



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

BAHÇE BİTKİLERİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKDENİZE KIYISI OLAN İLLERİMİZDEKİ KIŞ
SOĞUKLANMA MİKTARININ TARİHSEL DEĞİŞİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Esma AÇIKGÖZ

Danışman

Prof. Dr. Kenan YILDIZ

Tokat -2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Kenan Yıldız danışmanlığında hazırlamış olduğum "Akdeniz'e kıyısı olan illerimizdeki kış soğuklanma miktarının tarihsel değişimi" adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

... / ... / ...

Esmâ AÇIKGÖZ

Tokat

2024

JÜRİ KABUL VE ONAY

ESMA AÇIKGÖZ tarafından hazırlanan “Akdeniz’e Kıyısı olan İllerimizdeki Kış Soğuklanma Miktarının Tarihsel Değişimi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05/04/2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Bahçe Bitkileri** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Kenan YILDIZ

Üye:Prof. .Dr. .Burhan ÖZTÜRK

Üye:Dr.Öğr.Üyesi Hakan KARADAĞ

ONAY

25./04/2024

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez araştırmamdaki her aşamada bana yardımcı olan bilgi deneyim ve tecrübeleri ile yol gösteren değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Kenan YILDIZ hocama teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca benim yanımda olan desteklerini bir an olsun üzerimden eksik etmeyen, beni cesaretlendiren ve sevgilerini üzerimden eksik etmeyen maddi manevi her zaman yanımda olan başta annem Zübeyde AÇIKGÖZ, babam Güzel AÇIKGÖZ, abim Abdullah AÇIKGÖZ ablam Sündüs CEYLAN'a ve canım aileme sonsuz teşekkür ederim



ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKDENİZE KİYİSİ OLAN İLLERİMİZDEKİ KIŞ SOĞUKLANMA
MİKTARININ TARİHSEL DEĞİŞİMİ

ESMA AÇIKGÖZ

BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:PROF.DR.KENAN YILDIZ)

Bu çalışmada, Akdeniz sahil bölgesindeki bazı illerin kış soğuklanma sürelerinin tarihsel değişimini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla, 5 farklı yöntem (0-7.2 C Modeli, Utah Modeli, Modifiye Utah Modeli, Pozitif Utah Modeli, Dinamik Model) kullanılarak İzmir, Aydın, Muğla, Adana, Hatay ve Mersin illerinin 1940 ve 2020 yılları arasındaki kış soğuklanma süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra Mann-Kendal trend analiz ile bu illerdeki soğuk birikiminin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir. Yapılan trend analiz sonucunda, Adana, Mersin ve Aydın'da 5 farklı yöntemle hesaplanan soğuklama sürelerinin hepsinde zamana bağlı önemli derecede azalma eğilimi belirlenmiştir. İzmir, Hatay ve Muğla'nın soğuklama sürelerinin uzun yıllar değişimi ise kullanılan soğuklama modellerine göre farklılık göstermiştir. Muğla'da Utah ve Dinamik modelle hesaplanan soğuk birikim miktarları azalma eğilimine sahipken, diğer modellerle hesaplanan soğuklama sürelerinin azalan veya artan yönde önemli bir trende sahip olmadıkları tespit edilmiştir. İzmir'de ise 0-7.2 modeli ile Utah modeli ile hesaplanan soğuklama süreleri azalma eğilimi gösterirken, diğer modellerde önemli bir eğilim belirlenememiştir. Hatay'da da benzer şekilde Modifiye Utah ve Dinamik modelin verdiği soğuklama sürelerinin zaman bağlı olarak azalma eğiliminde olduğu diğer modeller kullanılarak hesaplanan soğuklama sürelerinde ise böyle bir eğilimin olmadığı saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: İklim Değişikliği, Dinamik Model, Utah Modeli, Pozitif Utah Modeli, Modifiye Utah Model

ABSTRACT ASTER THESIS

THE HISTORICAL CHANGE OF ACCUMULATED WINTER CHILL OF THE CITIES ON THE MEDITERRANEAN COAST OF TÜRKİYE

ESMA AÇIKGÖZ

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

(THESIS ADVISOR:PROF.DR.KENAN YILDIZ)

In this study, it was aimed to determine the historical change in winter chill accumulation of some provinces in the Mediterranean coastal region. For this purpose, winter chill accumulation during the period from 1940 to 2020 of Izmir, Aydın, Muğla, Adana, Hatay and Mersin provinces by using 5 different methods ((0-7.2 C Model, Utah Model, Modified Utah Model, Positive Utah Model Dynamic Model). Then, time-dependent changes in chill accumulation in these provinces were examined using Mann-Kendal trend analysis. As a result of the trend analysis, a significant time-dependent decreasing trend was determined in all chill accumulation amount calculated by 5 different methods in Adana, Mersin and Aydın. The change in the chill accumulation amount of Izmir, Hatay and Muğla over many years differed depending on the chilling accumulation calculation models used. While the chill accumulation amounts calculated with the Utah and Dynamic models in Muğla have a decreasing trend, it has been determined that the chill amounts calculated with other models do not have a significant decreasing or increasing trend. While there was a decreasing trend in the amount of chilling calculated by the 0-7.2 model and the Utah model in Izmir, no significant trend was detected in the amount of chilling obtained from other models. In Hatay, it has been determined that the chilling amount obtained from by the Modified Utah and Dynamic models tend to decrease over time, but there is no such trend in the chill accumulation amount calculated using other models.

KEYWORDS: Climate Change, Dynamic Model, Utah Model, Positive Utah Model, Modified Utah Model

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ETİK SÖZLEŞME	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET(TÜRKÇE).....	iv
ABSATRACT(İNGİLİZCE).....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1.Materyal	9
3.2.Yöntem	10
3.2.1. Klasik Model	11
3.2.2. Utah Model	11
3.2.3. Modifiye Utah Model	11
3.2.4. Pozitif Utah Modeli.....	12
3.2.5. Dinamik Model.....	12
4.BULGULAR	13
4.1.Tahmin edilen ve ölçülen sıcaklıklar arasındaki ilişki	13
4.2.Soğuklama Süreleri	14
4.3Trend Analizleri	18
5.TARTIŞMA	27
6. SONUÇ	30
7. KAYNAKLAR.....	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil4.1.1	Muğla ili 2016 yılı Ocak ayına ait gözlenen ve tahmin edilen saatlik sıcaklıklar arasındaki doğrusal ilişki.....	14
Şekil4.3.1	Farklı yöntemlerle hesaplanan Adana ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.....	19
Şekil4.3.2	Farklı yöntemlerle hesaplanan Mersin ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi	20
Şekil4.3.3	Farklı yöntemlerle hesaplanan Aydın ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.....	22
Şekil4.3.4	Farklı yöntemlerle hesaplanan Muğla ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.....	23
Şekil4.3.5	Farklı yöntemlerle hesaplanan İzmir ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.....	25
Şekil4 3.6	Farklı yöntemlerle hesaplanan Hatay ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.....	26

