevesinde okunmalıdır.

Tarla bitkileri açısından en belirgin kırılganlık, yazlık ve yüksek su talebine sahip ürünlerde öne çıkmaktadır. Mısır ve pamukta birçok ilçede 2040'lardan itibaren belirginleşen verim baskısı, 2070'lerde bazı alanlarda daha da kuvvetlenmektedir; patates ise özellikle sıcaklık artışı ve sulama gereksinimi nedeniyle seçili ilçelerde dikkatli yönetim gerektiren ürünlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çerçevede, su kısıtının arttığı alanlarda patates yerine daha düşük su talebine sahip baklagillerin, özellikle nohut ve mercimeğin, münavebe veya kısmi alan ikamesi kapsamında değerlendirilmesi uygun görünmektedir. Benzer biçimde aromatik ve tıbbi bitkiler (örneğin kekik ve biberiye), tam ürün ikamesinden çok marjinal ve su baskısı belirginleşen parsellerde çeşitlendirme ve risk dağıtma aracı olarak ele alınmalıdır.

Çok yıllık bitkilerde ise karar çerçevesi daha seçici ve uzun vadeli kurulmalıdır. Narenciye, şeftali, yağlık zeytin ve yer yer kiraz için ortaya çıkan baskılar yalnızca verim düzeyiyle değil, fenoloji, kalite, meyve tutumu, soğuklanma ve sulama güvenilirliği ile birlikte değerlendirilmelidir. Buna karşılık bazı ilçelerde sofralık zeytin gibi ürünlerin görece olarak korunabildiği görülmektedir. Bu nedenle çok yıllık sistemlerde ilk aşamada anaç ve çeşit uyumu, kısıntılı sulama, toprak nemini koruyan uygulamalar ve uygun mikrohavza seçimi öne çıkmalı; buna rağmen kırılganlığı süren alanlarda badem, incir ve yerel uygunluk bulunan parsellerde nar gibi alternatif türler, doğrudan genelleştirilmiş bir ikame olarak değil, toprak derinliği, tekstür, taban suyu, su kalitesi, pazar ve işleme altyapısı ile birlikte değerlendirilmesi gereken koşullu dönüşüm seçenekleri olarak ele alınmalıdır.

Sonuç olarak alternatif ürün önerileri, yalnızca iklimsel uygunlukla sınırlı normatif bir liste şeklinde değil, aşamalı ürün deseni uyumu çerçevesinde yorumlanmalıdır. Kısa vadede öncelik mevcut ürünlerde su verimliliği uygulamaları ve yönetim uyarlamaları olmalı; orta vadede 'Koşullu' sınıftaki ürünler için pilot parseller ve ekonomik fizibilite analizi eşliğinde kontrollü çeşitlendirme değerlendirilmelidir. Uzun vadede ise 'Azalt-Dönüşüm' baskısı kuvvetlenen ürünlerde baklagiller, aromatik ve tıbbi bitkiler, badem, incir ve yerel uygunluk bulunan alanlarda nar gibi seçenekler, üretim riskini dağıtan ve su talebini daha yönetilebilir

kılan alternatifler olarak öne çıkarılabilir. Bununla birlikte bu geçişlerin tümü, yerel gözlem, üretici deneyimi ve çok ölçütlü değerlendirme süreçleriyle doğrulanmalıdır.

6.5. Hayvancılık Üzerindeki Etkiler

Küçük Menderes Havzası'ndaki temel kriz, teknik bir yetersizlikten ziyade yönetsel bir kopukluktan kaynaklanmaktadır. Mevcut durumda su tahsisleri, bitkisel üretim planlaması ve hayvancılık politikaları arasındaki eşgüdüm eksikliği, havzayı yönetilemez bir su kıtlığına sürüklemektedir. Bu bağlamda, Tarım ve Su Şuruları ışığında hazırladığımız gelecek projeksiyonunun hazırlanma gerekçesi için "yönetsel düğümleme" yaklaşımının yerinde olduğunu düşünülmelidir.

Ancak çok geniş alanlarda ekilme zorunluluğu su yönetimini imkânsız kıldığı gibi, havzada önceden üretilen çeşitli sebzelerin üretimini de azaltmıştır. Bu durum 4.4 milyon nüfuslu İzmir halkı tüketiminde gıda enflasyonu etkisi yaratmaktadır. İzmir sebze ihtiyacının karşılanmasında başta Antalya ve Muğla olmak üzere diğer illere bağımlı hale gelmiştir.

Havzada suyun yönetilememesinin ana nedeni, kararların birbirinden bağımsız alınmasıdır. Örneğin, su tahsisi Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından hidrolik kapasiteye göre yapılırken, bitkisel üretim, çiftçinin pazar beklentisi ve hayvancılık işletmesinin kaba yem ihtiyacıyla belirlenmektedir. Hayvancılık Politikası, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın hayvansal protein hedefleri doğrultusunda (su kısıtı gözetilmeksizin) hayvan sayısını artırmaya odaklanmaktadır. Hayvancılık desteklemeleriyle artan büyükbaş sayısı, otomatik olarak su tüketimi yüksek yem bitkilerinin yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Bu noktada özellikle silajlık mısır üretimi kritik bir rol oynamaktadır. Literatürde, FAO Penman-Monteith yaklaşımı ve ürün katsayıları (Kc) kullanılarak yapılan hesaplamalara göre mısırın sezonluk su tüketimi 700–1200 mm arasında değişmekte olup (Allen ve diğ., 1998), Türkiye koşullarında bu değer çoğunlukla 1000–1200 mm aralığında gerçekleşmektedir. Bu düzeyde bir su talebi, yarı kurak havzalarda su bütçesi üzerinde belirleyici baskı oluşturmaktadır.

Mısır önemli bir yem bitkisidir. Ancak çok geniş alanlarda ekilme zorunluluğu su yönetimini imkânsız kıldığı gibi, havzada önceden üretilen çeşitli sebzelerin üretimini de azaltmıştır. Bu durum 4.5 milyon nüfuslu İzmir halkı tüketiminde gıda enflasyonu etkisi yaratmaktadır. Tarımsal üretim desenindeki bu değişim, literatürde "mekânsal arz daralması kaynaklı fiyat artışı" olarak tanımlanan süreçle örtüşmekte olup, yerel üretimin azalması ve tedarik zincirlerinin uzaması yoluyla fiyatlar üzerinde doğrudan baskı oluşturmaktadır. Bunun neticesinde, İzmir sebze ihtiyacının karşılanmasında başta Antalya ve Muğla olmak üzere diğer illere bağımlı hale gelmiştir.

Uygulamalarda Tarım ve Orman Bakanlığının uhdesinde yapılan 2. Tarım ve Su Şurası İlkeleriyle Uyumsuzluk vardır. Milli Su Şurası'nın en net kararlarından biri olan "Sektörler arası su tahsisinde arz-talep dengesi gözetilmeli ve su, tarımsal planlamanın merkezine alınmalıdır" maddesi, Küçük Menderes'te henüz hayata geçmemiştir.

Gelecekte havzada üretim izni verilmeden önce, o işletmenin (hayvancılık veya bitkisel) ihtiyaç duyacağı suyun havza bilançosundaki karşılığı sorgulanmalıdır. Su tahsisi olmayan, gübresini kullanacağı tarım arazisi bulunmayan bir işletmeye hayvancılık desteği verilmemesi, politikaların entegrasyonu için zorunludur.

Havza için, yönetilemezlikten "Dinamik Yönetime" geçiş sağlanmalıdır. Şu anki "ayrı düşünme" pratiği, havzada suyun sadece bir "kaynak" değil, kontrolsüz bir "tüketim kalemi" olarak görülmesine neden olmaktadır. Bütünleşik Havza Yönetimi artık kabul edilmelidir. Bitkisel üretim planlaması yapılırken, 760.000 büyükbaşın su ayak izi (doğrudan içme suyu + yem bitkisi su ihtiyacı) birincil kısıt olarak sisteme girilmelidir. Bu noktada hayvansal üretimin su üzerindeki gerçek etkisinin anlaşılması kritik önemdedir. Mekonnen ve Hoekstra (2012) tarafından yapılan küresel değerlendirmelere göre, 1 kg sığır eti üretimi yaklaşık 15.000 litre, 1 litre süt üretimi ise yaklaşık 1.000 litre su tüketimine karşılık gelmektedir. Bu değerler, havzada artan büyükbaş hayvan varlığının dolaylı su tüketimini katlanarak artırdığını açıkça ortaya koymaktadır (Mekonnen & Hoekstra, 2012).

Su Şurası hedeflerine uygun olarak, her bir parsel ve işletme bazında "Su-Yem-Hayvan" dengesini kuran dijital bir takip sistemi gelecek projeksiyonunun merkezine oturmalıdır. Bu yaklaşım, güncel literatürde "dijital ikiz (digital twin)" ve "akıllı tarım sistemleri" kapsamında değerlendirilen veri tabanlı yönetim modelleri ile örtüşmektedir ve gerçek zamanlı karar destek mekanizmaları sunmaktadır. Uygulama için sulama kooperatifleri ile işbirliği oldukça önemlidir.

Mevcut su tahsisi daha çok hidrolojik kapasite odaklıdır. Üretim planlamasıyla eşzamanlı, dinamik kota sistemi düşünülmelidir. Mevcut bitkisel üretim pazar ve yem ihtiyacı odaklıdır. Su kısıtına göre belirlenmiş stratejik ürün deseni garanti edilmelidir. Hayvancılık politikaları sayısal artış ve destekleme odaklı olmamalı; su ve tüm ürün desenine olan etkileri dikkate alınmalıdır. Su ayak izine göre normalize edilmiş, küçükbaş ağırlıklı politikalar geliştirilmeli ve kısa vadede etki edecek düzeyde hayata geçirilmelidir.

"Tek Su Yönetimi" (Su, Tarım ve Hayvancılık kararları tek havza otoritesinde) benimsenmelidir. Bu yaklaşım, Su Yönetimi İlkeleri ile uyumlu olup, kurumsal parçalanmanın su yönetimindeki en temel başarısızlık nedeni olduğunu ortaya koymaktadır (OECD, 2015). Özetle: Küçük Menderes'te suyun yönetilmesi, ancak suyun bir "girdi" olmaktan çıkıp üretimin "sınırlarını belirleyen temel unsur" olarak kabul edilmesiyle mümkündür. Su tahsisini, hayvancılık ve

bitkisel üretim politikalarından ayrı tutan her yaklaşım, havzadaki su kıtlığını derinleştirmekten başka bir sonuç vermeyecektir.

Havzanın mevcut durumu, sadece bir su miktar krizi değil, aynı zamanda ciddi bir su kalitesi krizidir. Yaklaşık 760.000 büyükbaş hayvanın yarattığı baskı, çevresel taşıma kapasitesinin çok üzerine çıkmıştır. Taşıma kapasitesi (carrying capacity) kavramı, bir ekosistemin bozulmadan sürdürebileceği maksimum yükü ifade etmekte olup, Rockström ve diğ. (2009) tarafından ortaya konan "gezegensel sınırlar" yaklaşımı bu eşiklerin aşılması durumunda geri dönüşü zor çevresel etkilerin ortaya çıkacağını vurgulamaktadır. Bu kapsamda, atılması gereken adımlar aşağıda önerilmektedir:

Dağınık Yapıdan Denetimli Kümelenmeye

Havzadaki hayvancılık sektörünün en büyük zayıflığı dağınık yerleşimdir. Bu dağınıklık, çiftlik atıklarının ve hayvansal gübrenin merkezi bir sistemle yönetilmesini imkansız kılmaktadır. Münferit ve kontrolsüz büyüyen işletmeler yerine, atık yönetim altyapısı tamamlanmış "Hayvancılık İhtisas Bölgeleri" veya kooperatif tabanlı toplama merkezleri zorunlu hale gelmelidir. Dağınık işletmelerin gübre yönetimi planı olmayanlarına kademeli yaptırımlar uygulanmalıdır.

Nitrat Kirliliği ve Yeraltı Suyu Koruması

Yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, havza ekosistemini ve içme suyu kaynaklarını tehdit etmektedir. Avrupa Birliği'nin 91/676/EEC sayılı Nitrat Direktifi kapsamında yeraltı sularında 50 mg/L NO₃⁻ eşik değeri kritik sınır olarak kabul edilmektedir. Kontrolsüz gübre yönetimi ve aşırı sulama ile birlikte nitratın yeraltı suyuna taşınması hızlanmakta, bu durum hem insan sağlığı hem de ekosistem açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Özellikle 12.10.2025 tarihli Resmî Gazete 'de yayımlanan "Nitrata Hassas Bölgelerin Belirlenmesi, Çevre Dostu Tarımsal Uygulamalar ve Nitrat Eylem Planının Uygulanması, İzlenmesi ve Raporlanmasına İlişkin Tebliğ (Tebliğ No: 2025/17)" ile sulara tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat kirliliğinin önlenmesine yönelik kapsamlı yeni bir çerçeve getirilmiştir. Bu kapsamda, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen "Hassas Bölge" alanlarında azot yönetimi zorunlu hale getirilmelidir.

Büyükbaş Hayvan Sayısına "Ekolojik Sınır"

Su tahsislerinin üretim planlamasından kopuk olması, havzada yönetilemez bir su kıtlığı yaratmaktadır. Tarım ve Su Şuraları'nın "arz-talep dengesi" ilkesi uyarınca sayısal sınırlama düşünülmelidir. Havzanın yıllık yenilenebilir su kapasitesi ve atık absorbe etme potansiyeli hesaplanarak, büyükbaş hayvan sayısı için bir üst limit belirlenmelidir. Bu sınır aşılmadan yeni

kapasite artışlarına izin verilmemesi, havzanın sürdürülebilir kullanımı için temel bir zorunluluktur.

Bütünleşik Politika ve Yönetilebilirlik

Mevcut durumda suyun yönetilememesinin temel nedeni; su tahsislerinin DSI, hayvancılık desteklerinin Tarım İl/İlçe Müdürlükleri, atık denetiminin ise Çevre Şehircilik Müdürlükleri tarafından birbirlerinden kopuk yürütülmesidir. Bu nedenle, taşıma kapasitesi çoktan aşılmış Küçük Menderes Havzası'nda "Suya Göre Üretim Planlama Otoritesi" kurulmalıdır. Su tahsisi, bitkisel üretim deseni ve hayvan varlığı tek bir veri tabanı üzerinden, birbirine bağımlı değişkenler olarak yönetilmelidir. Bütünleşik su ve tarımsal üretim planlarının gecikmeksizin hayata geçirilmesi zorunludur.

7. SOSYO-EKONOMİK KIRILGANLIK

Bu bölümde, iklim değişikliğinin tarımsal üretim ve kırsal geçim kaynakları üzerindeki sosyoekonomik etkilerini bütüncül bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla Sosyo-Ekonomik Etki Analizi (SEEA) yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşım, bir proje, politika veya değişimin sosyal, ekonomik ve kültürel etkilerini belirli varsayımlar altında sistematik olarak değerlendiren bir yöntemdir. Analiz, belirli bir müdahalenin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek etkilerin belirlenmesine dayanmaktadır. SEEA kapsamında arazi kullanımı, kültürel miras, sağlık, istihdam, gelir düzeyi, toplumsal yapı ve altyapı gibi sosyo-ekonomik bileşenler dikkate alınmakta olup; etkilerin tanımlanması, yönü, nedeni, kapsamı, etkilenen gruplar ve anlamlılığı analiz edilmektedir.

Süreç; kapsam belirleme, halihazır koşulların tanımlanması, etkilerin tahmin edilmesi, olumsuz etkiler için sorun azaltma ve hafifletme önlemlerinin geliştirilmesi, anlamlılığın değerlendirilmesi ve izleme aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsamda analizler hem nicel veri kaynaklarını hem de saha çalışmalarından elde edilen nitel bulguları bir araya getiren çok bileşenli bir yapı üzerinden yürütülmüştür.

Çalışma kapsamında izlenen metodolojik süreç, SEEA yaklaşımının temel aşamalarıyla uyumlu olacak şekilde kurgulanmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak, havzanın mevcut sosyoekonomik yapısını ortaya koymak amacıyla kapsamlı bir ikincil veri analizi gerçekleştirilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri ve proje kapsamında üretilen mekânsal veriler kullanılarak nüfus dağılımı, eğitim düzeyi, tarımsal alan büyüklükleri, tarımın ekonomik yapı içerisindeki payı ve üretim desenine ilişkin göstergeler değerlendirilmiş; böylece havzanın mevcut kırılma profili ve uyum kapasitesine ilişkin temel çerçeve oluşturulmuştur.

Bunu takiben, saha çalışmalarının temsil gücünü artırmak amacıyla iki aşamalı bir örnekleme yaklaşımı uygulanmıştır. İlk aşamada, TÜİK üretim verileri kullanılarak ilçeler üretim hacimleri ve uzun dönemli üretim eğilimleri (artan, azalan veya durağan) açısından sınıflandırılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde yalnızca yüksek üretim kapasitesine sahip bölgeler değil, aynı zamanda üretim kaybı yaşayan ve potansiyel olarak daha kırılma alanlar da örnekleme dahil edilmiştir. İkinci aşamada ise seçilen ilçeler içerisinde; nüfus büyüklüğü, tarımsal alan oranı ve havza içerisindeki konumu gibi kriterler dikkate alınarak anket uygulanacak mahalleler belirlenmiştir.

Saha çalışmaları kapsamında, çiftçilerin demografik ve ekonomik özelliklerini, üretim ve pazarlama pratiklerini, iklim değişikliği farkındalıklarını, algılanan etkileri ve adaptasyon davranışlarını değerlendirmek amacıyla yapılandırılmış bir anket uygulanmıştır. Toplamda üç havzada gerçekleştirilen saha çalışmaları sonucunda 145 üreticiye ulaşılmış, elde edilen veriler, istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sosyoekonomik kırılma göstergeleri türetilmiştir.

Bunun yanı sıra, iklim değişikliğinin ekonomik boyutuna ilişkin ileriye dönük değerlendirmeler yapabilmek amacıyla tarımsal ürün fiyatları ve üretim verileri kullanılarak ek analizler gerçekleştirilmiştir. TÜİK tarafından sağlanan uzun dönemli veri setleri üzerinden oluşturulan modeller ile ürün fiyatlarındaki eğilimler incelenmiş ve bu eğilimlerin kırsal gelir yapısı üzerindeki olası yansımaları değerlendirilmiştir.

Tüm bu analizler bir arada ele alınarak; gelir düzeyi, üretim ölçeği, sulama imkânları, borçluluk yapısı, eğitim düzeyi ve bilgiye erişim gibi göstergeler üzerinden havzanın sosyoekonomik kırılganlık yapısı ortaya konulmuştur. Böylece yalnızca iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri değil, aynı zamanda bu etkilere karşı kırsal kesimin uyum kapasitesi ve dirençlilik düzeyi de değerlendirilmiştir.

7.1. Havzanın Sosyo-Ekonomik Mevcut Durumu ve Çiftçi Profili

Küçük Menderes Havzası, sahip olduğu yoğun tarımsal faaliyetler, yüksek üretim kapasitesi ve çeşitlenen ürün deseni ile Türkiye’de tarımın sosyoekonomik dinamiklerinin en belirgin şekilde gözlemlenebildiği bölgelerden biridir. Havzanın sosyoekonomik kırılganlıklarının ve iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesinin değerlendirilmesi, hem makro ölçekte bölgesel ekonomik yapı hem de mikro ölçekte üretici profili birlikte ele alınarak mümkündür.

Makro-Ekonomik ve Demografik Yapı

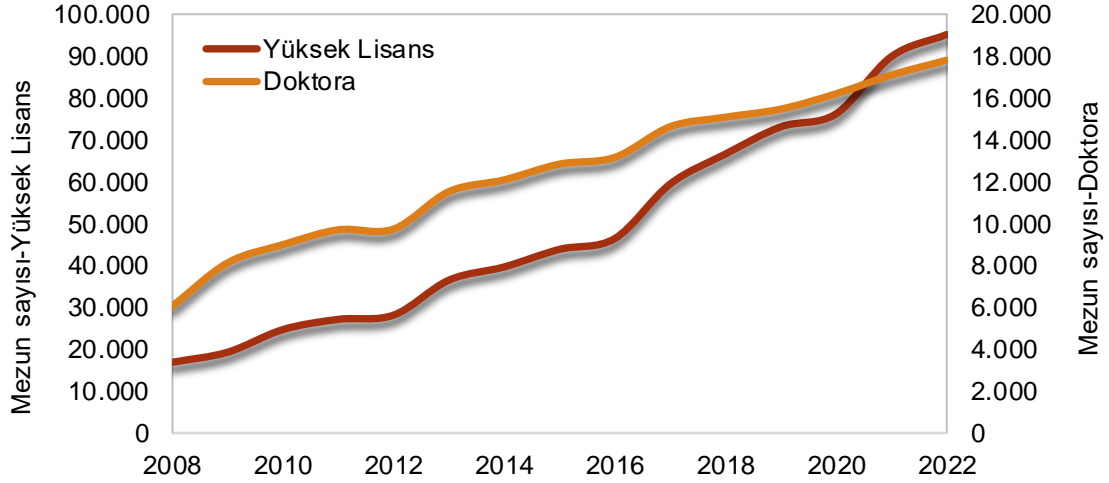
Küçük Menderes Havzası, yaklaşık 348.000 hektarlık yüzölçümüyle değerlendirilen havzalar arasında en küçük toplam alana sahip olmasına rağmen, 156.040 hektar ile en büyük tarımsal alana ve en yüksek nüfusa ev sahipliği yapmaktadır (Tablo 7.1).

Tablo 7.1. Havzanın temel göstergeleri

Havzanın Toplam Alanı (hektar)	348.769
Havzadaki Mahalle Sayısı	449
Havzadaki Tarım Arazisi Payı (%)	45
Havzanın Toplam Tarım Alanı (hektar)	156.040
Havzanın Toplam Nüfusu	591.059
Mahallelerin Ortalama Nüfusu	1.316
Mahallelerin Ortalama Alanı (hektar)	1.094
Mahalle-Havza Ortalama Kesişim Alanı (hektar)	777
Mahallelerin Ortalama Tarım Alanı (hektar)	348
Mahalle Bazında Kişi Başına Düşen Ortalama Tarım Arazisi (hektar)	0,69

Havza tarım arazilerinin %99,5'i İzmir ili sınırları içerisinde yer almaktadır (Aydın:76 ha, İzmir: 155.262 ha ve Manisa: 702 ha). İzmir ilinin genel GSYİH'si içinde tarımın payı yıllar içinde azalarak 2022 yılında %4,4 seviyelerine gerilemiş olsa da, ilin tarımsal üretim değeri ve havzadaki ürün çeşitliliği bölgeyi ulusal tarım ve gıda güvenliği için stratejik bir konuma

yerleştirmektedir. Ayrıca, İzmir'deki yüksek eğitim seviyesi (Şekil 7.1-2022 yılı itibarıyla 17.805 doktora ve 95.155 yüksek lisans mezunu nüfus), kırsal alanda yeniliklere açıklık, sürdürülebilir tarım farkındalığı ve güçlü kooperatifçilik altyapısı için elverişli bir sosyo-ekonomik zemin sunmaktadır (TÜİK, 2024).

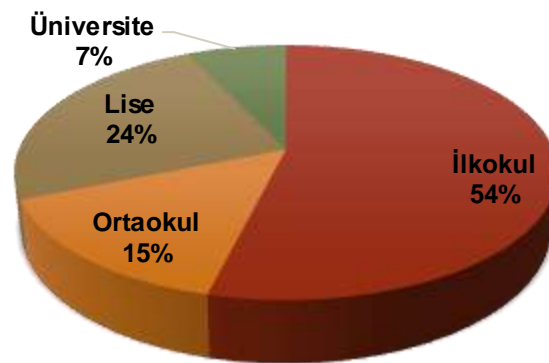


Şekil 7.1. İzmir ili lisansüstü eğitim durumunun yıllara göre değişimi

Çiftçi Demografisi ve Eğitim Profili

Küçük Menderes Havzası'nda tarımsal üretimi aktif olarak sürdüren 145 çiftçi ile gerçekleştirilen saha anketleri, bölgedeki tarımsal işgücünün demografik yapısını ortaya koymaktadır.

Elde edilen verilere göre, havzadaki 40 yaş altı genç çiftçilerin oranı %20 seviyesindedir ve bu durum tarımsal nüfusta yaşlanma eğiliminin havza için de geçerli olduğunu göstermektedir. Eğitim durumuna bakıldığında ise Küçük Menderes Havzası'ndaki üreticilerin %31'inin lise ve üzeri eğitime (üniversite mezunları dahil) sahip olduğu görülmektedir (Şekil 7.2).

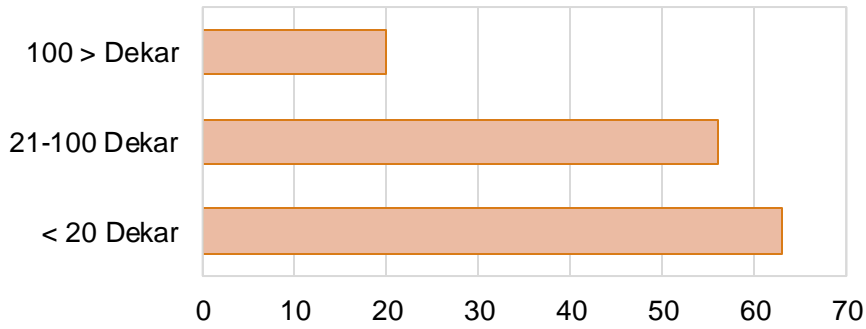


Şekil 7.2. Havzadaki çiftçilerin eğitim durumu

Eğitim düzeyindeki farklılıkların iklim değişikliğine uyum ile ilgili alınacak önlemlere adapte olmakta da farklılıklara yol açacağı değerlendirilmektedir.

