

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
2017-YL-35

BATI ANADOLU'DA KLİMATİK BÜYÜME
MEVSİMİ PARAMETRELERİNİN KONUMSAL
VE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİ

Ebru Elif ARSLANTAŞ

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Ercan YEŞİLİRMAK

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Ebru Elif ARSLANTAŞ tarafından hazırlanan “Batı Anadolu’da Klimatik Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Konumsal ve Zamansal Değişimleri” başlıklı tez, 03.08.2017 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN	ADÜ	
Üye: Prof. Dr. Erhan AKKUZU	EÜ	
Üye: Doç. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK	ADÜ	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu (tezin türü) tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla(tarih) tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

.../.../2017

Ebru Elif ARSLANTAŞ

ÖZET

BATI ANADOLU'DA KLİMATİK BÜYÜME MEVSİMİ PARAMETRELERİNİN KONUMSAL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİ

Ebru Elif ARSLANTAŞ

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK

2017, 46 sayfa

Antropojenik iklim değişikliği ile bağlantılı sıcaklık artışının bir takım iklimsel, meteorolojik ve biyolojik değişikliklere neden olması beklenmektedir. Bu değişikliklerden birisi de büyüme mevsimi parametreleri (büyüme mevsimi başlangıcı, büyüme mevsimi sonu ve büyüme mevsimi uzunluğu) ile ilgilidir. Bu çalışmada batı Anadolu'da Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen otuzbeş istasyonda 1966-2015 yılları arasında kaydedilen günlük ortalama sıcaklık verileri kullanılarak üç farklı eşik sıcaklıkta (5 °C, 7 °C ve 10 °C), iklimik büyüme mevsimi parametrelerinin konumsal ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Zaman serilerindeki eğilimlerin (trendlerin) önem düzeyi Mann-Kendall testi, eğilimlerin büyüklükleri ise Sen'in eğim testi yöntemleri kullanılarak saptanmıştır. Seri korelasyon katsayısı %5 düzeyinde önemli olan ve yüksek varyasyon katsayısı içeren serilere TFPW (Trend-Free Prewhitening) süreci uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, her üç eşik değer için de büyüme mevsimi başlangıç (büyüme mevsimi sonu) tarihi çalışma alanında güneybatıdan kuzeydoğuya ilerlemektedir (gerilemektedir). Büyüme mevsimi uzunluğu ise kuzeydoğudan güneybatıya doğru artış göstermektedir. Zamansal değişiminde ise büyüme mevsimi başlangıcı 5 °C, 7 °C ve 10 °C eşik değer için, sırasıyla, ortalama olarak 7,3, 10,0 ve 10,5 gün gerilerken; bitişi ise, sırasıyla, ortalama olarak 4,8, 6,1 ve 6,2 gün ilerlemiştir. Bunun sonucunda büyüme mevsimi uzunluğunda, yine sırasıyla, ortalama olarak 12,0, 16,6 ve 15,9 gün artış saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, büyüme mevsimi parametreleri, trend analizi, batı Anadolu

ABSTRACT

SPATIAL AND TEMPORAL VARIATIONS OF CLIMATIC GROWING SEASON PARAMETERS IN WESTERN ANATOLIA

Ebru Elif ARSLANTAŞ

M.Sc. Thesis, Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK

2017, 46 pages

The temperature increase associated with anthropogenic climate change is expected to result in a number of climatic, meteorological and biological changes. One of these changes is related to the growing season parameters (growing season start, growing season end and growing season length). In this study, daily mean air temperatures from 35 meteorological stations in Western Anatolia were analyzed for the spatio-temporal change of the climatic growing season parameters during the period 1966–2015. Statistical significance of trends were assessed by non-parametric Mann-Kendall test and magnitudes of trends were quantified by Sen's Slope Estimator. For series having significant serial correlation at %5 level and high coefficient of variation Trend-Free Prewhitening procedure were applied. The results showed that the beginning of the growing season (the end of the growing season) for all three threshold values delays (advances) from the southwest to the northeast. The growing season length increases from the northeast to the southwest. Temporally, the average start of the growing season for 5 °C, 7 °C and 10 °C base temperatures shifted 7.3, 10.0 and 10.5 days earlier, while the average end moved 4.8, 6.1 and 6.2 days later, increasing the length of the growing season by 12.0, 16.6 and 15.9 days, respectively.

Key Words: Global warming, growing season parameters, trend analysis, western Anatolia.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli tez danışmanım Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK'a ve hayatım boyunca koşulsuz sevgi ve desteği ile yanımda olan başta babam ve annem olmak üzere aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ebru Elif ARSLANTAŞ

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Çalışma Alanı	9
3.1.2. Veriler	9
3.2. Yöntem.....	11
3.2.1. Büyüme Mevsimi Parametreleri.....	11
3.2.2. Trend Analizi	12
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	15
4.1. Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Mekansal Dağılımları.....	15
4.1.1. Büyüme Mevsimi Başlangıcının (BMB) Mekansal Dağılımı	15
4.1.2. Büyüme Mevsimi Sonunun (BMS) Mekansal Dağılımı	15
4.1.3. Büyüme Mevsimi Uzunluğunun (BMU) Mekansal Dağılımı	18
4.2. Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Zamansal Değişimi	23
4.2.1. Büyüme Mevsimi Başlangıcının (BMB) Zamansal Değişimi.....	23

4.2.2. Büyüme Mevsimi Sonunun (BMS) Zamansal Değişimi	26
4.2.3. Büyüme Mevsimi Uzunluğunun (BMU) Zamansal Değişimi.....	29
5. SONUÇ	32
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	45

KISALTMALAR DİZİNİ

- BMB : Büyüme mevsimi başlangıcı
BMS : Büyüme mevsimi sonu
BMU : Büyüme mevsimi uzunluğu
NDVI : Normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi
 T_{GO} : Günlük ortalama sıcaklık
 T_{max} : Günlük maksimum sıcaklık
 T_{min} : Günlük minimum sıcaklık
YG : Yılın günü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. İstasyonların çalışma alanındaki konumları.....	11
Şekil 4.1. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMB değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.....	16
Şekil 4.2. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMS değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.....	19
Şekil 4.3. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMU değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.....	21
Şekil 4.4. Farklı eşik sıcaklıklar için BMB trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.	24
Şekil 4.5. Farklı eşik sıcaklıklar için BMS trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.	27
Şekil 4.6. Farklı eşik sıcaklıklar için BMU trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının coğrafi konumları (Anonim, 2017b)	10
Çizelge 4.1. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMB değerleri	17
Çizelge 4.2. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMS değerleri.....	20
Çizelge 4.3. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMU değerleri	22
Çizelge 4.4. Farklı eşik sıcaklıklarda BMB trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).	25
Çizelge 4.5. Farklı eşik sıcaklıklarda BMS trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).	28
Çizelge 4.6. Farklı eşik sıcaklıklarda BMU trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).	31

1. GİRİŞ

İklim sistemi; atmosferi, kara yüzeyini, karı ve buzu, okyanusları ve diğer su kütleleri ile canlıları içine alan karmaşık ve interaktif bir sistemdir ve iklim sisteminin atmosferik bileşeni, iklimi tanımlar (IPCC, 2007). İklim, “Hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi (bileşimi)” biçiminde ifade edilmektedir (Türkeş, 2001). İklim değişikliği, "İklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler" olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2012).

İklim sistemi kendi iç dinamiklerinin etkisi ve iklimi etkileyen dış faktörlerdeki (zorlamalardaki) değişimler nedeniyle zaman içinde değişmektedir. Dış zorlamalar içinde volkanik patlamalar ve güneş ışınımındaki değişimler gibi doğal fenomenler ile atmosferin bileşiminde insan etkisiyle meydana gelen değişimler de yer alır (IPCC, 2007). İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazları ve aerosoller, etki süreleri değişmekle birlikte, iklim değişikliklerine sebep olabilecek başlıca dış zorlama ve etmenlerdir (Türkeş, 2012). Karbondioksit en önemli sera gazlarından. Karbondioksit konsantrasyonu, başta fosil yakıt tüketiminden ikinci olarak da arazi kullanımındaki değişikliklerden ötürü sanayi devrimi öncesi dönemlerden bu yana % 40 oranında artmıştır. Bu artıştan dolayı günümüzdeki antropojenik kökenli küresel ısınma problemi ortaya çıkmıştır (IPCC, 2013). Küresel ısınma, “sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışı” şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2012).

İklim değişikliği, doğal değişkenler ya da insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak zamanla meydana gelmektedir. 1950'lerden sonra daha önce hiç gözlemlenmemiş bir şekilde değişimler meydana gelmiştir. Atmosfer ve okyanuslar 1880-2012 yıllarında 0,65-1,06 °C arasında ısınmıştır. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü 1967'den 2012 yılına kadar her on yılda bir Mart ve Nisan ayları için % 1,6 Haziran ayı için % 11,7 azalmıştır. Kuzey kutbunda denizin buzla kaplanan alanı

1979'den 2012'ye kadar on yılda % 3,5 - % 4,1 arasında değişen bir oranda azalmıştır. 19. yüzyıl ortalarından bu yana deniz seviyesindeki yükselme hızı, önceki iki bin yıldaki ortalama hızından daha yüksektir. 1901'den 2010'a kadar olan sürede, küresel ortalama deniz seviyesi 0,19 (0,17-0,21) m yükselmiştir (IPCC, 2013).

Küresel iklim değişikliğinin, iklim sisteminde birçok değişikliğe neden olması beklenmektedir. Bunlardan biri de bitkilerin büyüme mevsimi üzerindeki etkisidir. Son yıllarda, 20. yüzyıl boyunca büyüme mevsimi uzunluğundaki değişimleri inceleyen çalışmaların sayısında artış görülmüştür. Bunun ilginin temel nedeni, büyüme mevsimi uzunluğundaki değişimlerin, iklimsel bir gösterge olması ve önemli iklimsel uygulamaları içermesidir (Robeson, 2002).

Büyüme mevsimi uzunluğu (BMU), herhangi bir bölgede yetişen bitkinin büyümesinin gerçekleştiği gün sayısını temsil etmektedir. Bazı bitkiler uzun süren mevsimlere ihtiyaç duyarken bazıları daha kısa süreye ihtiyaç duyar. Büyüme mevsimi genellikle bir bölgede hangi bitkilerin yetiştirilebileceğini belirlemektedir. BMU, bölgeye ve iklime göre değişkenlik gösterir ve hava sıcaklığı, donlu gün sayısı, yağış veya gündüz saatleri gibi birçok faktöre bağlıdır (EPA, 2016).

BMU, ekosistem üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (White vd., 1999). BMU'daki değişimlere canlı organizmalar fenolojik takvimlerini değiştirerek tepki vermektedirler. Örneğin, büyüme mevsiminin başlangıcının daha erken olması, canlıların daha erken göç etmesine (memeliler, kuşlar, böcekler), kış uykusundan erken kalkmasına (böcekler, memeliler), daha erken yaprak açmasına (bitkiler) sebep olmaktadır. Bunun yanında, belirli bir türe ait bir popülasyona bağımlı olan diğer türlerin de (besin, tozlaşma ya da tohum dağılımı için) değişip değişmeyeceğine sebep olacaktır (Haggerty ve Mazer, 2008).

BMU'daki değişimler, ziraat ve ormancılık alanında etkisini göstermektedir. Kuzey enlemleri gibi bazı bölgelerde artan BMU, hasat sayısını ve mahsul verimini artırarak tarımsal üretime katkı sağlayabilir. Ayrıca, daha çok güney enlemlerde yetiştirilen meyve ve sebzeler için uygun koşullar oluşturabilir. (Wielgolaski, 2003; ACIA, 2004; Song vd., 2010). Bitkisel üretimin yanı sıra, BMU'daki böyle bir değişim su kullanımını da etkileyebilir. Örneğin, artan BMU

ile su kullanımında artış beklenirken, kısalması ile bitkinin olgunlaşması daha kısa süreceği için su kullanımı azalabilir (Backlund vd., 2008; Chritiansen vd., 2011).

Kar erimesi, yüzey akış gibi hidrolojik etmenler de BMU'dan etkilenmektedir. BMU'daki bir değişim evapotranspirasyonun artmasına, toprak neminin ve akarsu debilerinin azalmasına sebep olarak hidrolojik döngüyü etkileyebilir (Backlund vd., 2008; Chritiansen vd., 2011).

İklim değişikliğinin karasal bitki örtüsünün büyüme mevsimi üzerindeki etkisi fenolojik gözlemlerle, iklimsel ölçümlerle ve uzaktan algılama tabanlı göstergelerle analiz edilebilir (Liu vd., 2010).