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo No		Sayfa No
Tablo 4.2.1	Kullanılan 5 farklı modele göre Mersin ilinin soğuklama miktarları.....	15
Tablo 4.2.2	Kullanılan 5 farklı modele göre Aydın ilinin soğuklama miktarları.....	15
Tablo 4.2.3	Kullanılan 5 farklı modele göre Muğla ilinin soğuklama miktarları.....	16
Tablo 4.2.4	Kullanılan 5 farklı modele göre İzmir ilinin soğuklama miktarları	17
Tablo 4.2.5	Kullanılan 5 farklı modele göre Hatay ilinin soğuklama miktarları.....	17
Tablo 4.2.6	Kullanılan 5 farklı modele göre Adana ilinin soğuklama miktarları.....	18
Tablo 4.3.1	Adana ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	18
Tablo 4.3.2	Mersin ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	20
Tablo 4.3.3	Aydın ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	21
Tablo 4.3.4	Muğla ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	23
Tablo 4.3.5	İzmir ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	24
Tablo 4.3.6	Hatay ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları.....	26

KISALTMALAR VE SİMGELER

Simgeler

CD

DL

LA

MSB_{top}

PSB_{top}

SB_{top}

T_(t)

T_{max}

T_{min}

T_s

ÜS_{top}

Açıklama

İklimsel Gün sayısı

Gün Uzunluğu

Enlem Derecesi

Modifiye Soğuk Birimi Toplamı

Pozitif Soğuk Birimi Toplamı

Soğuk Birimi Toplamı

Güneşin Doğmasından Sonra t Saatindeki sıcaklık

Günlük Maksimum Sıcaklık

Günlük Minimum Sıcaklık

Güneşin Battığı Saatteki Sıcaklık

Üşüme Saati Toplamı

1.GİRİŞ

Ilıman iklim meyve türlerine ait ağaçlar kışın dinlenmeye girerler. Bu ağaçların dondurucu sıcaklıklarından korunmak için geliştirmiş oldukları bir mekanizmadır. Dinlenme dönemi boyunca büyüme ve bütün fizyolojik işlemler durur veya yavaşlar. İlkbaharda, yaprak,çiçek ve son olarak meyve üretimi için bu fizyolojik olayların yeniden başlaması gerekir.

Don zararından korunmak için ağaçların uygun zamanda, soğuklar bittikten sonra, yeniden gelişmeye başlaması hayati öneme sahiptir. Bu zamanı belirlemek için ağaçlar sıcaklıkları algılayan mekanizmalar geliştirmiştir. Bir başka deyişle ağaçlar soğuk ve sıcak havanın ne kadar sürdüğünü algılayabilmektedir. Ağaçların dinlenme ihtiyacını karşılayarak yeniden gelişmeye başlaması için belli bir süre düşük sıcaklık ve ısı toplamına ihtiyacı vardır (**Campoy ve ark., 2011**). Bu iki gereksinim belli bir iklim rejimi ile uyum içindedir. Soğuklama ve ısı gereksinimi birlikte çalışarak, ağaçların kış soğuklarından zarar görmemesi için dinlenmenin mümkün olduğunca geç tamamlanmasına katkı sağlar. Diğer taraftan ağacın takip eden kış dönemi gelmeden, yıllık gelişim döngüsünü tamamlayabilmesi için uyanmanın mümkün olduğunca erken başlaması gerekir. Bu iklimsel gereklilikler, bir çeşidin verimli bir şekilde yetiştirilmesini, belli agroklimatik bölgelerle sınırlandırmakta (**Rumayor-Rodriguez, 1995**) ve karlı bir yetiştiricilik için mevcut iklim rejimine uygun çeşit seçiminin önemini vurgulamaktadır. Özellikle bir çeşit kendi orijininden daha ılık iklimlerde yetiştirildiğinde soğuklama ihtiyacı daha da önem kazanmaktadır.

Soğuklama ihtiyacını karşılayamayan ağaçlarda bazı anormallikler görülür. Çiçeklenme zamanı gecikir, çiçeklenme dönemi uzar ve düzensiz çiçeklenmeler olur (Byrne vd. 1991). Ağaç üzerinde irileşmiş meyvelerin yanında, bazı tomurcukların çiçek açtığı dikkati çeker. Özellikle sürgünlerin ortasındaki tomurcukların uyanmaları gecikir, meyve tutumu azalır (Saure 1985; Voller 1986; Oukabli vd. 2003; Nigel ve Dirk 2001; Darbyshire vd. 2011).

Soğuklama ihtiyacı ile ilgili sorunlara elma, ceviz, armut, erik, kayısı, şeftali, badem ve Antep fıstığı gibi birçok meyve türünde sık rastlanmaktadır. Bir tür içinde farklı soğuklama ihtiyacı olan çeşitler bulunmakta ve ticari yetiştiricilik için yöreye uygun çeşit seçimi büyük önem taşımaktadır.

Sanayi devrimi öncesi döneme göre küresel sıcaklıkların 21. yüzyılın sonunda 6 C° artacağı tahmin edilmektedir (**IPCC, 2007**). Söz konusu iklim değişikliği muhtemel soğuklama süresini de etkileyecektir (**Luedeling ve ark., 2011**). Bu durum göz önüne alındığında soğuklama süresi ile ilgili bu günkü ölçümlerin sabit kalmayacağı aşîkârdır. Birçok türde çiçeklenme tarihinin giderek daha erken dönmelerde gerçekleşmesi, dinlenmeden çıkış sürecinin hâlihazırda, değişikliğe uğradığını göstermektedir (**Legave ve ark., 2009**).

Sunley ve ark. (2006), İngiltere boyunca değişik bölgelerde 1950 ve 2002 yılları arasında, Üşüme Saati Modeli, <7.2 C° Modeli, Utah modeli ve Latin modeline göre hesaplanan soğuklama sürelerindeki değişimleri incelemiştir. Araştırmacılar on yıllık süreleri dikkate alarak yaptıkları karşılaştırmalarda, 1969-1979 yılları arasına göre, 1987-1997 yılları arasında oluşan soğuklama sürelerinin <7.2 C° Modeline göre, bölgelere bağlı olarak % 5.7 ile % 12.2 arasında, Latin Modeline göre % 1.6 ile % 4.8 oranında azalma gösterdiğini; Üşüme Saati Modeli'ne göre ise bazı bölgelerde artış (% 2.3) gözlenirken bazı bölgelerde önemli derecede azalmanın (% 10.9) olduğunu belirlemiştir. Yine İngiltere'de yaptıkları çalışmalara dayanarak, **Else ve Atkinson (2010)** gelecekte soğuklama süresindeki azalmanın, meyve ağaçlarının dinlenme ihtiyaçlarını karşılamayacağı boyutlara ulaşabileceğini bildirmiştir. Diğer taraftan özellikle soğuk iklime sahip bölgelerde soğuklama süresinin hiç ya da çok az değiştiğini bildiren analiz sonuçları da bulunmaktadır. Bu sonuçlar soğuklama süresini hesaplamak için kullanılan modele ve bölgeye göre farklı sonuçların çıkabileceğini göstermektedir.