İşletme Ölçeği ve Arazi Yapısı

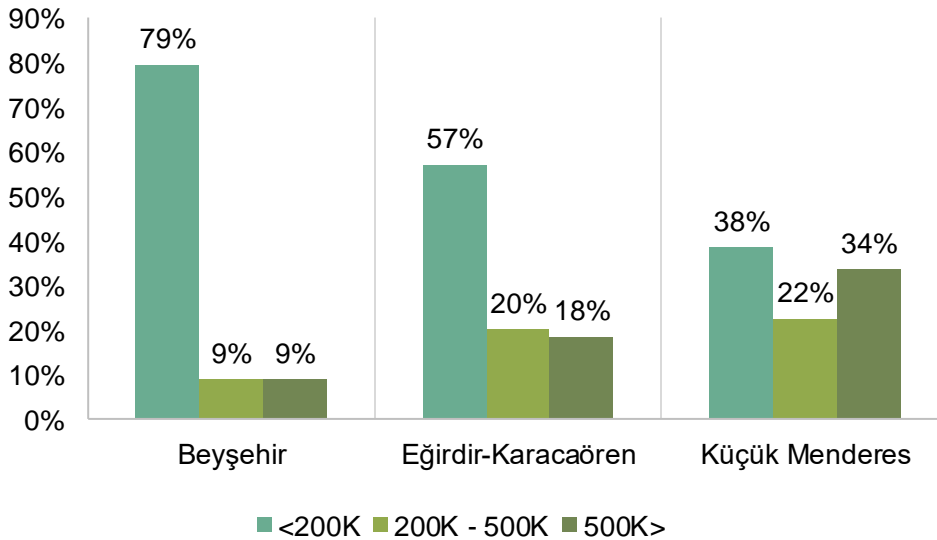
Küçük Menderes Havzası'ndaki üreticilerin %44'ü 20 dekardan daha küçük arazilerde üretim yapmaktadır (Şekil 7.3). Arazi ölçeğinin bu denli küçük olmasına rağmen, Küçük Menderes Havzası tarımsal gelirin en yüksek olduğu bölgedir. Bununla birlikte, küçük arazi büyüklüklerine rağmen havzanın yüksek tarımsal gelir üretmesi dikkat çekmektedir. Bu durum, tarımsal gelir düzeyinin yalnızca arazi büyüklüğü ile değil; sulama altyapısı, yüksek katma değerli meyvecilik ve süt sığırcılığı gibi operasyonel kapasitesi yüksek üretim modelleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.3. Havzadaki çiftçilerin tarım arazilerinin büyüklüğü

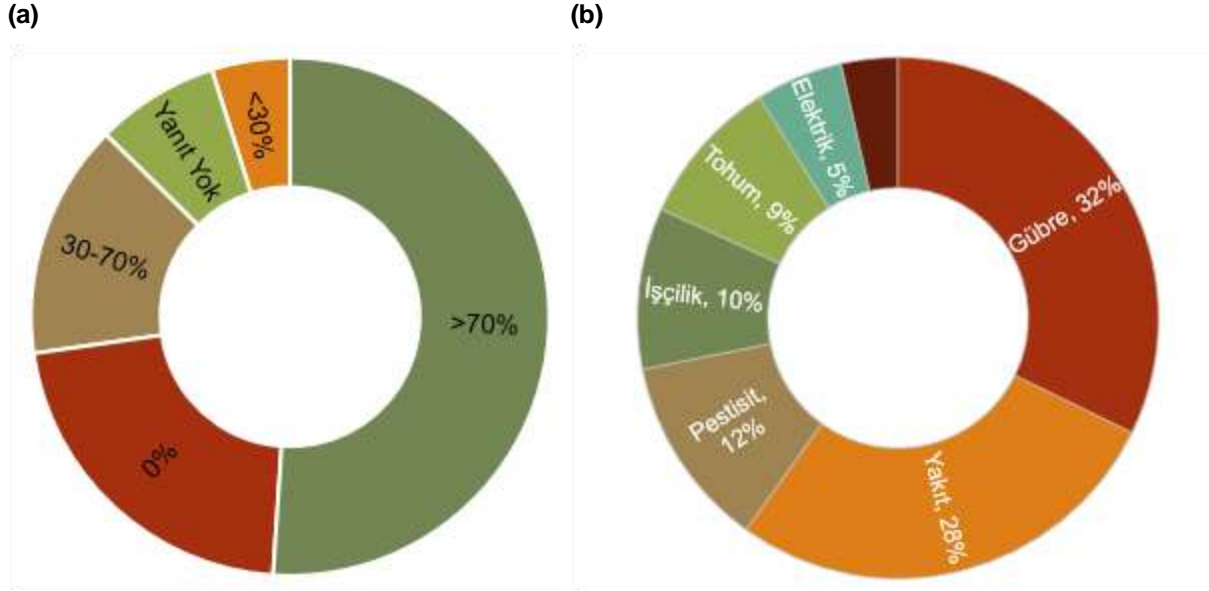
Gelir Yapısı, Sulama Bağımlılığı ve Finansal Durum

Gelir düzeyi açısından değerlendirildiğinde, Küçük Menderes Havzası yüksek gelirli üreticilerin yoğunlaştığı bir yapı sergilemektedir. Çalışma alanları içerisinde, yıllık 500.000 TL ve üzeri gelir elde eden üreticilerin büyük çoğunluğu bu havzada yer almaktadır. Aynı zamanda, 200.000 TL altı düşük gelir grubunun en az görüldüğü (%38) bölge de yine bu havzadır (Şekil 7.4).



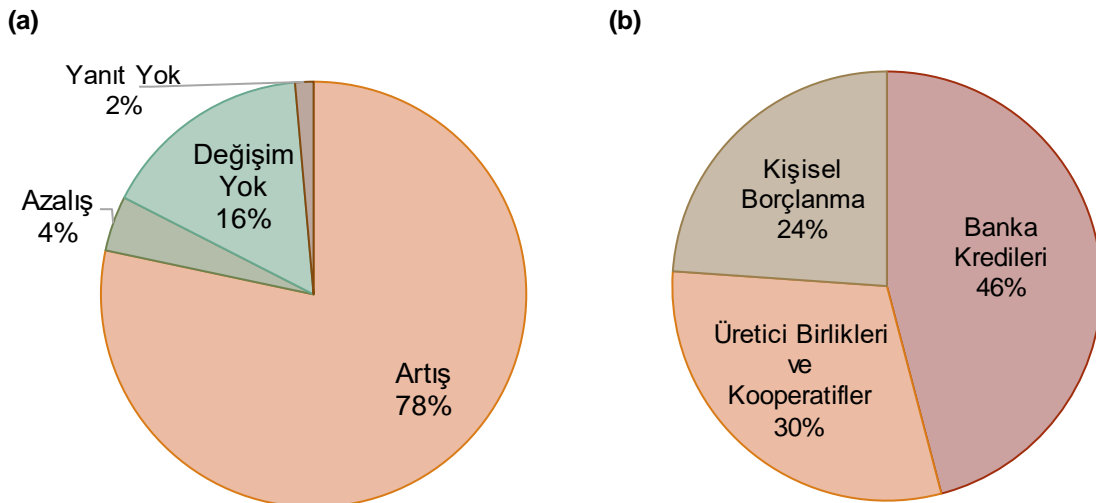
Şekil 7.4. Çalışılan alanlarındaki çiftçilerin yıllık ortalama gelirlerinin dağılımı

Havzadaki üreticilerin %75'i tarım arazilerini sulamakta, %51'i ise arazisinin %70'inden fazlasını sulamaktadır (Şekil 7.5a). Bu durum, üretim sisteminin büyük ölçüde sulamaya bağımlı olduğunu ve özellikle yaz döneminde suya erişimin üretimin devamlılığı açısından kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, tarımsal faaliyetlerle ilgili en büyük üç maliyet kalemi sırasıyla gübre, yakıt ve pestisitler olarak belirlenmiştir. Bu maliyetleri sırasıyla işçilik, tohum elektrik ve sulama takip etmiştir (Şekil 7.5b).



Şekil 7.5. Havzadaki tarımsal sulama (a) ve maliyet kalemleri (b) dağılımları

Artan girdi maliyetleri ve azalan su kaynaklarını derinden çekmenin getirdiği ekstra maliyetler, üreticileri bir maliyet-gelir sıkışması içine itmiştir. Küçük Menderes Havzası'ndaki çiftçilerin %78'i son 10 yılda tarımsal faaliyetlere bağlı borç yükünün arttığını beyan etmiştir (Şekil 7.6a). Çiftçilerin borçlanma kaynakları arasında en sık banka kredileri belirtilmiş, bunu üretici birlikleri ve kooperatifler ile kişisel borçlar izlemiştir (Şekil 7.6b).



Şekil 7.6. Borç yükünün değişimi (a) ve borçlanma kaynakları (b)

Genel olarak, havzada “yüksek gelir–yüksek maliyet” yapısına dayalı bir üretim modeli ortaya çıkmaktadır. Üreticilerin önemli bir kısmı yüksek gelir elde etmekle birlikte, bu gelirin sürdürülebilirliği büyük ölçüde artan girdi maliyetlerine ve suya erişim koşullarına bağlıdır. Bu durum, üretim sisteminde yapısal bir finansal baskı oluşturmakta ve üreticileri giderek artan bir maliyet yükü ile karşı karşıya bırakmaktadır.

7.2. İklim Değişikliği Algısı ve Tarımsal Pratıklere Yansımaları

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri, üreticilerin bu süreci nasıl algıladıkları ve üretim faaliyetlerine nasıl yansıtıkları ile doğrudan ilişkilidir. Çalışma alanlarında gerçekleştirilen anket çalışmaları, üreticilerin iklim değişikliğine ilişkin farkındalığının yüksek olduğunu, ancak bu farkındalığın üretim kararlarına sınırlı ölçüde yansıdığını göstermektedir.

İklim Değişikliğine Yönelik Algı ve Gözlemler

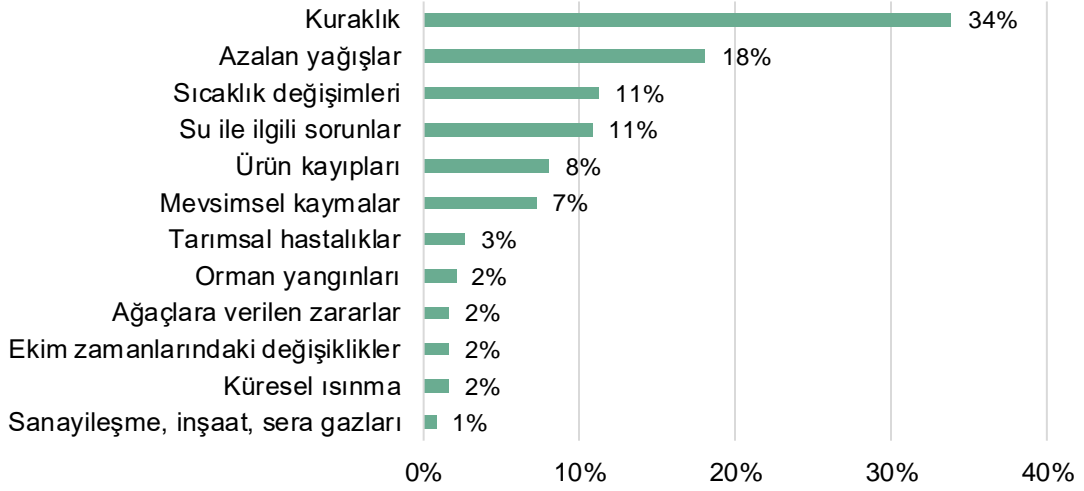
Üreticilerin iklim değişikliği konusundaki farkındalığı ile ilgili değerlendirmeleri Şekil 7.7’de verilmiştir.

Anket sonuçları, üreticilerin iklim değişikliğini doğrudan sahada gözlemledikleri somut etkiler üzerinden tanımladıklarını göstermektedir. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlarda, en sık ifade edilen unsur kuraklık olmuş; bunu azalan yağış miktarı ve yağışların düzensizleşmesi izlemiştir. Üreticiler, yalnızca yağış miktarındaki azalmayı değil, aynı zamanda yağışların mevsimsel dağılımındaki değişimleri de önemli bir sorun olarak belirtmiştir. Bunun yanı sıra artan ve dalgalanan sıcaklıklar, su kaynaklarına ilişkin sorunlar ile ürün kayıpları ve mevsimsel kaymalar da öne çıkan diğer gözlemler arasındadır.

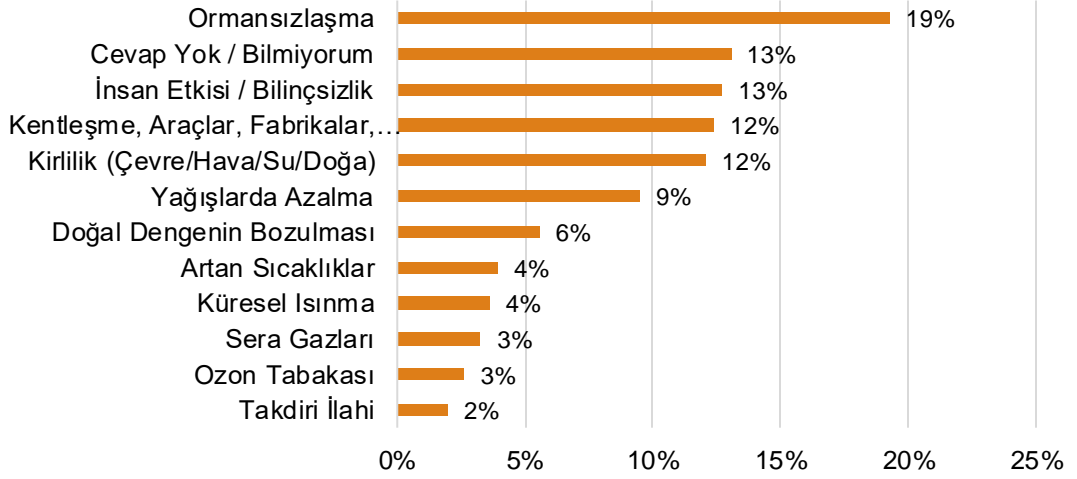
İklim değişikliğinin nedenlerine ilişkin değerlendirmelerde ise üreticilerin hem insan faaliyetlerine hem de daha geniş ölçekli ekonomik süreçlere atıfta bulunduğu görülmektedir. Özellikle ormansızlaşma, yanlış sulama ve gübreleme uygulamaları, baraj ve tarımsal faaliyetler gibi doğrudan insan etkileri sıklıkla vurgulanırken; sanayileşme, kentleşme, araç kullanımı ve madencilik faaliyetleri de önemli nedenler arasında ifade edilmiştir. Ayrıca çevre kirliliği ve doğal dengenin bozulmasına yönelik gözlemler de bu değerlendirmelere eşlik etmektedir.

Üreticilerin iklim değişikliğinin etkilerine ilişkin gözlemleri de benzer şekilde sahadaki deneyimlere dayanmaktadır. En sık belirtilen etkiler arasında sıcaklık değişimleri, yağış rejimindeki bozulmalar, zararlı ve hastalık artışı, orman yangınlarında artış ve kullanılabilir su kaynaklarında azalma yer almaktadır.

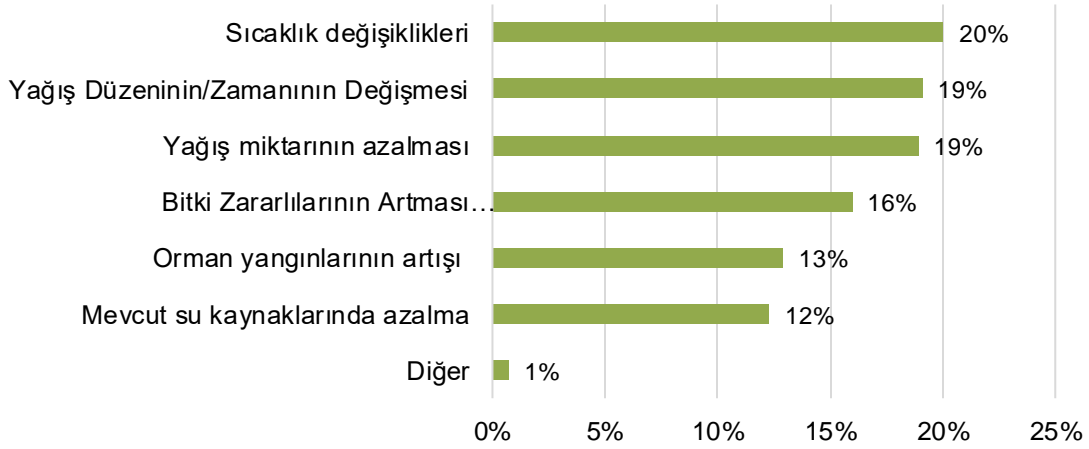
İklim değişikliği denildiğinde ilk aklınıza gelen üç şey nedir?



Sizce iklim değişikliğinin en önemli üç sebebi nedir?



İklim değişikliğinin etkileri ile ilgili neler gözlemliyorsunuz?



Şekil 7.7. Çalışma alanlarındaki çiftçilerin iklim değişikliği farkındalığı

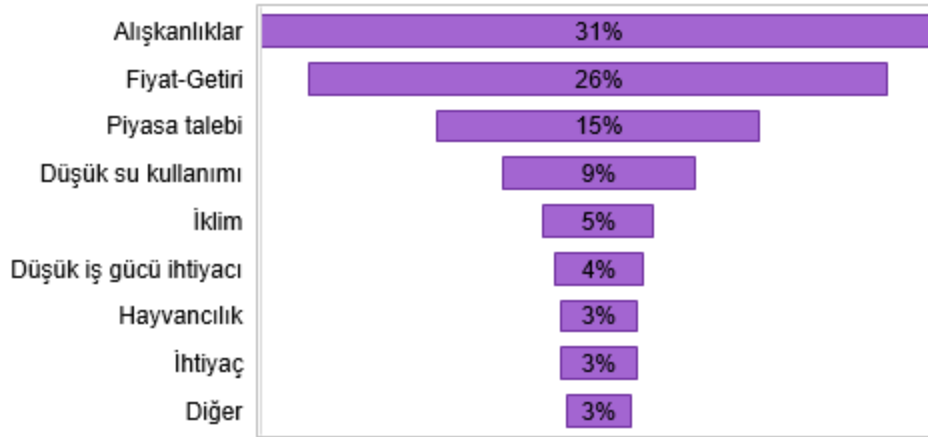
İklim Değişikliğinin Tarımsal Faaliyetler üzerindeki Sosyo-Ekonomik Etkilerine Yönelik Algı ve Değerlendirmeler

Çiftçiler, iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik etkilerini tarlalarında ve gelirlerinde doğrudan hissetmektedirler. Anket sonuçlarında, 1 (Kesinlikle Katılmıyorum) ile 5 (Kesinlikle Katılıyorum) arasında puanlanan ölçeklere göre Küçük Menderes Havzası özelinde en güçlü hissedilen etkilerin başında kullanılabilir su kaynaklarında azalma (4,63), tarımsal üretim maliyetlerindeki artış (4,63) ve mahsul kayıpları (4,65) gelmektedir. Bu üç unsur, üreticilerin iklim değişikliğini doğrudan üretim süreçlerini zorlaştıran temel faktörler olarak algıladığını ortaya koymaktadır.

Bunun yanı sıra, üreticiler tarafından hanehalkı gelirlerinde azalma (4,45), tarımla uğraşan kişi sayısında azalma (4,39) ve özellikle genç çiftçi sayısındaki düşüş (4,47) de önemli sosyo-ekonomik etkiler arasında ifade edilmiştir. Ayrıca kırsal alanda işsizlik artışı (3,99) ve köyden göç eğilimleri (3,98) gibi göstergeler, iklim değişikliğinin yalnızca üretimi değil, kırsal yaşamın sürdürülebilirliğini de etkilediğini göstermektedir.

Tarımsal Üretim Kararlarına Yansımalar

İklim değişikliğine bağlı etkilerin yüksek düzeyde algılanmasına rağmen, üretim tercihleri üzerinde sınırlı bir değişim gözlenmektedir. Çiftçiler, mevcut ürünleri yetiştirme nedenleri olarak ağırlıklı olarak alışkanlıklarını, fiyat-getiri durumunu ve piyasa talebini göstermektedir. Ürün seçiminde iklim koşullarını doğrudan belirleyici olarak ifade eden üreticilerin sayısı oldukça düşüktür (Şekil 7.8).



Şekil 7.8. Mevcut ürünlerin tercih edilmesinin temel sebepleri

Küçük Menderes Havzası'ndaki üreticilerin %48'i son 10 yılda iklim değişikliğine bağlı olarak ürün tercihinde hiçbir değişikliğe gitmediğini, %32'si ise çiftçi ise sadece çok küçük veya küçük çaplı değişiklikler yaptığını belirtmiştir. Bu durum, üretim sisteminin belirli bir süreklilik eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Hasat Takvimi ve Su Kullanımındaki Değişimler

İklim değişikliğinin üretim süreçlerine yansıyan önemli göstergelerinden biri de hasat dönemlerindeki değişimlerdir. Küçük Menderes'teki çiftçilerin büyük bir çoğunluğu (%85), artan sıcaklıklar nedeniyle son 10 yılda hasat dönemlerinin 15 gün ile 1 ay arasında daha erkene kaydığını belirtmiştir.

Su kullanımı açısından değerlendirildiğinde ise farklı eğilimler görülmektedir. Üreticilerin %55'i dekar başına kullanılan su miktarının azaldığını veya çok azaldığını, %26'sı ise arttığını belirtmiştir. Bu durum, bir yandan suya erişimde yaşanan kısıtları, diğer yandan artan sıcaklıkların sulama ihtiyacını artırdığı koşulları birlikte yansıtmaktadır.

Uyum Kapasitesi ve Bilgiye Erişim

Bununla birlikte, üreticilerin iklim değişikliğine karşı geliştirdikleri uyum uygulamaları incelendiğinde, en yaygın tercih edilen yöntemlerin verimi artırmaya yönelik gübreleme uygulamaları, etkin sulama yöntemlerinin kullanımı, ürün iyileştirme çalışmaları ve ekim–hasat zamanlarının değişen iklim koşullarına göre uyarlanması olduğu görülmektedir. Bu dört yöntemin, her üç havzada da üreticilerin %50'sinden fazlası tarafından uygulandığı belirlenmiştir.

Buna karşılık, enerji verimli teknolojilerin kullanımı, organik tarım uygulamaları ve olumsuz hava koşullarına karşı teknolojik çözümlerden yararlanma gibi yöntemlerin daha düşük düzeyde tercih edildiği görülmektedir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. İklim değişikliği etkilerinin azaltılması için kullanılan yöntemler

Üreticiler, iklim değişikliğine uyum sürecinde karşılaştıkları temel zorluklar arasında yetersiz destek mekanizmaları, aşırı hava olaylarının öngörülememesi ve teknik bilgi eksikliğini ön plana çıkarmaktadır.

Bilgiye erişim kanalları incelendiğinde; üreticilerin iklim değişikliğine uyum sürecine ilişkin bilgiye en çok İl/İlçe Tarım Müdürlükleri, komşu/arkadaş çevresi ve internet aracılığıyla ulaştığını göstermektedir. Bu çerçevede, özellikle tarım müdürlükleri tarafından sağlanan

düzenli bilgilendirme faaliyetleri, uyum süreçlerine yönelik bilgi yayılımı açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Üreticilerin bilgiye erişiminde yakın çevrede gözlemlenen uygulamaların etkili olduğu, bu nedenle iyi uygulama örneklerinin yaygınlaştırılmasının önemli bir araç olabileceği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte internetin bilgi kaynağı olarak yaygınlaştığı, ancak yanlış bilginin de hızlı yayılabildiği bir ortam olması nedeniyle, güvenilir ve erişilebilir içeriklerin ilgili kurumlar tarafından sunulmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

7.3. Kırılganlık Dinamikleri ve Ekonometrik Projeksiyonlar

Küçük Menderes Havzası'ndaki tarımsal işletmelerin iklim değişikliği karşısındaki sosyo-ekonomik kırılganlıklarını belirlemek amacıyla, saha anketlerinden elde edilen temel değişkenler arasındaki ilişkiler (dağılım grafikleri/korelasyon) analiz edilmiş ve geçmiş fiyat verileri kullanılarak 2035 yılına kadar olan ekonometrik projeksiyonlar oluşturulmuştur.

Yapısal Kırılganlık Dinamikleri: Temel Değişkenlerin Korelasyon Analizi

Sahadan toplanan veriler üzerinden gelir, arazi büyüklüğü, sulama oranı ve borçluluk gibi kritik değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkiler incelendiğinde, havzadaki kırılganlığın temel dinamikleri şu şekilde ortaya çıkmaktadır:

- Ortalama yıllık tarım geliri ile arazi büyüklüğü ilişkisi: Arazi büyüklüğü ile elde edilen tarımsal gelir arasındaki ilişki incelendiğinde, bu ilişkinin zayıf ve doğrusal olmayan bir yapı sergilediği görülmektedir. Bu durum, yüksek değerli girdiler veya modern tekniklerden (operasyonel kapasite) kopuk olan ekintili tarım, ekonomik üstünlüğü garanti edememekte ve arazi kullanımının kalitesinin, sahip olunan arazi miktarından daha önemli olduğunu vurgulamaktadır.
- Ortalama yıllık tarım geliri ve sulama oranı ilişkisi: Arazi büyüklüğünün aksine, tarım alanlarındaki sulama oranı ile gelir arasında orta derecede pozitif ve belirgin bir korelasyon tespit edilmiştir. Optimize edilmiş sulama altyapısına sahip işletmelerin ekonomik dirençliliğinin çok daha yüksek olduğu görülmekte olup; iklim değişikliğine uyumun temelde bir su yönetimi ve modern sulama altyapısına erişim meselesi olduğu istatistiksel olarak kanıtlanmıştır.
- Ölçekten Bağımsız "Sistemsel Finansal Kırılganlık": Arazi büyüklüğü ile borçluluk durumu birlikte değerlendirildiğinde ise, farklı ölçeklerdeki işletmeler arasında borçluluk oranlarının geniş bir aralıkta dağıldığı ve bu iki değişken arasında belirgin bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. borçluluğun sadece küçük işletmelere özgü olmadığını; gübre, mazot ve zirai ilaç gibi artan girdi maliyetlerinin tüm havzada ölçekten bağımsız, kronik bir "Sistemsel Finansal Kırılganlık" yarattığını göstermektedir.

Ekonometrik Modelleme ve Tarımsal Ürün Fiyat Projeksiyonları

Havzadaki tarımsal ürün çeşitliliği ve bu ürünlerin fiyatlarındaki geleceğe yönelik eğilimler, çiftçilerin ekonomik kırılganlığını doğrudan etkilemektedir. TÜİK'ten elde edilen birincil saha verileri ve ikincil veriler kullanılarak, özellikle tarım ürünleri fiyatları için istatistiksel açıdan anlamlı tahminler oluşturulmuştur.

- **Ürün Çeşitliliği ve Geçmiş Fiyat Eğilimleri:** Birincil saha verileri ve TÜİK'ten elde edilen ikincil veriler kullanılarak, özellikle tarım ürünleri fiyatları için istatistiksel açıdan anlamlı tahminler oluşturulmuştur. Küçük Menderes Havzası'nı kapsayan İzmir ili, sahada raporlanan 31 farklı tarımsal ürün (Arpa, Ayva, Biber, Brokoli, Buğday, Ceviz, Domates, Fasulye, İncir, Dolmalık biber, Karnabahar, Karpuz, Kereviz, Kestane, Kiraz, Lahana, Çim otu, Mandalina, Marul, Nar, Pamuk, Patates, Pırasa, Çim, Salatalık, Silaj Mısıri, Sorgum Mısıri, Şalgam, Şeftali, Tütün) ile incelenen bölgeler arasında en yüksek ürün çeşitliliğine sahip alandır. TÜİK (1993-2023) meta verileri kullanılarak İzmir için oluşturulan ağırlıklı ortalama tarımsal ürün fiyat endeksi, 2003 yılında 0,63 TL iken, 2023 yılında 16,36 TL seviyesine ulaşarak yaklaşık 25,8 katlık devasa bir artış göstermiştir.
- **Maliyet ve Fiyat Senkronizasyonu (Girdi Maliyetleri Baskısı):** Ürün fiyatlarındaki bu artışın temel nedeninin tarımsal girdi maliyetleri olduğu ekonometrik modellerle kanıtlanmıştır. Ortalama tarımsal ürün fiyatları ile Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) arasında mükemmel yakın bir basit regresyon modeli ($R^2=0.999$) tespit edilmiştir. ÜFE'deki her 1 birimlik artışın ürün fiyatlarında 0,93 birimlik bir artışa yol açması; çiftçilerin uzun vadeli uyum yatırımları yapmak yerine, sürekli bir "maliyet kovalama" döngüsü içine hapsediğini göstermektedir.
- **2035 Yılı Fiyat Projeksiyonları:** İzmir ili için gelecekteki tarımsal ürün fiyat projeksiyonları, doğrusal (linear) ve kübik polinom ($y=0.0088x^3-0.2297x^2+1.7117x-2.0585$, $R^2=0.8967$) büyüme modellerinin ortalaması alınarak oluşturulan "hibrit model" ile hesaplanmıştır. Doğrusal model, geçmiş yirmi yılda fiyatların yıllık ortalama %20 arttığını gösterirken; hibrit modelleme, 2035 yılına kadar olan fiyat tahminlerinin doğrudan makroekonomik koşullara (özellikle üretici girdi maliyetlerine) yüksek oranda bağımlı ve dalgalı bir seyir izleyeceğini kanıtlamaktadır.