Fenoloji, “çevresel olaylara bağlı olarak (özellikle mevsimsel sıcaklık ve yağış değişiklikleri) hayvanların veya bitkilerin yaşam döngüleri içindeki periyodik olayların incelenmesidir” (Cleland, 2007). Tomurcuklanma, çiçeklenme, yaprakların açılması, sararması ve dökülmesi gibi (bitki fenofazları), belirli gelişim evreleri karasal bitki örtüsünün mevsimsel büyüme ve olgunlaşmasının ölçütüdür. Büyüme mevsimi uzunluğu, fenolojik olarak tomurcuklanma ve yaprak dökme arasındaki dönem olarak ifade edilebilir. Artan sıcaklıklar, artan CO₂ oranı, azot (N) birikimi ve yağış değişiklikleri gibi çeşitli çevresel değişimler, fenolojide değişikliğe neden olarak bitkilerin fizyolojik süreçlerini etkileyebilir. Örneğin, ısınma hem çiçeklenme hem de yeşilliği hızlandırmaya meyillidir. Diğer çevresel değişimlere fenolojik tepkiler farklıdır (Cleland vd., 2006; Liu vd., 2010). Büyüme mevsimi uzunluğunun fenolojik olarak belirlenmesinde genellikle bitkilerin ilkbahar fenolojisinden (tomurcuklanma, çiçeklenme ve yaprak açma vb.) yararlanılmıştır. Çünkü değişimi etkileyen en önemli faktörler, sonbahar fenolojisinde çok net gözlemlenemez ve heterojen bir dağılım sergilemektedir (Walther vd., 2002). Fenolojik bilgiler genellikle belli aralıklarla insanlar tarafından direkt gözlemlenmesinden elde edilir. Bu tür ölçümler yüksek kalitededir ve bitkilerin iklime olan tepkilerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Ancak gözlemler için yeterli çaba ve zaman olması gerekir ve genellikle sınırlı bir coğrafi bölgedeki sınırlı sayıda birey üzerinde yapılmaktadır (Richardson vd., 2009; Shen vd., 2012).

Büyüme mevsimi uzunluğunun belirlenmesinde alternatif bir yaklaşım ise uzaktan algılama tabanlı göstergelerin kullanımınıdır. Uydulardaki optik sensörlerden elde

edilen vejetasyon indeks dizilerinin zaman serileri, yıl boyunca vejetasyon gelişimi hakkında bilgi vermektedir (Vrieling vd., 2013). Farklı sensörlerin farklı mekansal, zamansal, spektral ve radyometrik özelliklere sahip olması nedeniyle, uygun sensörlerin seçimi önem arz etmektedir. En çok uygulanan sensörler Landsat (genellikle TM and ETM+), SPOT, MODIS, NOAA–AVHRR, IKONOS ve QuickBird'dür (Xie vd., 2008). Sensör verilerini hazırlamak için bir dizi spektral dönüşüm uygulanmaktadır. Genel olarak vejetasyon indeksleri olarak adlandırılan bu dönüşümler, kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boylarındaki bitki örtüsünün yansıtıcı yapısından yararlanır (Reed vd., 2009). Vejetasyon indeksleri arasındaki en yaygın kullanılanı, normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI)'dir (Myneni vd., 1995). NDVI, klorofil gibi yaprak pigmentleri tarafından absorbe edilen enerjinin miktarını gösteren bitki örtüsünün kırmızı ve yakın kızılötesi bantları arasındaki kontrastı belirtir (Zhou vd., 2001).

Bir grup araştırmacı ise, büyüme mevsimi uzunluğunu iklimik veri kullanarak incelemiştir. Sıcaklık, bitki büyümesinde kilit bir role sahiptir ve sıcaklığa bağlı olarak türetilmiş bazı değişkenler bitkilerin büyüme koşullarını dolaylı göstergeleri olarak kullanılabilir (Liu vd., 2010). Başka bir ifadeyle, büyüme mevsimi iklimolojik olarak da tanımlanabilir. Belirli bir bölgedeki iklim koşullarına bağlı olarak çeşitli sınırlayıcı faktörler (sıcaklık, yağış, toprak parametreleri, su mevcudiyeti vb.) göz önüne alınmalıdır. Örneğin, yüksek enlemlerde sıcaklık ve ışık bitki gelişimini başlatan iki faktörken, alçak enlemlerde yağış ve buharlaşma da dikkate alınmalıdır. Bunların yanı sıra, geniş kapsamda bir mekânsal ve zamansal analiz yapılabilmesi için sıcaklık tek başına yeterli bir faktör olarak da görülmektedir. Bu yaklaşım, verilere ulaşımı kolaylaştırırken aynı zamanda ham verileri daha anlaşılır kılmaktadır. Uzun dönemli sıcaklık kayıtlarına ulaşılabildiği için de analizler daha uzun döneme yayılabilmektedir. Fakat, iklimlerdeki bölgesel farklılıklardan ötürü evrensel bir tanımlama mevcut değildir (Walther ve Linderholm, 2006). Yine de, iklimik (termal) büyüme mevsimi, büyümenin teorik olarak gerçekleştiği tüm süreyi ifade eder ve “gerçek” büyüme periyodundan ayırt edilmelidir (Carter, 1998; Linderholm, 2006).

Bu çalışmada, 5 °C, 7 °C ve 10 °C eşik değerleri için iklimik büyüme mevsimi parametrelerinin (başlangıç, bitiş ve uzunluk) 1966 ile 2015 arasındaki ortalama değerlerinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı ile yıllık değerlerinin aynı dönemdeki monotonik zamansal değişimi incelenmiştir. İklimik (veya termal)

büyüme mevsimindeki söz konusu değişimlerin belirlenmesine yönelik bir çalışma ülkemizin tamamı veya bir bölgesi için henüz yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma ülkemiz için bir ilk niteliğindedir. Elde edilecek sonuçların, tarımsal araştırmacılar için bir temel kaynak olması beklenmektedir. Ayrıca, çalışma sonuçları, çalışma alanında büyüme mevsimi parametrelerinin küresel ısınmadan etkilenme derecesi ortaya koyacaktır. Küresel ısınma bağlamında ortaya çıkabilecek sorunların/fırsatların değerlendirilmesinde yön gösterici olabilecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Büyüme mevsimi uzunluğunun fenolojik olarak incelenmesinde genellikle bitkilerdeki ilkbahar fenolojik olayları (çiçeklenme, yeşillenme gibi) ile artan sıcaklıklar arasındaki ilişki incelenmiştir (örneğin, Sparks ve Carey, 1995; Ahas, 1999; Fitter ve Fitter, 2002; Menzel vd., 2001). Son yıllarda farklı coğrafi bölgelerdeki çeşitli bitki türlerinden elde edilen bu fenolojik veriler, ilkbahar fenolojik olaylarının daha erken meydana geldiğini göstermektedir. Sonbahar fenolojik olaylarının ise tanımlanması zor olduğu için hakkında daha az bilgi mevcuttur. Eldeki veriler son yıllarda sonbahar fenolojisinde bir gecikme olduğunu göstermektedir (Sparks ve Menzel, 2002).

Uydu verilerinden yararlanarak büyüme mevsimi uzunluğunun belirlenmesinde genellikle NDVI bitki örtüsü indeksi kullanılarak çeşitli coğrafi bölgelerden birçok çalışma yapılmıştır (Myneni vd., 1997; Zhou vd., 2001; Stöckli ve Vidale, 2004; Tang vd., 2015). Bu çalışmalarda BMU'da artışlar saptanmıştır.

Klimatik büyüme mevsimi uzunluğunun evrensel bir tanımı yoktur. Çeşitli sıcaklık indeksleri tanımlarıyla analizler yapılmıştır. Bu tanımlardan biri, ilkbahar son don tarihi ile sonbahar ilk don tarihi arasındaki dönemdir. Don tarihleri, günlük minimum sıcaklıklardaki belirli eşik değerlerle ifade edilebilir. Eşik değerler ise bitkinin türüne, yaşam koşullarına ve gelişim evrelerine göre seçilmelidir (Skaggs ve Bagger, 1985). Brinkmann (1979) yaptığı bir çalışmada tek eşik değer sonuçlar üzerinde yanıtıcı olabileceğini belirtmiştir.

Skaggs ve Bager (1985) Minnesota'da 5 kırsal istasyondaki 1899-1982 yılları arasında ilkbahar son don ve sonbahar ilk don tarihleri arasındaki büyüme mevsimi uzunluğunu (BMU) incelemiştir. Eşik değer olarak minimum sıcaklıklarda (T_{min}) $-4,4$ °C, $-2,2$ °C ve 0 °C kullanmışlardır. Araştırmacılar genel olarak BMU'da bir artış olduğunu gözlemlemiştir. Kesin olmamakla birlikte bu artışın nedeni daha erken son don tarihleri ve daha geç ilk don tarihleridir. Fakat değişen sıcaklıklarla ilişkilendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Robeson (2002) yaptığı bir çalışmada, ABD'nin Illinois eyaletindeki 36 istasyona ait 1906-1997 yılları arasındaki günlük minimum sıcaklık (T_{min}) değerlerini

kullanarak ilkbahar ve sonbahar don tarihlerini yani büyüme mevsimi uzunluğunu analiz etmiştir. $-4,4^{\circ}\text{C}$, $-2,2^{\circ}\text{C}$, 0°C ve $5,6^{\circ}\text{C}$ eşik T_{\min} değerlerini kullanarak büyüme mevsimi uzunluğunun başlangıç ve bitiş tarihlerini (ilkbahar son don ve sonbahar ilk don tarihleri) belirlemiştir. $5,6^{\circ}\text{C}$ eşik değerini soğuğa duyarlı bitkiler için (örneğin, sıcak mevsim sebzeleri) kullanışlı bir iklimsel gösterge olarak, diğer 3 eşik değeri ise kademeli olarak daha sert don olaylarını temsil ettiği için seçmiştir. Sonuç olarak, ilkbahar son don tarihlerinin gerilediğini, sonbahar ilk don tarihlerinin istikrarlı bir şekilde ilerlediğini gözlemiştir. Bu bağlamda büyüme mevsimi uzunluğunun yaklaşık bir hafta uzadığını saptamıştır.

Bunun yanında, BMB ve BMS, art arda belirli sayıda gün boyunca günlük ortalama sıcaklığın bir eşik değere eşit olduğu dönem temel alınarak da ifade edilebilir. Orta ve yüksek enlem bölgeleri için, ortalama sıcaklıklarda 5°C eşik değeri iklimik büyüme mevsimi uzunluğu için genel olarak kabul edilen bir değerdir. Çünkü genellikle bitki vejetasyonunu başlatan en düşük sıcaklık 5°C olarak bilinmektedir (Linderholm, 2006).

Linderholm vd. (2008), kuzey Avrupa'da (Büyük Baltık bölgesi) 49 istasyona ait 1901-2000 döneminde 100 yıllık günlük ortalama sıcaklık (T_{GO}) verilerini kullanarak büyüme mevsimi parametrelerindeki değişimleri incelemiştir. Büyüme mevsimi indekslerinde don kriterini de ele almışlardır. BMB, sonbahar ilk don olayından sonra ilk kez $T_{GO} > 5^{\circ}\text{C}$ olduğu art arda 6 günün son günü, BMS ise $T_{GO} < 5^{\circ}\text{C}$ olduğu ilk 10 günlük periyodun ilk günü olarak tanımlamışlardır. BMU'yu (BMB ile BMS arasındaki dönem), 1901-1950, 1951-2000 ve 1901-2000 olarak 3 ayrı dönem için incelemiştir ve 1951-2000 döneminde 1 hafta uzadığını saptamışlardır

Menzel vd. (2003), Almanya'da 41 istasyon için 1951-2000 yılları arasındaki büyüme mevsimi uzunluğunu iklimik ve fenolojik olarak incelemiştir. İklimik eşik değer olarak günlük minimum sıcaklık (T_{\min}) ile günlük ortalama sıcaklığı (T_{GO}) ayrı ayrı incelemiştir. T_{\min} için -5°C , -3°C ve 0°C eşik değerleri ile T_{GO} için 5°C , 7°C ve 10°C eşik değerlerini kullanmışlardır. Günlük minimum sıcaklıklardaki 0°C (-3°C ve -5°C) eşik değer için ilkbahar son don tarihinin (BMB) ortalama 0,24 (0,23 ve 0,32) gün/yıl olarak gerilediğini, sonbahar ilk don tarihinin (BMS) ise 0,25 gün/yıl (0,17 ve 0,07) ilerlediğini saptamışlardır. Günlük ortalama sıcaklıklarda ise 5°C (7°C ve 10°C) eşik değerini ilk aşan

tarihin (BMB) ise 0,13 (0,21 ve 0,09) gün/yıl olarak gerilerken, eşik değeri son kez aşan tarihin (BMS) 0,09 (0,14 ve 0,00) gün /yıl ilerlediğini saptamışlardır. Sonuç olarak, büyüme mevsimi uzunluğu seçilen kritere bağlı olarak 0,11 ile 0,49 gün/yıl arasında uzamış olduğunu belirlemişlerdir.

Liu vd. (2010) Çin’de 1955-2000 yılları arasındaki büyüme mevsimi uzunluğunun istatistiksel değişimini inceledikleri çalışmalarında Menzel vd. (2003) benzer olarak T_{GO} ’da 0 °C, 5 °C, 10 °C, ve 15 °C olmak üzere 4 farklı eşik değeri kullanmışlardır. Söz konusu dönem içerisinde, seçilen kritere bağlı olarak büyüme mevsimi başlangıcının 4,6–5,5 gün gerilediğini, bitişinin 1,8–3,7 gün ilerlediğini ve büyüme mevsimi uzunluğu da 6,9–8,7 gün arttığını saptamışlardır.

Frich vd. (2002) BMU, $T_{GO} > 5$ °C olduğu 6. gün ile $T_{GO} < 5$ °C olduğu 6. gün arasındaki dönem olarak tanımladıkları çalışmalarında küresel olarak İzlanda hariç Kuzey yarımküre’nin orta enlemlerin büyük bölümünde iklimatik büyüme mevsimi uzunluğunda artış saptanmışlardır.