Soğuklama süresinin gelecekte nasıl bir değişim göstereceğini daha iyi tahmin etmek için farklı bölgelerde farklı hesaplama yöntemleri ile karşılaştırmalı çok sayıda çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilecek bilgiler, gelecekte karşımıza çıkabilecek olası sorunların çözümüne yönelik neler yapılabileceği konusunda ışık tutacak nitelikte olacaktır. Bu konuda dünyada yapılmış pek çok çalışma olmakla birlikte ülkemizde yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde soğuk bölgelerin az etkilendiği belirtilmiştir.

Akdeniz ve Ege Bölgesi sahil kesiminde bulunan illerimizde daha çok subtropik meyve yetiştiriciliği yapılmakla birlikte, bu illerimiz soğuklama isteği düşük erkenci meyve yetiştiriciliği için büyük avantajlara sahiptir (**Bayazıt ve ark., 2021**). Bu avantajdan

yararlanmak amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, bu illerimizde ılıman iklim meyve türleri ile erkenci yetiştiricilik önemli seviyelere ulaşmış ve giderek artış göstermektedir. Akdeniz Bölgesinin özellikle subtropik iklime sahip Çukurova kesiminde erkenci şeftali yetiştiriciliğinde büyük bir ilerleme kaydedilmiştir. Söz konusu yetiştiricilikte karşılaşılan en önemli problemlerden birisinin çiçeklenmedeki anormallik, verim düşüklüğü ve meyvelerin küçüklüğü olduğu bildirilmiştir (**Tekinel, 2003**). Bu sorunlar büyük oranda üşüme ihtiyacının karşılanamamasından kaynaklanmaktadır. Üşüme gereksinimi uzun olan ılıman iklim meyve tür ve çeşitlerinin soğuklama sürelerinin saptanması ve meyvecilik açısından bazı sorunlarla karşılaşmakta ve bazı türlerde düzenli ürün alınamamaktadır. Bu nedenle, yetiştiricilik bölgesinin uzun yıllara dayalı soğuklama sürelerinin bilinmesi, çeşit seçimi açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu bölgemizde yapılan yetiştiricilik sonucunda elde edilen ürünlerin ihracat potansiyeli yüksek olduğundan Beş Yıllık Kalkınma Planları için hazırlanan Meyvecilik Alt Komisyon Raporlarında, Akdeniz Bölgesinde erkenci meyve yetiştiriciliğinin geliştirilmesi tavsiye edilmektedir (**Anonim, 2001**). Akdeniz ve Ege Bölgesi için uygun çeşit seçiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli kriter çeşitlerin soğuklama gereksinimidir. Bu bölgelerde kışlar ılık geçtiğinden soğuklama isteği düşük olan çeşitlerin seçilmesi gerekmektedir. Günümüzde bu bölgelerimizde yapılan meyve yetiştiriciliğinde soğuklama ihtiyacının karşılanamaması problemi ile sık sık karşılaşılmakta ve farklı uygulamalarla (KNO₃, mineral yağlar, gibberellinler, DNOC, ve thioure gibi) bu sorunlar giderilmeye çalışılmaktadır (**Son ve Küden, 2005; İmrak ve ark., 2016**).

Küresel ısınmanın neden olacağı kış soğuklarındaki azalmanın soğuklama ihtiyacının karşılanamama problemini giderek daha da ağırlaştıracığı öngörülmektedir (**Campoy ve ark., 2011**). Şimdiye kadar dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda, özellikle kışların ılık geçtiği bölgelerde soğuk birikiminin azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Yapılan literatür taramasında bu konuda ülkemiz için yapılmış tek çalışma **Yelmen (2007)** tarafından Doğu Akdeniz Bölgesi ait 1963-2003 yılları arasındaki meteorolojik verilerini kullanarak yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada soğuk birimi, klasik yöntem ve Aron yöntemine göre belirlenen uzun yıllar soğuk birikiminin frekansları belirlenerek belli olasılıklar seviyesinde beklenen değerleri hesaplanmıştır. Özellikle iklim değişikliğinin muhtemel etkisi altında soğuk birikiminin ne yönde değiştiği konusundan ülkemizde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma ile Akdeniz'e

kıyısı olan illerimizde uzun yıllar soğuk birikiminin nasıl bir değişim gösterdiği belirlenecektir.

Akdeniz Bölgesinin farklı kesimlerindeki soğuk birikimini belirlemek için şimdiye kadar yapılan çalışmalarda klasik yöntem yanında, soğuk birimi ve Aron yöntemi kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar bu yöntemlerin Akdeniz Bölgesi gibi ılık kışlara sahip bölgeler için her zaman uygun sonuç vermediğini bildirmişlerdir (**Richardson ve ark., 1986; (Linsley-Noakes ve ark., 1994).**

Bu çalışmada klasik yöntem yanında “Utah modeli”, “Pozitif Utah Modeli”, “Modifiye Utah Modeli” ve pek çok çalışmada (**Fishman ve ark., 1987; Erez ve ark., 1990; Perez ve ark., 2008; Luedeling ve Brown, 2010**) ılıman bölgeler için en uygun olduğu bildirilen “Dinamik Model” kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Soğuklanma isteği bitkinin yetiştirileceği alanlara uyum sağlaması için gerekli olan bir durumdur. Her ne kadar birbirinden bağımsız olsa da dona tolerans ve dinlenme, bitkinin çok düşük sıcaklıklara tolerans için geliştirmiş olduğu temel mekanizmalardır (**Irving ve Lamphear, 1967**). Dona tolerans dinlenmeye girmeden gerçekleştirilebilecek bir mekanizma değildir (**Fuchigami ve ark., 1971**). Dormansi, özellikle çok yıllık odunsu bitkilerin devamlılığı ve üretimi açısından büyük bir ekonomik öneme sahiptir (**Fennell, 1999**).

Tarla şartları ve kontrollü denemelerden elde edilen gözlemlere dayanarak, soğuklama süresini tahmin etmek için pek çok model geliştirilmiştir (**Weinberger, 1950; Richardson ve ark., 1974; Gilreath ve Buchanan, 1981; Shaltout ve Unrath, 1983; Anderson ve ark., 1986; Fishman ve ark., 1987; Linsley-Noakes ve ark., 1994; Cesaraccio ve ark., 2004**). **Luedeling ve Brown (2010)**’a göre, soğuklamanın biyolojik mekanizması çok anlaşılmış değildir ve bu modeller fizyolojik temellere dayanmamaktadır. Bununla birlikte soğuklama isteğinin değerlendirilmesinde gözleme dayalı bu modellerden yaygın olarak yararlanılır (**Legave ve ark., 2009**).

İlk geliştirilen ve yetiştiricilerin en çok aşına olduğu model 0 ile 7.2 °C arasındaki sıcaklıkları dikkate alan soğuklama modelidir. Bu model, kış boyunca sıcaklığın 0 ile 7.2 °C arasında olduğu saatleri toplayarak hesaplama yapar. Üşüme saati toplamı belli bir değere ulaştığında, soğuklama isteğinin karşılanmış olduğu varsayılır. Utah Modeli (**Richardson ve ark. 1974**) de, 0-7.2 °C modeline benzer şekilde soğuğa maruz kalınan saatleri toplar ancak,

sıcaklığın değerine bağlı olarak bir çeşit ağırlıklı adım fonksiyonunu kullanır. Bu model farklı sıcaklıkların soğuklama gereksinimi üzerine farklı etkilerinin olduğunu ve yüksek sıcaklıkların da negatif etkisinin olduğunu varsayar. Utah Modeli'nin birkaç değişik modifikasyonları ortaya atılmıştır. Bunlar, modelin Utah dışında farklı ekolojilere sahip alanlara ve şeftali dışındaki diğer türlere uygulandığında, normalde etkisi olmadığı düşünülen sıcaklıkların etkisinin olduğunu keşfedilmesi ile ortaya çıkmıştır (**Linsley-Noakes ve ark., 1994; Shaltout ve Unrath, 1983**). **Linville (1990)** orijinal Utah Modeli fonksiyonunu bir sinüs eğrisi ile düzelterek Modifiye Utah Modelini geliştirmiştir.