7.4. Nihai Değerlendirme ve Stratejik Öneriler

Saha anketi kapsamında elde edilen kapsamlı verilerin bütüncül analizi ile 1993–2023 dönemine ait uzun dönemli ekonometrik zaman serisi verileri birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye tarım sektörünün önemli bir dönüşüm sürecinde olduğu görülmektedir. Geleneksel olarak refahın temel göstergesi olarak kabul edilen arazi büyüklüğüne dayalı yapı, yerini giderek teknoloji temelli verimlilik ve suya dayalı üretkenliğin belirleyici olduğu bir yapıya

biraktmaktadır. Ekonometrik analizler, tarımsal ürün fiyatları ile Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) arasında çok yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır ($R^2 = 0,999$). Buna göre, ÜFE'deki her 1 birimlik artışın ürün fiyatlarına yaklaşık 0,93 birim olarak yansıdığı görülmektedir. Bu durum, üreticilerin maliyet artışları ile doğrudan ilişkili bir fiyat yapısı içerisinde faaliyet gösterdiğini göstermektedir.

Arazi büyüklüğü ile gelir arasındaki ilişkinin doğrusal olmaması, mevcut politika yaklaşımlarının yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir. Veriler, üretici tercihlerini belirleyen temel unsurların doğrudan iklim farkındalığından ziyade gelir ve maliyet dengesi olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede, farklı havzalar arasındaki suya erişim ve ürün çeşitliliği farklarının sosyo-ekonomik ayrışmayı artırabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu bölgeler ile sınırlı olduğu bölgeler arasındaki farkın, üretim yapısı ve gelir olanakları üzerinde belirleyici olduğu görülmektedir. Bu durumun, özellikle genç ve eğitilmiş nüfusun tarımdan uzaklaşma eğilimi ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, uzun vadeli gıda güvenliği ve iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılabilmesi için üretim yapısına yönelik destek mekanizmalarının yeniden ele alınması önem taşımaktadır. Desteklerin yalnızca arazi büyüklüğüne dayalı olmaktan çıkarılarak, su kullanım verimliliği ve birim su başına üretim performansı gibi kriterleri içeren bir yapıya yönlendirilmesi gerekmektedir. 2003–2023 döneminde gözlenen yüksek fiyat artışlarının büyük ölçüde maliyet kaynaklı olduğu dikkate alındığında, bu desteklerin maliyet dalgalanmalarını dengeleyici bir işlev görmesi önem kazanmaktadır.

Sulama altyapısı açısından değerlendirildiğinde, açık kanal ve salma sulama sistemlerinin mevcut iklim koşullarında etkinliğinin sınırlı olduğu görülmektedir. Artan sıcaklık ve buharlaşma koşulları altında, kapalı sistem, basınçlı ve dijital kontrollü sulama altyapılarına geçişin üretim sürekliliği açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle kuraklık riski yüksek havzalarda altyapı iyileştirmeleri, su kaynaklarının daha etkin kullanımı açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Finansal yapı açısından ise üreticilerin büyük ölçüde kısa vadeli girdi maliyetlerine dayalı bir üretim sistemi içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bu çerçevede, uzun vadeli ve düşük maliyetli finansman araçlarının geliştirilmesi, üreticilerin uyum yatırımlarına yönelmesini destekleyebilir. Bu tür finansal araçların, maliyet artışlarının üretim üzerindeki etkilerini dengeleyici bir rol oynayabileceği değerlendirilmektedir.

Son olarak, iklim değişikliğine uyum sürecinde bilgiye erişimin güçlendirilmesi önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Dijital platformlar ve yayım hizmetleri aracılığıyla bilimsel veriye dayalı bilginin üreticilere ulaştırılması, uyum kapasitesinin artırılmasına katkı sağlayabilir. Bu süreçte

Özellikle eğitimli genç nüfusun bilgi aktarımında rol alması, mevcut bilgi akışının güçlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

8. PAYDAŞ KATILIMI

Paydaş katılımı, Küçük Menderes Havzası'ndaki iklim direnci planlamasının temel bir bileşenidir; zira uyum tedbirlerinin etkinliği, büyük ölçüde yerel aktörler tarafından kabul edilme, uygulanabilirlik ve hayata geçirilme durumuna bağlıdır.

Havzada, küçük çiftçilerden büyük tarım üreticilerine, yerel yönetimlerden su yönetimi kurumlarına, kooperatiflere ve araştırma kuruluşlarına kadar çok çeşitli paydaşlar bulunmaktadır. Bu aktörlerin her biri, tarım sistemi ile farklı şekillerde etkileşim halindedir ve kendine özgü bilgi, kapasite ve önceliklere sahiptir.

Çiftçiler, hem iklim değişikliğinden en çok etkilenen aktörler hem de uyum önlemlerinin temel uygulayıcıları oldukları için en kritik paydaş grubunu temsil etmektedir. Mahsul seçimi, sulama uygulamaları ve girdi kullanımı ile ilgili günlük kararları, tarım sisteminin dayanıklılığını doğrudan belirlemektedir.

İlçe tarım müdürlükleri ve su yönetimi yetkilileri dahil olmak üzere yerel kurumlar, politikaların uygulamaya geçirilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Bu kurumlar, tarımsal destek programlarını uygulamak, su kaynaklarını yönetmek ve çiftçilere teknik rehberlik sağlamakla sorumludur. Eylemleri koordine etme ve bilgiyi yayma kapasiteleri, uyum stratejilerinin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir.

Buna ek olarak, araştırma kurumları ve teknik uzmanlar bilimsel analizler, iklim tahminleri ve kanıta dayalı öneriler sunarak katkıda bulunmaktadır. Uyum stratejilerinin hem teknik açıdan sağlam hem de pratikte uygulanabilir olmasını sağlamak için bilimsel bilginin yerel deneyimle bütünleştirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Etkili paydaş katılımı, iletişimi, bilgi alışverişini ve işbirliğini kolaylaştıran yapılandırılmış süreçler gerektirmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında yapılan çalışma, "aşağıdan yukarıya" bir yaklaşım benimseyerek paydaş katılımını sadece bir bilgilendirme aracı olarak değil, projenin ana omurgası ve karar alma mekanizması olarak konumlandırmıştır.

Proje süresince farklı ölçek ve içerikte çok sayıda etkinlik gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, **1 Açılış Toplantısı** ve **1 Kapanış Toplantısı** ile projenin başlangıç ve sonuç aşamalarında paydaşlarla bilgi paylaşımı yapılmış; ayrıca **2 Bölgesel Çalıştay** aracılığıyla havza bazlı değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Yerel düzeyde paydaş görüşlerini derinlemesine analiz edebilmek amacıyla **3 Odak Grup Toplantısı** düzenlenmiş; üreticilerin ve ilgili aktörlerin doğrudan katkı sunduğu bu toplantılar, saha verilerinin güçlendirilmesine önemli katkı sağlamıştır. Bunun yanı sıra, **3 Eğitim Faaliyeti** ile iklim değişikliğine uyum, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve su yönetimi konularında bilgi paylaşımı yapılmıştır. Sosyo-ekonomik etkilerin analiz edilmesine katkı sağlayan kapsamlı anket çalışmalarının yürütüldüğü **1 Saha Çalışması**

ve güncel arazi verisi ile bitki ürün deseninin belirlenmesi amacıyla **1 Arazi Çalışması** yürütülmüştür. Ayrıca, proje çıktılarının uygulanabilirliği, sürdürülebilirliği ve gelecek dönemde yürütülebilecek çalışmalar hakkında kapsamlı değerlendirmeler yapmak üzere kamu kurumlarının katılımı ile **1 İstişare Toplantısı** gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu etkinlikler sayesinde, proje yalnızca teknik bir analiz çalışması olmanın ötesine geçerek, sahadaki paydaşların bilgi ve deneyimlerinin sürece dahil edildiği katılımcı bir yapı kazanmıştır. Özellikle üreticilerle doğrudan temas kurulan faaliyetler, yerel ihtiyaçların ve önceliklerin daha doğru anlaşılmasına olanak sağlamıştır.

Proje kapsamında yürütülen tüm paydaş katılımı faaliyetleri ve etkinliklere ilişkin detaylı bilgilere, proje web sitesi¹ üzerinden erişilebilmektedir. Ayrıca proje faaliyetlerine ilişkin güncel paylaşımlar ACLIFS Projesi sosyal medya hesapları² aracılığıyla da paylaşılmaktadır. Bu kapsamda, proje çıktılarının görünürlüğünün artırılması ve daha geniş kitlelere ulaşılması hedeflenmiştir.

Proje kapsamında gerçekleştirilen paydaş katılım etkinliklerinin başarısını katılımcı geri bildirimlerini almak amacıyla yapılandırılmış memnuniyet anketleri uygulanmış olup, katılımcıların memnuniyet oranı Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8.1. Etkinlik bazlı katılımcı memnuniyet oranları

Etkinlik Adı	Pozitif Memnuniyet Oranı
Açılış Toplantısı	%91
1. Bölgesel Çalıştaylar	%90
İzmir İklim Dirençli Tarım Eğitimleri	%99
İzmir Odak Grup Toplantıları	%99
2. Bölgesel Çalıştay (İzmir)	%100
Proje Çıktıları İstişare Toplantısı	%99
Kapanış Toplantısı	%90

Tablo 8.1'deki veriler incelendiğinde, proje kapsamında düzenlenen tüm etkinliklerde katılımcı memnuniyetinin %90'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle sahada doğrudan üreticilerle gerçekleştirilen Eğitimler ve Odak Grup Toplantıları ile 2. Bölgesel Çalıştay'da pozitif memnuniyet oranları %99-100 seviyesine ulaşması, düzenlenen etkinliklerin paydaşlar tarafından son derece verimli ve amaca uygun bulunduğunu kanıtlamaktadır.

¹ <https://mam.tubitak.gov.tr/iklim/projeler/iklim-degisikliginin-gida-guvenligi-uzerindeki-etkilerinin-degerlendirilmesi-ve-kirsal-toplumlarin-dayanikliginin-artirilmasi/>

² <https://tr.linkedin.com/in/aclifs-project-361260308> ve https://www.instagram.com/aclifs_project/

Proje kapsamında gerçekleştirilen paydaş katılım faaliyetlerine ilişkin görseller aşağıda sunulmaktadır.

Proje Açılış Toplantısı (MAREM): 7 Mart 2024, Toplam 152 katılımcı



1.Bölgesel alıştay (UTAEM): 11 Temmuz 2024, Toplam 152 katılımcı



İklima Dirençli Tarım Eğitimi (demiş, Tire, Torbalı): 8-10 Ekim 2024, Toplam 250 katılımcı





Saha Çalışmaları (Çiftçi anketleri): 11-20 Kasım 2024, Toplam 145 katılımcı



Odak Grup Toplantıları (Bayındır, Ödemiş, Tire): 14-15 Ekim 2025, Toplam 79 katılımcı



2. Bölgesel Çalıştay (UTAEM): 16 Ekim 2025, Toplam 66 katılımcı



Proje Çıktıları İstişare Toplantısı (TÜBİTAK MAM): 28 Kasım 2025, Toplam 35 katılımcı



Proje Kapanış Toplantısı (UTAEM): 10 Aralık 2025, Toplam 160 katılımcı



9. SÜRDÜRÜLEBİLİR UYUM STRATEJİLERİ

Bu bölümde sunulan uyum ve dirençlilik stratejileri, proje kapsamında yürütülen çok katmanlı analizlerin bütüncül olarak değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur. Çalışma, yalnızca literatür ve politika dokümanlarının incelenmesine dayanmamakta; aynı zamanda iklim projeksiyonları, hidrolojik modelleme sonuçları, tarımsal etki analizleri ve sosyo-ekonomik değerlendirmeler ile saha çalışmalarından elde edilen bulguların entegrasyonunu içermektedir.

Öncelikle, ulusal ve uluslararası düzeyde yürürlükte olan iklim değişikliğine uyum politikaları, strateji belgeleri ve yasal çerçeve incelenerek mevcut kurumsal yapı ve politika ortamı değerlendirilmiştir. Bu analiz, havza ölçeğinde geliştirilecek stratejilerin mevcut planlama araçları ile uyumlu olmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

İklim projeksiyonları, su varlığı ve tarımsal üretim üzerindeki etkiler dikkate alınarak sektörel kırılganlık alanları belirlenmiştir. Bu kapsamda, özellikle su kaynakları, bitkisel üretim, hayvancılık ve kırsal geçim kaynakları üzerindeki baskılar bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir.

Sonrasında, paydaş katılım süreçlerinden elde edilen bulgular analize dâhil edilmiştir. Çalıştaylar, odak grup toplantıları, eğitimler ve anketler aracılığıyla üreticilerin, yerel yönetimlerin ve ilgili kurumların ihtiyaçları, öncelikleri ve mevcut uyum uygulamaları belirlenmiştir. Bu süreç, önerilen stratejilerin sahadaki gerçek koşullarla uyumlu olmasını sağlamıştır.

Son aşamada ise belirlenen uyum seçenekleri, önem, aciliyet ve uygulama zorluğu gibi kriterler dikkate alınarak önceliklendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, havza ölçeğinde uygulanabilir stratejik eylem alanları tanımlanmış ve kırsal toplumların iklim değişikliğine karşı dirençliliğini artırmaya yönelik bir çerçeve geliştirilmiştir.

9.1. Mevcut Uyum Politikaları, Stratejiler ve Yasal Çerçeve

İklim değişikliğine uyum, Türkiye’de son yıllarda politika ve planlama süreçlerinde giderek daha fazla yer bulan bir konu haline gelmiştir. Ulusal düzeyde hazırlanan strateji belgeleri, eylem planları ve sektörel politika dokümanları, iklim değişikliğinin özellikle su kaynakları, tarım ve kırsal kalkınma üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Bu kapsamda, uyum politikaları çok sektörlü bir yaklaşım çerçevesinde ele alınmakta ve farklı kurumların sorumluluk alanlarına entegre edilmektedir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamaya ve iklim dirençliliğini artırmaya katkı sağlayabilecek yasal çerçeve ve üst ölçekli strateji belgeleri aşağıda özetlenmiştir:

Yasal Çerçeve ve Temel Kanunlar

Türkiye’de tarım ve çevre politikalarının hukuki zeminini oluşturan temel düzenlemelerin başında 2006 yılında yürürlüğe giren Tarım Kanunu gelmektedir. Bu kanun, doğal ve biyolojik kaynakların korunmasını, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği ve toprak-su kaynaklarının rasyonel kullanımını temel bir ilke olarak belirlemektedir. Tarımsal üretim süreçlerinin çevresel etkilerini yönetmek üzere Çevre Kanunu (1983), arazilerin amaç dışı kullanımını engellemek ve toprak bozulmasını önlemek amacıyla Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu (2005) ile su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli yönetimini tesis etmek için Sulama Birlikleri Kanunu (2011) iklim değişikliğine uyumun yasal dayanaklarını oluşturmaktadır (MBS, 2024).

Ulusal Kalkınma ve İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri

Makro ölçekli politikaların belirlendiği 12. Kalkınma Planı (2024-2028), gıda ve enerjide arz güvenliğini merkeze alarak tarım sektöründe akıllı uygulamaların (dijitalleşme, yapay zeka) yaygınlaştırılmasını hedeflemektedir. Planda ayrıca; arazi toplulaştırma çalışmalarının sulama yatırımlarıyla entegre edilmesi, yağmur suyu hasadı, arıtılmış atık suların ve deniz suyunun tarımsal sulamada kullanılmasına yönelik Ar-Ge çalışmalarının teşvik edilmesi gibi doğrudan iklim uyumuna yönelik eylemler yer almaktadır (SBB, 2023).

Bununla birlikte, Türkiye'nin iklim krizine karşı sektörel dayanıklılığını artırmayı hedefleyen İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (İDUSEP 2024-2030), su yönetimi ve tarım-gıda güvencesini en kritik alanlar olarak tanımlamıştır. Bu eylem planı kapsamında, tarımsal desteklerin (teşviklerin) havza su bütçesi ve ürün deseni dikkate alınarak revize edilmesi, belediyelerdeki su kayıplarının azaltılması ve arıtılmış atık suların yeniden kullanım oranının 2030 yılına kadar %15 seviyesine çıkarılması stratejik hedefler olarak belirlenmiştir (IDB, 2024).

Su Verimliliği ve Ekosistem Odaklı Diğer Eylem Planları

Tarım sektörünün ülkedeki toplam su tüketiminin yaklaşık %77'sini gerçekleştirmesi, su verimliliğini tarımsal uyumun merkezine yerleştirmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033), modern sulama teknolojilerinin yaygınlaştırılarak tarımsal sulama randımanının 2030 yılına kadar %60'a, 2050 yılına kadar ise %65 seviyesine çıkarılmasını hedeflemektedir. Bu hedeflere ulaşmak için hacim esaslı fiyatlandırmaya geçilmesi, sulama kooperatiflerinin kapasitelerinin güçlendirilmesi ve parsel bazında bitki su ihtiyaçlarının gerçek zamanlı ölçülmesi stratejileri geliştirilmiştir (TOB, 2023).

Ayrıca, Türkiye'nin Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı'na uyum sürecini yönlendiren Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021) kapsamında kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılması, organik tarımın geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kullanan üretim tesislerinin desteklenmesi

öngörülmektedir (TB, 2021). Bu vizyon, 2022 yılında düzenlenen İklim Şurası kararlarıyla da desteklenmiş olup; "İklim Dostu Tarımsal Destekleme Modeli"nin oluşturulması, iklim kaynaklı streslere (kuraklık, sıcak dalgası) dayanıklı yeni tohum/hayvan ırklarının biyoteknolojik ıslah yöntemleriyle geliştirilmesi ve ekosistem odaklı gıda üretim modellerinin benimsenmesi ulusal politika hedefleri arasına alınmıştır (ÇŞİDB, 2022).

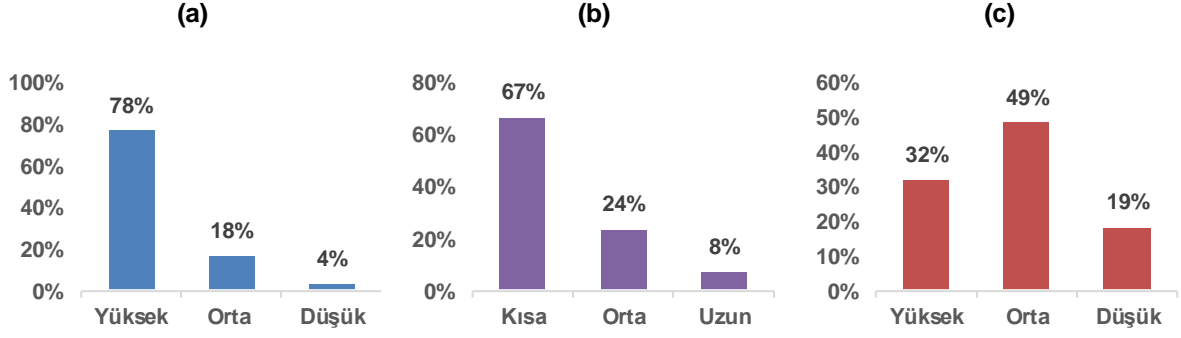
Genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut politika ve yasal çerçevenin iklim değişikliğine uyum açısından önemli bir temel sunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, uygulama süreçlerinde yerel ölçeğin ve sektörel entegrasyonun güçlendirilmesi, uyum stratejilerinin etkinliğini artıracak unsurlar arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, ulusal düzeyde belirlenen hedeflerin havza ölçeğinde ele alınması ve yerel paydaşların sürece katılımının desteklenmesi, uyum çalışmalarına katkı sağlayabilecek bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

9.2. İklim Değişikliğine Uyum Önlemleri

İklim değişikliğinin tarım, su kaynakları ve kırsal geçim sistemleri üzerindeki etkileri dikkate alındığında, uyum önlemlerinin yalnızca teknik çözümler olarak değil, aynı zamanda yerel koşullara ve paydaş ihtiyaçlarına duyarlı stratejik eylemler olarak ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda, Küçük Menderes Havzası için önerilen uyum önlemleri; önceki bölümlerde ortaya konan iklim projeksiyonları, su mevcudiyeti analizleri ve tarımsal etkiler ile birlikte, paydaş katılım süreçlerinden elde edilen bulgular doğrultusunda şekillendirilmiştir.

Bu çerçevede, önerilen uyum önlemlerine ilişkin paydaş değerlendirmeleri gerçekleştirilmiş ve yerel düzeyde önceliklerin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir analiz yapılmıştır. Küçük Menderes Havzası'na yönelik bu değerlendirmeler; odak grup toplantıları ve bölgesel çalıştaylar aracılığıyla paydaş katılımı esas alınarak hazırlanmıştır. Bu katılımcı yaklaşım, yerel ihtiyaçların ve önceliklerin bütüncül bir bakış açısıyla raporlanmasına imkan tanımaktadır. Paydaşlar, her bir uyum önlemini önem, aciliyet ve uygulanabilirlik açısından değerlendirmiştir. Aşağıda sunulan sonuçlar, havzadaki çiftçiler, teknik uzmanlar ve ilgili diğer kurumların ortak değerlendirmelerini yansıtmaktadır.

Uyum stratejileri; bitkisel üretimde sürdürülebilirlik, hayvancılığın iklim değişikliğine uyumu ile su yönetimi ve kuraklıkla mücadele olmak üzere üç kategoride analiz edilmiştir. Bu kapsamda, özellikle su yönetimi ve kuraklıkla mücadeleye yönelik uyum önlemlerinin önem, aciliyet ve uygulama zorluğuna ilişkin değerlendirmeleri, tüm önlemler için ortalama değerler şeklinde Şekil 9.1'de sunulmaktadır.



Şekil 9.1. Su yönetimi ve kuraklıkla mücadele önlemlerine ilişkin paydaşların ortalama değerlendirmeleri: (a) Eylemin önemi, (b) Eylemin aciliyeti, (c) Uygulanabilirliğinin zorluğu

Su yönetimi ve kuraklıkla mücadele kapsamındaki eylemlerin önem düzeyi açısından bakıldığında, paydaşların büyük çoğunluğu (%78) bu alandaki eylemleri “yüksek” düzeyde önemli olarak değerlendirmiştir. Orta (%18) ve düşük (%4) düzeydeki değerlendirmelerin oldukça sınırlı kalması, paydaşlar arasında su yönetimi ve kuraklıkla mücadelenin öncelikli konular olduğu yönünde güçlü bir uzlaşma bulunduğunu göstermektedir.

Benzer bir durum eylemlerin aciliyet düzeyi açısından da görülmekte olup, paydaşların %67’si bu eylemleri kısa vadede uygulanması gereken müdahaleler olarak değerlendirmiştir. Orta vadeli (%24) ve uzun vadeli (%8) değerlendirmelerin görece düşük kalması, kuraklık ve su yönetimi konularında gecikmeye toleransın sınırlı olduğunu ve hızlı aksiyon beklendiğini ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, eylemlerin uygulanma zorluk düzeyi daha dengeli bir dağılım göstermektedir. Paydaşların %49’u eylemleri orta düzeyde zor, %32’si ise yüksek düzeyde zor olarak değerlendirmiştir. Buna karşın yalnızca %19’luk bir kesim bu eylemleri düşük zorlukta görmektedir. Bu durum, söz konusu eylemlerin yüksek önem ve aciliyetine rağmen, uygulama sürecinde teknik, kurumsal ve finansal çeşitli engellerin bulunduğu işaret etmektedir.

Bu doğrultuda, su yönetimi ve kuraklıkla mücadele odağında Küçük Menderes Havzası için belirlenen uyum stratejileri aşağıda verilmiştir.