Dong vd. (2013) Kuzeydoğu Çin’de 81 meteorolojik istasyondaki 1960-2009 yılları arasındaki günlük ortalama sıcaklıkları analiz etmişlerdir. BMU, Frich vd. (2002) yaptıkları çalışmadaki tanıma ek olarak don kriterini ($T_{GO} < 0$ °C olduğu zaman) de dikkate alarak tanımlamışlardır. Analizler sonucunda çalışma dönemi boyunca, büyüme mevsimi başlangıcının 7,9 gün gerilemesinin sonucu olarak, büyüme mevsimi uzunluğunun 13,3 gün uzamış olduğunu saptamışlardır. Aynı zamanda enlem değerlerinin büyüme mevsimi uzunluğu parametrelerini güçlü bir şekilde etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Mozafari ve Torki (2015) İran’ın batısındaki 8 sinoptik istasyonda kaydedilen 49 yıllık (1961-2009) T_{min} verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, BMB’yi sonbahar ilk son tarihinden sonra $T_{min} > 5$ °C veya 10 °C olduğu ilk 5 günlük dönemin ilk günü, BMS’yi ise $T_{min} < 5$ °C veya 10 °C olduğu ilk 5 günlük periyodun ilk günü olarak tanımlamışlar. Sonuç olarak, çoğu çalışmanın aksine bazı istasyonlarda BMU’da kısalma olduğunu tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Ülkemizin batısında yer alan, Balıkesir, Çanakkale, Bursa, İzmir, Manisa, Uşak, Kütahya, Denizli, Aydın, Muğla, Burdur ve Antalya illerini kısmen veya tamamen içine alan yaklaşık 130.000 km²'lik bir alan çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu alan 36° - 40° kuzey enlemleri ile 26° - 30° doğu boylamları arasında yer almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyde Marmara Denizi, güneyde Akdeniz batıda da Ege Denizi ile sınırlanmıştır. Bölgenin başlıca dağları, Aydın Dağları, Bozdağlar, Kaz Dağı, Uludağ ve Batı Torosların bir kısmıdır. Büyük Menderes, Küçük Menderes, Bakırçay, Susurluk, Gediz ve Dalaman bölgenin başlıca akarsularıdır. Ulubat, Manyas, Marmara, Köyceğiz, Bafa ve Salda gölleri bölgenin başlıca göllerindedir (Anonim, 2017a).

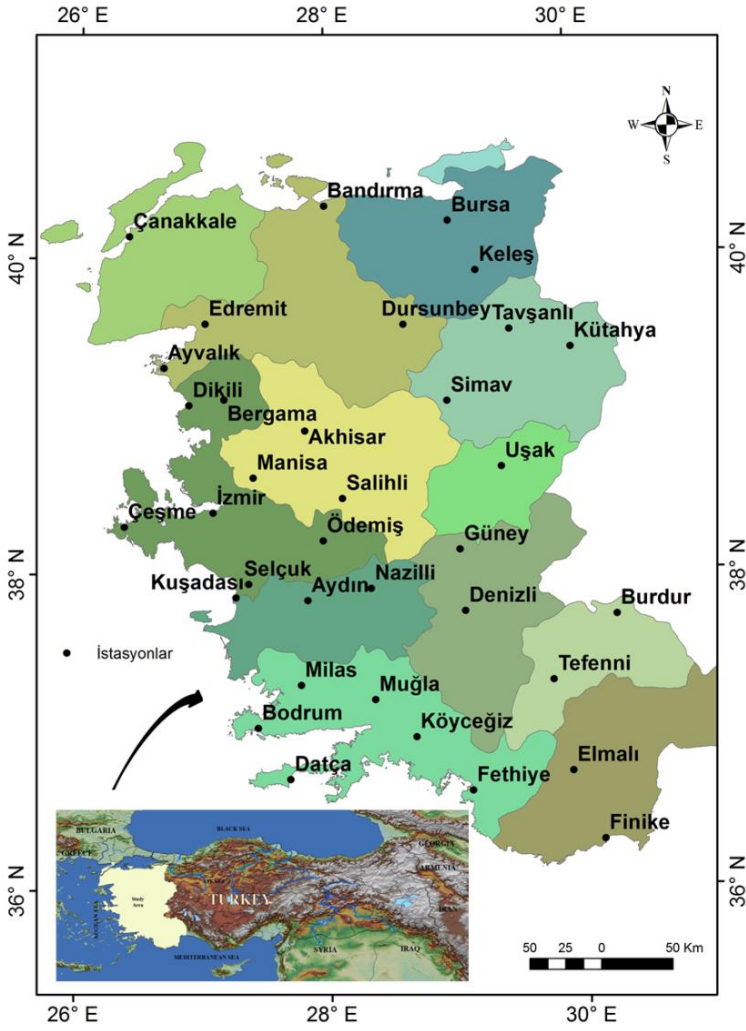
Çalışma alanında genel olarak Akdeniz ve Marmara (geçiş) iklimleri hakimdir. Güneyde Akdeniz iklimi, kuzeye doğru Marmara iklimi görülmektedir. Akdeniz ikliminde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Kar yağışı ve don olayları kıyı kesimlerde nadir rastlanırken yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Marmara iklimi ise karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş iklimidir. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar kışı soğuk, yazı da kurak geçmemektedir (Şensoy vd., 2008).

3.1.2. Veriler

Bu tez çalışmasında ham veri olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen otuz beş büyük klima istasyonda 1966-2015 yılları arasında kaydedilmiş günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Günlük ortalama sıcaklık, günlük minimum sıcaklık ile maksimum sıcaklığın aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu istasyonların enlem ve boylamları ile denizden yükseklikleri Çizelge 3.1'de verilmiş; havza içindeki konumları ise Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının coğrafi konumları (Anonim, 2017b)

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
Akhisar	38,9118 K	27,8233 D	92
Aydın	37,8402 K	27,8379 D	56
Ayvalık	39,3113 K	26,6861 D	4
Bandırma	40,3315 K	27,9965 D	63
Bergama	39,1098 K	27,1710 D	53
Bodrum	37,0328 K	27,4398 D	26
Burdur	37,7220 K	30,2940 D	957
Bursa	40,2308 K	29,0133 D	100
Çanakkale	40,1410 K	26,3993 D	6
Çeşme	38,3036 K	26,3724 D	5
Datça	36,7083 K	27,6919 D	28
Denizli	37,7620 K	29,0921 D	425
Dikili	39,0737 K	26,8880 D	3
Dinar	38,0597 K	30,1531 D	864
Dursunbey	39,5778 K	28,6322 D	637
Edremit	39,5895 K	27,0192 D	21
Elmalı	39,7372 K	29,9121 D	1095
Fethiye	36,6266 K	29,1238 D	3
Finike	36,3024 K	30,1458 D	2
Güney	38,1515 K	29,0587 D	825
İzmir	38,3949 K	27,0819 D	29
Keleş	39,9150 K	29,2313 D	1063
Köyceğiz	36,9700 K	28,6869 D	24
Kuşadası	37,8597 K	27,2652 D	25
Kütahya	39,4171 K	29,9891 D	969
Manisa	38,6153 K	27,4049 D	71
Milas	37,3027 K	27,7804 D	57
Muğla	37,2095 K	28,3668 D	646
Nazilli	37,9135 K	28,3437 D	84
Ödemiş	38,2157 K	27,9642 D	111
Salihli	38,4831 K	28,1234 D	111
Selçuk	37,9445 K	27,3673 D	17
Simav	39,0925 K	28,9786 D	809
Tavşanlı	39,5384 K	29,4941 D	833
Tefenni	37,3161 K	29,7792 D	1142
Uşak	38,6712 K	29,4040 D	919



Şekil 3.1. İstasyonların çalışma alanındaki konumları

3.2. Yöntem

3.2.1. Büyüme Mevsimi Parametreleri

Klimatik büyüme mevsimi parametrelerinin (başlama, bitiş ve uzunluk) evrensel bir tanımı mevcut değildir (Walther ve Linderholm, 2006). Bu çalışmada, Menzel vd. (2003) tarafından önerilen tanımlamalar kullanılmıştır:

Büyüme mevsiminin başlangıcı (BMB): Günlük ortalama sıcaklığın (T_{GO}) devamlı surette eşik sıcaklığa eşit veya daha fazla olduğu ve tekrar eşik sıcaklığın altına düşmediği periyodun ilk günü.

Büyüme mevsiminin sonu (BMS): Günlük ortalama sıcaklığın (T_{GO}) devamlı surette eşik sıcaklığa eşit veya daha fazla olduğu ve tekrar eşik sıcaklığın altına düşmediği periyodun son günü.

Büyüme mevsimi uzunluğu (BMU): Büyüme mevsimi başlangıcından sonuna kadar geçen süre.

Eşik sıcaklıklar için, yine Menzel vd. (2003) tarafından önerilen üç eşik sıcaklık değeri kullanılmıştır. Söz konusu büyüme mevsimi parametreleri tüm istasyonlarda her üç eşik sıcaklık için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu eşik sıcaklıklar aşağıda verilmiştir:

a) $T_{GO} \geq 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

b) $T_{GO} \geq 7 \text{ } ^\circ\text{C}$

c) $T_{GO} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$

3.2.2. Trend Analizi

Büyüme mevsimi parametrelerinin zamansal değişiminin (trendinin) istatistiksel önem düzeyi parametrik-olmayan Mann-Kendall testi kullanılarak belirlenmiştir.

Mann-Kendall testi parametrik olmayan bir test olup hidrolojide ve klimatolojide yaygın olarak kullanılmaktadır (Partal ve Kahya, 2006; Tabari ve Talae, 2011). Bu testte zamana göre sıralanmış x_1, x_2, \dots, x_n gözlemleri H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış tesadüfi değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise seride bir trend vardır. Bu testte Mann-Kendall test istatistiği aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Salmi vd., 2002):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

Yukarıdaki eşitlikte,

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } x_j - x_k > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } x_j - x_k = 0 \text{ ise} \\ -1, & \text{eğer } x_j - x_k < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

On'dan daha büyük veri kümeleri için, test istatistiği S 'nin dağılımı için normal dağılım kullanılabilir ve bu durumda S 'nin varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

burada q veri kümesi içinde birbirine eşit değerlerin oluşturduğu grupların sayısı ve t_p de p 'inci gruptaki veri sayısıdır. S ve $\text{VAR}(S)$ hesaplandıktan sonra, standart normal değişken Z hesaplanır:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{eğer } S > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } S = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{eğer } S < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

Z 'nin negatif değerleri azalan yönde, pozitif değerleri ise artan yönde bir trend olduğunu gösterir. α önem düzeyinde (iki-yönlü test) azalan veya artan yönde bir trend olup olmadığına, hesaplanan Z değerinin kritik Z değeri ile karşılaştırılmasıyla karar verilir. Eğer, Z 'nin mutlak değeri, standart normal dağılım tablosundan elde edilen $Z_{1-\alpha/2}$ 'den büyük ise, H_0 reddedilir.

Trendlerin eğimleri (zamansal değişim oranları) Sen'in Eğim Testi (Sen's Slope Estimator) ile belirlenmiştir. Sen'in eğim testi, parametrik olmayan bir yöntem olup trendin büyüklüğü, β , veri kümesi içindeki olası tüm ikili çiftlerin medyanıdır (Salmi vd., 2002; Patal ve Kahya, 2006):

$$\beta = \text{Medyan} \left(\frac{x_j - x_k}{j - k} \right), \quad \forall j > k$$

Bu yöntem, diğer parametrik olmayan testler gibi, ekstrem değerlerden etkilenmez.

Mann-Kendall yönteminin uygulanabilmesi için, zaman serisinin seri korelasyon içermemesi gerekir. Eğer verilerde pozitif seri korelasyon varsa, Mann-Kendall yöntemi trendi olduğundan fazla tahmin eder. Bunun yanında, zaman serisi AR(1) süreci içermiyor fakat bir trende sahip ise, bu trend nedeniyle zaman serisinde istatistiksel olarak önemli seri korelasyon olma olasılığı vardır. Bu nedenle, trend ile birlikte seri korelasyon etkisini dikkate alan, Yue vd. (2002) tarafından önerilen TFPW (Trend-Free Prewhitening) yöntemi uygulanmıştır (Burn vd., 2004)

- 1) Veri serisinin eğimi Sen'in eğim testi ile bulunur ve bu eğim orijinal seriden çıkarılır. Böylece, veri serisi trendden ayıklanır (detrending).
- 2) Trendden ayıklanmış (detrended) serinin lag-1 (r_1) seri korelasyon katsayısı hesaplanır.
- 3) Hesaplanan r_1 , %5 düzeyinde önemli değilse, Mann-Kendall testi orijinal veri serisine uygulanır.