Linsley-Noakes ve ark. (1994) Pozitif Utah Modeli olarak bilinen, orijinal Utah Modelinin başka bir versiyonunu önermiştir. Bu model yüksek sıcaklıkların negatif etkisinin olmadığını varsaymaktadır. Pozitif Utah Modelinin kışları ılık geçen bölgelerde daha iyi performans gösterdiği bildirilmektedir (**Linsley-Noakes ve ark., 1994**).

İran'da yapılan bir çalışmada, doğal popülasyondan seleksiyonla elde edilen bazı ceviz genotiplerinin ve bazı standart çeşitleri soğuklama ihtiyacını belirlemek için 7.2 °C'nin altında geçen saatler dikkate alınmış ve çalışma sonunda, incelenen genotip ve çeşitlerin soğuklama sürelerinin yan gözler için 600 ile 1000, terminal gözler için 500 ile 1000, kedicikler (erkek çiçekler) için ise 400 ile 700 saat arasında değişim gösterdiği ifade edilmiştir. Aynı araştırmacılar soğuğa maruz kalma süresi ile ısı gereksinimi arasında negatif bir korelasyon bulmuşlar ve soğuklama süresi uzadıkça ısı gereksiniminin azaldığına dikkat çekmişlerdir. (**Aslamarz ve ark., 2009**).

Dinlenme ihtiyacının yıldan yıla ve çeşide bağlı olarak değişiklik göstermesi, uygun ve sağlam model elde etmek için çok sayıda çeşit ile yıl tekrarlı çalışmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır. Son bulgular, daha kompleks ve daha doğru modellerin geliştirmesine imkân sağlamıştır. Örneğin **Naor ve ark. (2003)** elmada yaptığı çalışmalarda, daha önceden yapılmış çalışmalardan elde edilen sonuçlardan oldukça farklı sonuçlar elde etmiştir. Önceki çalışmalarda sıfıra yakın sıcaklıkların çok az etkisi olduğu bildirilirken, **Naor ve ark. (2003)** bu sıcaklıkların dinlenmenin giderilmesinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, **Campoy ve ark. (2011)**, kayısıda bir miktar üşümeden sonra uygulanan günlük yüksek (15-25 °C) ve düşük (5 °C) sıcaklık döngüsünün, gözlerde erken uyanmayı teşvik ettiğini belirlemiştir.

Soğuklama süresinin hesaplanmasında son yıllarda daha çok tercih edilen bir model de Dinamik Modeldir. Bu model soğuk birikiminin iki adımlı bir süreçle gerçekleştiğini

varsaymaktadır. İlk adımda düşük sıcaklıkların teşviki ile bir ara ürün oluşur. Bu süreç ılık sıcaklıklar ile tersine çevrilebilir. Diğer taraftan şayet bu ara ürün yeterli bir seviyeye ulaştığında, geri döndürülemez ve soğuk parçası (Chill Portions) olarak kalıcı olarak birikmiş olur. Bu iki adımlı model, daha önce yapılan, sıcaklık kontrollü denemelerden elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. **Erez ve ark. (1979)** yüksek sıcaklığın negatif etkisinin olabilmesi için düşük ve yüksek sıcaklık uygulama periyodları arasında sınırlı bir sürenin olması gerektiğini göstermiştir. Dinamik modele sağlanan diğer önemli bir katkı da günlük döngüde düşük sıcaklıklarla kombine edildiğinde, orta derecedeki (13-15) sıcaklıkların sinerjik etkisinin tespit edilmesi olmuştur. Orta derecedeki sıcaklıklar, dinlenme ihtiyacının karşılanmasında tek başına pozitif etkiye sahip değildir.

Fakat bu orta derecedeki sıcaklıklar, düşük bir sıcaklıktan sonra gelirse, pozitif etkileri önemli derecede artar (**Erez ve Couvillon, 1987; Guerriero ve ark., 1985**). **Zhang ve Taylor (2011)**, Avustralya'da Antepfıstığının 'Sirora' çeşidinin soğuklama gereksinimini belirlemek için Üşüme Saati (0-7.2 °C), Utah ve Dinamik modeli kullandıkları çalışmalarında, diğerlerine göre Dinamik Model'in daha tutarlı sonuçlar verdiğini kaydetmişlerdir. **Maulion ve ark., (2014)** ise Arjantin'de 63 nektarin, 118 şeftali çeşidi ile 7 yıl boyunca yaptıkları çalışmalarında, Üşüme Saati, Utah Modeli, Pozitif Utah Modeli ve Dinamik Model'i karşılaştırmışlar ve çalıştıkları bölgede soğuk birikimini hesaplamak için en uygun model olarak Üşüme Saati ve Pozitif Utah Modeli'ni tavsiye etmişlerdir. **Fernandez ve ark., (2020)** ise Dinamik Modelin birçok bölge için en uygun model olduğunu bildirmekle birlikte, bazı bölgelerde Dinamik Model yerine diğer modellerden birinin daha uygun olabileceğini ve en uygun modelin bölge ve çeşide göre tespit edilmesinin en doğru sonuçları vereceğine dikkat çekmişlerdir.

İklim, meyve yetiştiriciliğinde başarılı bir üretimi belirleyen en önemli faktördür. Bitkiler, yıl içindeki iklim değişikliklerine, farklı gelişme safhalarına girerek cevap verirler. Yıllık döngüdeki önemli safhalardan birisi kış dinlenme dönemidir. Yaprtağını döken meyve ağaçları soğuk zararından korunmak ve kış şartlarında canlı kalabilmek için dinlenmeye girerler (**Suare, 1985**). Dinlenmeden çıkıp, gözlerin patlaması için bitkinini belli bir süre düşük kış sıcaklıklarına maruz kalması gerekir. Soğuklama veya üşüme gereksinimi olarak ifade edilen bu olayda, gerektiğinden daha az soğuklamaya maruz kalma, düzensiz (tek tük) tomurcuk patlamasına, az, küçük ve farklı zamanlarda olgunlaşan meyve gelişimine sebep olur (**Oukabli ve ark., 2003**). Küresel ısınmaya bağlı yetersiz soğuklamanın genelde bitkilerde güç kaybına, elma özelinde ise meyve tutumu ve verimde, meyve iriliğinde, renk

gelişiminde, meyve suyu içeriğinde azalmaya, artan pestisit zararı nedeniyle de raf ömründe azalmaya neden olduğu ifade edilmiştir (**Jangra ve Sharma, 2013; Yuri ve ark, 2019**).