EYLEM 1		
HAVZA BAZLI ENTEGRE SU YÖNETİMİNİN SAĞLANMASI		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> Havzaların su kaynaklarının izlenmesi için veri toplama ve analiz sistemlerinin kurulması Su tüketimini kontrol altına almak için tüm sulamalarda sayaçların zorunlu hale getirilmesi ve hacim esaslı ücretlendirme sistemine geçilmesi Artılmış atık suyun yeniden kullanımının yaygınlaştırılması ve buna yönelik teşviklerin artırılması. Yer altı ve yüzey su kaynaklarının dengeli ve sürdürülebilir kullanımı için politikalar geliştirilmesi Derin kuyuların açılmasının sınırlandırılması ve tuzlu-sıcak sular için analiz zorunluluğu getirilmesi Sulama ve içme suyu kullanımının entegre şekilde organize edilmesi, Yerel paydaşların su yönetimine katılımının sağlanması ve kapasitelerinin artırılması Su kullanımında önceliklendirme ve kriz anlarında acil müdahale planlarının hazırlanması Sondaj kuyularında plansız kullanımın önüne geçilmesi, ruhsatlı ve kontrollü su kullanımı sağlanması Sanayi tesislerinde geri kazanım, soğutma suyu döngü sistemleri ve su ayak izi azaltma planlarının hazırlanması, OSB'lerde endüstriyel simbiyoz projelerinin yapılması Su yönetiminde kurumlar arası yetki ve sorumlulukların netleştirilerek, etkin ve uyumlu bir koordinasyon yapısının oluşturulması 		
Performans Göstergeleri		
Veri izleme ve analiz sistemine entegre havza sayısı		
Hazırlanan havza bazlı su yönetim planı sayısı		
Kriz dönemlerinde devreye giren acil müdahale planı sayısı		
Su yönetimi karar süreçlerine katılan yerel paydaş sayısı		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
Tarım ve Orman Bakanlığı (DSİ, SYGM), SUEN, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Sanayi Bakanlığı, yerel yönetimler, sulama birlikleri, üniversiteler (hidroloji bölümleri), STK'lar		

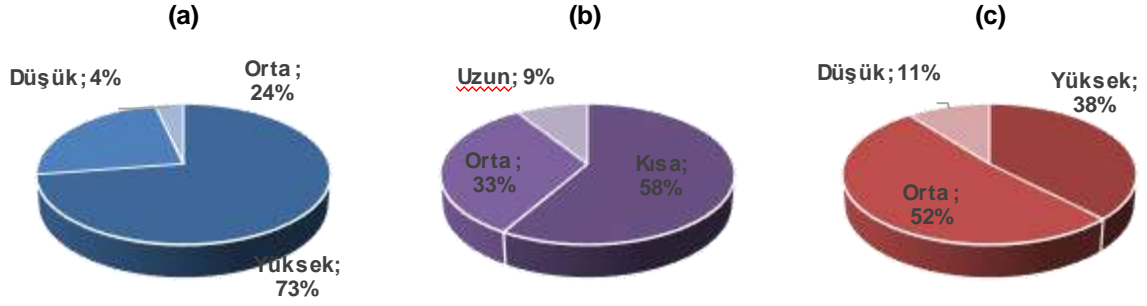
EYLEM 2		
SU VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI VE TASARRUF ÖNLEMLERİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Tarımda su tasarrufu sağlayan teknolojilerin (damla sulama, kapalı sistemler vb.) teşvik edilmesi • Gündüz sulamasının azaltılması ve gece sulamasının teşvik edilmesi. • Su kullanımında kayıpların azaltılması için altyapı yenileme ve iyileştirme çalışmalarının yapılması • Kuraklığa dayanıklı tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması • Kaçak ve vahşi sulama ile mücadelenin artırılması (Güneş panelli sondaj kuyularının kontrolsüz su kullanımının önüne geçilmesi) • Yağmur suyunun yeraltına yönlendirilmesi için bent ve yüzeyaltı küçük set uygulamalarının artırılması • Gri su ve yağmur suyunun bitkisel ve hayvansal üretimde kullanımına yönelik yönelik teşviklerin artırılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Modern sulama teknolojilerine geçen üretici oranı (%)</p> <p>Tarımsal sulamada dekar başına düşen su tüketimi</p> <p>Yenilenen sulama altyapısı uzunluğu (km)</p> <p>Kaçak / vahşi sulama tespiti ve müdahale sayısı</p> <p>Kuraklığa dayanıklı uygulama alanlarının toplam büyüklüğü (ha)</p> <p>Su kullanım verimliliğindeki yıllık artış oranı (%)</p> <p>Yağmur suyu kullanım miktarı</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>DSİ, Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), ÇŞİDB, sulama kooperatifleri ve birlikleri, ziraat odaları, yerel yönetimler, çiftçiler, çevre STK'ları, üniversiteler (ziraat ve çevre müh. fakülteleri), teknoloji firmaları</p>		

EYLEM 3		
KURAKLIK RİSK YÖNETİMİ VE ERKEN UYARI SİSTEMLERİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Kuraklık ve su kıtlığına karşı erken uyarı sistemlerinin kurulması ve yaygınlaştırılması • Kuraklık dönemlerinde alternatif su kaynaklarının (yağmur suyu, arıtılmış su vb.) kullanımı • Havza odaklı kuraklık eylem planı hazırlanması • Tarımsal kuraklık konusunda çalışmalar yürütülmesi, • Kuraklık yönetimi konusunda yerel yönetim, üretici ve STK işbirliklerinin artırılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Kurulan erken uyarı sistemi sayısı</p> <p>Kullanılan alternatif su kaynağı türleri ve kullanım alanı (ha)</p> <p>Kuraklık dönemlerinde su temininde yaşanan kesinti oranı (%)</p> <p>Eylem planı sayısı</p> <p>Proje sayısı ve teşvik miktarı</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Yerel yönetimler, yerel yönetimler, çiftçi birlikleri, STK'lar, üniversite ve araştırma kurumları</p>		

EYLEM 4		
SU KALİTESİNİN KORUNMASI VE İYİLEŞTİRİLMESİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Orta Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Tarımsal kirliliğin su kaynaklarına etkisinin azaltılması için sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması • Atıksu ve kirliliğin önlenmesi için altyapı yatırımları yapılması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve ileri arıtım teknikleri kapsamında teşvikler verilmesi • Su kalitesi izleme ve kontrol mekanizmalarının güçlendirilmesi • Biyogaz tesislerinin sıvı atıklarının yönetim süreçlerinin denetlenmesi • Su kaynakları için koruma zonlarının oluşturulması • Pestisit kalıntısı çıkan yeraltı sularının kullanımının izlenmesi 		
Performans Göstergeleri		
<p>Su kalitesine dair analiz sayısı</p> <p>İzlenen parametre sayısı</p> <p>Atıksu altyapı yatırımlarının sayısı ve kapasitesi</p> <p>Su kirliliği ihlallerine karşı uygulanan yaptırım sayısı</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (il ve ilçe müdürlükleri), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (il ve ilçe Müdürlükleri), Sağlık bakanlığı, yerel belediyeler, atıksu arıtma tesisleri, su ve kanalizasyon idareleri, üretici birlikleri, STK'lar, laboratuvarlar</p>		

EYLEM 5		
EĞİTİM VE BİLİNÇLENDİRME ÇALIŞMALARININ YAYGINLAŞTIRILMASI		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Orta Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Çiftçilere yönelik iklim değişikliği ve uyum konularında eğitim programlarının sayısının artırılması • Gençlere yönelik tarım liseleri ve eğitim programlarının yaygınlaştırılması • Su tasarrufu konusunda halkın ve çiftçilerin bilinçlendirilmesi • Eğitim içeriklerinin çiftçi taleplerine göre oluşturulması • Budama, toprak işleme, zararlılarla mücadele vb. alanlarda uygulamalı eğitim faaliyetlerinin artırılması • Tarımda risk yönetimi ve sigorta sistemlerinin yaygınlaştırılması ve tanıtılması • Yerel halkın ve gençlerin farkındalık düzeyini artırmaya yönelik faaliyetler düzenlenmesi • Ziraat fakültelerinin saha ile entegrasyonunun güçlendirilmesi • Zirai ilaç ambalajlarının çevreye zarar vermeyecek şekilde bertarafı konusunda eğitimler verilmesi ve belediyeler ile işbirliği halinde olunması • Yerel medya ve sosyal medyadan yararlanılarak farkındalığın artırılması (Diziler, reklamlar vb.) 		
Performans Göstergeleri		
<p>Düzenlenen bilinçlendirme faaliyetlerinin sayısı ve kapsamı</p> <p>Eğitim programlarına katılan çiftçi ve yerel halk sayısı</p> <p>Bilinçlenme ve farkındalık düzeyinde artış (%)</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ziraat odaları, sulama birlikleri, çiftçi birlikleri ve kooperatifler, STK'lar, yerel yönetimler, eğitim ve araştırma kurumları, medya ve iletişim kanalları</p>		

Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik odağında uyum önlemlerinin önem, aciliyet ve uygulama zorluğuna ilişkin değerlendirmeleri, tüm önlemler için ortalama değerler şeklinde Şekil 9.2'de sunulmaktadır.



Şekil 9.2. Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik önlemlerine ilişkin paydaşların ortalama değerlendirmeleri: (a) Eylemin önemi, (b) Eylemin aciliyeti, (c) Uygulanabilirliğinin zorluğu

Eylemlerin önem düzeyi açısından bakıldığında, paydaşların büyük çoğunluğu (%73) bu eylemleri “yüksek derecede önemli” olarak değerlendirmiştir. Orta (%24) ve düşük (%4) düzeydeki değerlendirmelerin sınırlı kalması, sürdürülebilir bitkisel üretimin paydaşlar arasında güçlü bir uzlaşma ile kritik bir konu olarak görüldüğünü göstermektedir.

Eylemlerin aciliyet düzeyi incelendiğinde, paydaşların %58'i bu eylemlerin kısa vadede uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Bununla birlikte %33'lük bir kesim orta vadeyi işaret etmiş olup, bazı eylemlerin planlama ve altyapı gereksinimleri nedeniyle kademeli olarak hayata geçirilebileceğine işaret etmektedir. Uzun vadeli değerlendirmelerin (%9) düşük kalması ise genel olarak hızlı aksiyon alma eğiliminin öne çıktığını göstermektedir.

Uygulama zorluk düzeyi açısından ise daha dengeli bir dağılım gözlenmektedir. Paydaşların %52'si eylemleri orta düzeyde zor, %38'i ise yüksek düzeyde zor olarak değerlendirmiştir. Buna karşılık yalnızca %11'lik bir kesim bu eylemleri düşük zorlukta görmektedir. Bu durum, sürdürülebilirlik hedeflerinin geniş ölçüde benimsendiğini, ancak uygulama sürecinde teknik bilgi, finansman, altyapı ve çiftçi uyumu gibi çeşitli zorlukların bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Bu doğrultuda, bitkisel üretimde sürdürülebilirlik odağında Küçük Menderes Havzası için belirlenen uyum stratejileri aşağıda verilmiştir.

EYLEM 6		
VERİMLİ SULAMA TEKNİKLERİNİN YAYGINLAŞTIRILMASI		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> Mevcut verimli sulama tekniklerinin (damla sulama, kapalı sulama yağmurlama) toprak geçirgenliği, bitki türü gibi özellikler dikkate alınarak yeniden düzenlemesi etkin bir şekilde kullanımının sağlanması Damlama sulama sistemlerinin gübreleme üniteleriyle entegre edilmesi Sulama suyu kullanımının ölçülmesi ve optimize edilmesi için dijital teknolojilerin kullanılması-akıllı sulama sistemlerinin kullanılması Sulama sezonlarının iklim verilerine ve bitki gelişim dönemlerine göre planlanması Tarımsal üretimde su tasarrufu konusunda çiftçilere teknik danışmanlık verilmesi Kırsal alanda su tasarrufu bilincini artırmaya yönelik yerel kampanyaların düzenlenmesi 		
Performans Göstergeleri		
<p>Damla sulama uygulayan çiftçi oranı (%)</p> <p>Sulama sistemlerine entegre sensör kullanımı (%)</p> <p>Su tüketiminde azalma miktarı (m³/dekar, %)</p> <p>Akıllı tarım teknolojilerinin kullanım oran (%)</p> <p>Kuyu sayısındaki değişim</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (DSİ, SYGM), sulama birlikleri, kooperatifler, ziraat odaları, yerel yönetimler, çiftçiler üniversiteler, STK'lar</p>		

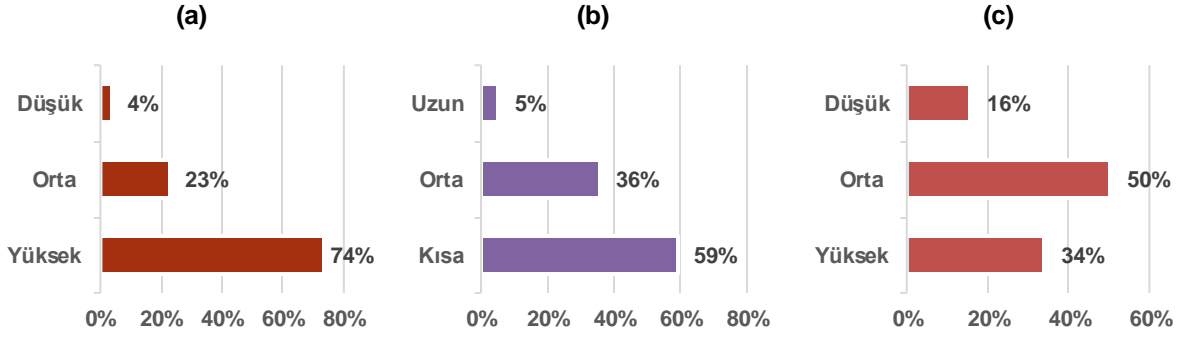
EYLEM 7		
ÜRÜN DESENİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYGUN HALE GETİRİLMESİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> Bölgesel iklim ve toprak koşullarına uygun dayanıklı tohum ve fidelerin geliştirilmesi ve dağıtımı/Kuraklığa ve sığağa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması (Örn: zeytin) Tıbbi ve aromatik bitkiler gibi kuru tarıma uygun ürünlerin desteklenmesi, pazarlama stratejilerinin oluşturulması, bu kapsamda üreticilerin eğitilmesi ve pilot çalışmaların artırılması Yeni ürün denemeleri için mali ve teknik destek programlarının oluşturulması Sebze üretiminin kontrollü (sera) ortamlara yönlendirilmesi Piyasa taleplerine uyumlu, sürdürülebilir ürün çeşitliliğinin teşvik edilmesi Ekim ve hasat tarihlerinin iklim koşullarına göre yeniden planlanması Bölgeye özgü doğru budama ve dikim tekniklerinin uygulanması Havza su bütçesine göre bitkisel üretim deseni planlamasının yapılması 		
Performans Göstergeleri		
Dayanıklı tohumların kullanım oranı (%)		
Kuraklığa uygun ekim alanı (%)		
Yeni ürün deneme alanı sayısı		
Eğitim ve katılımcı sayısı		
Ekim/hasat tarihine bağlı verim değişimi (%)		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
Tarım ve Orman Bakanlığı, TİGEM, TAGEM, Üniversiteler (ziraat fakülteleri), kooperatifler, STK'lar		

EYLEM 8		
TOPRAK SAĞLIĞININ KORUNMASI VE İYİLEŞTİRİLMESİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Yüksek
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Toprak organik maddesini artırmaya yönelik uygulamaların yaygınlaştırılması (kompost, yeşil gübre vb.) • Hayvan gübresinin olgunlaştırılarak kullanılması ve toprak altına enjeksiyon yönteminin yaygınlaştırılması • Erozyonun önlenmesi için teraslama ve örtü bitkileri uygulamalarının yaygınlaştırılması • Azaltılmış toprak işleme uygulamalarının yaygınlaştırılması • Kimyasal gübre ve ilaç kullanımının azaltılması için entegre mücadele yöntemlerinin benimsenmesi • Çoraklaşmaya karşı toprak ıslah çalışmalarının yapılması • Toprak analizleri ile doğru gübreleme planlarının yapılması ve yaygınlaştırılması, bu planlamaların tarladan alınabilecek maksimum ürün miktarına göre gerçekleştirilmesi • Toprak analizlerinde örnekleme uzmanlarca yapılması, standarda uygunluk sağlanması • Toprakta suyun depolanmasının artırılması ve buna yönelik uygulamaların geliştirilmesi, yaygınlaştırılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Toprak analizine göre gübreleme yapan çiftçi oranı (%)</p> <p>Organik madde içeriği yüksek toprak oran (%)</p> <p>Erozyona karşı önlem alınan alan miktarı (ha)</p> <p>Islah edilen tuzlu/çorak alan (ha),</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), Toprak Mahsulleri Ofisi, TAGEM, toprak analizi laboratuvarları, çiftçiler, ziraat odaları, üniversiteler, STK'lar</p>		

EYLEM 9		
TARIMDA DİJİTAL VE BİLİMSEL TEKNOLOJİLERİN ENTEGRASYONU		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Meteorolojik ve toprak nemi verilerinin izlenmesi için sensör ve uydu teknolojilerinin kullanılması • Çiftçilere iklim değişikliğine uyumlu üretim teknikleri ve karar destek sistemleri hakkında eğitim verilmesi • Ürün hastalık ve zararlı erken uyarı sistemlerinin sayısının artırılması ve yaygın görülen (yeşil kurt, kırmızı örümcek, kahverengi kokarca vb.) hastalıklara karşı kapsamının genişletilmesi • Erken uyarı sistemlerinin tamamına toprak sıcaklığı sensörlerinin entegre edilmesi, fuar ve atölye faaliyetlerinin artırılması • Tarımsal üretimde verimliliği artıracak yenilikçi yöntemlerin saha denemeleri ile tanıtılması • Teknolojilerin kullanımını kolaylaştıracak eğitimler verilmesi, danışmanlık veren personel sayısının artırılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Dijital tarım teknolojisi kullanım oranı (%)</p> <p>Kullanılan sensör sayısı / toplam tarım arazisi</p> <p>Erken hastalık bildirim alan çiftçi oranı (%)</p> <p>Verimlilik artış oranı (%)</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), TARBİL, TAGEM, teknoloji firmaları, çiftçiler, ziraat odaları, üniversiteler, STK'lar</p>		

EYLEM 10		
SOSYO-EKONOMİK AÇIDAN DAYANIKLILIĞIN ARTTIRILMASI		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Gençlerin tarımda kalmasını destekleyici teşvik ve programların uygulamaya alınması • Tarımın kârlılığını artıracak destek politikalarının (süt fiyatları, ürün destekleri) gözden geçirilmesi • Gençler için yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve sosyal destek verilmesi • Mevsimlik işçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi • Çiftçilerin muhasebe ve finansal yönetim kapasitelerinin artırılması • Üretimden vazgeçen küçük üreticilerin destekle yeniden üretime kazandırılması için programlar uygulanması • Kooperatif ve üretici birliklerinin güçlendirilmesi, pazarlama sorunlarının azaltılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Tarımda çalışan genç oranı (%)</p> <p>Mevsimlik işçi sayısı</p> <p>Çiftçilerin finansal okuryazarlık düzeyindeki artış (%)</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İŞKUR, Ziraat odaları, Tarım kredi kooperatifleri, üretici birlikleri, STK'lar, kalkınma ajansları, çiftçiler</p>		

Hayvancılığın iklim değişikliğine uyumu odağında uyum önlemlerinin önem, aciliyet ve uygulama zorluğuna ilişkin değerlendirmeleri, tüm önlemler için ortalama değerler şeklinde Şekil 9.3'te sunulmaktadır.



Şekil 9.3. Hayvancılığın iklim değişikliğine uyum önlemlerine ilişkin paydaşların ortalama değerlendirmeleri: (a) Eylemin önemi, (b) Eylemin aciliyeti, (c) Uygulanabilirliğinin zorluğu

Grafiklerde sunulan sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, hayvansal üretimin iklim değişikliğine uyumuna yönelik eylemlerin paydaşlar tarafından yüksek öncelikli ve zamanında müdahale gerektiren bir alan olarak algılandığı anlaşılmaktadır.

Paydaşların büyük çoğunluğu (%74) bu eylemleri “yüksek derecede önemli” olarak değerlendirmiştir. Orta (%23) ve düşük (%4) düzeydeki değerlendirmelerin sınırlı kalması, hayvancılık sektörünün iklim değişikliğine karşı kırılganlığına yönelik farkındalığın yüksek olduğunu ve uyum çabalarının kritik bir gereklilik olarak görüldüğünü göstermektedir.

Eylemlerin aciliyet düzeyi incelendiğinde, paydaşların %59'u bu eylemlerin kısa vadede uygulanması gerektiğini ifade etmiştir. Bununla birlikte %36'lık bir kesimin orta vadeyi işaret etmesi, bazı uyum önlemlerinin planlama, altyapı ve kapasite geliştirme gereksinimleri nedeniyle kademeli olarak hayata geçirileceğine işaret etmektedir. Uzun vadeli değerlendirmelerin (%5) oldukça düşük kalması ise genel olarak hızlı aksiyon alma eğiliminin öne çıktığını göstermektedir.

Uygulanabilirliğinin zorluk düzeyi açısından değerlendirildiğinde ise daha dengeli bir dağılım söz konusudur. Katılımcıların %50'si eylemlerin hayata geçirilmesini orta düzeyde zor, %34'ü ise yüksek düzeyde zor olarak değerlendirmiştir. Buna karşılık %16'lık bir kesim bu eylemleri düşük zorlukta görmektedir. Bu durum, hayvansal üretimde uyum önlemlerinin uygulanabilir olduğunu, ancak finansman, teknik bilgi, altyapı eksiklikleri ve üretim pratiklerinin dönüşümü gibi alanlarda bazı zorluklar içerdiğini göstermektedir.

Bu doğrultuda, hayvancılığın iklim değişikliğine uyumu odağında Küçük Menderes Havzası için belirlenen uyum stratejileri aşağıda verilmiştir.

EYLEM 11		
SU YÖNETİMİ VE ENTEGRE SU KULLANIMI PLANLAMASI		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Hayvan sayısı ve yem üretimi ile uyumlu su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi • Hayvan içme suyu kullanımında tasarruf sağlayan sistemlerin kurulması • Su tasarrufu ve yem üretimi konusunda çiftçilere teknik danışmanlık verilmesi 		
Performans Göstergeleri		
<p>Hayvan başına su tüketiminde azalma (L/gün)</p> <p>Birim yemle elde edilen canlı ağırlık artışı (kg/kg)</p> <p>Kurulan gri su/yağmur suyu toplama sistemi sayısı</p> <p>Su verimliliği artışı (m³/kg üretim)</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), DSİ, yerel su idareleri, hayvancılık işletmeleri, üretici kooperatifleri, üniversiteler (ziraat ve çevre mühendisliği fakülteleri), sulama birlikleri, ziraat odaları</p>		

EYLEM 12		
YEM KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> Bölgesel kuraklık koşullarına uygun yem bitkisi çeşitlerinin geliştirilmesi ve dağıtılması Silajlık mısır üretiminin denetlenmesi ve alternatif yem bitkilerinin teşvik edilmesi Sürdürülebilir çayır ve mera ıslahı ile kaliteli kaba yem üretiminin artırılması Mera alanlarının etkin ve adil kullanımını sağlayacak şekilde yasal düzenlemelerin güncellenmesi Çiftçilere yem bitkisi üretimi ve depolama teknikleri hakkında eğitim verilmesi Yem bitkisi üretiminde sertifikasyon ve kalite standartlarının yaygınlaştırılması 		
Performans Göstergeleri		
<p>Kuraklığa dayanıklı yem türü sayısı</p> <p>Islah edilen mera alanı (ha)</p> <p>Sertifikalı yem üretim oranı (%)</p> <p>Eğitim alan çiftçi sayısı</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>Tarım ve Orman Bakanlığı (il ve ilçe müdürlükleri), TAGEM, TİGEM, yem üretici ve dağıtıcı firmalar, üniversiteler (ziraat fakülteleri), çiftçi birlikleri, çiftçi kooperatifleri, hayvancılık işletmeleri</p>		

EYLEM 13**HAYVAN SAĞLIĞI VE REFAHININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta

Alt Eylemler

- Sıcak hava dalgalarına karşı hayvan barnaklarının iyileştirilmesi, serinletme ve püskürtme sistemlerinin yaygınlaştırılması ve gölgelik alanların artırılması
- Portatif ağıl ve karavan gibi modern hayvancılık çözümlerinin desteklenmesi
- Hastalıkların önlenmesi için düzenli veteriner kontrollerinin sağlanması, nitrat içeren su kaynaklarının hayvan sağlığına etkilerinin izlenmesi ve önlem alınması.
- Yeni yatırımlarının yüksek rakımlı, iklim etkilerinin daha az olduğu bölgelere kaydırılması
- Stres azaltıcı beslenme ve bakım tekniklerinin uygulanması
- Gezici hayvan hastanelerinin artırılması
- Hayvan ırklarının iklim koşullarına uygun şekilde seçimi ve geliştirilmesi
- Tarımsal orman alanlarının artırılması ve orman köylüsünün desteklenmesi
- Doğal yaşam ve hayvan zararlıları kontrolünün sağlanması, kurt popülasyonunun dengelenmesi

Performans Göstergeleri

Veteriner kontrol sıklığı
Hayvan hastalıkları vaka sayısındaki azalma oranı (%)
Barnak iyileştirme yatırımlarının sayısı
Sıcaklık ve kuraklığa dirençli hayvan ırklarındaki artış oranı (%)
Gezici hayvan hastanesi sayısı

Kritik Aktörler/Paydaşlar

Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), Orman Bölge Müdürlükleri, veterinerlik fakülteleri, veteriner hekimler odası, büyük çiftlik işletmeleri, üretici kooperatifleri

EYLEM 14		
FİNANSAL VE DESTEK MEKANİZMALARININ GELİŞTİRİLMESİ		
Eylemin önem derecesi	Eylemin aciliyeti	Eylemin uygulanabilirliğinin zorluk derecesi
Yüksek	Kısa Vade	Orta
Alt Eylemler		
<ul style="list-style-type: none"> • Hayvancılıkta iklim risklerine karşı sigorta sistemlerinin yaygınlaştırılması • Hayvan atıklarının olgunlaştırılması/depolanması için devlet desteklerinin artırılması • Çiftçilere iklim değişikliği uyumunda kullanabilecekleri kredi ve hibelerin sağlanması • Devlet destek ve proje başvuru süreçlerinin sadeleştirilmesi • Kalkınma ajanslarının etkin proje üretme kapasitesinin artırılması • Uzmanlaşmış teknik destek ekiplerinin bölgelerde aktif hale getirilmesi • Yerel yönetimler ve üretici birlikleri ile koordinasyonun güçlendirilmesi 		
Performans Göstergeleri		
<p>İklim risklerine karşı sigortalı işletme oranı (%)</p> <p>Sağlanan kredi/hibe miktarı (TL)</p> <p>Yerel finansal destek programı sayısı</p> <p>Aktif teknik destek ekibi sayısı</p>		
Kritik Aktörler/Paydaşlar		
<p>TARSİM, Tarım ve Orman Bakanlığı (İl ve ilçe müdürlükleri), yerel yönetimler, üretici birlikleri ve kooperatifler, kalkınma ajansları, STK'lar, kamu bankaları ve özel bankalar</p>		

9.3. Uyum Önlemlerinin Önceliklendirilmesi

Küçük Menderes Havzası için belirlenen uyum önlemlerinin önceliklendirilmesi, Çok Kriterli Karar Analizi (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, paydaş katılım sürecinde de değerlendirilen üç temel kriter esas alınmıştır: önem, aciliyet ve uygulama zorluğu. Önceliklendirme sürecinde önem ve aciliyet artırıcı faktörler olarak ele alınırken, uygulama zorluğu sınırlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmiştir.