Eğer hesaplanan r_1 istatistiksel olarak önemli ise, trendi ayıklanmış seriden AR(1) süreci çıkarılır. Ardından, elde edilen kalıntılarla birinci adımda elde edilen eğim birleştirilir. Böylece, elde edilen seri trend içermekte fakat seri korelasyon içermemektedir. Sonra, bu seriye Mann-Kendall testi uygulanarak trendin önem düzeyi belirlenir. Diğer taraftan, bütün örnek sayılarında varyasyon katsayısı çok düşük ($C_v = 0.1$) ise, "prewhitening" uygulanmayabilir (Bayazıt ve Önöz, 2007).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

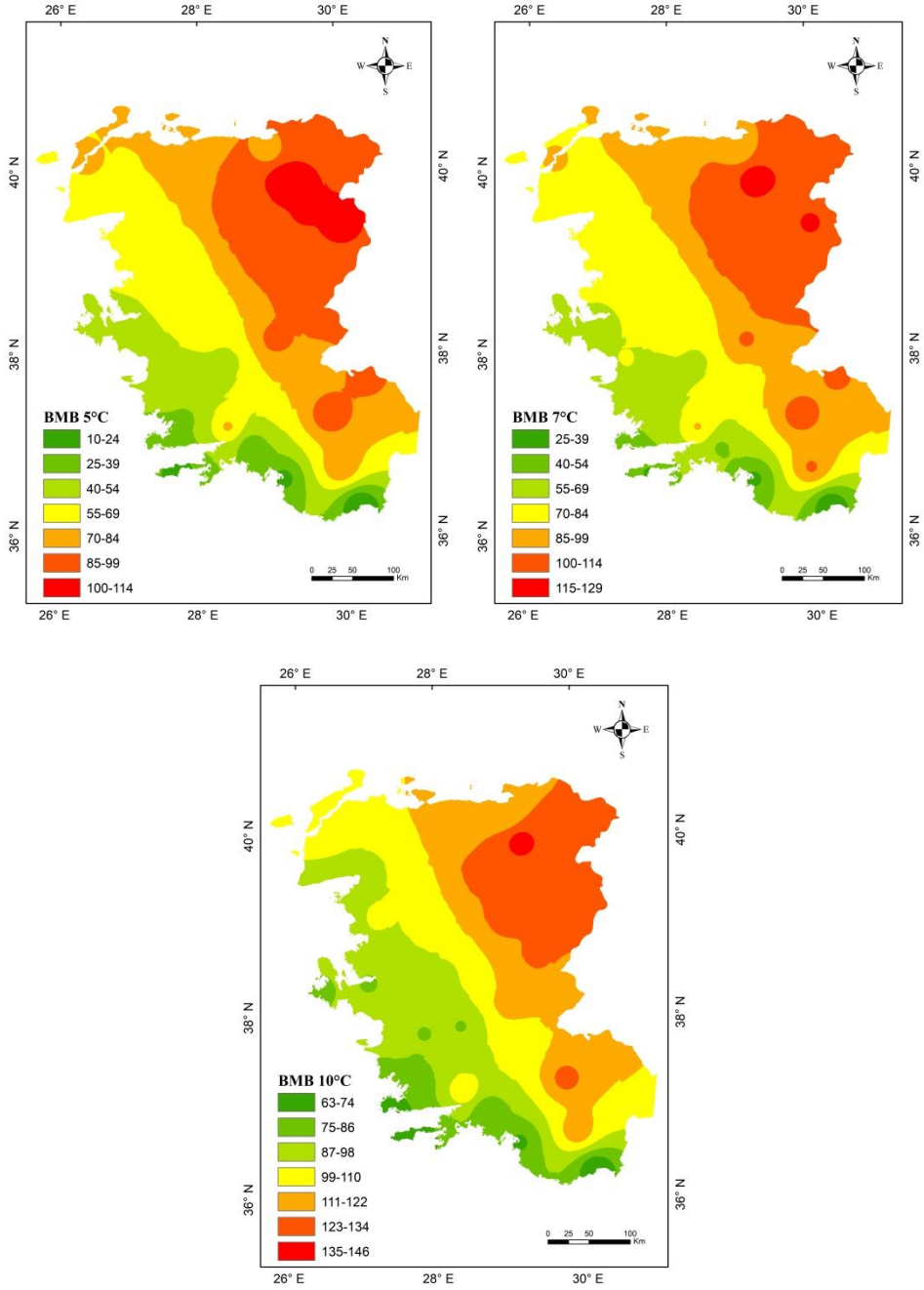
4.1. Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Mekansal Dağılımları

4.1.1. Büyüme Mevsimi Başlangıcının (BMB) Mekansal Dağılımı

Çalışma sahasında bulunan 35 istasyona ait 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için 1966-2015 yılları arasındaki ortalama büyüme mevsimi başlangıç (BMB) değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Bu değerler, BMB’nin yılın hangi gününe (YG, Yılın Günü) denk geldiğini göstermektedir. Örneğin, Akhisar’da, büyüme mevsimi başlangıcı (BMB) 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için ortalama olarak, sırasıyla yılın 65., 78. ve 99. günleridir. BMB’nin ortalama değerlerinin çalışma alanı içindeki mekânsal dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde BMB’nin mekansal dağılımının her üç eşik değer için de benzer bir değişim deseni sergilediği görülmektedir. Bu değişim deseni, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir artış şeklindedir. En küçük ortalama BMB 5°C ve 7°C için Finike’de (sırasıyla, yılın 10. ve 27. günü), 10°C için Datça’da (yılın 63. günü); en yüksek ortalama BMB 5°C, 7°C ve 10°C eşik değerleri için Keleş istasyonunda (sırasıyla, yılın 113., 124. ve 140. günü) gözlemlenmiştir. Ortalama BMB’nin en küçük ve en büyük değerleri arasında 5°C için 103 gün, 7°C için 97 gün, 10°C için 77 gün bir aralık bulunmaktadır.

4.1.2. Büyüme Mevsimi Sonunun (BMS) Mekansal Dağılımı

Çalışma sahasında bulunan 35 istasyona ait 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için 1966-2015 yılları arasındaki ortalama büyüme mevsimi sonu (BMS) değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Bu değerler, BMS’nin yılın hangi gününe (YG, Yılın Günü) denk geldiğini göstermektedir. Örneğin, Aydın’da, büyüme mevsimi sonu (BMS) 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için ortalama olarak, sırasıyla yılın 351., 338. ve 324. günleridir. Bu değerlerin çalışma alanı içindeki mekânsal dağılımı Şekil 4.2’de verilmiştir. Mekansal dağılım her üç eşik değer için de benzer bir değişim deseni sergilemektedir. Bu değişim, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir azalış şeklindedir. Büyüme mevsimi, çalışma alanının güneybatı kesimlerinde daha geç sonlanırken, kuzeydoğu yönüne doğru nispeten daha erken sona ermektedir.



Şekil 4.1. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMB değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.1. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMB değerleri

İstasyonlar	Büyüme Mevsimi Başlangıcı (Yılın Günü)		
	5 °C	7 °C	10 °C
Akhisar	65	78	99
Aydın	45	63	85
Ayvalık	55	72	91
Bandırma	79	92	111
Bergama	65	80	101
Bodrum	24	48	69
Burdur	88	101	116
Bursa	78	90	111
Çanakkale	71	85	103
Çeşme	39	59	83
Datça	17	38	63
Denizli	69	81	101
Dikili	55	75	95
Dursunbey	94	105	125
Edremit	61	73	96
Elmalı	83	101	118
Fethiye	20	36	72
Finike	10	27	64
Güney	91	101	119
İzmir	45	64	84
Keleş	113	124	140
Köyceğiz	29	52	77
Kuşadası	48	65	87
Kütahya	102	115	130
Manisa	61	76	96
Milas	37	56	83
Muğla	71	85	109
Nazilli	48	65	85
Ödemiş	59	75	98
Salihli	65	76	97
Selçuk	54	71	92
Simav	95	108	126
Tavşanlı	100	111	128
Tefenni	96	108	127
Uşak	93	106	124

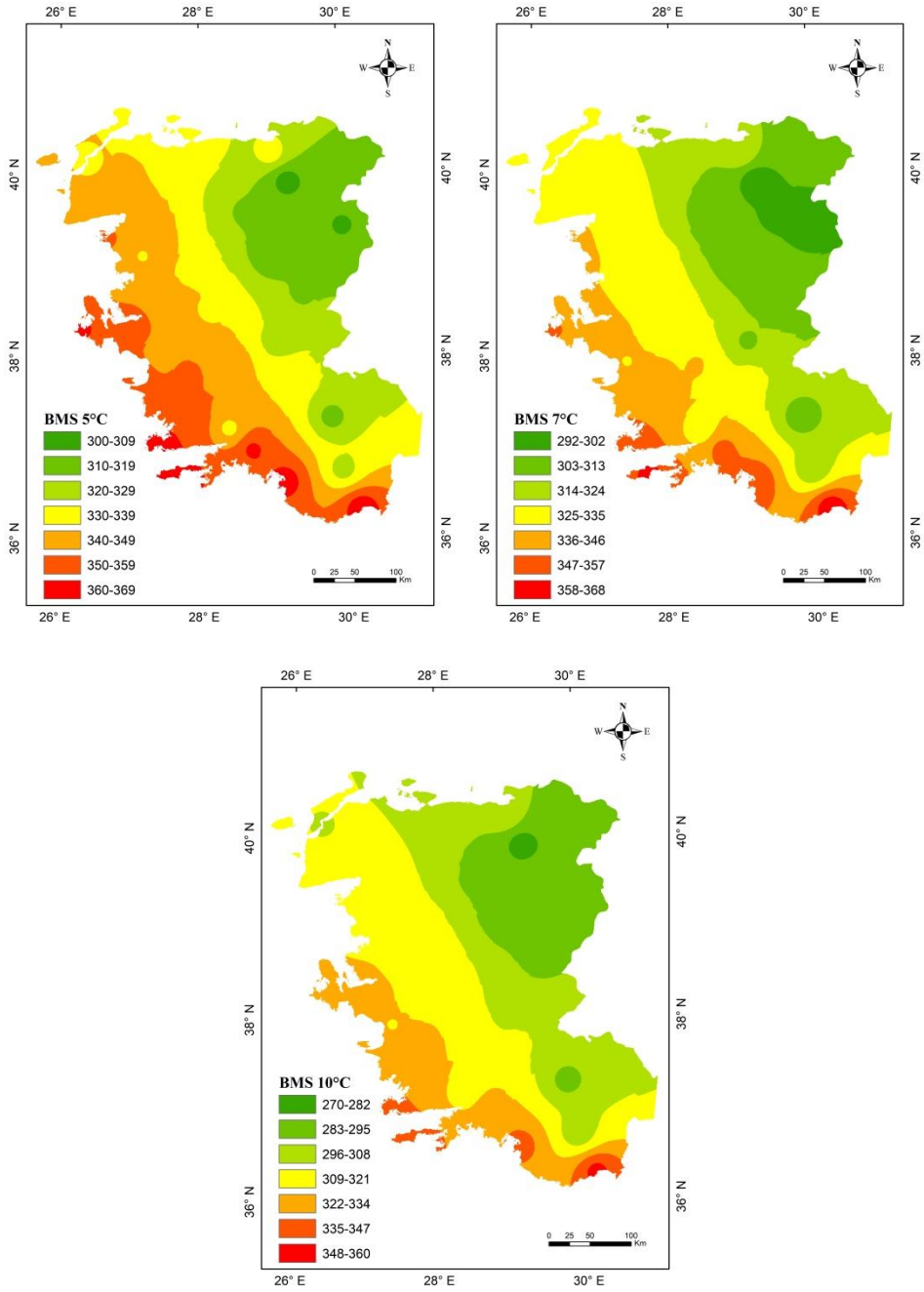
En büyük ortalama BMS 5°C için Finike’de ve Datça’da (yılın 365. günü), 7°C ve 10°C için Finike’de (sırasıyla, yılın 364. ve 351. günü), en küçük ortalama BMS 5°C, 7°C ve 10°C eşik değerleri için Keleş istasyonunda (sırasıyla yılın 304., 294. ve 275. günü) gözlemlenmiştir. Ortalama BMS en küçük ve en büyük değerleri

arasında 5°C için 61 gün, 7°C için 70 gün, 10°C için 76 gün bir aralık bulunmaktadır.

4.1.3. Büyüme Mevsimi Uzunluğunun (BMU) Mekansal Dağılımı

Çalışma sahasında bulunan 35 istasyona ait 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıklar için 1966-2015 yılları arasındaki ortalama büyüme mevsimi uzunluğu (BMU) değerleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Bu değerler, BMU'nun süresini göstermektedir. Örneğin, Bodrum'da, büyüme mevsimi uzunluğu (BMU) 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için ortalama olarak, sırasıyla 339, 309. ve 269 gün sürmektedir. Bu değerlerin çalışma alanı içindeki mekânsal dağılımı Şekil 4.3.'de verilmiştir. Mekansal dağılım her üç eşik değer için de benzer bir değişim deseni sergilemektedir. Bu değişim, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir azalış şeklindedir.