Çok yıllık meyve türleri ile üretim planlaması yapılırken, kullanılacak çeşidin soğuklama isteği yanında bahçe kurulacak bölgenin soğuklama süresinin bilinmesi başarılı bir yetiştiricilik için oldukça önemlidir. Diğer taraftan, insan kaynaklı faaliyetlerin tetiklediği iklim değişikliğine tepki olarak hava şartları son yıllarda değişiklik göstermektedir (**Karoly ve Braganza, 2005; IPCC, 2007**). Uzun yıllar ortalamaları (1910-2004) incelendiğinde, Avustralya’da sıcaklıkların atma eğilimi gösterdiği, maksimum sıcaklıkların her on yılda 0.06 °C, minimum sıcaklığın ise 0.12 °C’lik artış gösterdiği bildirilmiştir (**Nicholls ve Collins, 2006**).

Artan sera gazı seviyesinin gelecekte küresel ısınmayı artıracak tahmin edilmektedir (**CSIRO, 2007; Alexander ve Arblaster, 2009**). Bu durum meyve ağaçlarının yetersiz soğuklamaya maruz kalma ihtimalini artıracaktır.

Meyve türlerinin çoğunluğu uzun ömürlü olduğundan, bu uzun yaşamları boyunca iklim şartlarının uygun olması gerekir.

Küresel ısınmanın yakın dönem etkilerinin, generatif gelişmenin daha erken başlaması ve yetiştirme alanlarının daha yüksek enlemlere doğru kayması yönünde olacağı tahmin edilmektedir (**Hedhly ve ark., 2009**). Bu durum başarılı bir üretim için kültürel tekniklerde değişimi gerekli kılacaktır (**Perarnaud ve ark., 2005**). Küresel ısınma bu yönüyle bitkinin dinlenmeye başlaması, dinlenme ihtiyacının giderilmesi ve dinlenmeden çıkması süreçlerinde ve fenolojik döngüsünde değişimlere neden olabilecektir. Küresel ısınmanın etkisi ile oluşacak daha ılık kışlara meyve türlerinin tepkisi ilginç sonuçlar verebilir. Kış aylarındaki ısınmaya bağlı olarak uyanma ve çiçeklenmenin daha erken olması yönünde bir eğilim oluşabilir. Diğer taraftan kış soğukları soğuklama ihtiyacına karşılayamayacak seviyelere geldiğinde bu trend tersine dönebilir ve çiçeklenme gecikebilir. Küresel ısınmanın fenolojik tarihler üzerine etkisini analiz eden çalışmalarda, çeşitlerin soğuklama isteği ve çalışma yapılan bölgedeki soğuk birikimine bağlı olarak erkencilik veya gecikme yönünde trendler elde etme olasılığı olabilecektir. Şayet bir bölgede küresel ısınmanın etkisi ile kışların ısınmasına rağmen halen kış ayları boyunca oluşan soğuk birikimi çeşidin soğuklama isteğinin üzerinde ise, bu durum çeşidin ihtiyaç duyduğu ısı gereksiniminin daha erken karşılanmasına ve daha erken uyanmasına neden olacaktır. Diğer taraftan kış ayları çeşidin soğuk gereksinimini karşılayamayacak derecede ısınca, yetersiz soğuklamanın neden olacağı belirtiler ortaya çıkabilecektir. Bu durum, küresel ısınmanın, gelecekte soğuklama süresini ne yönde

etkileyeceğini tahmin etmeye dayalı çalışmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır. Pek çok araştırmacı, dünyadaki önemli yetiştiricilik bölgelerinde, sıcaklık kayıtlarına dayanarak yaptıkları analizler sonucunda, soğuklama süresinde geçmişten günümüze önemli değişikliklerin olduğunu bildirmişlerdir (**Luedeling, 2012**).

Son 20-30 yılda meydana gelen hızlı iklim değişikliğinin tomurcuklarda düzensiz uyanma, erken yada geç çiçeklenme, düzensiz meyve gelişimi ve olgunlaşma ile erken yaprak dökümü gibi anormal fizyolojik olaylara neden olduğu rapor edilmiştir (**Rai ve ark., 2015**). **Guedon ve Legave (2008)** bazı meyve türlerinde gözlenen erken çiçeklenme eğilimini, iklim değişikliğine tepki olarak dinlenme mekanizmasının önemli ölçüde değiştiğinin bir göstergesi olarak değerlendirmişlerdir. Aynı araştırmacılar küresel ısınmanın etkisiyle Fransa'da elma ve armutların erken çiçeklenmeye başladığı kaydedilmiştir.

Diğer taraftan kullanılan hesaplama modeline ve çalışılan bölgeye bağlı olarak farklı sonuçların alındığı görülmektedir. Soğuklama süresinin iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğini belirlemek ve buna göre stratejiler geliştirmek için doğru model kullanmak çok önemlidir.

Uygun model seçiminin önemini vurgulamak için Şili, Tunus ve Almanya'nın 9 farklı bölgesinde 13 farklı model ile yapılan bir çalışmada geçmiş ve gelecekte olması beklenen sıcaklıklar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, aynı bölgede bile, yapılan tahminlerin modellere bağlı olarak büyük oranda değiştiği kaydedilmiştir. Üşüme Saati ve Üşüme Oranı modellerinin gelecekteki iklim değişikliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Meyve endüstrisinin giderek büyüdüğü Tunus'ta, Kuzey Karolina, Utah, Modifiye Utah ve Düşük Üşüme modelleri ile yapılan hesaplamalar negatif değerler vermiştir. Kullanılan 13 modelden sadece ikisinde iklim değişikliğine bağlı azalmanın olduğu bildirilmiştir. Akdeniz iklimine sahip bölgelerin (Şili'nin merkezi ve Tunus) soğuklama sürelerinin gelecekte Dinamik ve Pozitif Utah Modelleri'ne göre benzer oranlarda azalma göstereceği, ılıman iklim kuşağındaki Almanya'da ise Dinamik Modele göre soğuklama sürelerinden düşük miktarlarda artışların olacağı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, Pozitif Utah Modeli ile benzer sonuçlar vermekle birlikte daha fazla fizyolojik temellere dayandığı için en uygun modelin Dinamik Model olduğuna dikkat çekilmiştir (**Fernandez ve ark 2020**).

Soğuklama modellerinin çoğunluğunda saatlik sıcaklıklar kullanılmaktadır. Bu modellere göre soğuklama sürelerinin uzun yıllar değişimini belirlemek için bu yıllara ait

saatlik sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Birçok bölgede bu kayıtlara ulaşamadığı için bazı araştırmacılar günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardan saatlik sıcaklıkları tahmin edebilen bazı denklemler geliştirmişlerdir (**Linville, 1990; Cesaraccio ve ark., 2001**).

Küresel ısınmanın olumsuz etkisinin özellikle kışları ılık geçen ve soğuklama ihtiyacının ucu ucuna karşılandığı bölgelerde daha belirgin olacağı ileri sürülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada, Akdeniz sahil bölgesinde bulunan İzmir, Aydın, Muğla, Adana, Hatay ve Mersin illerinin uzun yıllar kış soğuk birikimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, Klasik (0-7.2 °C) Model, Utah Modeli, Modifiye Utah Modeli, Pozitif Utah Modeli ve Dinamik Model kullanılmıştır. Bu modeller saatlik sıcaklık değerlerini kullanmaktadır. İnceleme yapılacak bölgelerde saatlik sıcaklık değerleri yaklaşık 1970’li yıllara kadar geri gitmekte, önceki tarihlere ait saatlik sıcaklık değerleri bulunmamaktadır.