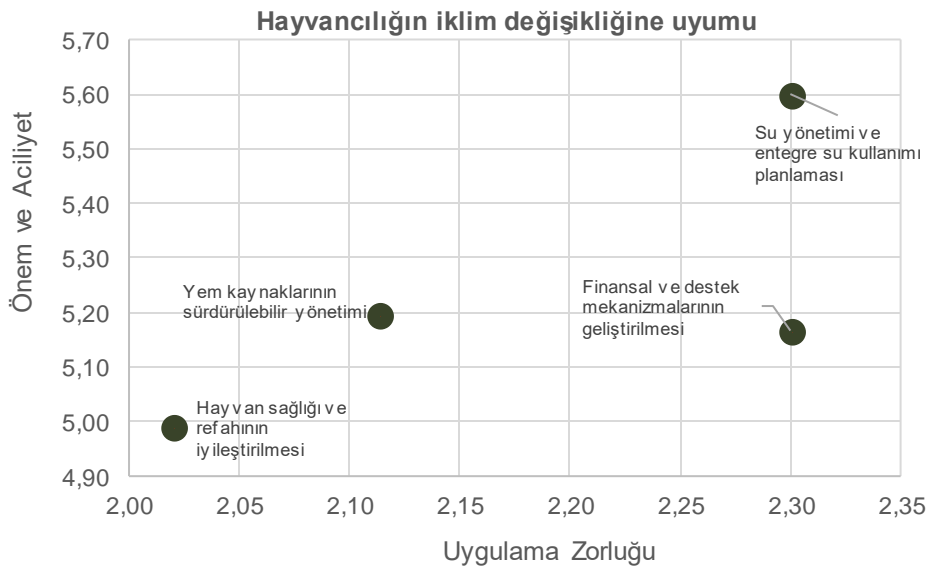
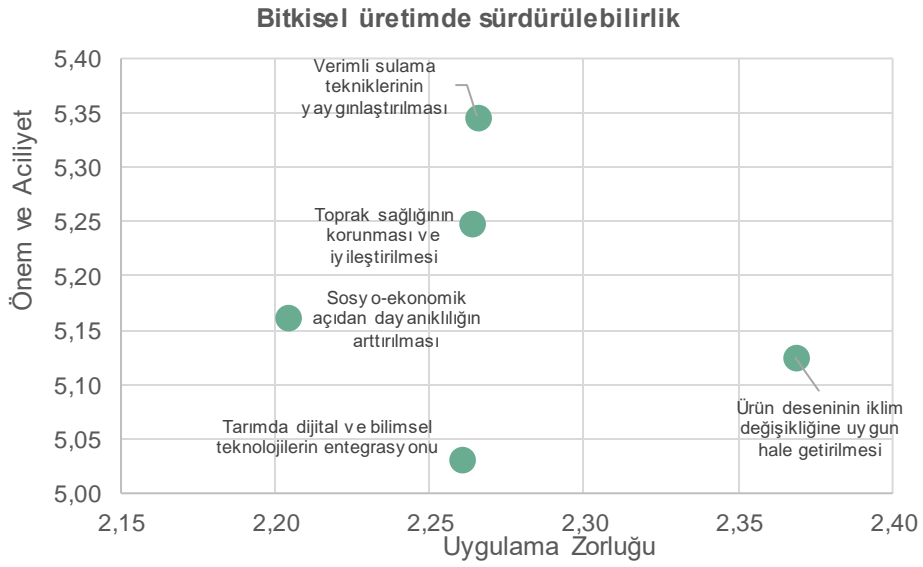
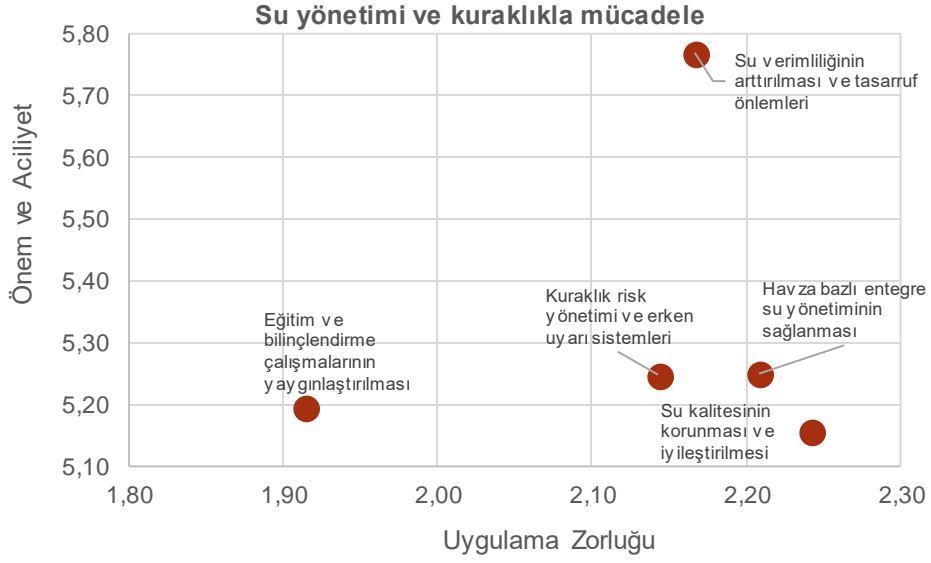
Paydaşlardan elde edilen veriler, her bir kriter için “yüksek”, “orta” ve “düşük” kategorilerinde yüzdesel dağılımlar şeklinde toplanmış ve bu nitel veriler sayısallaştırılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla yüksek, orta ve düşük değerlendirmeler sırasıyla 3, 2 ve 1 puan olarak tanımlanmış; ardından her bir kriter için ağırlıklı ortalama skorlar hesaplanmıştır. Elde edilen kriter skorları, ağırlıklı doğrusal kombinasyon yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve nihai öncelik puanları oluşturulmuştur. Bu hesaplamada önem ve aciliyet kriterlerine daha yüksek ağırlıklar atanırken, uygulama zorluğu modele negatif katkı sağlayacak şekilde dahil edilmiştir.

Analiz sonuçlarının daha anlaşılır biçimde yorumlanabilmesi amacıyla ayrıca bir öncelik matrisi oluşturulmuştur. Bu matriste uyum önlemleri, toplam etki puanı (önem + aciliyet) ile uygulama zorluğu eksenlerine göre konumlandırılmış; böylece önlemler “yüksek öncelikli”, “stratejik” ve “daha düşük öncelikli” gibi kategoriler altında sınıflandırılmıştır.

Küçük Menderes Havzası için hesaplanan nihai öncelik puanları Tablo 9.1’de, önlemlerin görsel dağılımı ise Şekil 9.4’te sunulmaktadır.

Tablo 9.1. İklim değişikliğine uyum önlemleri için nihai öncelik puanları

Uyum Kategorileri	Uyum Önlemleri	Önem Skoru (Yüksek×3+Orta×2+Düşük×1)	Aciliyet Skoru (Kısa×3+Orta×2+Uzun×1)	Uygulama Zorluğu Skoru (Yüksek×3+Orta×2+Düşük×1)	Nihai Öncelik Skoru (0.4×Önem)+(0.4×Aciliyet)-(0.2×Zorluk)
Su yönetimi ve kuraklıkla mücadele	Havza bazlı entegre su yönetiminin sağlanması	2,75	2,50	2,21	1,66
	Su verimliliğinin artırılması ve tasarruf önlemleri	2,92	2,85	2,17	1,87
	Kuraklık risk yönetimi ve erken uyarı sistemleri	2,66	2,59	2,14	1,67
	Su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi	2,72	2,44	2,24	1,61
	Eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının yaygınlaştırılması	2,61	2,59	1,91	1,70
Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik	Verimli sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması	2,84	2,51	2,27	1,69
	Ürün deseninin iklim değişikliğine uygun hale getirilmesi	2,68	2,45	2,37	1,58
	Toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi	2,68	2,56	2,26	1,65
	Tarımda dijital ve bilimsel teknolojilerin entegrasyonu	2,55	2,48	2,26	1,56
	Sosyo-ekonomik açıdan dayanıklılığın artırılması	2,70	2,46	2,20	1,62
Hayvancılığın iklim değişikliğine uyumu	Su yönetimi ve entegre su kullanımı planlaması	2,90	2,70	2,30	1,78
	Yem kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi	2,69	2,51	2,11	1,66
	Hayvan sağlığı ve refahının iyileştirilmesi	2,55	2,44	2,02	1,59
	Finansal ve destek mekanizmalarının geliştirilmesi	2,67	2,50	2,30	1,61



Şekil 9.4. Uyum önlemleri için öncelik matrisi grafiği

Elde edilen sonuçlar, özellikle su yönetimi ve kuraklıkla mücadele alanındaki önlemlerin öne çıktığını göstermektedir. Bu kapsamda “su kullanım verimliliğinin artırılması ve tasarruf önlemleri” (1,87) ile “su yönetimi ve entegre su kullanım planlaması” (1,78) en yüksek öncelik puanlarına sahip eylemler olarak belirlenmiştir. Bu durum, havzada su kaynaklarının yönetiminin iklim değişikliğine uyum açısından kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilen önlemler genel olarak orta düzeyde öncelik puanlarına sahiptir. Özellikle “etkin sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması” (1,69) ve “toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi” (1,65) öne çıkan eylemler arasında yer almakta olup, bu önlemlerin uygulanabilmesi için teknik ve finansal destek mekanizmalarının önem taşıdığı görülmektedir. Buna karşılık, “tarımda dijital ve bilimsel teknolojilerin entegrasyonu” (1,56) gibi önlemler daha düşük öncelik puanlarına sahip olup, kısa vadede uygulanabilirlik açısından daha sınırlı bir alanı işaret etmektedir.

Hayvansal üretimde iklim değişikliğine uyum kapsamında ise “su yönetimi ve entegre su kullanım planlaması” en yüksek öncelik düzeyine sahip eylem olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında “yem kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi” (1,66) ve “finansal ve destek mekanizmalarının geliştirilmesi” (1,61) gibi önlemler uygulanabilir ve orta düzeyde öncelikli eylemler olarak değerlendirilmektedir. “Hayvan sağlığı ve refahının iyileştirilmesi” ise görece daha düşük öncelik puanına sahip olup, destekleyici bir önlem niteliği taşımaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Küçük Menderes Havzası'nda uyum önlemlerinin önceliklendirilmesi sonuçları, su yönetimi odaklı müdahalelerin en yüksek etki ve uygulanabilirlik potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bitkisel ve hayvansal üretime yönelik önlemler ise önem ve aciliyet açısından güçlü olmakla birlikte, uygulama süreçlerinde belirli teknik ve kurumsal gereksinimler içermektedir. Bu çerçevede, önceliklendirme analizi karar vericilere, sınırlı kaynakların en yüksek etki yaratacak alanlara yönlendirilmesi açısından önemli bir analitik temel sunmaktadır.

9.4. Sonuç ve Stratejik Yol Haritası

Küçük Menderes Havzası için gerçekleştirilen mekânsal iklim analizleri, ürün bazlı verim değerlendirmeleri ve paydaş önceliklendirme çalışmaları birlikte ele alındığında; havza genelinde tarımsal üretimi orta ve uzun vadede belirleyecek temel iklim sinyalinin sıcaklık artışı, yağış ve bağıl nemde azalma, iklimsel su açığında büyüme ve kurak dönemlerin uzaması olduğu açıkça görülmektedir. Mekânsal analizler, referans döneme kıyasla özellikle 2070'lerde havza genelinde yaklaşık 2°C düzeyine ulaşan bir ısınma eğilimine ve yıllık yağış miktarında belirgin bir azalışa işaret etmektedir. Buna eşlik eden su potansiyeli düşüşü, sulama suyu güvenilirliği ile toprak-su dengesinin gelecekte çok daha kırılgan hale geleceğini kanıtlamaktadır.

Elde edilen ürün bazlı sonuçlar, bu iklim sinyalinin tüm ürünler ve ilçeler üzerinde aynı yönde ve şiddette etkili olmadığını ortaya koymaktadır. Yüksek mevsimsel su tüketimine sahip yazlık ürünlerde (başta mısır, pamuk, patates ve bazı ilçelerde narenciye) verim baskısı çok daha belirginken; kışlık tahıllar ile bazı çok yıllık türlerde etkinin ilçe bazında farklılaştığı anlaşılmaktadır.

Zamansal Uyum ve Dönüşüm Stratejisi

- 2040'lar için Temel Strateji (Uyum ve Optimizasyon): Mevcut ürün deseninin radikal bir şekilde değiştirilmesinden ziyade; su verimliliğinin artırılması, uygun çeşit/anaç seçimi, ekim-dikim takvimi optimizasyonu ve kritik dönem sulamasının iyileştirilmesi gibi önlemlerle uyarlanarak sürdürülmesi hedeflenmelidir.
- 2070'ler için Temel Strateji (Kademeli Dönüşüm): Özellikle yüksek su talebine sahip ve verim baskısı derinleşen yazlık ürünlerde kademeli ürün deseni dönüşümü zorunlu bir seçenek haline gelmektedir. Baklagiller, tıbbi-aromatik bitkiler, badem, incir ve yerel koşulların uygun olduğu alanlarda nar gibi alternatifler doğrudan bir ikame olarak değil; toprak özellikleri, sulama altyapısı ve pazar bağlantıları ile birlikte değerlendirilen "koşullu uyum seçenekleri" olarak sisteme entegre edilmelidir.

Mekânsal ve İlçe Bazlı Dirençlilik Yol Haritası

Mekânsal desen ile ilçe bazlı ürün sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, havzanın batı ve taban kesimlerinde yazlık sulama yükünü azaltmaya yönelik stratejilerin öncelik kazanması, doğu ve yüksek ilçelerde ise mevcut avantajların mutlak bir dayanıklılık olarak yorumlanmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda ilçe bazlı yol haritaları şu şekilde belirlenmiştir:

- Öncelikli Dönüşüm Alanları (Tire ve Bayındır): Birden fazla üründe eşzamanlı kırılmalı sinyali veren bu ilçeler en riskli bölgelerdir. Tire'de mısır ve patatesteki kalıcı azalış, Bayındır'da ise buğday ve mısır kayıpları dönüşüm baskısını güçlendirmektedir. Bu ilçelerde kısa vadede su verimliliği ve çeşit uyumu sağlanmalı; orta ve uzun vadede ise yüksek su talebine sahip yazlık ürünlerin yoğunlaştığı alanlarda dönüşüm kademeli olarak yürütülmelidir. Bu alanlarda baklagiller, tıbbi-aromatik bitkiler ile uygun topraklarda badem ve incir gibi alternatiflere geçiş desteklenmelidir.
- Sulama ve Ürün Yoğunluğunu Dengeleme Alanları (Selçuk, Torbalı ve Menderes): Selçuk'ta arpa avantajlı görünürken, Torbalı ve Menderes hattında buğday ve arpanın korunabileceği, ancak mısır, pamuk, narenciye ve yağlık zeytinde baskının kademeli olarak artacağı öngörülmektedir. Bu ilçeler için en uygun yaklaşım; tüm ürün desenini radikal biçimde dönüştürmekten ziyade, yazlık sulama yükünü azaltacak kontrollü müdahaleler yapmak ve çok yıllık sistemlerde çeşit/mikrohavza uyumunu

güçlendirmektedir. Nar ve aromatik bitkiler, su arzı düzensiz parseller için rasyonel bir çeşitlendirme alanı sunmaktadır.

- Seçici Çeşitlendirme ve Koruma Alanları (Ödemiş, Kiraz ve Beydağ): Ödemiş'te arpa, buğday ve sofralık zeytinin görece korunabildiği sürdürülebilir bir görünüm mevcuttur. Ancak mısır ve patatesteki artan sıcaklık ve sulama baskısı dikkate alınmalıdır. Bu doğu ilçeleri için genel bir dönüşüm yerine "seçici ve parsel ölçekli" çeşitlendirme en uygun yaklaşımdır. Patates ve mısır yoğun alanlarda baklagillerin payının artırılması; marjinal ve su kısıtı daha belirgin parsellerde ise tıbbi-aromatik bitkiler ile incir gibi alternatiflerin denenmesi, mevcut üretim omurgasını bozmadan ilçelerin uyum kapasitesini artıracaktır.

Bu çerçevede geliştirilen Kırsal Toplum Dayanıklılık Planı, Küçük Menderes Havzası'nda iklim değişikliğine uyumlu tarımsal planlama için ürün bazlı bulgular ile mekânsal iklim desenlerini bir araya getiren bütüncül bir ön karar zemini sunmaktadır. Çiftçilerin refahını koruyarak su kaynaklarını güvence altına alacak bu strateji; eylemlerin tepeden inme değil, yerel dinamiklere uygun, kademeli ve paydaş katılımlı bir şekilde hayata geçirilmesini esas almaktadır.

10. UYGULAMA ÇERÇEVESİ

Küçük Menderes Havzası için geliştirilen Kırsal Toplum Dayanıklılık Planı'nın etkin bir şekilde uygulanabilmesi; kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesine, finansman mekanizmalarının doğru yönlendirilmesine ve şeffaf izleme süreçlerinin oluşturulmasına bağlıdır. Bu doğrultuda uygulama çerçevesi; kurumsal yapı, finansman yaklaşımı, uygulama zamanlaması ve izleme-değerlendirme mekanizmaları olmak üzere dört temel eksen altında ele alınmıştır.

Kurumsal Çerçeve ve Yönetişim

İklim değişikliğine uyum eylemlerinin sahada uygulanabilmesi, çok paydaşlı ve koordinasyon temelli bir yönetim yapısını gerektirmektedir. Bu kapsamda Tarım ve Orman Bakanlığı (DSİ, SYGM, TAGEM, TİGEM), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, yerel yönetimler, sulama birlikleri, kooperatifler, ziraat odaları, üniversiteler ve kalkınma ajansları uygulama sürecinin temel aktörleri olarak öne çıkmaktadır.

Mevcut durumda su tahsisi, tarımsal destekler ve çevresel uygulamaların farklı kurumlar tarafından büyük ölçüde birbirinden bağımsız yürütülmesi, havza ölçeğinde bütüncül planlama önünde önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Bu durum, özellikle su kaynakları ile üretim kararları arasındaki ilişkinin etkin şekilde yönetilememesine yol açmaktadır.

Bu çerçevede, su tahsisi, bitkisel üretim deseni ve hayvancılık faaliyetlerini birlikte ele alan, veri temelli ve entegre bir havza planlama yaklaşımının geliştirilmesi kritik bir ihtiyaç olarak değerlendirilmektedir.

Maliyet Değerlendirmesi ve Finansman Stratejisi

Uyum önlemlerinin sahada uygulanabilirliğinin artırılabilmesi için mevcut finansman mekanizmalarının iklim değişikliği perspektifi doğrultusunda yeniden ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda tarımsal desteklerin, havza bazlı su bütçesi ve üretim yapısı ile uyumlu hale getirilmesi önem taşımaktadır. İklim değişikliğine uyum süreçlerini destekleyecek "iklim dostu" destekleme yaklaşımları, üreticilerin dönüşüm süreçlerini hızlandıracaktır.

Çiftçilerin uyum yatırımlarına erişimini kolaylaştıracak kredi ve hibe mekanizmalarının güçlendirilmesi, destek programlarının sadeleştirilmesi ve erişilebilirliğinin artırılması, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca kalkınma ajanslarının proje geliştirme ve finansman sağlama kapasitesinin artırılması bu süreci destekleyici bir unsur olacaktır.

İklim kaynaklı risklerin artmasıyla birlikte, tarım sigortalarının kapsamının genişletilmesi ve yaygınlaştırılması da önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, aşırı hava olayları,

kuraklık ve hayvancılık faaliyetlerine yönelik risklerin sigorta sistemlerine daha etkin şekilde entegre edilmesi gerekmektedir.

Uygulama Zamanlaması ve Önceliklendirme

Uyum stratejilerinin uygulanması, paydaş çalıştaylarında tanımlanan zaman dilimleri doğrultusunda kısa, orta ve uzun vadeli bir perspektifle ele alınmıştır.

Kısa vadede (0–3 yıl), hızlı uygulanabilir ve mevcut üretim sistemlerini iyileştirmeye yönelik önlemler önceliklendirilmelidir. Bu kapsamda su verimliliğinin artırılması, sulama uygulamalarının optimize edilmesi, çiftçi eğitimleri ve mevcut destek mekanizmalarının uyum perspektifiyle yeniden yönlendirilmesi öne çıkmaktadır.

Orta vadede (3–10 yıl), üretim sistemlerinde daha yapısal iyileştirmelere odaklanılması gerekmektedir. Bu süreçte sulama altyapısının modernizasyonu, ürün deseni optimizasyonu ve kurumsal koordinasyonun güçlendirilmesine yönelik adımlar kademeli olarak hayata geçirilmelidir.

Uzun vadede (10 yıl ve üzeri) ise iklim değişikliğinin etkilerinin daha belirgin hale gelmesiyle birlikte, üretim sistemlerinde daha kapsamlı dönüşümler gündeme gelecektir. Özellikle su talebi yüksek ürünlerde kademeli dönüşüm, alternatif ürünlerin entegrasyonu ve havza ölçeğinde planlama yaklaşımının kurumsallaştırılması bu dönemin temel odak alanlarını oluşturmaktadır.

İzleme ve Performans Göstergeleri

Uyum stratejilerinin etkinliğinin değerlendirilebilmesi için düzenli izleme ve değerlendirme süreçlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu kapsamda, uygulanan eylemlerin performansını ölçmeye yönelik göstergeler tanımlanmış ve izleme sürecinin bu göstergeler üzerinden yürütülmesi öngörülmüştür.

Su yönetimi kapsamında; modern sulama sistemlerinin yaygınlığı, birim alanda su tüketimi, sulama altyapısındaki iyileşmeler ve su kullanım verimliliği temel göstergeler arasında yer almaktadır. Bitkisel üretim açısından; kuraklığa dayanıklı çeşit kullanımı, toprak analizine dayalı gübreleme uygulamaları ve dijital tarım teknolojilerinin kullanım düzeyi izlenecek başlıca alanlardır. Hayvancılık ve sosyo-ekonomik boyutta ise sigortalı işletme oranı, yem verimliliği, hayvan başına su kullanımı, barınak iyileştirme yatırımları ve çiftçilerin finansal kapasitesine ilişkin göstergeler değerlendirme sürecinde dikkate alınacaktır.

Bu göstergeler aracılığıyla uygulama sürecinin düzenli olarak izlenmesi, elde edilen sonuçlara göre gerekli uyarlamaların yapılması ve stratejilerin dinamik bir şekilde güncellenmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ali, E., Cramer, W., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Hilmi, N. J. M., Le Cozannet, G., & Lionello, P. (2022). Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 2233–2272). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.021>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Asian Development Bank (2003). Technical Guidance – Social Dimensions and Environmental Assessment, in Asian Development Bank, *Environmental Assessment Guidelines*, 2003. Available at <http://www.adb.org>.
- Association of Canadian Universities for Northern Studies (ACUNS) (2003). *Ethical Principles for the Conduct of Research in the North*. Ottawa: ACUNS.
- Balfagón, D., & Gómez-Cadenas, A. (2025). Combined abiotic stresses in mediterranean citrus orchards: Impacts, adaptation strategies, and climate-resilient solutions. *Scientia Horticulturae*, 353, 114462. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114462>
- Becker, Henk, and Frank Vanclay. (2003). *The International Handbook of Social Impact Assessment: Conceptual and Methodological Advances*. Northampton: Edward Elgar Publishing Inc.
- Benito-Verdugo, P., González-Zamora, Á., & Martínez-Fernández, J. (2026). Impact of flash droughts on cereal crops under Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 23(4), e21655. <https://doi.org/10.5424/sjar/2025234-21655>
- Benlloch-González, M., Martos-García, I., Benlloch, M., & Fernández-Escobar, R. (2024). High temperatures have a different effect on vegetative and reproductive processes of 'Picual' and 'Arbequina' olive in Spain. *Scientia Horticulturae*, 337, 113560. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113560>
- Bieger, K., Arnold, J. G., Rathjens, H., White, M. J., Bosch, D. D., Allen, P. M., ... & Srinivasan, R. (2017). Introduction to SWAT+, a completely restructured version of the soil and water assessment tool. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 53 (1), 115-130.

- Bista, M. K., Adhikari, B., Sankarapillai, L. V., Pieralisi, B., Reddy, K. R., Jenkins, J., & Bheemanahalli, R. (2024). Drought and heat stress induce differential physiological and agronomic trait responses in cotton. *Industrial Crops and Products*, 222, 119540. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119540>
- Böhm, U., Kücken, M., Ahrens, W., Block, A., Hauffe, D., Keuler, K., Rockel, B., Will, A. 2006. "CLM—The climate version of LM: Brief description and long-term applications", *COSMO Newsletter*, 6. 225-235
- Burdge, R.J. (2004). *A Community Guide to social Impact Assessment: 3rd Edition*. Middleton, Wisconsin: Social Ecology Press.
- Burdge, R.J., and R.A. Robertson (1998). *Social Impact Assessment and the Public Involvement Process*. In R.J. Burdge, ed., *A Conceptual Approach to Social Impact Assessment*. Middleton, Wisconsin: Social Ecology Press.
- Clarkson, P., and Andre, D. (2002). *Communities, Their Knowledge and Participation. Cumulative Effects Assessment Management Framework and MackenzieValley Cumulative Impacts Monitoring Program: Role of Traditional Knowledge, Elders and the Communities: Task 9/6*. Prepared for the Gwich'in Renewable Board and Gwich'in Tribal Council.
- Corell, M., Martín-Palomo, M. J., Girón, I., Andreu, L., Galindo, A., Centeno, A., Pérez-López, D., & Moriana, A. (2020). Stem water potential-based regulated deficit irrigation scheduling for olive table trees. *Agricultural Water Management*, 242, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106418>
- Coşkun, A., Deveci, H., & Konukcu, F. (2023). Prediction of the effect of climate change on wheat yield in Thrace Region. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(5), 933–945. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i5.933-945.6021>
- Çetin, Ö., Akıncı, C., Albayrak, Ö., Turgut, M. M., Özkan, R., & Doğanay, H. K. (2022). Impact of climate on durum wheat yield (*Triticum durum* Desf.) under different cultivation and irrigation methods. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(1), 25–36. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.1.5>
- ÇŞİDB. (2022). İklim Şurası Komisyon Tavsiye Kararları. T.C. Çevre, Şehircilik ve iklim Dğişikliği Bakanlığı.
- Davis, H. C., 1993. *Regional Economic Impact Analysis and Project Evaluation*. UBC Press, Canada, ISBN: 07748-0350-9.

- Djaman, K., O'Neill, M., Owen, C. K., Smeal, D., Koudahe, K., West, M., Allen, S., Lombard, K., & Irmak, S. (2018). Crop Evapotranspiration, Irrigation Water Requirement and Water Productivity of Maize from Meteorological Data under Semiarid Climate. *Water*, 10(4), 405. <https://doi.org/10.3390/w10040405>
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water (FAO Irrigation and Drainage Paper 33). FAO. <https://www.fao.org/4/i2800e/i2800e.pdf>
- ETCCDI. (2020). Climate change indices (definitions and calculation guidance). <https://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml> (Erişim tarihi: 8 Mart 2026).
- Fernandez, E., Mojahid, H., Fad3n, E., Rodrigo, J., Ruiz, D., Egea, J. A., Ben Mimoun, M., Kodad, O., El Yaacoubi, A., Ghrab, M., Egea, J., Benmoussa, H., Borgini, N., Elloumi, O., & Luedeling, E. (2023). Climate change impacts on winter chill in Mediterranean temperate fruit orchards. *Regional Environmental Change*, 23, 7. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-02006-x>
- Garofalo, S. P., Modugno, A. F., De Carolis, G., Sanitate, N., Negash Tesemma, M., Scarascia-Mugnozza, G., Tekle Tegegne, Y., & Campi, P. (2024). Explainable Artificial Intelligence to Predict the Water Status of Cotton (*Gossypium hirsutum* L., 1763) from Sentinel-2 Images in the Mediterranean Area. *Plants*, 13(23), 3325. <https://doi.org/10.3390/plants13233325>
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2–3), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>.
- Gulino, D., & Lopes, M. S. (2024). Phenological adaptation of wheat varieties to rising temperatures: Implications for yield components and grain quality. *Plants*, 13(20), 2929. <https://doi.org/10.3390/plants13202929>
- Güney, Y. (2024). Küçük Menderes Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Projeksiyonları: Havza Ölçeğinde Zamansal ve Mekânsal Bir Değerlendirme. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 189–205. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1257270>.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., & Eskioğlu, O. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77–88. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000174.
- Imperiale, V., Cutuli, M., Marchese, A., Trippa, D. A., Caruso, T., & Marra, F. P. (2022). Estimation of chilling and heat requirements of six sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 1342, 125–132. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1342.16>

- IDB. (2024). İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). Ankara: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı.
- International Finance Corporation (2003). Addressing the Social Dimensions of Private Sector Developments. Good Practice Note #3.
- Interorganizational Committee on Principles and Guidelines for Social Impact Assessment (2003). US Principles and Guidelines: Principles and Guidelines for Social Impact Assessment in the USA. Impact Assessment and Development Appraisal. Volume 28(3), 231-250.
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- IPCC. (2023). Mediterranean Region. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability - Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (s. 2233 - 2272). içinde Cambridge University Press.
- Kaufmann, H., & Blanke, M. M. (2019). Chilling requirements of Mediterranean fruit crops in a changing climate. *Acta Horticulturae*, 1242, 275–280. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1242.38>
- Lawrence, D. P. (2003). The Significance of Social and Economic Impacts in Environmental Assessment. Research supported by Canadian Environmental Assessment Agency's Research and Development Program.
- Lee, T., Singh, V.P. 2018. Statistical Downscaling for Hydrological and Environmental Applications. CRC Press. DOI:10.1201/9780429459580.
- Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J., & Arheimer, B. (2010). Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology research*, 41 (3-4), 295-319.
- Lutsel K'e Dene First Nation and Diavik Communities Advisory Board (2002). Socio-Economic Impact Assessment Toolkit - the Lutsel K'e Experience. Yellowknife: DCAB.
- MBS. (2024). Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/> adresinden alındı
- MedECC. (2020). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future (First Mediterranean Assessment Report, MAR1): Summary for Policymakers. . Mediterranean Experts on Climate and environmental Change.