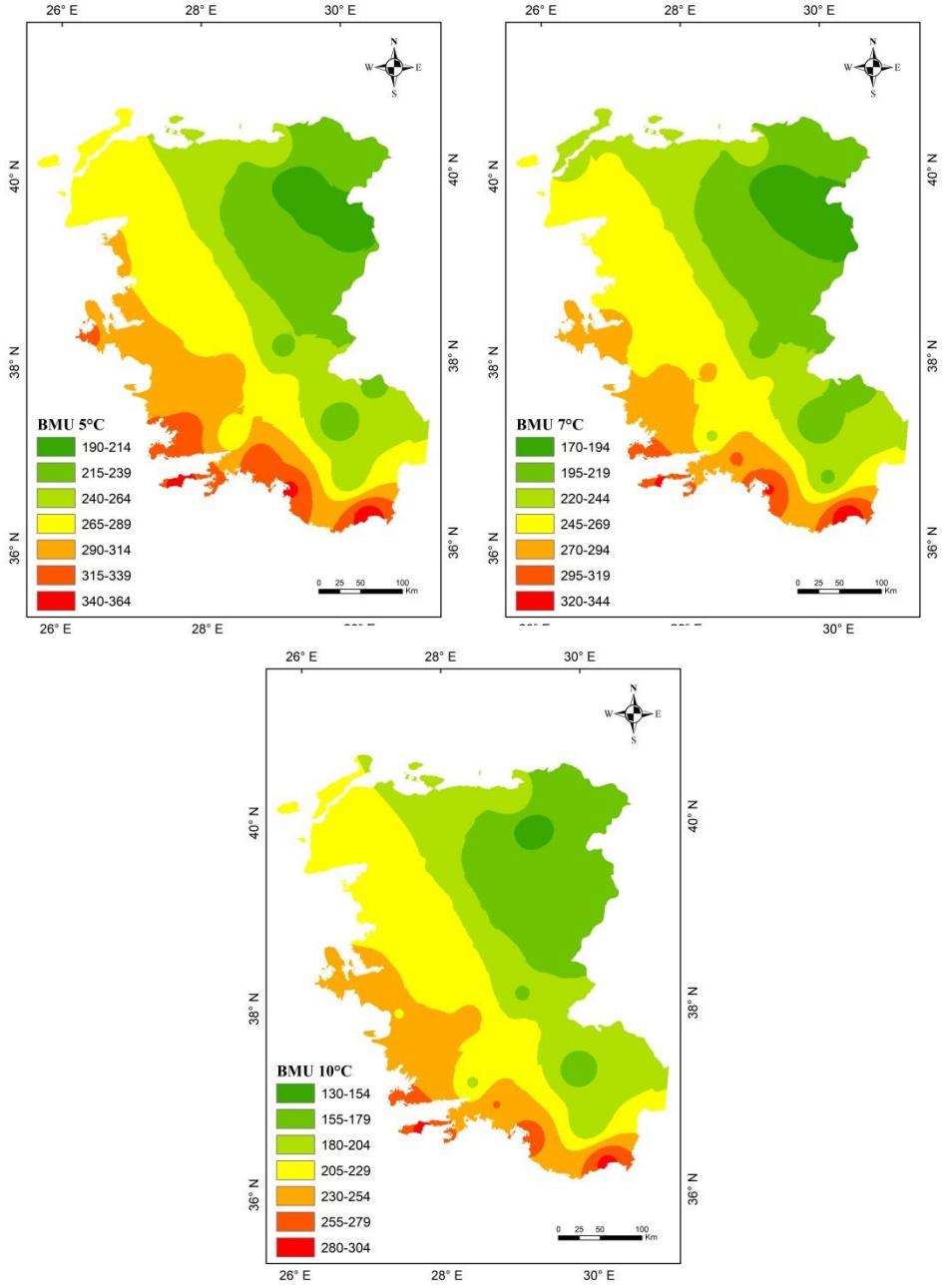
BMU parametresi 5°C, 7°C ve 10°C eşik değerleri için en uzun sırasıyla 355, 337 ve 287 gün ile Finike istasyonunda, en kısa ise sırasıyla 190, 170 ve 135 gün ile Keleş istasyonunda görülmektedir. BMU'nun çalışma alanındaki ortalama değeri, sırasıyla 276, 250 ve 212 gündür. Eşik sıcaklık değeri arttıkça büyüme mevsimi uzunluklarında bir kısalma görülmektedir.



Şekil 4.2. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMS değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.2. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMS değerleri

Büyüme Mevsimi Sonu (Yılın Günü)			
İstasyonlar	5 °C	7 °C	10 °C
Akhisar	338	328	313
Aydın	351	338	324
Ayvalık	351	337	319
Bandırma	334	324	305
Bergama	338	331	312
Bodrum	363	356	338
Burdur	324	313	297
Bursa	334	322	304
Çanakkale	338	324	307
Çeşme	360	347	332
Datça	365	360	347
Denizli	337	327	310
Dikili	349	337	320
Dursunbey	318	305	291
Edremit	344	334	317
Elmalı	325	314	299
Fethiye	364	357	340
Finike	365	364	351
Güney	323	311	296
İzmir	355	343	328
Keleş	304	294	275
Köyceğiz	361	350	332
Kuşadası	352	340	326
Kütahya	308	297	285
Manisa	339	330	317
Milas	359	346	331
Muğla	336	325	310
Nazilli	348	336	321
Ödemiş	343	330	313
Salihli	337	326	312
Selçuk	346	334	320
Simav	314	303	289
Tavşanlı	311	300	286
Tefenni	315	305	290
Uşak	318	306	292



Şekil 4.3. Farklı eşik sıcaklıklar için ortalama BMU değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.3. Farklı eşik sıcaklıklarda ortalama BMU değerleri

Büyüme Mevsimi Uzunluğu (Gün)			
İstasyonlar	5 °C	7 °C	10 °C
Akhisar	273	249	214
Aydın	306	275	238
Ayvalık	297	265	228
Bandırma	256	232	195
Bergama	274	251	211
Bodrum	339	309	269
Burdur	236	212	181
Bursa	255	232	193
Çanakkale	269	239	204
Çeşme	322	289	249
Datça	348	322	284
Denizli	267	246	209
Dikili	294	262	225
Dursunbey	223	200	166
Edremit	283	261	221
Elmalı	242	214	181
Fethiye	344	321	268
Finike	355	337	287
Güney	232	210	176
İzmir	310	279	244
Keleş	190	170	135
Köyceğiz	333	297	255
Kuşadası	305	276	240
Kütahya	206	183	155
Manisa	277	254	221
Milas	322	291	248
Muğla	265	240	200
Nazilli	299	272	236
Ödemiş	283	255	216
Salihli	274	250	209
Selçuk	291	263	227
Simav	219	195	163
Tavşanlı	211	190	158
Tefenni	219	196	162
Uşak	225	200	168

4.2. Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Zamansal Değişimi

4.2.1. Büyüme Mevsimi Başlangıcının (BMB) Zamansal Değişimi

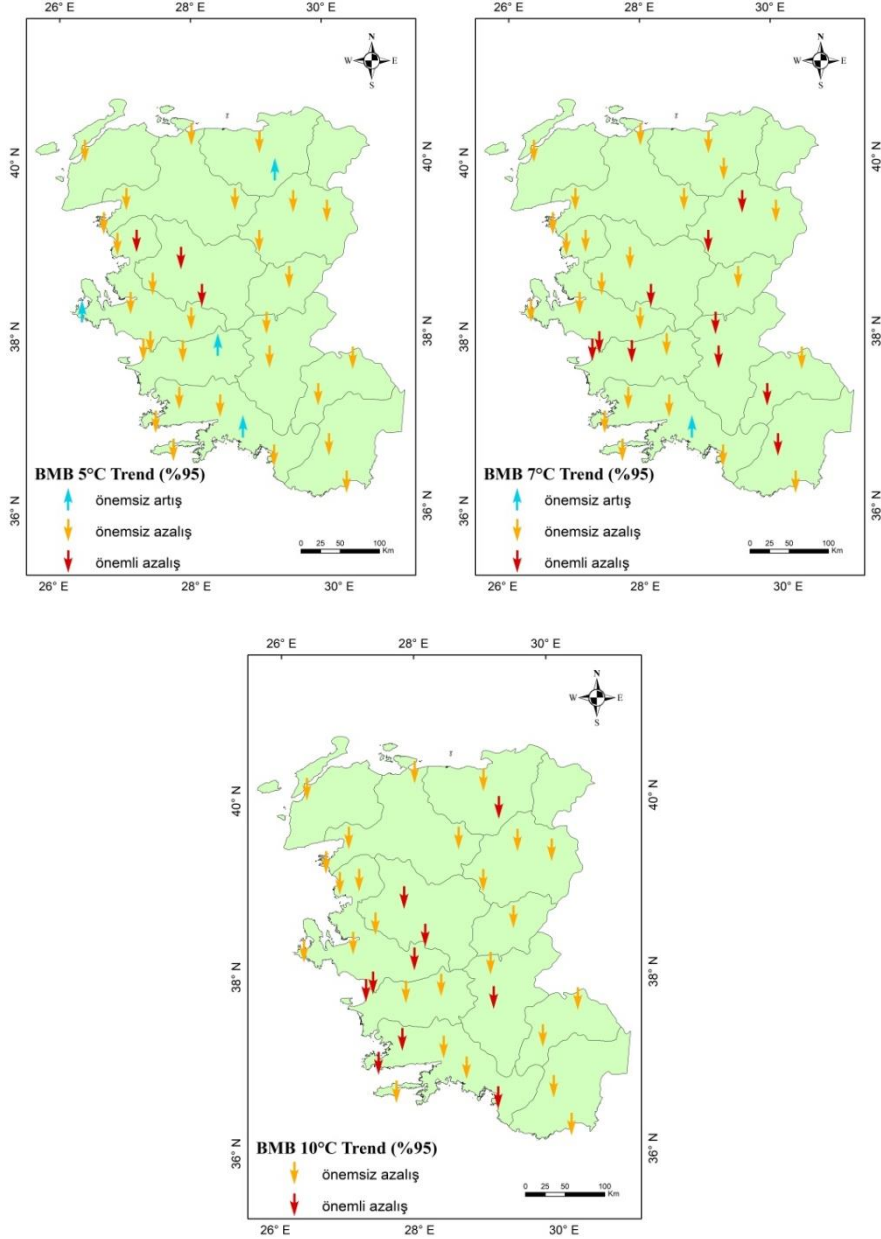
Çalışma alanında bulunan 35 istasyona ait 1966-2015 dönemindeki 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için BMB trend değerleri (gün/yıl) Çizelge 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.4'de bu trendlerin yönlerinin mekânsal dağılımı gösterilmiştir.

5°C için BMB'nin, 1966'dan 2015'e kadar çalışma alanındaki 35 istasyonun sadece 4'ünde ilerlediği (artış trendinde olduğu), diğer istasyonlarda ise gerilediği (azalış trendinde olduğu) saptanmıştır. Azalan trendlerin maksimumu -0,390 gün/yıl (Bergama); artan trendlerin maksimumu ise 0,111 gün/yıl (Nazilli) olarak belirlenmiştir. Bodrum, Çeşme, Ödemiş, Fethiye, Finike, Datça, Milas ve Köyceğiz istasyonlarında Mann-Kendall testine göre azalma veya artış saptanmış olmasına rağmen değişim oranı (monotonic rate of change) sıfırdır. Artan yöndeki trendlerin hiç biri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değil iken azalan trend gösteren istasyonlardan Akhisar (-0,389 gün/yıl), Bergama (-0,390 gün/yıl) ve Salihli (-0,354 gün/yıl) istasyonları istatistiksel olarak önemlidir.

7°C için BMB'nin, Köyceğiz (0,021 gün/yıl) haricinde tüm istasyonlarda gerilediği saptanmıştır. En çok azalma -0,500 gün/yıl ile Salihli ve Aydın istasyonlarındadır. Finike ve Datça istasyonlarında ise bir azalma görülmesine rağmen değişim oranı sıfırdır. Artan yöndeki trendlerden hiç biri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir. Diğer taraftan, Aydın (-0,500 gün/yıl), Denizli (-0,250 gün/yıl), Elmalı (-0,333 gün/yıl), Güney (-0,364 gün/yıl), Kuşadası (-0,455 gün/yıl), Salihli (-0,500 gün/yıl), Selçuk (-0,300 gün/yıl), Simav (-0,289 gün/yıl), Tavşanlı (-0,237 gün/yıl) ve Tefenni (-0,333 gün/yıl) istasyonlarında saptanan azalan yöndeki trendler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

10°C için BMB'nin tüm istasyonlarda gerilediği saptanmıştır. Azalan trendlerin maksimumu -0,444 gün/yıl ile Kuşadası ve Selçuk istasyonlarındadır. Bursa ve Çanakkale istasyonlarında Mann-Kendall testine göre azalma saptanmış olmasına rağmen değişim oranı sıfırdır. Akhisar (-0,286 gün/yıl), Bodrum (-0,362 gün/yıl), Denizli (-0,400 gün/yıl), Fethiye (-0,400 gün/yıl), Keleş (-0,386 gün/yıl), Kuşadası (-0,444 gün/yıl), Milas (-0,360 gün/yıl), Ödemiş (-0,333 gün/yıl),

Salihli ($-0,436$ gün/yıl) ve Selçuk ($-0,444$ gün/yıl) istasyonlarındaki trendler %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.



Şekil 4.4. Farklı eşik sıcaklıklar için BMB trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.4. Farklı eşik sıcaklıklarda BMB trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).