Zamana bağlı değişimin tahminine yönelik çalışmalarda, mümkün olduğu ölçüde fazla veri kullanmak daha güvenilir sonuçlar verecektir. Bu amaçla ilk olarak bölgelerin günlük minimum ve maksimum sıcaklık değerleri yardımı ile saatlik sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Günlük minimum ve maksimum sıcaklık değerlerine ilişkin kayıtlar 1930’lu yıllara kadar geriye gitmektedir.

Minimum ve maksimum sıcaklıklar kullanılarak saatlik sıcaklıkların tahmin edilmesinde **Cesaraccio ve ark., (2001)** tarafından geliştirilen model kullanılmıştır. Bu modelde bir günlük süre üçe bölünmektedir. Bunlardan birincisi güneşin doğumundan (H_n), sıcaklığın gün içinde en yüksek olduğu ana (H_x) kadar geçen süre, ikincisi H_x anından güneşin batış anına (H_o) kadar geçen süre, üçüncüsü H_o anından ertesi gün güneş doğma anına (H_p) kadar geçen süredir. Güneş batma saatinden 4 saat önceki an gün içinde sıcaklığın en yüksek olduğu an ($H_x=H_o-4$) olarak kabul edilmektedir.

Gün doğumundaki (H_n) sıcaklık T_n , gün içindeki maksimum sıcaklık T_x , ertesi gün güneş doğma anındaki (H_p) sıcaklık ise T_p ile gösterilmiştir. T_n ve T_x sırasıyla gün içindeki

minimum ve maksimum sıcaklıkları göstermektedir. T_p ise ertesi gündeki minimum sıcaklık değeridir. H_o anındaki sıcaklığı ifade eden T_o aşağıdaki denklemle hesaplanmıştır:

$$T_o = T_x - c(T_x - T_p)$$

Denklemdeki c belli bir dönemdeki saatlik sıcaklıklarla yapılan denemeler sonucunda belirlenmiş ve değeri 0.39 bulunmuş bir katsayıdır. Yukarıda verilen tanımlamalar kullanılarak günün herhangi bir saatindeki sıcaklık aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.

$$T(t) = \begin{cases} T_n + \alpha \left[\left(\frac{t-H_n}{H_x-H_n} \right) \frac{\pi}{2} \right] & H_n < t \leq H_x \\ T_o + R \sin \left[\frac{\pi}{2} + \left(\frac{t-H_x}{4} \right) \frac{\pi}{2} \right] & H_x < t < H_o \\ T_o + b\sqrt{t-H_o} & H_o < t \leq H_p \end{cases}$$

Burada, t gün içinde belli zamandaki saati gösterirken, $T(t)$ t'inci saatteki sıcaklığı göstermektedir. Formüldeki α , R ve b değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\alpha = T_x - T_n$$

$$R = T_x - T_o$$

$$b = \frac{T_p - T_o}{\sqrt{H_p - H_o}}$$

Yukardaki modelle saatlik sıcaklıkların ne kadar doğru tespit edildiğini belirlemek için belli illerden belli zamanlarda meteoroloji istasyonlarından alınan saatlik sıcaklıklar ile model yardımıyla tahmin edilen sıcaklıklar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi doğrusal regresyonla yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada Akdeniz İkliminin görüldüğü iller İzmir, Aydın, Muğla, Adana, Hatay ve Mersin illerinin uzun yıllar saatlik sıcaklık değerleri tahmin edildikten sonra aşağıda tanımlanan Klasik Model, Utah Modeli, Modifiye Utah Modeli, Pozitif Utah Modeli ve Dinamik Model kullanılarak illerin soğuk birikim miktarları belirlenmiştir.

3.2.1 Klasik model (0 – 7.2 °C)

$$\ddot{U}S_{top} = \sum_{t=bt}^{son} \ddot{U}S \begin{cases} T_t < 0 \text{ °C} & \ddot{U}S_t = 0 \\ 0 \text{ °C} \leq T_t \leq 7.2 \text{ °C} & \ddot{U}S_t = 1 \\ T_t > 7.2 \text{ °C} & \ddot{U}S_t = 0 \end{cases}$$

Bu modelde, 0-7 °C arasında geçirilen her bir saat için 1 üşüme saati atanır; bu aralık dışındaki sıcaklıklarda geçirilen her bir saati için 0 verilir ve bunlar toplanarak üşüme saati ($\ddot{U}S_{top}$) toplamı hesaplanır. Yukardaki eşitlikte T_t : belirlenen t zamanındaki sıcaklığı, bt : başlangıç, son : ifadesi ise son saati göstermektedir.

3.2.2 Utah Modeli

$$SB_{top} = \sum_{t=bt}^{son} SB \begin{cases} T_t \leq 1.1 \text{ °C} & SB_t = 0 \\ 1.1 \text{ °C} < T_t \leq 2.2 \text{ °C} & SB_t = 0.5 \\ 2.2 \text{ °C} < T_t \leq 8.8 \text{ °C} & SB_t = 1 \\ 8.8 \text{ °C} < T_t \leq 10.5 \text{ °C} & SB_t = 0.5 \\ 10.5 \text{ °C} < T_t \leq 15.5 \text{ °C} & SB_t = 0 \\ 15.5 \text{ °C} < T_t \leq 18.3 \text{ °C} & SB_t = -0.5 \\ 18.3 \text{ °C} < T_t & SB_t = -1 \end{cases}$$

Bu modelde ise tanımlanan belli sıcaklık aralıklarına her saat için belirli soğuk birimi verilmektedir.

3.2.3 Modifiye Utah Modeli

$$MSB_{top} = \sum_{t=bt}^{son} MSB \begin{cases} T_t \leq 0 \text{ °C} & MSB_t = 0 \\ 0 \text{ °C} < T_t \leq 21 \text{ °C} & MSB_t = \sin\left(\frac{2\pi T}{28}\right) \\ T_t > 21 \text{ °C} & MSB_t = -1 \end{cases}$$

Bu Modelde; Sıcaklığın 0 °C ‘ye eşit veya altında olduğu her saat için 0 soğuklama birim, Sıcaklığın 0 °C ‘den büyük, 21 °C ‘ye eşit küçük ya da eşit olduğu her saat için $MSB_t = \sin\left(\frac{2\pi T}{28}\right)$ formülü ile belirlenen soğuk birimi

Sıcaklığın 21 °C'den büyük olduğu her saat için -1 soğuk birikimi atanır. Elde edilen değerler toplanarak MSB_{top} hesaplanır.