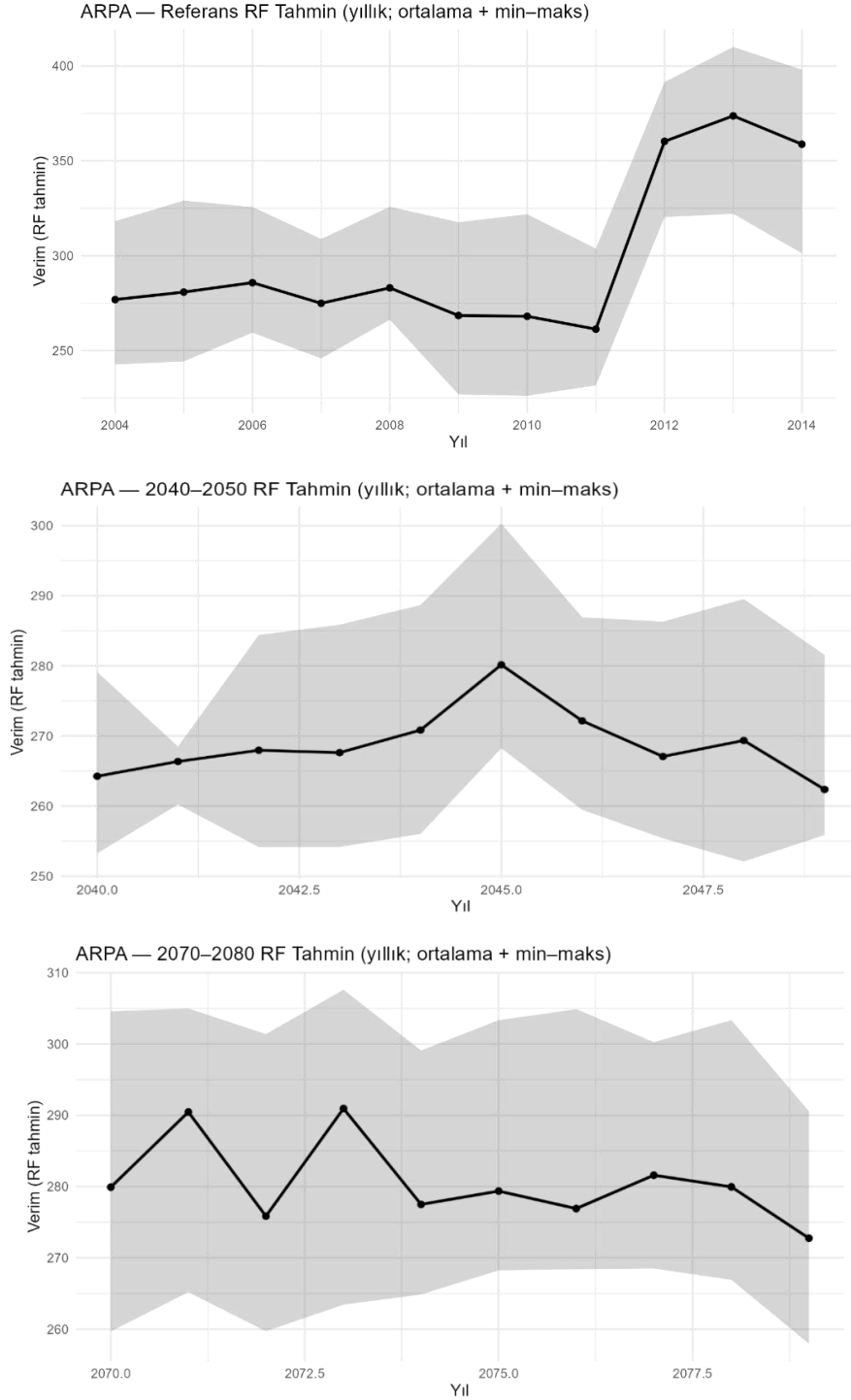
- Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), pp.401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>. *Ecosystems* 15(3), 401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2012. *A global assessment of the water footprint of farm animal products*. *Ecosystems*, 15(3), pp.401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Mira-García, A. B., Conejero, W., Vera, J., & Ruiz-Sánchez, M. C. (2023). Effect of Water Stress and Shading on Lime Yield and Quality. *Plants*, 12(3), 503. <https://doi.org/10.3390/plants12030503>
- Muhie, S. H. (2022). Physiological, growth and yield response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to heat stress. *Potato Journal*, 49(1), 565–567. <https://epubs.icar.org.in/index.php/PotatoJ/article/view/122496>
- Northwest Territories Protected Areas Strategy (2005). Socio-economic Assessment Guidelines. Available at <http://www.nwtwildlife.rwed.gov.nt.ca>.
- OECD. (2015). OECD Principles on Water Governance. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Özdel, M. M., Ustaoglu, B., & Cürebal, İ. (2025). Climate-driven futures of olive (*Olea europaea* L.): Machine learning-based ensemble species distribution modelling of northward shifts under aridity stress. *Plants*, 14(24), 3774. <https://doi.org/10.3390/plants14243774>
- Rockel, B., Will, A., Hense, A. 2008. The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorologische Zeitschrift*, 17(4), 347–348. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2008/0309>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J. and Nykvist, B., 2009. *A safe operating space for humanity*. *Nature*, 461(7263), pp.472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Sánchez-Correa, M. del S., Reyero-Saavedra, M. del R., Jiménez-Nopala, G. E., Mandujano Piña, M., & Ortiz-Montiel, J. G. (2024). High-Temperature Effect on Plant Development and Tuber Induction and Filling in Potato (*Solanum tuberosum* L.). *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114336>
- SBB. (2023). On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028). Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

- Şen, B. (2023). Determining the Changing Irrigation Demands of Maize Production in the Cukurova Plain under Climate Change Scenarios with the CROPWAT Model. *Water*, 15(24), 4215. <https://doi.org/10.3390/w15244215>
- TB. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem planı 2021. Ankara: T.C. Ticaret Bakanlığı.
- TOB. (2023). Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033). Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- TÜİK. (2024). Bölgesel İstatistikler. Türkiye İstatistik Kurumu: <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/anaSayfa.do#> adresinden alındı
- Vanclay, F. (2002). "Conceptualising social impacts". *Environmental Impact Assessment Review*, 22, 183-211.
- Vanella, D., Ferlito, F., Torrisi, B., Giuffrida, A., Pappalardo, S., Saitta, D., Longo-Minnolo, G., & Consoli, S. (2021). Long-term monitoring of deficit irrigation regimes on citrus orchards in Sicily. *Journal of Agricultural Engineering*, 52(4), 391–401. <https://doi.org/10.4081/jae.2021.1193>
- Yano, T., Aydin, M., & Haraguchi, T. (2007). Impact of Climate Change on Irrigation Demand and Crop Growth in a Mediterranean Environment of Turkey. *Sensors*, 7(10), 2297–2315. <https://doi.org/10.3390/s7102297>
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & Huber-Lee, A. (2005). WEAP21—A demand-, priority-, and preference-driven water planning model: part 1: model characteristics. *Water international*, 30 (4), 487-500.
- Yukon Environmental and Socio-economic Assessment Board (2006). *Assessor's Guide for Socio-economic Effects Assessment*. Whitehorse: Yukon Environmental and Socio-Economic Assessment Board.

EK-1: ÜRÜN BAZLI VERİM TAHMİNLERİ VE İLÇE BAZINDA DEĞERLENDİRME

Arpa

Arpa için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 5**'de gösterilmektedir. Referans (2004–2014) verimleri gözlenen; 2040–2049 ve 2070–2079 verimleri model tahminleridir.



Şekil 5. Arpa için RF verim tahminleri (kg/da) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min-maks aralığı)

Şekil 5 ve Bölüm 6.2'de yer alan ilçe bazında yağış (PRCP), ortalama hava sıcaklığı (T2M) ve bağıl nem (RH) ortalamaları tablosu birlikte değerlendirildiğinde, Arpa için ilçe bazında öne çıkan bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Arpa verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 309,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 260,9 kg/da (Δ -15,7%); 2070–2079 yılları için 272,7 kg/da (Δ -11,9%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. İlçe, referans dönemde havza ortalamasına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -218 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -198,1 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,05°C artması, RH'de -2,76% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. Modeldeki belirgin azalış eğilimi, yağıştaki azalma ile birlikte ısınmanın ETo'ı artırması sonucu toprak neminin daha erken tükenmesiyle tutarlıdır.

Selçuk ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 243,6 kg/da; 2040–2049 yılları için 275,9 kg/da (Δ 13,3%); 2070–2079 yılları için 289,6 kg/da (Δ 18,9%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%. İlçe, referans dönemde serin, nemli bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -190,8 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -214,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +1,93°C artması, RH'de -2,54% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. Bu ilçede verimde belirgin artış sinyali, daha ılıman kışların soğuk/don stresini azaltması ve fenolojik gelişmeyi hızlandırmasıyla ilişkili olabilir; ancak yağıştaki düşüş sürdüğü için özellikle başaklanma–dane dolumunda su yönetimi belirleyicidir.

Tire ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 296,3 kg/da; 2040–2049 yılları için 266,7 kg/da (Δ -10%); 2070–2079 yılları için 277,7 kg/da (Δ -6,3%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, sıcak bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -231,9 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -205,7 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,03°C artması, RH'de -2,65% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Torbalı ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 328,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 280,4 kg/da (Δ -14,6%); 2070–2079 yılları için 296,5 kg/da (Δ -9,7%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. İlçe, referans dönemde görece düşük yağışlı bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -158,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -175,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +1,98°C artması, RH'de -2,60% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Ödemiş ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 250,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 260,1 kg/da (Δ 4%); 2070–2079 yılları için 266,1 kg/da (Δ 6,4%); PRCP

705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -235,6 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -194,3 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,06°C artması, RH'de -2,77% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. Bu ilçede verimde ılımlı artış sinyali, daha ılıman kışların soğuk/don stresini azaltması ve fenolojik gelişmeyi hızlandırmasıyla ilişkili olabilir; ancak yağıştaki düşüş sürdüğü için özellikle başaklanma–dane dolumunda su yönetimi belirleyicidir.

Menderes ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 328,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 280,4 kg/da (Δ -14,6%); 2070–2079 yılları için 296,5 kg/da (Δ -9,7%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. İlçe, referans dönemde görece düşük yağışlı bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -158,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -175,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +1,98°C artması, RH'de -2,60% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

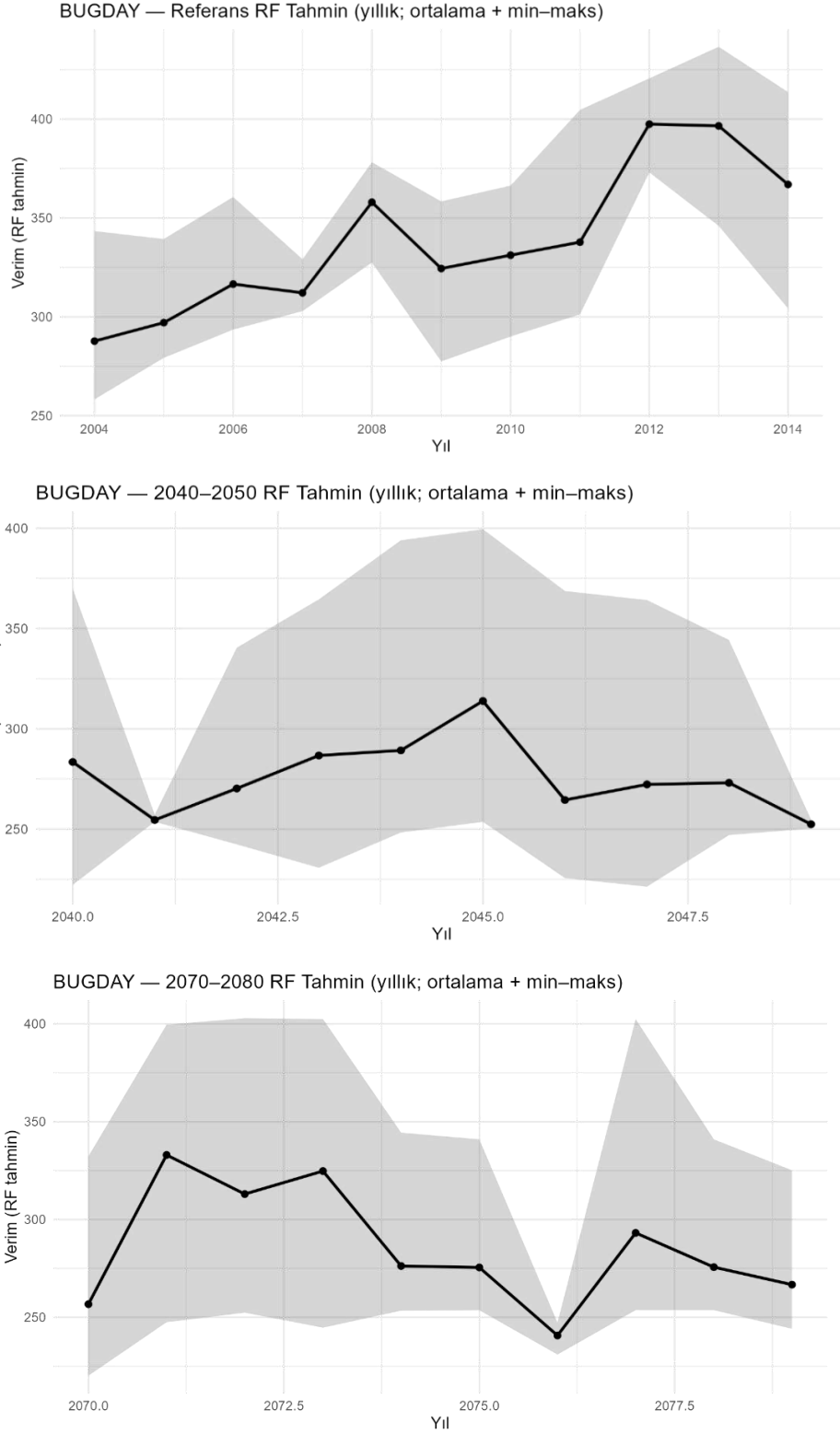
Kiraz ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 250,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 260,1 kg/da (Δ 4%); 2070–2079 yılları için 266,1 kg/da (Δ 6,4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -235,6 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -194,3 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,06°C artması, RH'de -2,77% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Beydağ ilçesinde arpa verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 250,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 260,1 kg/da (Δ 4%); 2070–2079 yılları için 266,1 kg/da (Δ 6,4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -235,6 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -194,3 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,06°C artması, RH'de -2,77% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Kışlık tahıllarda (arpa/buğday) üretim, kış–ilkbahar yağışına ve ilkbahar sonundaki terminal su/ısı stresine duyarlıdır (Doorenbos & Kassam, 1979). Sıcaklık artışı ve yağış/bağıl nemdeki azalış, buğdaygillerde kritik fenolojik evrelerde (başaklanma–tane doldurma) ısı ve su stresi olasılığını artırarak verim dalgalanmalarını yükseltebilir. Verim kaybı öngörülen ilçelerde ekim tarihi optimizasyonu, çeşit seçimi ve su verimliliği önlemleri (ör. kritik evrelerde tamamlayıcı sulama) uyum seçenekleri olarak öne çıkar (Allen ve diğ., 1998; IPCC, 2022). Bu ürün için ETc 293–312 mm/sezon aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılma noktası gösterebilir.

Buğday

Buğday için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 6. Buğday için RF verim tahminleri (kg/da) (referans: 2004–2014; 2040’lar: 2040–2049; 2070’ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min–maks aralığı)

Şekil 6 ve Bölüm 6.2'de yer alan ilçe bazında yağış (PRCP), ortalama hava sıcaklığı (T2M) ve bağıl nem (RH) ortalamaları tablosu birlikte değerlendirildiğinde, buğday için ilçe bazında öne çıkan bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Buğday verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 344,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 249,3 kg/da (Δ -27,6%); 2070–2079 yılları için 266,9 kg/da (Δ -22,4%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. İlçe, referans dönemde havza ortalamasına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -218 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -198,1 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,05°C artması, RH'de -2,76% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. Modeldeki belirgin azalış eğilim, yağıştaki azalma ile birlikte ısınmanın ETo'ı artırması sonucu toprak neminin daha erken tükenmesiyle tutarlıdır.

Tire ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 352,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 265,8 kg/da (Δ -24,6%); 2070–2079 yılları için 275,1 kg/da (Δ -21,9%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, sıcak bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -231,9 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -205,7 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,03°C artması, RH'de -2,65% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Torbalı ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 412,3 kg/da; 2040–2049 yılları için 345,7 kg/da (Δ -16,1%); 2070–2079 yılları için 352,8 kg/da (Δ -14,4%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. İlçe, referans dönemde görece düşük yağışlı bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -158,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -175,2 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +1,98°C artması, RH'de -2,60% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir.

Ödemiş ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 238,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 243,3 kg/da (Δ 2%); 2070–2079 yılları için 247,3 kg/da (Δ 3,7%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -235,6 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -194,3 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,06°C artması, RH'de -2,77% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. Bu ilçede verimde ılımlı artış sinyali, daha ılıman kışların soğuk/don stresini azaltması ve fenolojik gelişmeyi hızlandırmasıyla ilişkili olabilir; ancak yağıştaki düşüş sürdüğü için özellikle başaklanma–dane dolumunda su yönetimi belirleyicidir.

Menderes ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 412,3 kg/da; 2040–2049 yılları için 345,7 kg/da (Δ -16,1%); 2070–2079 yılları için 352,8 kg/da (Δ -

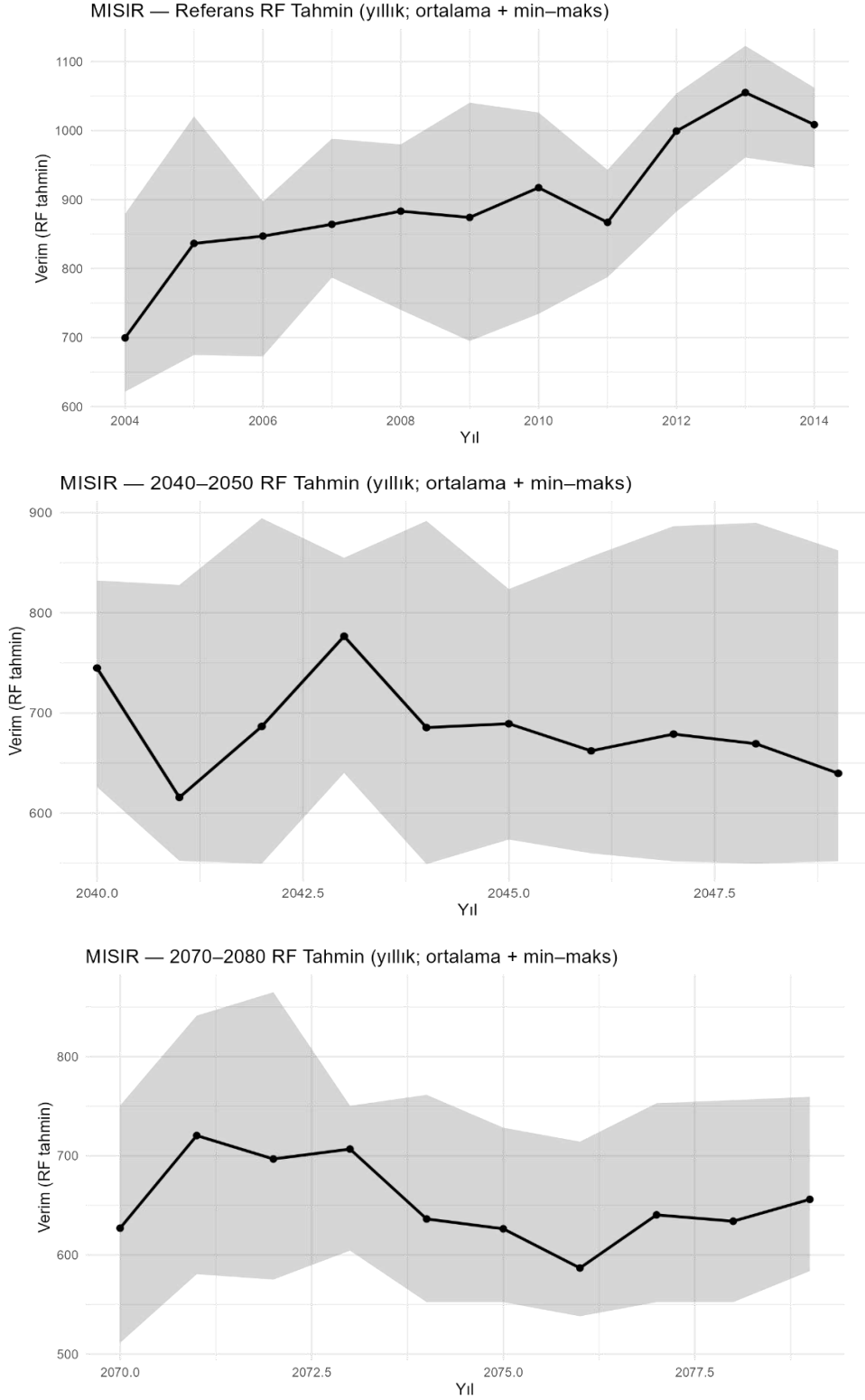
14,4%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. İlçe, Torbalı ile benzer şekilde görece düşük yağışlı ve ısınma baskısının belirginleştiği bir alt rejimi temsil etmektedir. Model, 2040'larda daha belirgin, 2070'lerde ise kısmen sınırlanan ancak referans dönemin altında kalan bir verim düzeyi öngörmektedir. Bu görünüm, kısa ve orta vadede buğdayın uygun çeşit ve ekim zamanı ayarlamalarıyla sürdürülebileceğini; uzun vadede ise su koruyucu uygulamalar ve verim istikrarını önceleyen bir üretim yaklaşımının gerekli olacağını düşündürmektedir.

Kiraz ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 238,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 243,3 kg/da ($\Delta 2,0\%$); 2070–2079 yılları için 247,3 kg/da ($\Delta 3,7\%$); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. İlçe, referans dönemde nispeten daha yüksek yağışlı bir arka plana sahip olmakla birlikte gelecek projeksiyonlarında yağış ve bağıl nemde azalış, sıcaklıkta ise artış dikkat çekmektedir. Buna karşın model, buğday veriminde sınırlı fakat tutarlı bir artış öngörmektedir. Bu nedenle Kiraz'da kısa ve orta vadede buğday üretimi sürdürülebilir görünmekte; ancak uzun vadede olumlu eğilimin korunması için uygun çeşit seçimi, toprak nemini koruyan uygulamalar ve yıllık iklim izleme ile desteklenmesi gerekmektedir.

Beydağ ilçesinde buğday verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 238,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 243,3 kg/da ($\Delta 2,0\%$); 2070–2079 yılları için 247,3 kg/da ($\Delta 3,7\%$); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Beydağ'da da Kiraz ile benzer biçimde sınırlı bir verim artışı öngörülmektedir. Bununla birlikte yağıştaki azalma ve ısınma eğilimi, bu artışın her yıl aynı ölçüde korunamayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla Beydağ'da buğday üretiminin sürdürülmesi uygun görünse de, uzun vadede üretimin su koruyucu toprak işleme, ekim takvimi optimizasyonu ve uygun çeşit seçimiyle desteklenmesi önem taşımaktadır.

Mısır (Dane)

Dane mısır için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 7**'te gösterilmektedir.



Şekil 7. Mısır (dane) için RF verim tahminleri (kg/da) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min–maks aralığı)

Mısır verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 890,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 621,3 kg/da (Δ -30,2%); 2070–2079 yılları için 601,9 kg/da (Δ -32,4%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. Bu ilçede havza ortalamasına yakın koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür. 2070'lere doğru öngörülen %30'un üzerindeki kayıp, sulama suyu güvenilirliği zayıfladığında ürün deseninde dönüşüm baskısının artabileceğine işaret eder.

Selçuk ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 936,8 kg/da; 2040–2049 yılları için 855,1 kg/da (Δ -8,7%); 2070–2079 yılları için 768 kg/da (Δ -18%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%. Bu ilçede serin, nemli koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür (Allen ve diğ., 1998). Orta düzeydeki kayıp sinyali, sulama verimliliği artırılmazsa sıcak yaz koşullarında üretim riskinin yükselmesine neden olabilir.

Tire ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 965,4 kg/da; 2040–2049 yılları için 626,5 kg/da (Δ -35,1%); 2070–2079 yılları için 620,5 kg/da (Δ -35,7%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%. İlçe, referans dönemde nispeten yüksek yağışlı, sıcak bir arka plana sahiptir; 2040'larda yağışın -231,9 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde yağışın -205,7 mm/yıl değişmesi, 2070'lerde sıcaklığın yaklaşık +2,03°C artması, RH'de -2,65% değişim bu duyarlılığı güçlendirebilir. 2070'lere doğru öngörülen %30'un üzerindeki kayıp, sulama suyu güvenilirliği zayıfladığında ürün deseninde dönüşüm baskısının artabileceğine işaret eder.

Torbalı ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 1 015 kg/da; 2040–2049 yılları için 750,9 kg/da (Δ -26%); 2070–2079 yılları için 713,5 kg/da (Δ -29,7%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. Yaz döneminde ısınma ile birlikte azalan bağıl nem, mısırdaki evaporatif talebi artırarak sulama gereksinimini büyütür; modeldeki azalış sinyali özellikle çiçeklenme çevresinde su stresine duyarlılıkla uyumludur (Doorenbos & Kassam, 1979). Sulama planlamasının ETo-temelli yapılması ve yüksek sıcaklığa daha toleranslı hibritlerin kullanımı, üretim riskini azaltmada öncelikli uyum seçenekleridir (Şen, 2023).

Ödemiş ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 692,9 kg/da; 2040–2049 yılları için 570,5 kg/da (Δ -17,7%); 2070–2079 yılları için 561,4 kg/da (Δ -19%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür.