Büyüme Mevsimi Başlangıcı Trend Değerleri (gün/yıl)			
İstasyonlar	5 °C	7 °C	10 °C
Akhisar	-0,389	-0,091	-0,286
Aydın	-0,107	-0,500	-0,261
Ayvalık	-0,182	-0,154	-0,059
Bandırma	-0,067	-0,075	-0,143
Bergama	-0,390	-0,032	-0,211
Bodrum	0,000	-0,111	-0,362
Burdur	-0,111	-0,273	-0,222
Bursa	-0,070	-0,139	0,000
Çanakkale	-0,143	-0,143	0,000
Çeşme	0,000	-0,081	-0,143
Datça	0,000	0,000	-0,014
Denizli	-0,212	-0,250	-0,400
Dikili	-0,143	-0,143	-0,184
Dursunbey	-0,133	-0,143	-0,105
Edremit	-0,333	-0,225	-0,100
Elmalı	-0,182	-0,333	-0,208
Fethiye	0,000	-0,435	-0,400
Finike	0,000	0,000	-0,278
Güney	-0,161	-0,364	-0,042
İzmir	-0,233	-0,310	-0,161
Keleş	0,027	-0,059	-0,386
Köyceğiz	0,000	0,021	-0,032
Kuşadası	-0,375	-0,455	-0,444
Kütahya	-0,111	-0,030	-0,160
Manisa	-0,311	-0,118	-0,233
Milas	0,000	-0,222	-0,360
Muğla	-0,125	-0,159	-0,250
Nazilli	0,111	-0,075	-0,150
Ödemiş	0,000	-0,195	-0,333
Salihli	-0,354	-0,500	-0,436
Selçuk	-0,375	-0,300	-0,444
Simav	-0,278	-0,289	-0,105
Tavşanlı	-0,209	-0,237	-0,109
Tefenni	-0,125	-0,333	-0,108
Uşak	-0,111	-0,241	-0,189

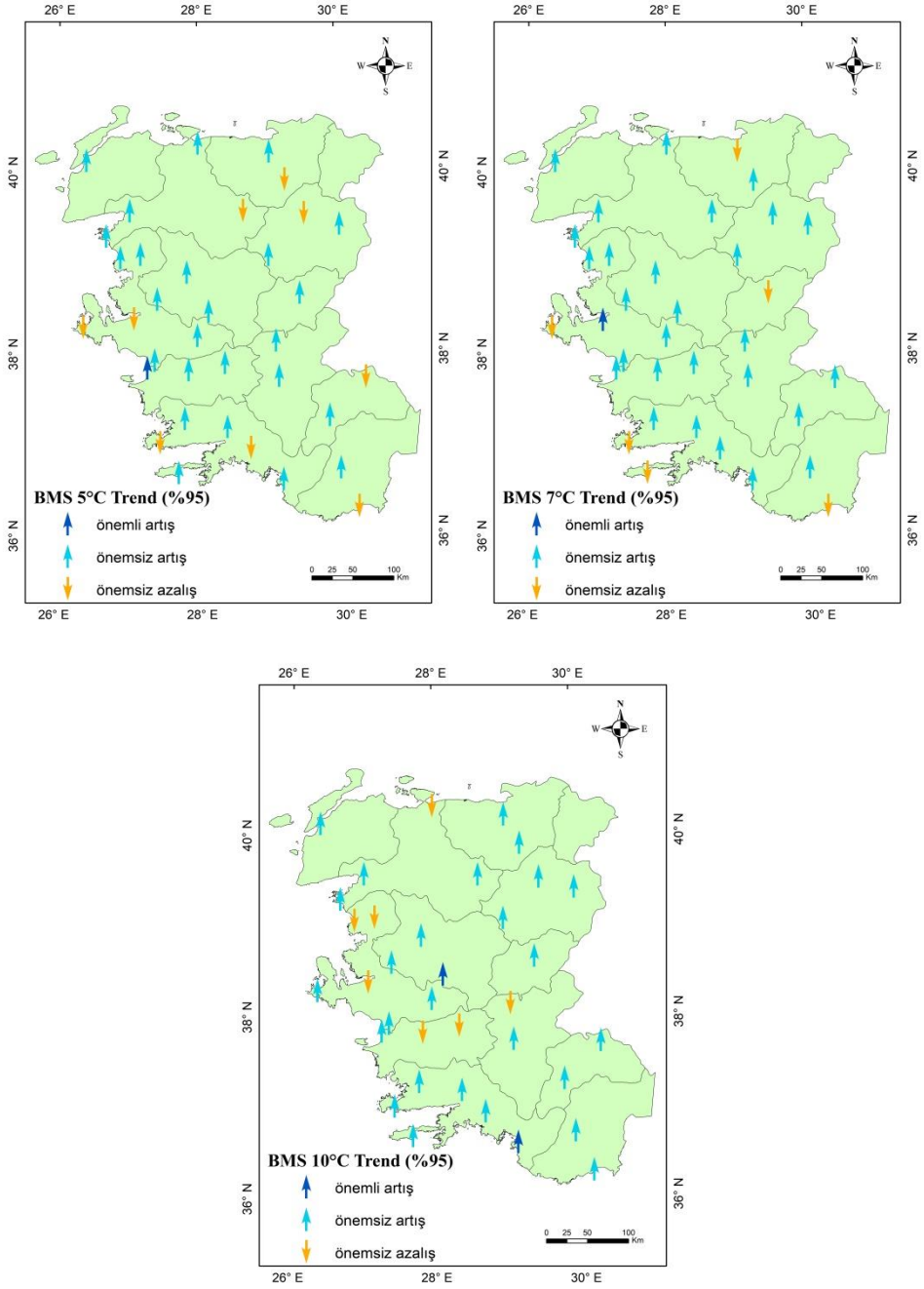
4.2.2. Büyüme Mevsimi Sonunun (BMS) Zamansal Değişimi

Çalışma alanında bulunan 35 istasyona ait 1966-2015 dönemindeki 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için BMS trend değerleri (gün/yıl) Çizelge 4.5’de verilmiştir. Şekil 4.5’de bu trendlerin yönlerinin mekânsal dağılımı gösterilmiştir.

5°C için BMS’nin 35 istasyonun sadece 9’unda gerilediği, diğerlerinde ise ilerlediği saptanmıştır. Artan trendlerin maksimumu 0,324 gün/yıl ile Denizli istasyonunda gözlemlenmiştir. Datça, Dikili, Fethiye, Kütahya ve Milas istasyonlarında artan; Bodrum, Burdur, Çeşme, Finike ve Köyceğiz istasyonlarında azalan bir trend görülmesine rağmen değişim oranı bu istasyonlarda sıfırdır. Azalan trend değerlerinin hiçbiri istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde önemli değildir. Artan trendlerden de sadece Kuşadası istasyonunun (0,294 gün/yıl) istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmüştür.

7°C için BMS’nin sadece 6 istasyonda gerilediği gözlemlenmiştir. En fazla artış 0,286 gün/yıl ile İzmir istasyonunda görülmüştür. Bandırma, Fethiye, Köyceğiz, Muğla, Bodrum, Bursa, Çeşme, Datça, Finike ve Uşak istasyonları artan veya azalan bir trend göstermiş olmasına rağmen değişim oranı sıfırdır. Bu değerler %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir. Artış gösterenlerde ise, 0,286 gün/yıl ile sadece İzmir’deki trend istatistiksel olarak önemlidir.

10°C için BMS sadece 7 istasyonda azalan bir trend göstermiştir. En fazla artış 0,600 gün/yıl ile Salihli istasyonundadır. Datça, Bandırma ve İzmir istasyonunda azalan veya artan bir trend göstermiş olmasına rağmen değişim oranı yoktur. En fazla azalma -0,067 gün/yıl ile Nazilli istasyonundadır Artan trendlerden 0,333 gün/yıl ile Fethiye ve 0,600 gün/yıl ile Salihli istasyonlarındakiler %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.



Şekil 4.5. Farklı eşik sıcaklıklar için BMS trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.5. Farklı eşik sıcaklıklarda BMS trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).

Büyüme Mevsimi Sonu Trend Değerleri (gün/yıl)			
İstasyonlar	5 °C	7 °C	10 °C
Akhisar	0,229	0,067	0,296
Aydın	0,125	0,238	-0,056
Ayvalık	0,026	0,188	0,057
Bandırma	0,132	0,000	0,000
Bergama	0,190	0,077	-0,043
Bodrum	0,000	0,000	0,200
Burdur	0,000	0,034	0,150
Bursa	0,135	0,000	0,111
Çanakkale	0,155	0,111	0,063
Çeşme	0,000	0,000	0,167
Datça	0,000	0,000	0,000
Denizli	0,324	0,158	0,214
Dikili	0,000	0,182	-0,053
Dursunbey	-0,077	0,133	0,143
Edremit	0,200	0,250	0,152
Elmalı	0,143	0,227	0,227
Fethiye	0,000	0,000	0,333
Finike	0,000	0,000	0,179
Güney	0,234	0,125	-0,045
İzmir	-0,024	0,286	0,000
Keleş	-0,083	0,077	0,050
Köyceğiz	0,000	0,000	0,030
Kuşadası	0,294	0,233	0,188
Kütahya	0,000	0,182	0,118
Manisa	0,122	0,029	0,067
Milas	0,000	0,280	0,154
Muğla	0,294	0,000	0,176
Nazilli	0,053	0,200	-0,067
Ödemiş	0,190	0,128	0,133
Salihli	0,200	0,273	0,600
Selçuk	0,205	0,191	0,150
Simav	0,031	0,143	0,167
Tavşanlı	-0,063	0,267	0,105
Tefenni	0,154	0,170	0,184
Uşak	0,167	0,000	0,167

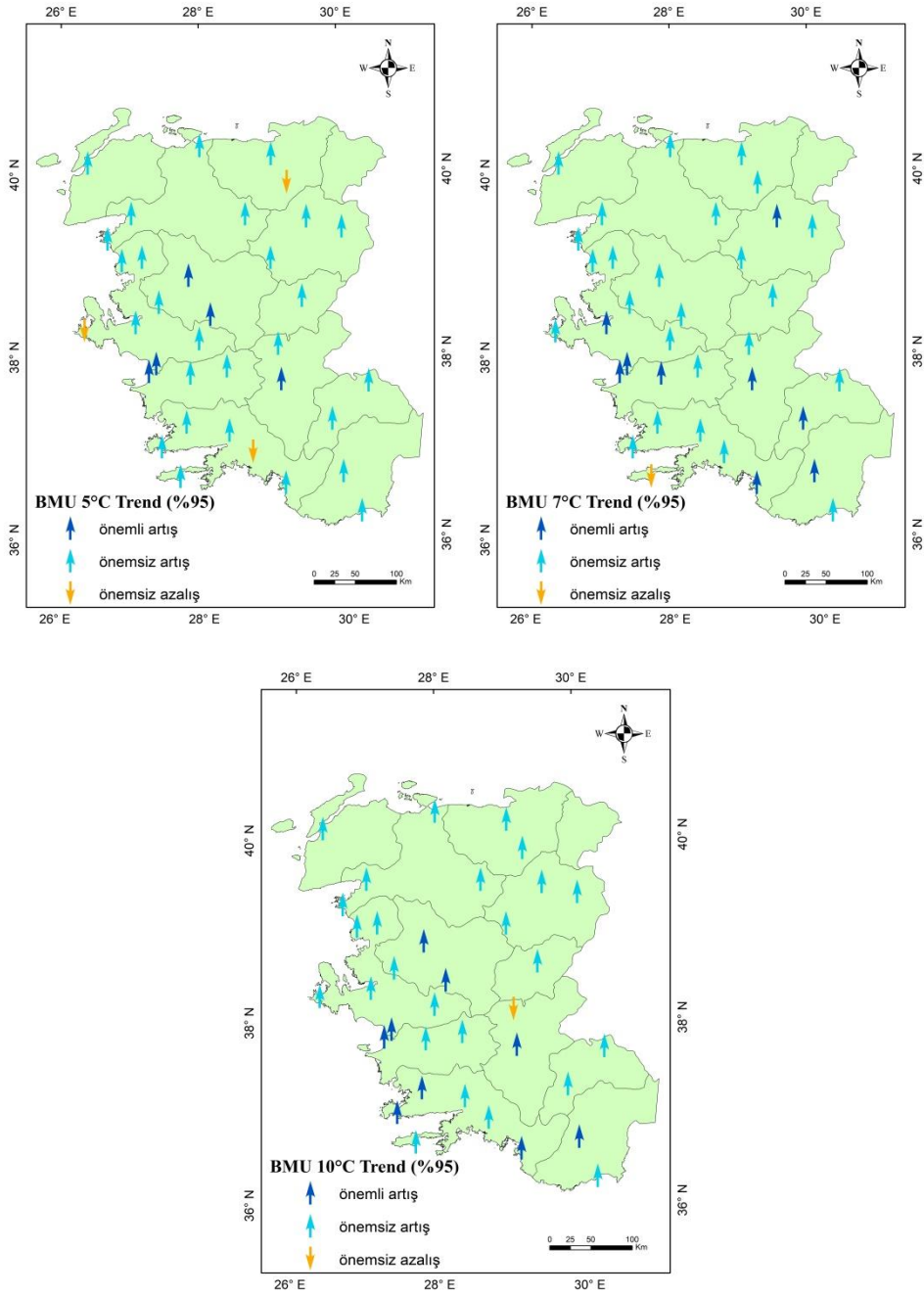
4.2.3. Büyüme Mevsimi Uzunluğunun (BMU) Zamansal Değişimi

Çalışma alanında bulunan 35 istasyonun 5°C, 7°C ve 10°C eşik sıcaklıkları için 1966 ile 2015 arasındaki BMU trend değerleri (gün/yıl) Çizelge 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.6'da bu trendlerin yönlerinin mekânsal dağılımı gösterilmiştir.

5°C için BMU değerleri çalışma alanındaki 35 istasyonun sadece üçünde kısaldığı (azalış trendi) görülürken diğer istasyonlarda ise uzadığı (artış trendi) saptanmıştır. Artan trendlerin maksimumu 0,708 gün/yıl ile Kuşadası istasyonunda gözlemlenmiştir. Bodrum, Datça ve Finike istasyonlarında artan bir trend görülmesine rağmen değişim oranı bu istasyonlarda sıfırdır. Artan trendlerin Akhisar (0,548 gün/yıl), Denizli (0,400 gün/yıl), Kuşadası (0,708 gün/yıl), Salihli (0,600 gün/yıl) ve Selçuk (0,563 gün/yıl) istasyonlarında %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Köyceğiz (-0,067 gün/yıl), Keleş (-0,065 gün/yıl) ve Çeşme (-0,028 gün/yıl) istasyonlarında saptanan azalış trendleri istatistiksel olarak önemli değildir.