3.2.4 Pozitif Utah Modeli

$$PSB_{tot} = \sum_{t=st}^{en} PSB \begin{cases} T_t \leq 1.4 \text{ } ^\circ\text{C} & PSB_t = 0 \\ 1.4 \text{ } ^\circ\text{C} < T_t \leq 2.4 \text{ } ^\circ\text{C} & PSB_t = 0.5 \\ 2.4 \text{ } ^\circ\text{C} < T_t \leq 9.1 \text{ } ^\circ\text{C} & PSB_t = 1 \\ 9.1 \text{ } ^\circ\text{C} < T_t \leq 12.4 \text{ } ^\circ\text{C} & PSB_t = 0.5 \\ T_t > 12.4 \text{ } ^\circ\text{C} & PSB_t = 0 \end{cases}$$

Pozitif Utah Modelinde de belirli sıcaklık değerleri için belirli miktarda soğuk birimi tanımlanmıştır. Diğer iki Utah modelinden farkı yüksek sıcaklıkların negatif etkisinin bu modelde söz konusu olmamasıdır.

3.2.5 Dinamik Model

$$x_t = \frac{e^{slp.tetmlt.(T_t - tetmlt)/T_t}}{1 + e^{slp.tetmlt.(T_t - tetmlt)/T_t}}$$

$$y_t = \frac{a_0}{a_1} e^{(e_1 - e_0)/T_t}$$

$$ak_t = a_1 \cdot e^{(-e_1/T_t)}$$

$$Inter_{Et} = y_t - (y_t - Inter_{St}) \cdot e^{-ak_1}$$

$$Inter_{St} = \begin{cases} t = 1, & 0 \\ \text{if } t > 1 \wedge Inter_{Et-1} < 1, & Inter_{Et-1} \\ t > 1 \wedge Inter_{Et-1} \geq 1, & Inter_{Et-1} \cdot (1 - x_{t-1}) \end{cases}$$

$$delt_t = \begin{cases} t = 1, & 0 \\ \text{if } t > 1 \wedge Inter_{Et-1} < 1, & 0 \\ t > 1 \wedge Inter_{Et-1} \geq 1, & Inter_{Et} \cdot x_t \end{cases}$$

$$SM_t = \begin{cases} t = 1, & delt_t \\ \text{if } t > 1, & delt_t + P_{t-1} \end{cases}$$

$$SM_{top} = \sum_{t=st}^{en} SM_t$$

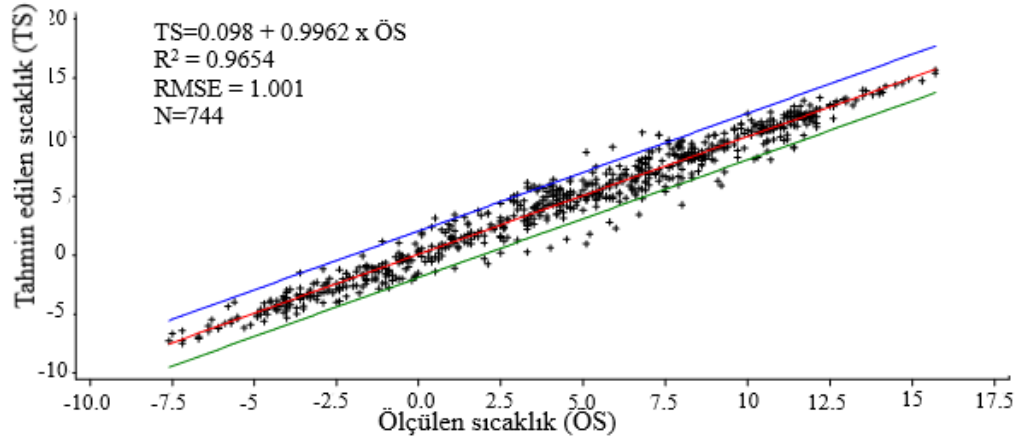
Dinamik model farklı bir mantıksal yapıya sahiptir. İki aşamalı bir süreçten oluşan bu model soğuk birikimini hesaplarken farklı sıcaklıklar arasındaki etkileşimi dikkate alır. Utah Modeli'ne benzer şekilde optimum üşüme sıcaklıkları ile negatif etkili yüksek sıcaklıkların etkisi birlikte değerlendirilir. Bu etkiler değerlendirilirken birinci aşamada bir ara ürün oluşur. Bu ara ürün belli bir miktara ulaştığında, üşüme parçası olarak kaydedilir ve bu daha sonra gelecek sıcaklıklarla geriye döndürülemez. Modelde a_0 , a_1 , e_0 , e_1 , slp ve $tetml$ olarak ifade edilen sabit değerler sırasıyla 1.395×10^5 , 2.567×10^{18} , 4153.5, 12 888.8, 1.6 ve 277 alınacaktır.

İllere ait yıllık soğuklama süreleri yukarıda bahsedilen beş yöntemle göre ayrı ayrı hesaplandıktan sonra, elde edilen veriler trend analizine tabi tutularak, yaklaşık 1940'lı yıllardan 2020'ye kadar olan dönemde, incelenen illerin soğuklama sürelerinde azalma yönünde bir eğilim olup olmadığı belirlenecektir. Trend analizlerinde Mann-Kendall (MK) tekniği kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1.Tahmin edilen ve ölçülen sıcaklıklar arasındaki ilişki

Saatlik sıcaklıkları tahmin etmek için kullanılan modelin doğruluğunu test etmek için, tahmin edilen sıcaklıklar ile ölçülerek belirlenen saatlik sıcaklıkların doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Analizde ölçülen saatlik sıcaklıklar bağımsız tahmin edilen sıcaklıklar ise bağımlı değişken olarak alınmıştır. Regresyon analizinde, Muğla ili 2016 yılı Ocak ayına ait 744 gözlem kullanılmıştır (Şekil 1). Şekilde ortadaki kırmızı çizgi regresyon doğrusunu üstteki mavi çizgi ile alttaki yeşil çizgi ise %95 ihtimal düzeyinde güven aralığını göstermektedir. Şekilde gözlemlerin doğrusal dağılımı ve yüksek R^2 (0.97) değeri modelin doğruluk derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1.1.Muğla ili 2016 yılı Ocak ayına ait gözlenen ve tahmin edilen saatlik sıcaklıklar arasındaki doğrusal ilişki

4.2.Soğuklama Süreleri

Kullanılan 5 farklı modele göre illerin ortalama soğuk birikimleri ve bunun yıllara göre nasıl değişkenlik gösterdikleri belirlenmiştir. Tablo 4.2.1 de verilen değerler incelendiğinde Mersin ilinde 0-7.2 °C Model'ine göre hesaplanan üşüme saatlerin toplamının 80 yıllık ortalama değerinin 503.8 Üşüme saati(ÜS) olduğu belirlenmiştir. Bu modele göre soğuklama miktarının 52 ÜS'ye kadar düşebildiği ve 1268 ÜS'ye kadar çıktığı saptanmıştır. Modifiye Utah Modeli'nde ise söz konusu süreçte soğuk birikiminin 393 ile 1783 MSB arasında değiştiği ortalama sürenin ise 1151.7 MSB olduğu belirlenmiştir. Utah Modeli ile yapılan hesaplamada minimum soğuklama süresinin 37 SB, maksimum sürenin 1453 SB, ortalama soğuklama süresinin ise 772.9 SB olduğu tespit edilmiştir. Pozitif Utah Modeli ile ise ortalama 1326.6 PSB soğuk birikimi hesaplanırken, 80 yıllık süreçte, soğuk miktarının 603 ile 1987 PSB arasında değiştiği görülmüştür. Dinamik Model ile yapılan hesaplamada Mersin ilindeki soğuklama süresinin 25 ile 88 SM arasında değiştiği ve ortama soğuklama süresinin ise 63.4 SM olduğu belirlenmiştir.