Menderes ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 1 015 kg/da; 2040–2049 yılları için 750,9 kg/da (Δ -26%); 2070–2079 yılları için 713,5 kg/da (Δ -29,7%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. Mısır yazlık, yüksek su tüketimli bir üründür ve tepe püskülü–koçan bağlama döneminde su stresi verimde hızlı düşüslere yol açabilir (Doorenbos & Kassam, 1979). Bu ilçede görece düşük yağışlı koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür.

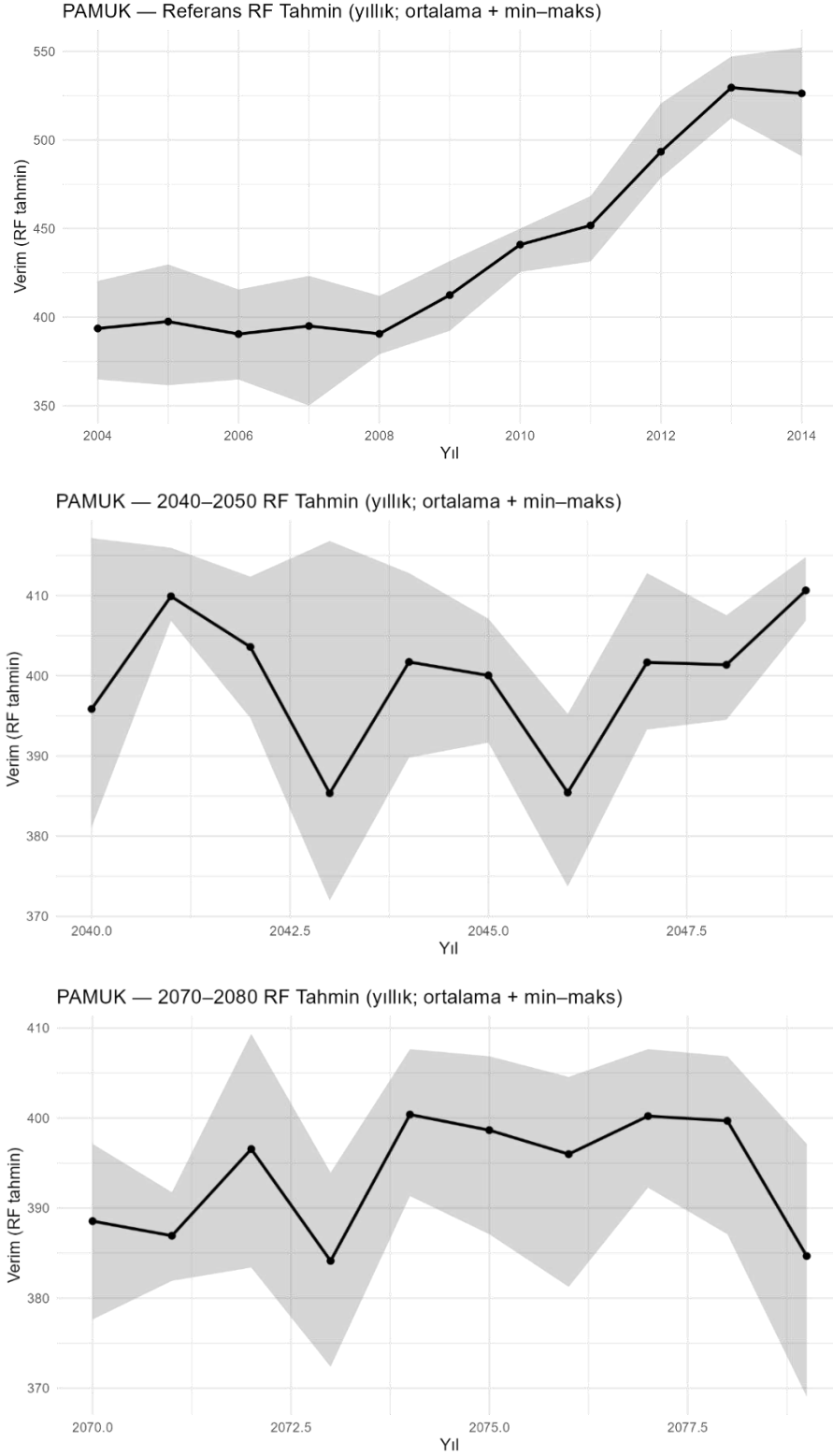
Kiraz ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 692,9 kg/da; 2040–2049 yılları için 570,5 kg/da (Δ -17,7%); 2070–2079 yılları için 561,4 kg/da (Δ -19%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür.

Beydağ ilçesinde mısır (dane) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 692,9 kg/da; 2040–2049 yılları için 570,5 kg/da (Δ -17,7%); 2070–2079 yılları için 561,4 kg/da (Δ -19%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın koşullardan ısınma yönüne geçiş, RH'deki gerileme ile birlikte ETo'ı artırarak sulama ihtiyacını büyütür.

Mısır yazlık, yüksek su tüketimli bir üründür ve tepe püskülü–koçan bağlama döneminde su stresi verimde hızlı düşüslere yol açabilir (Doorenbos & Kassam, 1979). Mısırdaki artan sıcaklıkla birlikte evaporatif talep yükselmekte; yağış ve bağıl nemdeki düşüş ile birleştiğinde net sulama ihtiyacının artması beklenmektedir. Bu iklim sinyali, özellikle çiçeklenme dönemindeki stres hassasiyetini artırabileceğinden, sulama planlaması ve su kısıtı olan alanlarda ürün deseni uyumu kritik hale gelmektedir (Allen ve diğ., 1998; IPCC, 2022; Yano ve diğ., 2007). Bu ürün için ETc 656–736 mm/sezona aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanmadığında kırılabilirlik gösterebilir.

Pamuk

Pamuk için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 8**'te gösterilmektedir.



Şekil 8. Pamuk için RF verim tahminleri (kg/da) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min-maks aralığı)

Pamuk verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde pamuk verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 451 kg/da; 2040–2049 yılları için 410,1 kg/da (Δ -9,1%); 2070–2079 yılları için 400 kg/da (Δ -11,3%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. Öngörülen sınırlı verim azalışı, ısınma ve bağıl nemdeki düşüşün evaporatif talebi artırmaya karşın uygun sulama zamanlamasıyla yönetilebilir görünmektedir; ancak yaz döneminde su kısıtı derinleşirse koza tutumu ve lif kalitesinde gerileme olasılığı artar (Bista ve diğ., 2024).

Selçuk ilçesinde pamuk verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 424,2 kg/da; 2040–2049 yılları için 395,4 kg/da (Δ -6,8%); 2070–2079 yılları için 389,3 kg/da (Δ -8,2%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%.

Tire ilçesinde pamuk verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 420,7 kg/da; 2040–2049 yılları için 400 kg/da (Δ -4,9%); 2070–2079 yılları için 396,2 kg/da (Δ -5,8%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%.

Bu ilçelerde (Bayındır, Selçuk, Tire) öngörülen sınırlı verim azalışı, ısınma ve bağıl nemdeki düşüşün evaporatif talebi artırmaya karşın uygun sulama zamanlamasıyla yönetilebilir görünmektedir; ancak yaz döneminde su kısıtı derinleşirse koza tutumu ve lif kalitesinde gerileme olasılığı artar (Bista ve diğ., 2024).

Torbalı ilçesinde pamuk verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 445,1 kg/da; 2040–2049 yılları için 392,7 kg/da (Δ -11,8%); 2070–2079 yılları için 388,8 kg/da (Δ -12,6%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Menderes ilçesinde pamuk verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 445,1 kg/da; 2040–2049 yılları için 392,7 kg/da (Δ -11,8%); 2070–2079 yılları için 388,8 kg/da (Δ -12,6%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

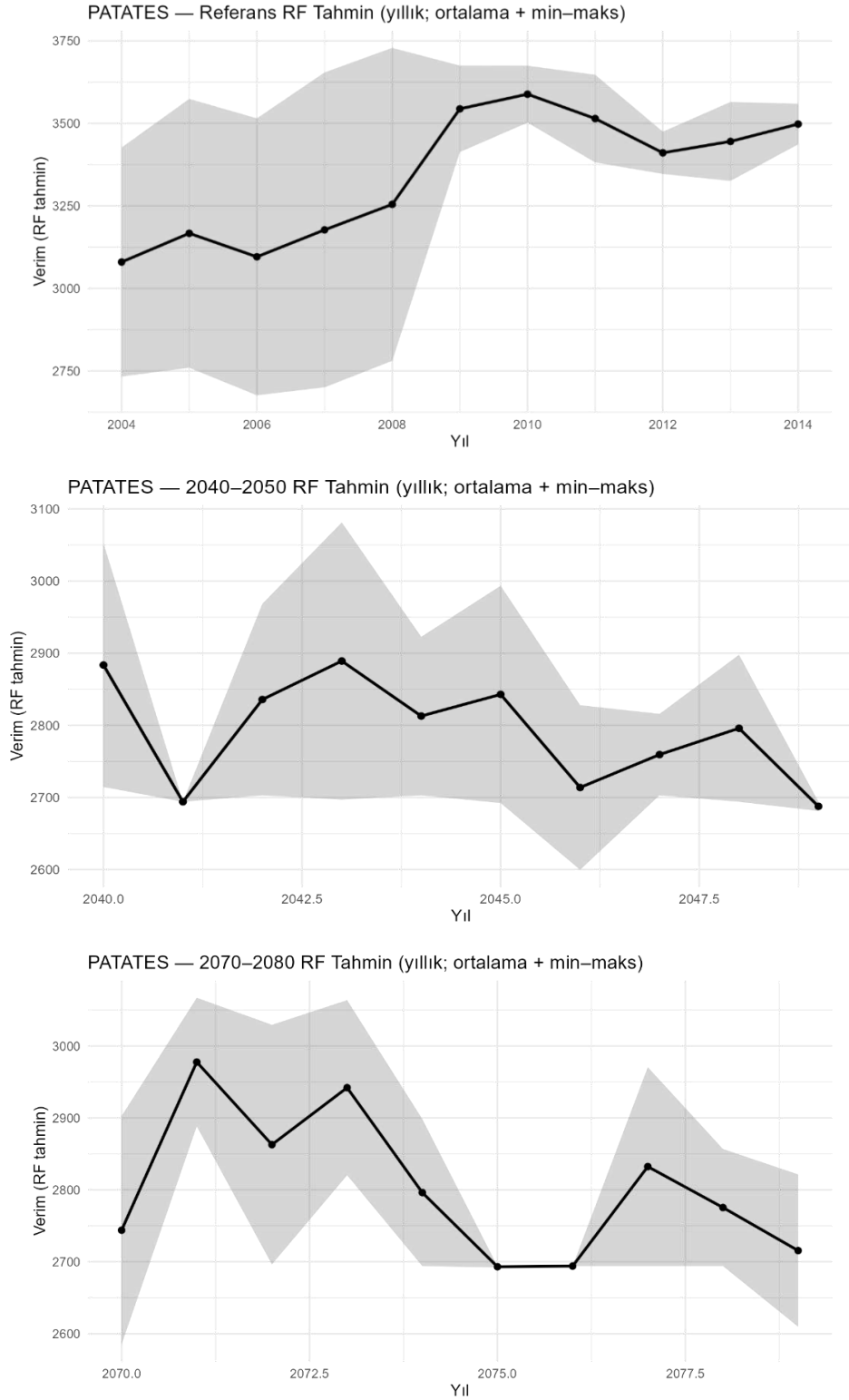
Bu ilçelerde (Torbalı, Menderes) projeksiyonlarda artan t2m ve azalan PRCP–RH bileşimi, pamukta özellikle çiçeklenme–koza döneminde eş zamanlı ısı ve su stresini güçlendirebilir; modelin öngördüğü düşüş bu hassasiyetle uyumludur (Bista ve diğ., 2024). Sulama suyu güvenilirliğinin zayıfladığı koşullarda, ETo/Kc temelli sulama programlaması ve basınçlı sulama ile su verimliliği artırılmadığı takdirde verim kaybı riski büyüyecektir.

Pamuk sıcak iklim bitkisi olmakla birlikte çiçeklenme–koza döneminde su stresi ve sıcak hava dalgaları koza tutumunu azaltabilir (IPCC, 2023). Görece düşük yağışlı koşullar altında yağışın

azalması ve ısınma, özellikle yaz sonu su açığını büyütür; bu durum lif oluşumu ve koza dolumunu etkileyebilir. Modelde görülen düşüş, sulama kısıtı olan yıllarda daha belirgin hale gelebilir; basınçlı sulama ve nem izleme gibi uygulamalar risk azaltıcıdır. Tahmin edilen sınırlı düşüşler dahi, sulama suyunun kısıtlandığı alt dönemlerde verimde dalgalanma yaratabilir. Bu ürün için ETc 748–834 mm/sezon aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılganlık gösterebilir.

Patates

Patates için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 9**'de gösterilmektedir.



Şekil 9. Patates için RF verim tahminleri (kg/da) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min-maks aralığı)

Patetes verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Tire ilçesinde patates verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 3 653 kg/da; 2040–2049 yılları için 2 894 kg/da (Δ -20,8%); 2070–2079 yılları için 2 900 kg/da (Δ -20,6%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%.

Kiraz ilçesinde patates verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 3 091 kg/da; 2040–2049 yılları için 2 689 kg/da (Δ -13%); 2070–2079 yılları için 2 707 kg/da (Δ -12,4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

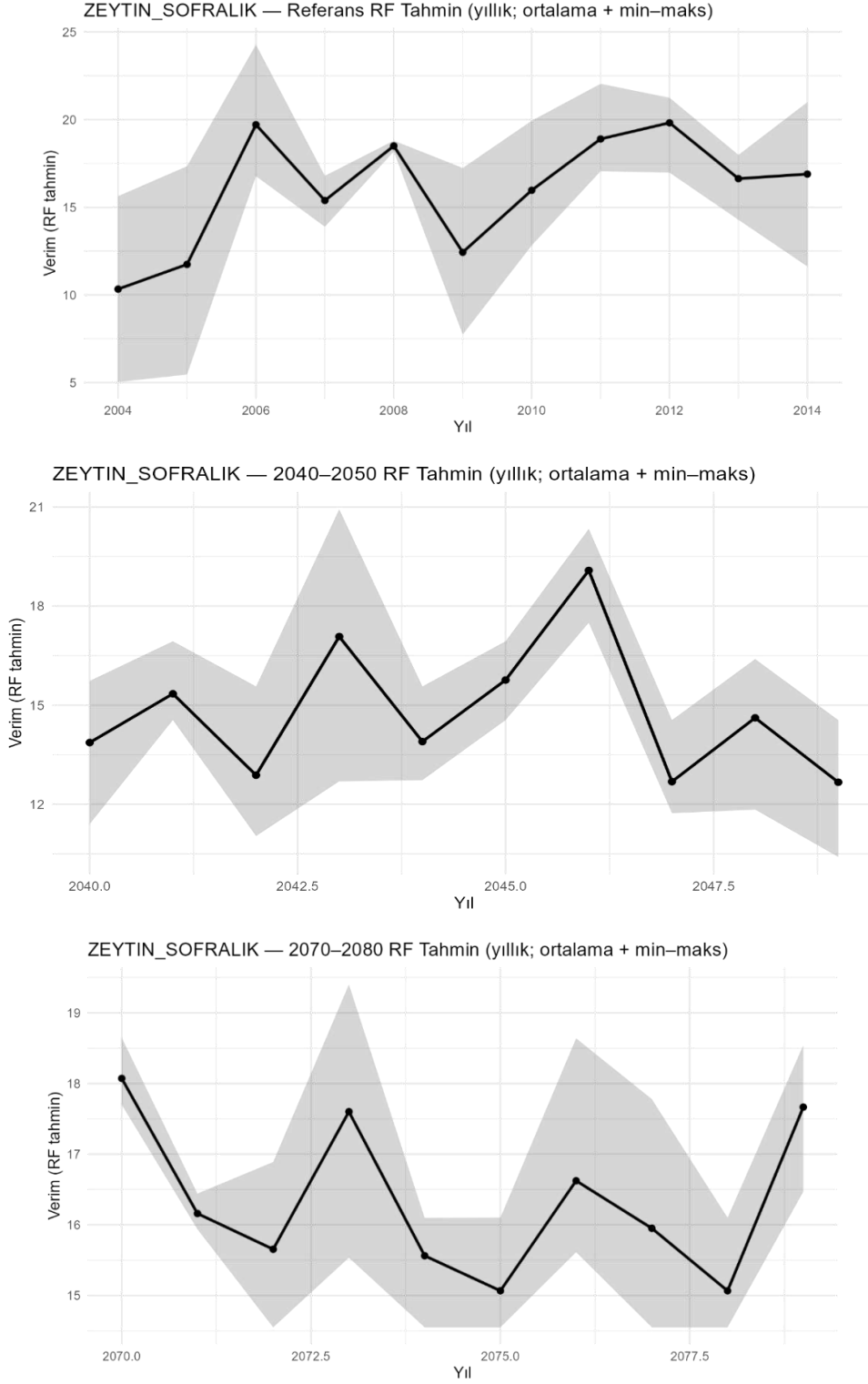
Beydağ ilçesinde patates verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 3 091 kg/da; 2040–2049 yılları için 2 689 kg/da (Δ -13%); 2070–2079 yılları için 2 707 kg/da (Δ -12,4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Ödemiş ilçesinde patates verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 3 091 kg/da; 2040–2049 yılları için 2 689 kg/da (Δ -13%); 2070–2079 yılları için 2 707 kg/da (Δ -12,4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57% Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın arka planına karşın ısınma ve RH'deki düşüş, toprak neminin daha hızlı kaybına yol açarak sulama ihtiyacını artırır. Tahmin edilen düşüş sinyali, ekim tarihi/çeşit seçimi ve sulama zamanlaması ile azaltılabilir; özellikle yumru bağlama döneminde su stresi kritik görünmektedir.

Patateste yumru bağlama ve yumru büyüme evreleri yüksek gece sıcaklıklarına duyarlıdır; ısınmanın hızlanması, yumru indüksiyonunu baskılayarak verimde kalıcı düşüşler oluşturabilir (Muhie, 2022; Sánchez-Correa ve diğ., 2024). Bu nedenle, daha erken ekim/hasat pencereleri, ısı stresine toleranslı çeşitler ve sulama zamanlamasının kritik dönemlere odaklanması kırılabilirliği azaltmada önemlidir. Bu ürün için ETc 546 mm/sezon düzeyindedir ve uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılabilirlik belirginleşebilir.

Zeytin (Sofralık)

Sofralık zeytin için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 10**'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Zeytin (sofralık) için RF verim tahminleri (kg/ağaç) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min-maks aralığı)

Sofralık zeytin verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde zeytin (sofralık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 18,55 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 14,69 kg/ağaç (Δ -20,8%); 2070–2079 yılları için 16,66 kg/ağaç (Δ -10,2%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. Torbalı ilçesinde zeytin (sofralık) için verim (2004–2014) 15,55 kg/ağaç; 2040–2049 15,02 kg/ağaç (Δ -3,4%); 2070–2079 16,38 kg/ağaç (Δ 5,3%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Ödemiş ilçesinde zeytin (sofralık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 12 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 14,65 kg/ağaç (Δ 22,1%); 2070–2079 yılları için 15,99 kg/ağaç (Δ 33,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Menderes ilçesinde zeytin (sofralık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 15,55 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 15,02 kg/ağaç (Δ -3,4%); 2070–2079 yılları için 16,38 kg/ağaç (Δ 5,3%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

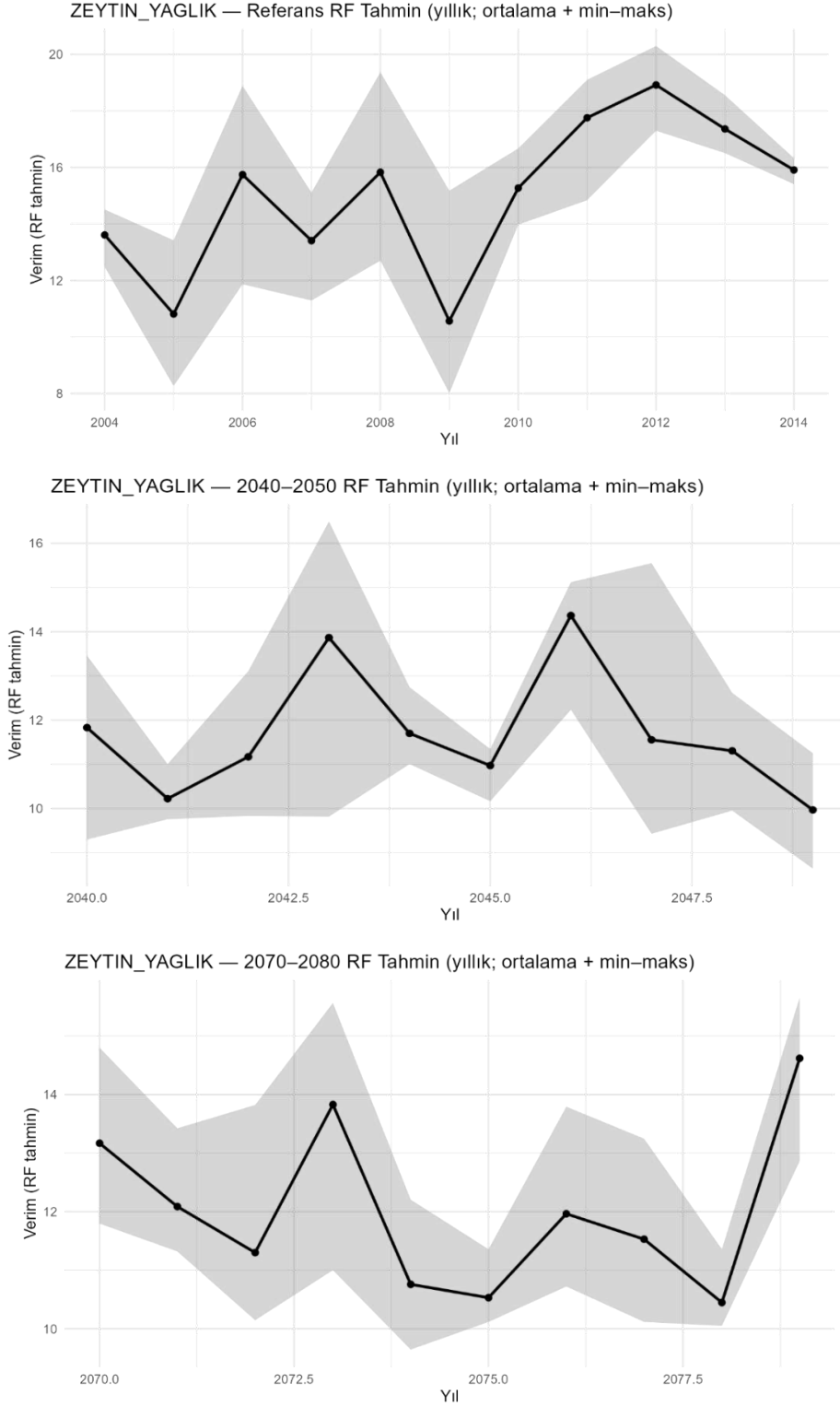
Kiraz ilçesinde zeytin (sofralık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 12 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 14,65 kg/ağaç (Δ 22,1%); 2070–2079 yılları için 15,99 kg/ağaç (Δ 33,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Beydağ ilçesinde zeytin (sofralık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 12 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 14,65 kg/ağaç (Δ 22,1%); 2070–2079 yılları için 15,99 kg/ağaç (Δ 33,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Sofralık zeytinde su stresi yalnızca verimi değil, meyve iriliği ve et/çekirdek oranı gibi pazarlanabilir kalite unsurlarını da etkileyebilir; ısınma ve kuraklaşma eğilimi, yaz ortası su açığını büyütürken kalite riskini artırır (Corell ve diğ., 2020). Modeldeki değişim sinyali, özellikle sınırlı su koşullarında düzenlenmiş kısıntılı sulama ve toprak nemini koruyan uygulamalarla yönetim gerektirebilir.

Zeytin (Yağlık)

Yağlık zeytin için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 11**'de gösterilmektedir.



Şekil 11. Zeytin (yağlık) için RF verim tahminleri (kg/ağaç) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min-maks aralığı)

Yağlık zeytin verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 14,82 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 11,31 kg/ağaç (Δ -23,7%); 2070–2079 12,19 kg/ağaç (Δ -17,8%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. Selçuk ilçesinde zeytin (yağlık) için verim (2004–2014) 17,10 kg/ağaç; 2040–2049 12,78 kg/ağaç (Δ -25,3%); 2070–2079 12,34 kg/ağaç (Δ -27,8%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%.

Tire ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 16,22 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 12,19 kg/ağaç (Δ -24,9%); 2070–2079 yılları için 12,35 kg/ağaç (Δ -23,9%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%.