7°C için ise BMU değerlerinde en fazla uzama Salihli istasyonunda (0,758 gün/yıl) gözlenmiştir. Artış gösterenlerden Aydın (0,679 gün/yıl), Denizli (0,533 gün/yıl), Elmalı (0,500 gün/yıl), Fethiye (0,588 gün/yıl), İzmir (0,636 gün/yıl), Kuşadası (0,700 gün/yıl), Selçuk (0,449 gün/yıl), Tavşanlı (0,640 gün/yıl) ve Tefenni (0,500 gün/yıl) istasyonlarındakiler %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Datça ve Köyceğiz istasyonlarında azalan ve artan bir trend görülmesine rağmen değişim yoktur.

10°C için ise BMU değerlerinde en fazla uzama Salihli istasyonunda (1,027 gün/yıl) gözlenmiştir. Artış gösterenlerden Akhisar (0,605 gün/yıl), Bodrum (0,563 gün/yıl), Denizli (0,619 gün/yıl), Elmalı (0,449 gün/yıl), Fethiye (0,625 gün/yıl), Kuşadası (0,667 gün/yıl), Selçuk (0,561 gün/yıl), Salihli (1,027 gün/yıl) ve Milas (0,578 gün/yıl) istasyonları istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde önemlidir. Ayvalık ve Nazilli istasyonlarında artan bir trend görülmesine rağmen değişim oranı yoktur. Güney istasyonunda -0,055 gün/yıl oranında bir kısalma görülmüştür ve istatistiksel olarak önemli değildir.



Şekil 4.6. Farklı eşik sıcaklıklar için BMU trend değerlerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımları.

Çizelge 4.6. Farklı eşik sıcaklıklarda BMU trend değerleri (%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli trendler koyu olarak belirtilmiştir).

Büyüme Mevsimi Uzunluğu Trend Değerleri (gün/yıl)			
İstasyonlar	5°C	7°C	10°C
Akhisar	0,548	0,190	0,605
Aydın	0,242	0,679	0,273
Ayvalık	0,227	0,385	0,000
Bandırma	0,190	0,087	0,069
Bergama	0,488	0,200	0,205
Bodrum	0,000	0,144	0,563
Burdur	0,100	0,278	0,333
Bursa	0,083	0,100	0,148
Çanakkale	0,333	0,200	0,156
Çeşme	-0,028	0,120	0,308
Datça	0,000	0,000	0,095
Denizli	0,400	0,533	0,619
Dikili	0,148	0,333	0,150
Dursunbey	0,048	0,300	0,140
Edremit	0,556	0,455	0,200
Elmalı	0,368	0,500	0,449
Fethiye	0,026	0,588	0,625
Finike	0,000	0,071	0,476
Güney	0,429	0,400	-0,055
İzmir	0,103	0,636	0,125
Keleş	-0,065	0,095	0,469
Köyceğiz	-0,067	0,000	0,047
Kuşadası	0,708	0,700	0,667
Kütahya	0,152	0,167	0,176
Manisa	0,364	0,091	0,292
Milas	0,050	0,500	0,578
Muğla	0,406	0,219	0,429
Nazilli	0,042	0,211	0,000
Ödemiş	0,250	0,258	0,385
Salihli	0,600	0,758	1,027
Selçuk	0,563	0,449	0,561
Simav	0,333	0,484	0,242
Tavşanlı	0,182	0,640	0,200
Tefenni	0,280	0,500	0,267
Uşak	0,308	0,357	0,333

5. SONUÇ

Küresel ısınmaya bağlı olarak büyüme mevsimi parametrelerinde de (başlangıç ve bitiş tarihleri ile uzunluk) değişim beklenmektedir. Başka bir ifadeyle, küresel ortalama sıcaklıklardaki artışın bir sonucu olarak, büyüme mevsiminin daha erken başlayıp daha geç sona ermesi ve bunun sonucunda büyüme mevsimi uzunluğunun artması beklenmektedir. Kuzey yarımkürede özellikle 20. yüzyılın son 30 yılında büyüme mevsimi uzunluğundaki artışlar dikkat çekmektedir (Linderholm, 2006). Dünyanın birçok yerinde çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar bu beklentiyi destekler niteliktedir.

Batı Anadolu'da 1966-2015 dönemi arasındaki günlük ortalama sıcaklık verileri kullanılarak yapılan bu çalışmada, 5 °C, 7 °C ve 10 °C eşik değerleri için ortalama klimatik büyüme mevsimi uzunluğunda sırasıyla 12,0, 16,6 ve 15,9 gün artış saptanmıştır. Menzel vd. (2003) Almanya'da 41 istasyondan elde ettiği meteorolojik verileri kullanarak 1951-2000 arasında büyüme mevsimi uzunluğunda 0,11-0,49 gün/yıl artış olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada, benzer sonuçlar Avusturya, İsviçre (her ikisi için 0,5 gün/yıl) ve Estonya (0,36 gün/yıl) için de bulunmuştur. Robeson (2002), Illinois (ABD)'de 20. yüzyıl boyunca (1906-1997) büyüme mevsiminin yaklaşık olarak 7 gün uzadığını belirtmiştir. Dong vd. (2013) ise kuzeydoğu Çin'de 1960-2009 dönemindeki büyüme mevsimi uzunluğunun 13,3 gün arttığını saptamıştır.

BMU'nun, gelecekte daha da yükselmesi beklenen atmosferik karbondioksit konsantrasyonuna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte nasıl değişebileceğine yönelik çalışmalar da söz konusudur. Bu çalışmalarda da genel olarak BMU'da artış olacağı tahmin edilmiştir. Skaugen ve Tveito (2004), 2021 ile 2050 arasında BMU'nun Norveç'in %50'sinde yaklaşık 26 gün artış göstereceğini tahmin etmişlerdir. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) tarafından, ABD'nin 11 eyaletindeki 14 havzada BMU'nun 3 farklı emisyon senaryosuna göre 2001-2099 yılları arasında 27 ile 47 gün arasında artış göstereceğini tahmin edilmiştir (Christiansen vd., 2011).

Büyüme mevsimi uzunluğunu artışında hem ilkbaharın daha erken hem de sonbaharın daha geç meydana gelmesi etkilidir. Diğer taraftan, Menzel vd. (2003), ilkbahar fenolojisindeki gerilemenin sonbahardaki gecikmeden daha etkili

olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada, BMB parametresi 5°C, 7°C ve 10°C eşik değerleri için sırasıyla ortalama 7,3, 10,0 ve 10,5 gün gerilerken; bitiş parametresi değerleri ise sırasıyla 4,8, 6,1 ve 6,2 gün ilerlemiştir. Dolayısıyla, BMU’da gözlenen artışta, BMB’nin gerilemenin BMS’deki ilerlemeden daha etkili olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Dong vd. (2013) kuzeydoğu Çin’de 81 meteorolojik istasyonda 50 yıllık bir dönemdeki verileri kullanarak yaptıkları çalışmada büyüme mevsimi uzunluğunda 13,3 günlük uzamanın sebebinin büyüme mevsimi başlangıcının 7,9 gün gerilemesinden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir. Walther ve Linderholm (2006) Büyük Baltık bölgesinde 1901-2000 yılları arasındaki yaptıkları çalışmalarında BMU’daki ortalama 20 günlük artışta BMB’nin gerilemesinin (12 gün) BMS’nin gecikmesinden (8 gün) daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat bu çalışmaların aksine, Jiang vd. (2011) kuzeybatı Çin’de 1951-2008 dönemindeki büyüme mevsimi uzunluğundaki artışta BMS’deki ilerlemenin (2,5 gün/onyıl) BMB’deki gerilemelerden (1,0 gün/on yıl) daha etkili olduğunu göstermişlerdir. Liu vd. (2010), 1955-2000 yılları arasında Çin’de yaptıkları bir çalışmada büyüme mevsimi başlangıcının ortalama 4,6-5,5 gün gerilerken, sonunun da 6,8-8,7 gün daha geç olduğunu ve bunun sonunda büyüme mevsimi uzunluğunun 6,9-8,7 gün arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, ABD Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS), ABD’de 2001-2009 dönemindeki BMU inceledikleri çalışmalarında da sonbaharın geç bitişinin (16-27 gün) etkisinin ilkbaharın erken başlamasından (11-20 gün) daha fazla olacağını tahmin etmişlerdir (Christiansen vd., 2011).

Büyüme mevsimi parametrelerinin zamansal değişimleri kullanılan eşik sıcaklık indeksine göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, bu çalışmada 7°C ve 10° C eşik değerleri için BMU parametresi arasındaki fark (yaklaşık 1 gün) ihmal edilebilir gözükmektedir. Fakat 5°C eşik değer ile diğer eşikler arasında 5 günlük bir fark bulunmaktadır. Walther ve Linderholm (2006) Büyük Baltık bölgesinde çeşitli indeksler kullanarak büyüme mevsimi parametrelerini inceledikleri çalışmalarında Vestervig (Danimarka) istasyonu için BMU’da farklı artışlar gözlemlenmiştir. Bir indekse (5°C, <5) göre 19 gün, bir başka indekse göre (5°C, =5) 29 gün artış saptanmıştır. Wisconsin (ABD)’de 4 istasyondaki 80 yıllık bir periyoda ait iklimik veriler kullanılarak büyüme mevsimi uzunluğu incelenmiştir ve BMU’daki trendlerin seçilen kritere duyarlı olduğu ifade edilmiştir (Brinkmann, 1979).

Çalışma alanında büyüme mevsimi parametrelerinin mekânsal değişimi incelendiğinde, BMB'nin güneybatıdan kuzeydoğuya doğru arttığı, BMS ile BMU'nun ise güneybatıdan kuzeydoğuya doğru azaldığı saptanmıştır. BMB (BMS) güneybatıda kuzeydoğuya göre daha erken (geç) başlamaktadır (sona ermektedir). BMU güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artış göstermektedir. BMB, 5°C, 7°C ve 10°C eşik değerleri için ortalama olarak yılın, sırasıyla, 64., 79. ve 100. gününe; BMS ise ortalama yılın 339., 328. ve 313. gününe denk gelmektedir. En uzun ortalama BMU, sırasıyla, 355, 337 ve 287 gün ile Finike istasyonunda, en kısa ortalama BMU ise, yine sırasıyla, 190, 170 ve 135 gün ile Keleş istasyonunda saptanmıştır. Dong vd. (2012) Tibet Platosunda 54 meteorolojik istasyona ait 1960-2009 dönemi arasındaki, ilkbahar son don olayından ($T_{GO} < 0^{\circ}\text{C}$) sonraki $T_{GO} < 5^{\circ}\text{C}$ olduğu ilk 6 günün sonuncusu olarak tanımladıkları BMB parametresini, yılın 37,7. ile 167,7. gün aralığında (ortalama 108,6 YG) başladığını tespit etmişlerdir. $T_{GO} > 5^{\circ}\text{C}$ olduğu ilk 10 günün ilki olarak tanımladıkları BMS ise, 229,5 ile 238,6 YG (ortalama 277,3 YG) aralığında değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. Bölgede BMU, en uzun 291,9 gün, en kısa ise 62,7 gün (ortalama 169,8 gün) olarak belirtilmiştir. Jiang vd. (2011) kuzeybatı Çin'de 51 istasyona ait 48 yıllık günlük ortalama sıcaklık verilerini incelemişlerdir. BMB, yılın en erken yılın 65. günü, en geç ise 132. gününde; BMS ise en erken 268 YG, en geç 302 YG olarak tespit etmişlerdir. Büyüme mevsimi uzunluğu süreleri de istasyonlar arasında 136 ile 255 gün arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Sıcaklık, enlemlerin güneş ışınlarının geliş açısına yaptığı etkiden dolayı (enlem etkisi) ekvatorдан kutuplara doğru gidildikçe azalır. Enlem etkisinin yanında sıcaklık üzerinde bir yerin yüksekliğinin de etkisi önemlidir. Yerden yükseldikçe sıcaklıklar azalma gösterir (Yurtseven, 1997). Bu çalışmada ortalama BMU ve BMS değerlerindeki güneybatıdan kuzeydoğuya doğru olan azalışın ve ortalama BMB değerlerindeki güneybatıdan kuzeydoğuya doğru olan artışın, batıdan doğuya doğru olan yükselti artışı ile güneyden kuzeye olan enlem artışının ortak etkisinin bir sonucu olabilir.