Torbalı ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 14,70 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 11,73 kg/ağaç (Δ -20,2%); 2070–2079 yılları için 11,85 kg/ağaç (Δ -19,4%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Ödemiş ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 13,27 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 10,47 kg/ağaç (Δ -21,1%); 2070–2079 yılları için 11,38 kg/ağaç (Δ -14,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Menderes ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 14,70 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 11,73 kg/ağaç (Δ -20,2%); 2070–2079 yılları için 11,85 kg/ağaç (Δ -19,4%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Kiraz ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 13,27 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 10,47 kg/ağaç (Δ -21,1%); 2070–2079 yılları için 11,38 kg/ağaç (Δ -14,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

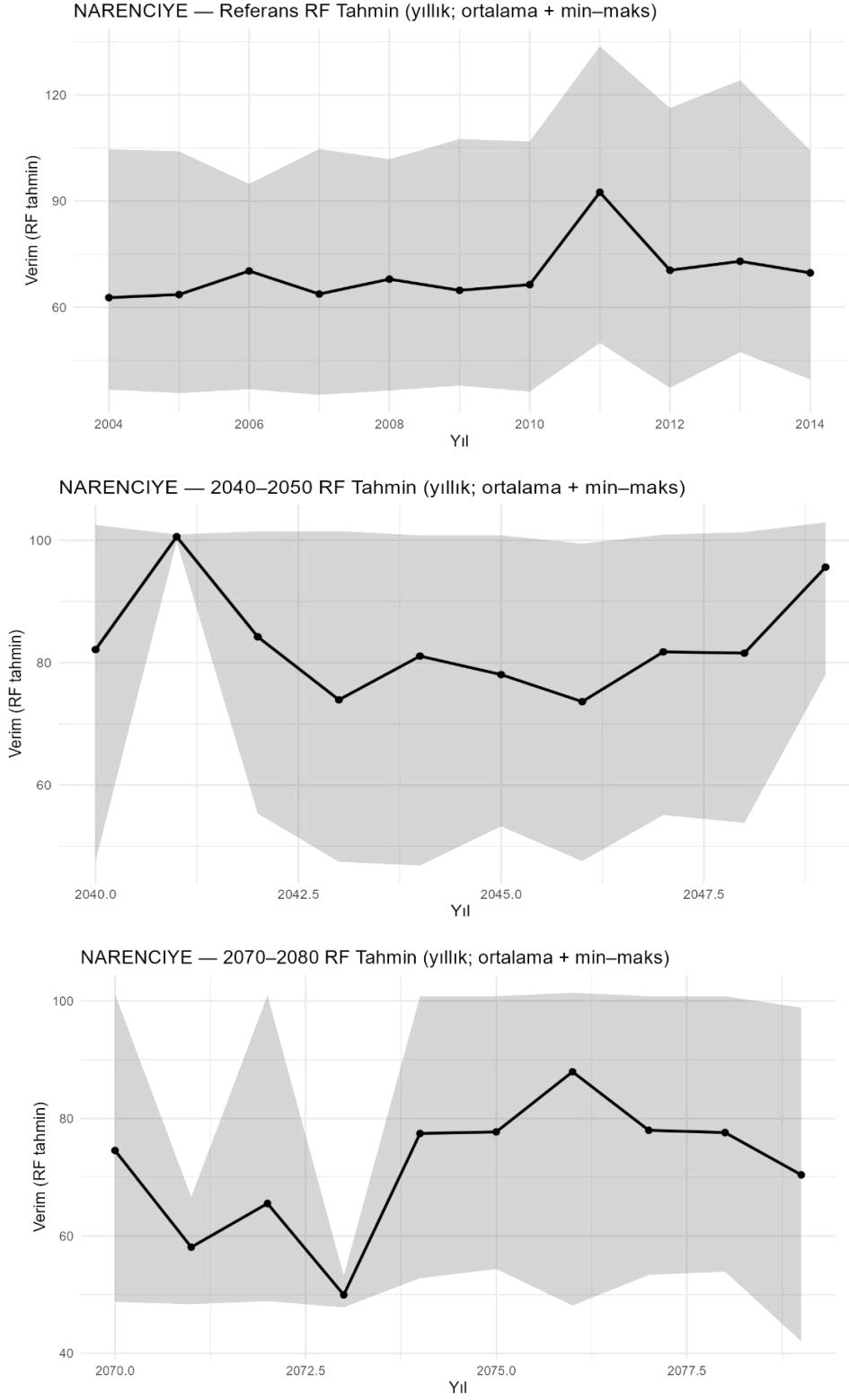
Beydağ ilçesinde zeytin (yağlık) verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 13,27 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 10,47 kg/ağaç (Δ -21,1%); 2070–2079 yılları için 11,38 kg/ağaç (Δ -14,2%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Zeytinde su açığı, özellikle meyve gelişimi ve yağ birikimi dönemlerinde verim ve kalite üzerinde etkilidir; iklim kaynaklı fenolojik kaymalar yıllar arası dalgalanmayı artırabilir (Fernandez ve diğ., 2023). Havza ortalamasına yakın koşullarda yağışın azalması, yaz

kuraklığını uzatarak destek sulama ihtiyacını artırabilir. Görece düşük yağışlı koşullarda yağışın azalması, yaz kuraklığını uzatarak destek sulama ihtiyacını artırabilir. Artış yönlü tahminler, sıcaklığın soğuk sınırlamasını azaltmasıyla açıklanabilir; ancak yağıştaki düşüş sürdüğü için bu kazanım sulama kapasitesine bağlıdır. Azalış sinyali, uzun dönemli su açığının verim üzerindeki baskısını işaret eder; bakım-sulama-çeşit yönetimi senaryoları ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu ürün için ETc 638–665 mm/sezon aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılmalık gösterebilir.

Narenciye

Narenciye için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 12**'de gösterilmektedir.



Şekil 12. Narenciye için RF verim tahminleri (kg/ağaç) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min–maks aralığı)

Narenciye verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde narenciye verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 112,30 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 100,90 kg/ağaç (Δ -10,2%); 2070–2079 yılları için 91,81 kg/ağaç (Δ -18,2%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%. Öngörülen sınırlı verim düşüşü, artan evaporatif talep ve düzensiz yağış rejimi altında sulama yönetiminin daha belirleyici hale geleceğini göstermektedir. Kısıntılı sulama stratejileri belirli koşullarda uyum sağlayabilse de, su kısıtının şiddetlenmesi halinde verim ve kalite üzerinde olumsuz etkiler beklenir.

Selçuk ilçesinde narenciye verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 124,50 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 74,08 kg/ağaç (Δ -40,5%); 2070–2079 yılları için 53,40 kg/ağaç (Δ -57,1%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%. Modelin belirgin verim kaybı sinyali, narenciyede kuraklık ve sıcaklık stresinin meyve dökümü ve irilik kaybı üzerinden hızlı ekonomik kayıplara yol açabilmesiyle tutarlıdır (Balfagón & Gómez-Cadenas, 2025). Su kısıtı koşullarında, sulama zamanlamasının hassaslaştırılması ve gölgeleme/örtü gibi mikroiklim düzenlemeleri ile stresin azaltılması kritik görünmektedir (Mira-García ve diğ., 2023).

Tire ilçesinde narenciye verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 35 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 95,42 kg/ağaç (Δ 172,6%); 2070–2079 yılları için 84,65 kg/ağaç (Δ 141,9%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%. Model, Tire'de narenciye veriminde referans döneme göre belirgin bir artış sinyali üretmektedir. Bununla birlikte, narenciyenin yüksek ve düzenli sulama suyu arzına bağımlı bir tür olması ve projeksiyonlarda yağışın azalırken evaporatif talebin artması dikkate alındığında, bu sonucun doğrudan iyimser bir üretim artışı olarak yorumlanması temkin gerektirir. Söz konusu artış, düşük referans verim düzeyi, modelin örüntü tanıma yapısı ve sulama/yönetim varsayımlarına duyarlı olabilir. Bu nedenle sonuç, Tire'de narenciye için koşulsuz bir genişleme önerisi olarak değil; yeterli sulama güvenilirliği, bahçe yönetimi ve yerel veriyle doğrulanması gereken koşullu bir model çıktısı olarak değerlendirilmelidir.

Torbalı ilçesinde narenciye verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 35 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 62,69 kg/ağaç (Δ 79,1%); 2070–2079 yılları için 57 kg/ağaç (Δ 62,9%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. Model, Torbalı'da referans döneme göre artış yönlü bir verim sinyali vermektedir. Ancak narenciyenin yüksek ETc değeri ve düzenli sulama gereksinimi göz önünde bulundurulduğunda, yağıştaki azalma ve artan atmosferik su talebi altında bu sonucun dikkatle

yorumlanması gerekir. Artış sinyali, düşük başlangıç verimi ile sulama düzeyi, yönetim kalitesi ve modelin eğitim veri setindeki örüntülere duyarlı olabilir. Dolayısıyla bu bulgu, narenciye için doğrudan avantajlı bir iklim yanıtı olarak değil; ancak su arzı güvenilirliğinin sürdüğü koşullarda ve yerel doğrulama ile desteklendiğinde anlam kazanan koşullu bir iyileşme işareti olarak okunmalıdır.

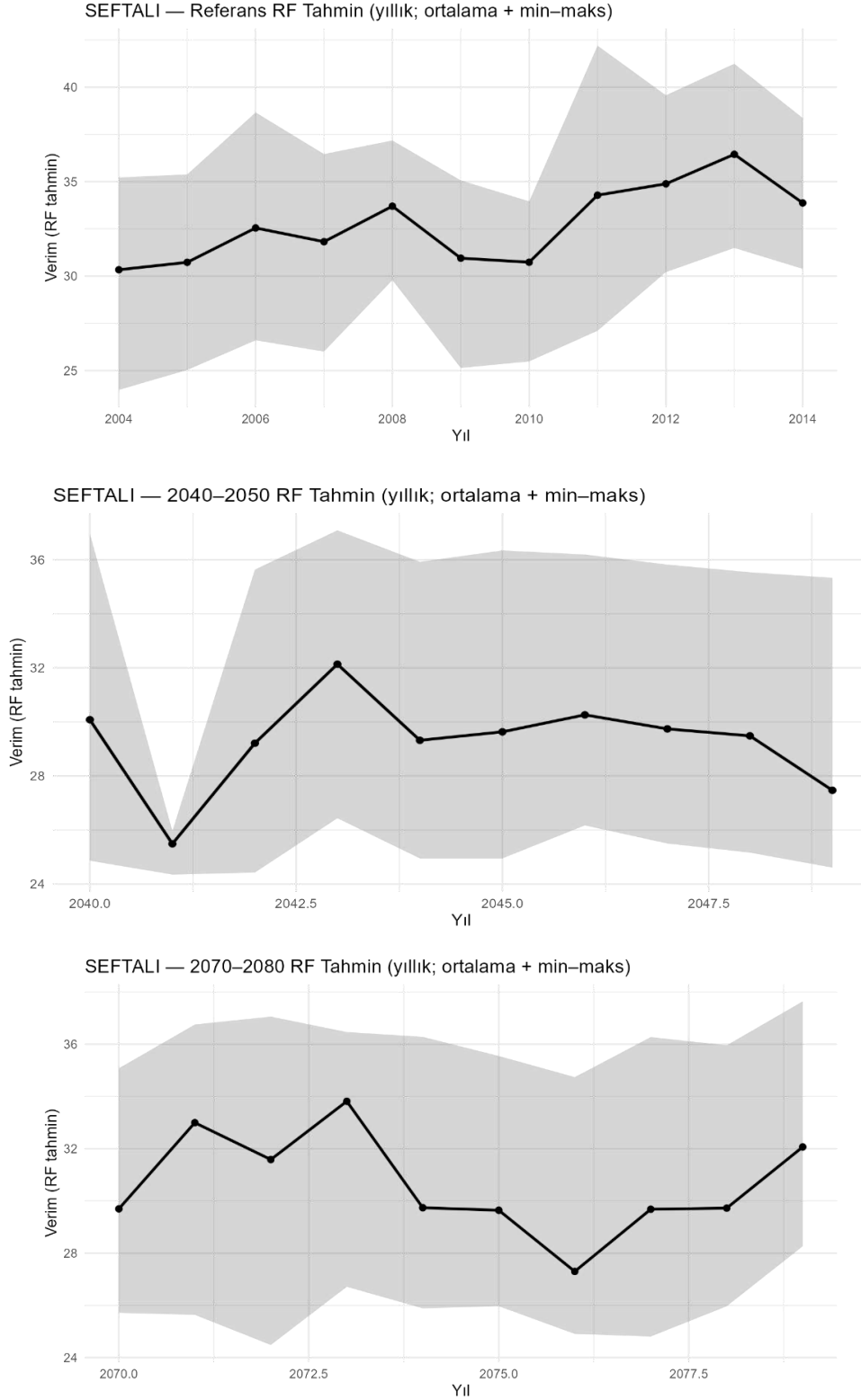
Menderes ilçesinde narenciye verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 35 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 62,69 kg/ağaç ($\Delta 79,1\%$); 2070–2079 yılları için 57 kg/ağaç ($\Delta 62,9\%$); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. Menderes için de model artış yönlü bir verim sinyali üretmektedir. Bununla birlikte, narenciyede yüksek ve süreklilik gösteren su gereksinimi ile birlikte yağışın azalması ve evaporatif talebin artması dikkate alındığında, bu sonucun güçlü bir üretim avantajı olarak yorumlanması uygun değildir. Bulgular, referans verim düzeyine, sulama varsayımlarına ve modelin kurulduğu veri yapısına duyarlı olabilir. Bu nedenle Menderes'te artış öngörüsü, yalnızca yeterli sulama altyapısı, uygun bahçe yönetimi ve yerel gözlemlerle doğrulanması halinde politika ya da ürün deseni kararlarına taşınması gereken temkinli bir çıktı olarak değerlendirilmelidir.

Narenciye, yaz döneminde düzenli su arzına bağımlı olup su stresi meyve dökümü ve kalite kaybı riskini artırır (Allen ve diğ., 1998). Azalış yönlü tahminler, yaz su açığına duyarlılığın artacağını ve sulama güvenilirliğinin ürün deseninde belirleyici olacağını göstermektedir. Buna karşılık artış yönlü tahminler, özellikle yüksek ETc değeri ve azalan yağış koşulları altında doğrudan avantajlı bir sonuç olarak yorumlanmamalıdır. Bu tür çıktılar; düşük referans verim düzeyi, sulama varsayımları, yönetim seviyesi ve modelin eğitim veri setine duyarlılık nedeniyle oluşmuş olabilir. Dolayısıyla artış sinyali veren ilçelerde bulgular, bahçe bazlı verim kayıtları, su arzı senaryoları ve yerel uzman gözlemleri ile doğrulanmadan güçlü bir genişleme önerisine dönüştürülmemeli; temkinli ve koşullu bir uyum göstergesi olarak ele alınmalıdır.

Bu nedenle narenciye için ürün deseni kararları, yalnızca model ortalamalarına göre değil; su arzı güvenilirliği, sulama altyapısı, olası tuzluluk baskısı ve bahçe bazlı yerel gözlemler birlikte dikkate alınarak verilmelidir. Bu ürün için ETc yaklaşık 752 mm/sezon düzeyinde olup, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılabilirlik belirgin biçimde artabilir.

Şeftali

Şeftali için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 13**'da gösterilmektedir.



Şekil 13. Şeftali için RF verim tahminleri (kg/ağaç) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min–maks aralığı)

Şeftali verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 25,91 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için ortalama 25,66 kg/ağaç (Δ -1%); 2070–2079 yılları için ortalama 27,58 kg/ağaç (Δ 6,5%); PRCP 692–474–493,9 mm/yıl; T2M 16,96–17,92–19,01 °C; RH 54,63–51,87–51,87%.

Selçuk ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 43,09 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 34,89 kg/ağaç (Δ -19%); 2070–2079 yılları için 36,18 kg/ağaç (Δ -16%); PRCP 627–436,2–412,8 mm/yıl; T2M 15,94–16,84–17,87 °C; RH 59,58–56,91–57,04%.

Torbalı ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 36,82 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 33,46 kg/ağaç (Δ -9,1%); 2070–2079 yılları için 34,40 kg/ağaç (Δ -6,6%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Ödemiş ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 30 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 25,88 kg/ağaç (Δ -13,7%); 2070–2079 yılları için 26,25 kg/ağaç (Δ -12,5%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Menderes ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 36,82 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 33,46 kg/ağaç (Δ -9,1%); 2070–2079 yılları için 34,40 kg/ağaç (Δ -6,6%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%.

Kiraz ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 30 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 25,88 kg/ağaç (Δ -13,7%); 2070–2079 yılları için 26,25 kg/ağaç (Δ -12,5%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

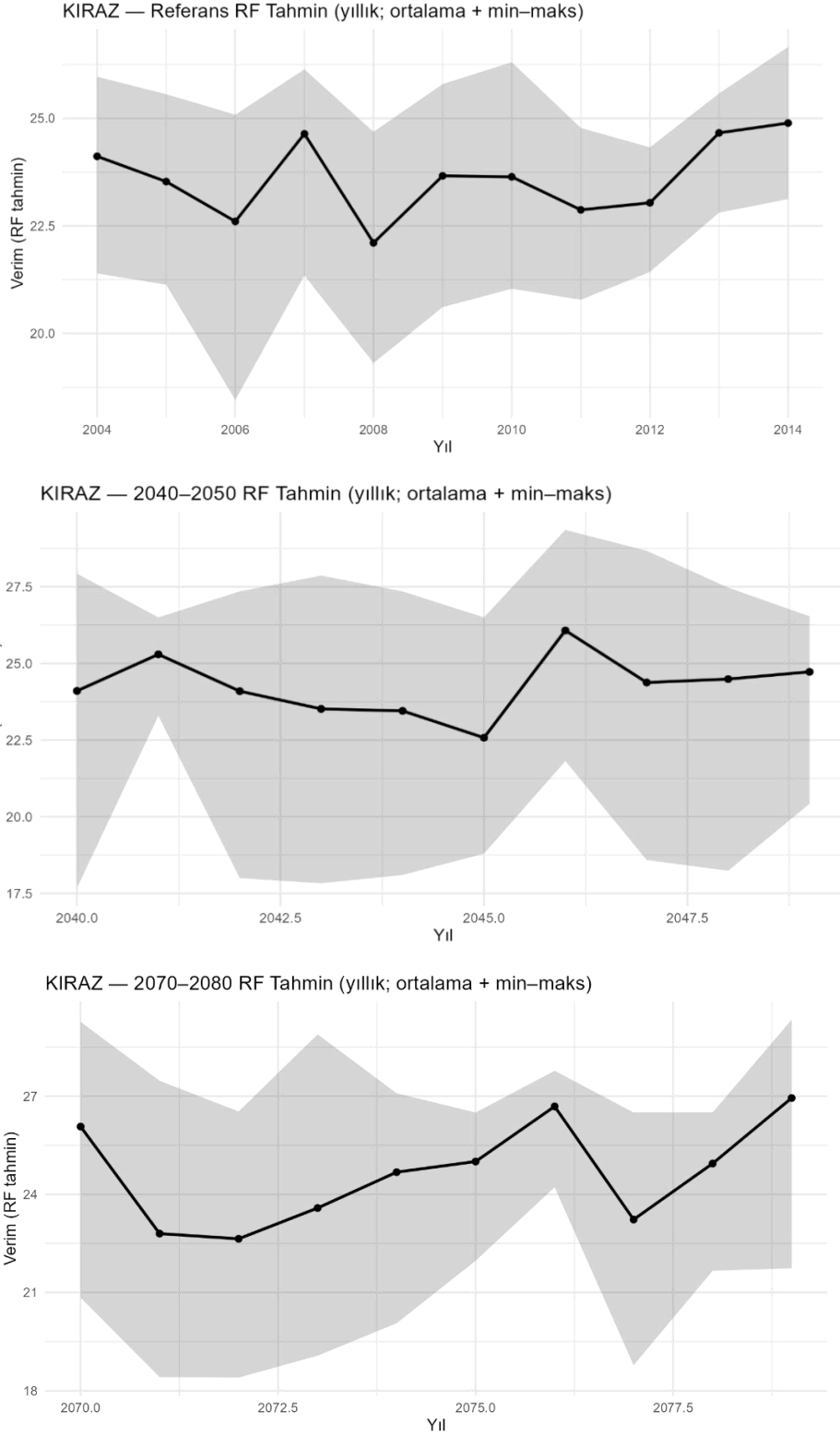
Beydağ ilçesinde şeftali verimi referans dönem olan 2004–2014 yılları için ortalama 30 kg/ağaç; 2040–2049 yılları için 25,88 kg/ağaç (Δ -13,7%); 2070–2079 yılları için 26,25 kg/ağaç (Δ -12,5%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%.

Bu ilçelerde (Bayındır, Selçuk, Torbalı, Ödemiş, Menderes, Kiraz, Beydağ) sınırlı verim değişimi, bazı yıllarda don riskinin azalmasıyla olumlu etkiler yaratabilse de, projeksiyonlardaki kuraklaşma sinyali özellikle meyve büyüme döneminde su yönetimini daha kritik hale getirebilir (Drogoudi ve diğ., 2023). İleri dönemlerde çeşit seçimi ve mikroiklim yönetimi, verim istikrarını destekleyebilir (Caglar ve diğ., 2024).

Tire ilçesinde şeftali için verim (2004–2014) 39,45 kg/ağaç; 2040–2049 26,52 kg/ağaç (Δ -32,8%); 2070–2079 28,70 kg/ağaç (Δ -27,2%); PRCP 721,8–489,9–516,1 mm/yıl; T2M 17,29–18,24–19,32 °C; RH 55,04–52,31–52,39%. Modelde görülen belirgin azalış, ısınan kışların soğuklanma birikimini düşürerek düzensiz çiçeklenme riskini artırması ve yaz döneminde artan su talebinin bahçe verimliliğini sınırlamasıyla ilişkilendirilebilir (Fernandez ve diğ., 2023; Drogoudi ve diğ., 2023). Çeşit seçimi (daha düşük soğuklanma ihtiyacı), fenolojiye duyarlı bakım uygulamaları ve sulama programlamasının iyileştirilmesi uyum açısından öne çıkar.

Kiraz

Kiraz için verim tahminlerinin yıllık ortalaması, minimum ve maksimum aralıkları, referans, yakın gelecek ve uzak gelecek için **Şekil 14**'da gösterilmektedir.



Şekil 14. Kiraz için RF verim tahminleri (kg/ağaç) (referans: 2004–2014; 2040'lar: 2040–2049; 2070'ler: 2070–2079; yıllık ortalama ve min–maks aralığı)

Şekil 14 ve Bölüm 6.2'de yer alan ilçe bazında yağış (PRCP), ortalama hava sıcaklığı (T2M) ve bağıl nem (RH) ortalamaları tablosu birlikte değerlendirildiğinde, Kiraz için ilçe bazında öne çıkan bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Kiraz verimlerindeki beklenen değişimler kurgulanan modele göre ilçeler düzeyinde tahmin edilmiştir. Bayındır ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 24,45 kg/ağaç'dır. Model, 2040–2049 dönemi için ortalama 26,25 kg/ağaç (7,4%) ve 2070–2079 dönemi için ortalama 26,42 kg/ağaç (8,1%) değerlerini öngörmektedir. PRCP'nin 692 mm/yıl'den 474 mm/yıl'e (2040'lar: -31,5%) ve 493,9 mm/yıl'e (2070'ler: -28,6%) gerilemesi; T2M'nin sırasıyla +0,96°C ve +2,05°C artması; RH'de ise -2,8% (2040'lar) ve -2,8% (2070'ler) değişim, atmosferik su talebini yükselten bir iklimsel baskı yaratmaktadır (Allen ve diğ., 1998; Ali ve diğ., 2022). Ürünün mevsimsel bitki su tüketimi (ETc) yaklaşık 873 mm/sezon düzeyindedir.

Selçuk ilçesi referans dönemde görece daha serin (T2M=15,94°C) ve nemli (RH=59,58%) bir iklim arka planına sahiptir; kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 20,91 kg/ağaç'tır. Model, 2040–2049 dönemi için 19,28 kg/ağaç (-7,8%) ve 2070–2079 dönemi için 20,52 kg/ağaç (-1,9%) değerlerini öngörmektedir. PRCP'nin 627 mm/yıl'den 436,2 mm/yıl'e (2040'lar: -30,4%) ve 412,8 mm/yıl'e (2070'ler: -34,2%) gerilemesi; T2M'nin sırasıyla +0,9°C ve +1,93°C artması; RH'de ise -2,7% (2040'lar) ve -2,5% (2070'ler) değişim, atmosferik su talebini yükselten bir iklimsel baskı yaratmaktadır.

Tire ilçesinde referans dönemde PRCP 721,8 mm/yıl düzeyindedir; kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 25 kg/ağaç olarak hesaplanmıştır. Model, 2040–2049 dönemi için 26,04 kg/ağaç (4,2%) ve 2070–2079 dönemi için 26,16 kg/ağaç (4,6%) değerlerini öngörmektedir. PRCP'nin 721,8 mm/yıl'den 489,9 mm/yıl'e (2040'lar: -32,1%) ve 516,1 mm/yıl'e (2070'ler: -28,5%) gerilemesi; T2M'nin sırasıyla +0,95°C ve +2,03°C artması; RH'de ise -2,7% (2040'lar) ve -2,6% (2070'ler) değişim, atmosferik su talebini yükselten bir iklimsel baskı yaratmaktadır.

Torbalı ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 20,91 kg/ağaç'dır. Model, 2040–2049 dönemi için 22,44 kg/ağaç (7,3%) ve 2070–2079 dönemi için 22,69 kg/ağaç (8,5%) değerlerini öngörmektedir. PRCP'nin 606 mm/yıl'den 447,8 mm/yıl'e (2040'lar: -26,1%) ve 430,8 mm/yıl'e (2070'ler: -28,9%) gerilemesi; T2M'nin sırasıyla +0,87°C ve +1,98°C artması; RH'de ise -2,3% (2040'lar) ve -2,6% (2070'ler) değişim, atmosferik su talebini yükselten bir iklimsel baskı yaratmaktadır.

Ödemiş ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 28,64 kg/ağaç'dır. Model, 2040–2049 dönemi için 27,34 kg/ağaç (-4,5%) ve 2070–2079 dönemi için 27,5 kg/ağaç (-4%) değerlerini öngörmektedir. PRCP'nin 705,5 mm/yıl'den 469,9 mm/yıl'e

(2040'lar: -33,4%) ve 511,2 mm/yıl'e (2070'ler: -27,5%) gerilemesi; T2M'nin sırasıyla +1°C ve +2,06°C artması; RH'de ise -2,9% (2040'lar) ve -2,8% (2070'ler) değişim, atmosferik su talebini yükselten bir iklimsel baskı yaratmaktadır.

Menderes ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 20,91 kg/ağaç; 2040–2049 dönemi için 22,44 kg/ağaç (Δ 7,3%); 2070–2079 dönemi için 22,69 kg/ağaç (Δ 8,5%); PRCP 606–447,8–430,8 mm/yıl; T2M 16,82–17,69–18,80 °C; RH 57,79–55,46–55,19%. Bu ilçede görece düşük yağışlı iklim koşullarından daha sıcak bir rejime geçiş, soğuklanma ve çiçeklenme senkronunu etkileyerek verimde dalgalanma yaratabilir. Artış yönlü tahminler, geç don riskindeki azalmanın bazı yıllarda olumlu etkisini yansıtabilir; su stresi yönetimi ile birlikte ele alınmalıdır.

Kiraz ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 28,64 kg/ağaç; 2040–2049 dönemi için 27,34 kg/ağaç (Δ -4,5%); 2070–2079 dönemi için 27,50 kg/ağaç (Δ -4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın iklim koşullarından daha sıcak bir rejime geçiş, soğuklanma ve çiçeklenme senkronunu etkileyerek verimde dalgalanma yaratabilir. Azalış sinyali, artan sıcaklık ve su açığının meyve iriliği ve tutum üzerindeki baskısına işaret eder; sulama ve çeşit seçimi adaptasyonunun rolü büyüktür.

Beydağ ilçesinde kiraz için referans dönemde (2004–2014) gözlenen ortalama verim 28,64 kg/ağaç; 2040–2049 dönemi için 27,34 kg/ağaç (Δ -4,5%); 2070–2079 dönemi için 27,50 kg/ağaç (Δ -4%); PRCP 705,5–469,9–511,2 mm/yıl; T2M 17,05–18,05–19,11 °C; RH 52,34–49,44–49,57%. Bu ilçede nispeten yüksek yağışlı, kurak-nem koşullarına yakın iklim koşullarından daha sıcak bir rejime geçiş, soğuklanma ve çiçeklenme senkronunu etkileyerek verimde dalgalanma yaratabilir.

Kirazda verim dinamikleri su stresi yanında kış soğuklama ve ilkbahar don riskleriyle yakından ilişkilidir; Akdeniz havzasında kış soğuklanmasının azalması çiçeklenme düzenini etkileyebilir (Fernandez ve diğ., 2023). Dolayısıyla modelin öngördüğü değişimler, fenolojik indekslerle birlikte ele alındığında daha güçlü bir ürün deseni kararı üretir. Bu nedenle su verimliliğini artıran uygulamalar (sulama zamanlaması, toprak nemini koruyan yönetim ve uygun çeşit seçimi) verim kaybı riskinin azaltılmasında kritik görünmektedir. Bununla birlikte yağış azalması yönündeki güçlü sinyal dikkate alındığında, artış yönlü tahminlerin sulama/çeşit/yönetim varsayımlarına duyarlı olabileceği ve yerel gözlemlerle doğrulanması gerektiği not edilmelidir. Bu ürün için ETc 786–873 mm/sezona aralığı, uygun sulama zamanlaması sağlanamadığında kırılganlık gösterebilir.