Büyüme mevsim parametrelerini belirlemede iklimik verilerin dışında fenolojik gözlemlerden ve uzaktan algılama tabanlı göstergelerden elde edilen verilerden yararlanılarak yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, Menzel ve Fabian (1999), Avrupa'da 1959-1993 dönemindeki fenolojik verilerden yararlanarak büyüme mevsimi uzunluğunun 10,8 gün uzadığını tespit etmişlerdir. Bu artışta

ilkbahardaki BMB'nin 6 gün gerilemesinin sonbahardaki BMS'nin 4,8 günlük ilerlemesinden daha etkili olduğunu söylemektedir. Piao vd. (2006), Çin'de 1982-1999 yıllarında NDVI verilerini kullanarak BMU inceledikleri çalışmalarında, BMU'da 1.16 gün/yıl artış olduğunu saptamışlardır. Aynı zamanda, bu artışta BMB'nin gerilemesinin (0,79 gün/yıl) etkisinin BMS'nin gecikmesinden (0,39 gün/yıl) daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada batı Anadolu'da 1966-2015 döneminde BMU'da artış saptanmıştır. Büyüme mevsiminin uzaması, çiftçilerin mahsulleri çeşitlendirmesine veya aynı araziden birden fazla hasat yapmasına izin verebilir. Bununla birlikte, yetiştirilen bitki türlerini de sınırlayabilir, istilacı türleri veya yabancı otların büyümesini teşvik edebilir ya da sulama isteğini artırabilir (EPA, 2016). Fakat iklim değişikliğinin belirli bir bölgedeki bitkisel üretime olan etkisini belirlemek için BMU'nun yanında diğer sıcaklık tabanlı göstergeler (büyüme derece gün, ilkbahar ve sonbahar don tarihleri, ısı stresi için günlük maksimum sıcaklıklar vb.) ve yağış tabanlı göstergeler (ıslak ve kuru dönem sıklığı ve şiddeti, büyüme mevsiminin toprak nemi vb.) de dikkate alınmalıdır (Feng ve Hu, 2004).

Büyüme mevsimi parametrelerinin konumsal ve zamansal değişimi hakkında daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için bahsedilen üç yöntemin birlikte uygulanması önerilebilir. Örneğin, Almanya'da 1951-2000 dönemindeki meteorolojik verilerden elde edilen klimatik BMU ile fenolojik BMU karşılaştırılmıştır (Menzel vd., 2003). Bir başka çalışmada da, Chen vd. (2000) kuzey Çin'de bulunan 3 istasyondaki 1983-1988 yıllarında fenolojik gözlemlerden ve NDVI verilerinden elde ettikleri BMU değerleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuçta, fenolojik verilerin olmadığı yerlerde NDVI verilerinden de yararlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Klimatik büyüme mevsimi uzunluğunu hesaplarken kentsel ısı adası etkisi de dikkate alınmalıdır. Kentsel ısı adası, insan faaliyetleri nedeniyle genellikle çevresindeki kırsal alanlara göre daha sıcak olan kentsel alanlardır (Yang vd., 2013; Dong vd., 2013).

Geçtiğimiz yüzyıl boyunca küresel ortalama sıcaklık değişiminin yönü ve büyüklüğü sabit değildir. 1910'dan 1940'lara kadar bir ısınma, sonra 1970'lere kadar bir soğuma, ardından 1998'e kadar hızlı bir ısınma ve 21. Yüzyılda ilk on

yılında da ısınma eğiliminde bir yavaşlama (fasıla) dönemi söz konusudur (Gonzalez-Hidalgo vd., 2016). Dolayısıyla, 1966-2015 dönemindeki büyüme mevsimi parametrelerinin mekânsal ve zamansal değişiminin incelendiği bu çalışmaya ek olarak daha kısa zaman ölçeklerinde, örneğin 10'ar yıllık periyotlarda söz konusu parametrelerdeki değişimler incelenebilir.

Bu çalışmada batı Anadolu'da iklimik büyüme mevsimi parametrelerinin mekânsal ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Benzer bir çalışma ülkemizin diğer bölgeleri için de benzer veya farklı indeksler kullanılarak yapılabilir. Bu sayede ülkemizin diğer bölgelerindeki tarımsal faaliyetler için de bir veri tabanı oluşturulabilir. Ayrıca, farklı sera gazı emisyon senaryolarına göre büyüme mevsimi parametrelerinde içinde bulunduğumuz yüzyıl boyunca meydana gelmesi muhtemel değişimlerin ülkemizin bir kısmı veya tamamı için tahmin edilmesi uygun olacaktır. Böyle bir çalışmadan elde edilecek sonuçlar ülkemizin bitkisel üretim stratejisini düzenlenmesinde yararlı olabilir.

KAYNAKLAR

- ACIA. 2004. Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Ahas, R. 1999. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. **International Journal of Biometeorology**, 42: 119-123.
- Anonim, 2017a. <http://cografyaharita.com/turkiye-yer-sekilleri-haritalari.html>, Erişim Tarihi: 06.07.2017.
- Anonim, 2017b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyon Bilgileri Veritabanı [<https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx>], Erişim Tarihi: 06.07.2017.
- Backlund, P., Schimel, D., Janetos, A., Hatfield, J., Ryan, M.G., Archer, S.R., Lettenmaier, D. 2008. Introduction. In: The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity in the United States. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Washington, DC., USA, 362 pp.
- Bayazıt, M, Önöz B. 2007. To Prewhitten or not to prewhitten in trend analysis. **Hydrological Sciences Journal**, 52: 611-624.
- Brinkmann, W.A.R. 1979. Growing season length as an indicator of climatic variations?. **Climatic Change**, 2: 127-138.
- Burn, D.H., Cunderlik, J.M., Pietroniro, A. 2004. Hydrological trends and variability in the Liard River basin. **Hydrological Sciences Journal**, 49: 53-67
- Carter, T.R. 1998. Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. **Agricultural and Food Science**, 7: 161-179.

- Chen, X., Tan, Z., Schwartz, M.D., Xu, C., 2000. Determining the growing season of land vegetation on the basis of plant phenology and satellite data in Northern China. **International Journal of Biometeorology**, 44: 97-101.
- Christiansen, D.E., Markstrom, S.L., Hay, L.E. 2011. Impacts of climate change on the growing season in the United States. **Earth Interactions**, 15: 1-17.
- Cleland, E.E., Chiariello, N.R., Loarie, S.R., Mooney, H.A., Field, C.B. 2006. Diverse responses of phenology to global changes in a grassland ecosystem. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, 103: 13740-13744.
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A., Schwartz, M.D. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology and Evolution**, 22: 357-365.
- Dong, M., Jiang, Y., Zhang, D., Wu, Z. 2013. Spatiotemporal change in the climatic growing season in Northeast China during 1960-2009. **Theoretical and Applied Climatology**, 111: 693-701.
- Dong, M., Jiang, Y., Zheng, C., Zhang, D. 2012. Trends in the thermal growing season throughout the Tibetan Plateau during 1960-2009. **Agricultural and Forest Meteorology**, 166-167: 201-206.
- EPA. 2016. Length of growing season, (https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/print_growing-season-2016.pdf), Erişim Tarihi: 06.07.2017.
- Feng, S., Hu, Q. 2004. Changes in agro-meteorological indicators in the contiguous United States: 1951-2000. **Theoretical and Applied Climatology**, 78: 247-264.
- Fitter, A.H., Fitter, R.S.R. 2002. Rapid changes in flowering time in British plants. **Science**, 296: 1689-1691.

- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century. **Climate Research**, 19: 193-212.
- Gonzalez-Hidalgo, J.C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., Cortesi, N. 2016. Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951-2010): from warming to hiatus. **International Journal of Climatology**, 36: 2405-2416.
- Haggerty B.P., Mazer, S. J. 2008. The phenology handbook: a guide to phenological monitoring for students, teachers, families, and nature enthusiasts. UCSB Phenology Stewardship Program. University of California, Santa Barbara.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Jiang, F., Hu, R., Zhang, Y., Li, X., Tong, L. 2011. Variations and trends of onset, cessation and length of climatic growing season over Xinjiang, NW China. **Theoretical and Applied Climatology**, 106: 449-458.
- Linderholm, H.W. 2006. Growing season changes in the last century. **Agricultural and Forest Meteorology**, 137: 1-14.

- Linderholm, H.W., Walther, A., Chen, D.L. 2008. Twentieth-century trends in the thermal growing season in the Greater Baltic Area. **Climatic Change**, 87: 405-419.
- Liu, B., Henderson, M., Zhang, Y., Xu M. 2010. Spatiotemporal change in China's climatic growing season: 1955-2000. **Climate Change**, 99: 93-118.
- Menzel, A., Estrella, N., Fabian, P. 2001. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. **Global Change Biology**, 7: 657-666.
- Menzel, A., Fabian, P. 1999. Growing season extended in Europe. **Nature**, 397: 659.
- Menzel, A., Jakobi G., Ahas, R., Scheifinger, H., Estrella, N. 2003. Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. **International Journal of Climatology**, 23: 793-812.
- Mozafari, G., Torki, G. 2015. A study of initial, final and growing season length in west of Iran. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, 3(1): 65-69.
- Myneni, R.B., Hall, F.G., Sellers, J.P., Marshak, A.L. 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 33: 481-486.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G., Nemani, R.R. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. **Nature**, 386: 698-702.
- Partal, T., Kahya, E. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. **Hydrological Processes**, 20: 2011-2026.
- Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Ciais, P., Zhu, B. 2006. Variations in satellite-derived phenology in China's temperate vegetation. **Global Change Biology**, 12: 672-685.

- Reed, B.C., Schwartz, M.D., Xiao, X. 2009. Remote sensing phenology: status and the way forward. In: Noormets A. (eds) *Phenology of Ecosystem Processes*, pp. 231-246, Springer, New York, NY.
- Richardson, A.D., Braswell, B.H., Hollinger, D.Y., Jenkins, J.P., Ollinger, S.V. 2009. Near-surface remote sensing of spatial and temporal variation in canopy phenology. **Ecological Applications**, 19: 1417-1428.
- Robeson, S.M. 2002. Increasing growing-season length in Illinois during the 20th century. **Climatic Change**, 52: 219-238.
- Salmi, T., Maata, A., Antilla, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann–Kendall test and Sen's slope estimates—the Excel template application Makesens, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Shen, M., Tang, Y., Chen, J., Yang, W. 2012. Specification of thermal growing season in temperate China from 1960 to 2009. *Climatic Change*, 114: 783-798.
- Skaggs, R.H., Baker D.G. 1985. Fluctuations in the length of growing season in Minnesota. **Climatic Change**, 7: 403-414.
- Skaugen, T.E., Tveito O.E. 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021–2050. **Climate Research**, 26: 221-232.
- Song, Y., Linderholm, H.W., Chen, D., Walther, A. 2010. Trends of the thermal growing season in China, 1951-2007. **International Journal of Climatology**, 30: 33-43.
- Sparks, T.H., Carey, P.D. 1995. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736–1947. **Journal of Ecology**, 83: 321-329.
- Sparks, T.H., Menzel, A. 2002. Observed changes in seasons: an overview. **International Journal of Climatology**, 22: 1715-1725.

- Stöckli, R., Vidale, P.L. 2004. European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset. **International Journal of Remote Sensing**, 25: 3303-3330.
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2008. Türkiye İklimi, (https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf), Erişim Tarihi: 06.07.2017
- Tabari, H., Talaee, P.H. 2011. Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. **Journal of Hydrology**, 396: 313-320.
- Tang, H., Li, Z., Zhu, Z., Chen, B., Zhang, B., Xin, X. 2015. **Remote Sensing**, 7: 11914-11932.
- Türkeş, M. 2001. Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri**, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1, pp. 187-205, Ankara.
- Türkeş, M. 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. **Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi**, 4(2): 1-32.
- Vrieling, A., Leeuw, D.E.J., Said, M.Y. 2013. Length of growing period over Africa: variability and trends from 30 years of NDVI time series. **Remote Sensing**, 5: 982-1000
- Walther, A., Linderholm, H.W. 2006. A comparison of growing season indices for the Greater Baltic Area. **International Journal of Biometeorology**, 51: 107-118.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 416: 389-395.
- White, M.A., Running, S.W., Thornton, P.E. 1999. The impact of growing-season length variability on carbon assimilation and evapotranspiration over 88 years in the eastern US deciduous forest. **International Journal of Biometeorology**, 42: 139-145.

- Wielgolaski, F.E. 2003. Climatic factors governing plant phenological phases along a Norwegian fjord. **International Journal of Biometeorology**, 47: 213-220.
- Xie, Y., Sha, Z., Yu, M. 2008. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. **Journal of Plant Ecology**, 1: 9-28.
- Yang, X., Tian, Z., Chen, B. 2013. Thermal growing season trends in east China, with emphasis on urbanization effects. **International Journal of Climatology**, 33: 2402-2412.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. **Hydrological Processes**, 16: 1807-1829.
- Yurtseven, E. 1997. İklim Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 97, Ankara.
- Zhou, L., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., Myneni, R.B. 2001. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981–1999. **Journal of Geophysical Research**, 106: 20069-20083.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ebru Elif ARSLANTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Kastamonu, 08.11.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- Yeşilirmak, E., Arslantaş, E.E. Büyük Menderes havzasında günlük yağış konsantrasyonundaki son değişimler. 2. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 29 Haziran - 1 Temmuz 2017, Tokat.

- Yeşilirmak, E., Arslantaş, E.E. The Hiatus in Global Mean Temperature Increase and What Happened in Büyük Menderes Basin (Western Turkey)? International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 15-17 Mayıs 2017, Nevşehir.

- Yeşilirmak, E., Arslantaş, E.E. 2016. Recent Extreme Temperature Changes in Büyük Menderes Basin with Special Emphasis on the Latest Warming Hiatus. **Journal of Agricultural Faculty of Uludag University**, 30: 279-287.

- Arslantaş, E.E. 2015. Bulanık mantık ve tarımsal uygulamaları. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri, Aydın.

- Yeşilirmak, E., Arslantaş, E.E. Büyük Menderes Havzasında toprak sıcaklığı değişimleri. 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 9-11 Haziran 2015, Bursa.

İŞ DENEYİMİ

2015- : Adnan Menderes Üniversitesi (Araştırma Görevlisi).

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : ebru.arslantas@adu.edu.tr

Tarih :