Yıllara göre soğuk birikimlerinin değişkenliğinin bir ölçüsü olan Varyasyon Katsayısı (VK) incelendiğinde en fazla değişkenliğin 54.8'lik varyasyon katsayısı ile Klasik Modelde en az değişkenliğin ise 20.1'lik varyasyon katsayısı ile Dinamik Modelde olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.2.1. Kullanılan 5 farklı modele göre Mersin ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	503.8	52—1268	54.8
Modifiye Utah	1151.7	393—1783	30.7
Utah	772.9	37—1453	50.8
Pozitif Utah	1326.6	603—1987	22.7
Dinamik	63.4	25—88	20.1

Aydın iline ait değerler incelendiğinde incelenen dönemde, 0-7.2 Modeline göre ortalama 812.2 ÜS soğuk birikiminin olduğu saptanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü 80 yıllık dönemde soğuklama süresinin 278 ÜS’ye kadar düştüğü, diğer taraftan 1672 ÜS’ye kadar da çıkabildiği tespit edilmiştir. Modifiye Utah Modeli ile yapılan hesaplamalarda ise soğuklama süresinin 614 ile 1812 MSB arasında değişim gösterdiği, ortalama miktarın 1238.6 MSB olduğu belirlenmiştir. Soğuklama süresi Utah Modeli ile hesaplandığında ise minimum 147, maksimum 1697 değerleri elde edilirken ortalama soğuklama süresi 982.6 SB bulunmuştur. Utah Modeli’nin bir diğer versiyonu olan Pozitif Utah Modeli ile hesaplanan soğuklama süreleri nispeten daha az değişkenlik göstermiştir. Bu modeli ile yapılan hesaplamada minimum soğuklama süresi 967 PSB, maksimum soğuklama süresi ise 1881 PSB bulunmuştur. Pozitif Utah Modeline göre ortalama soğuklama süresi 1479.3 PSB olduğu belirlenmiştir.

Yıllara göre soğuk birikimlerindeki değişkenliğin bir ölçüsü olan Varyasyon Katsayısı (VK) incelendiğinde Klasik, Modifiye Utah ve Utah modellerine kıyasla Pozitif Utah ve Dinamik Modelin daha az değişkenlik gösterdiği görülmüştür

Tablo 4.2.2. Kullanılan 5 farklı modele göre Aydın ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	812.2	278—1672	29.7
Modifiye Utah	1238.6	614—1812	24.5
Utah	982.6	147—1697	34.2
Pozitif Utah	1479.3	967—1881	13.1
Dinamik	66.9	41—85	15.4

Tablo 4.2.3’de farklı modellere kullanılarak Muğla için belirlenen ortalama soğuklama süreleri verilmiştir. Klasik Model’e göre yapılan hesaplamalar, Muğla ilinin 80 yıllık süreçteki ortalama soğuklama süresinin 1422.6 ÜS olduğunu ve bu değer 1056 ÜS ile 1700 ÜS arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Aynı süreçte Modifiye Utah Modeline göre hesaplanan soğuklama süresinin minimum 1321 MSB ile maksimum 2076 MSB arasında değiştiği, ortalama olarak ise 1773.9 MSB’lik soğuk birikiminin gerçekleştiği

saptanmıştır. Utah ve Pozitif Utah Modelleri ile yapılan hesaplamalarda Modifiye Utah Modeli'ne yakın değerler elde edilmiştir. Dinamik Model ise bu ildeki uzun yıllar soğuklama süresi ortalamasını 86.5 SM olarak vermiştir. İncelemenin yapıldığı dönemde Muğla'da soğuklama süresinin Dinamik Modele göre 77 SM'ye kadar düşebileceği, diğer taraftan 93 SM'ye kadar da çıkabileceği tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.3. Kullanılan 5 farklı modele göre Muğla ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	1422.6	1056—1700	9.8
Modifiye Utah	1773.9	1321—2076	8.6
Utah	1704.7	1289—2013	8.1
Pozitif Utah	1861.1	1446—2154	7.5
Dinamik	86.5	77—93	3.2

Her bir modele göre hesaplanan Varyasyon Katsayıları (VK) kullanılan bütün modellerde, bu ildeki değişkenliğin diğer illere kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuştur.

İzmir'de kış boyunca biriken soğuk miktarı Klasik Model ile belirlendiğinde 311 ÜS gibi düşük bir değer yanında, 1685 gibi yüksek bir değerinde gözükebileceği saptanmıştır. Hesaplamaların yapıldığı 80 yıllık dönemdeki ortalama soğuklama süresi ise 822.8 ÜS olduğu bulunmuştur. Bu model ile İzmir'de hesaplanan soğuklama sürelerindeki büyük değişkenlik Varyasyon Katsayısı'ndan da anlaşılmaktadır. Bu ilde Klasik Model ile hesaplanan soğuklama sürelerinin değişkenlik katsayısı (VK) oldukça yüksek (32.1) bulunmuştur.

Benzer durum Utah Modeli ile belirlenen soğuklama sürelerinde de ortaya çıkmıştır. Bu model ile yapılan hesaplama sonucunda ortalama soğuklama süresi 1103.2 SB, minimum soğuklama süresi 320, maksimum soğuklama süresi ise 1865 SB bulunmuştur. Modifiye Utah Modeli ile hesaplanan soğuklama süreleri ise Klasik ve Utah Model'e kıyasla daha az değişkenlik göstermiştir. Bu modele göre İzmir'in incelenen dönemdeki soğuk birikimi 729 MSB ile 1929 MSB aralığında değişim göstermiştir. Ortalama soğuk miktarı ise 1385.6 MSB bulunmuştur. Bu il için 5 farklı modelle hesaplanan soğuk miktarları arasında en az değişkenlik Pozitif Utah ve Dinamik Modelde görülmüştür. Pozitif Utah Modeli ile hesaplanan soğuk miktarı 995 ile 1982 PSB arasında, Dinamik Model ile hesaplanan soğuk miktarı ise 53 ile 85 SM arasında değişmiştir. VK değerleri Pozitif Utah Modeli için 13.1,

Dinamik Model için ise 11.4 bulunmuştur. Ortama soğuk birikimi ise Pozitif Utah Modeli'nde 1543.2 PSB, Dinamik Model'de ise 70.3 SM olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.2.4. Kullanılan 5 farklı modele göre İzmir ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	822.8	311—1685	32.1
Modifiye Utah	1385.6	729—1929	18.7
Utah	1103.2	320—1865	28.2
Pozitif Utah	1543.2	995—1982	13.10
Dinamik	70.3	53—85	11.4

Hatay'da kış soğuklama sürelerinin 80 yıllık ortalaması Klasik Model'de 850.4 ÜS, Modifiye Utah, Utah , Pozitif Utah ve Dinamik Modeller kullanıldığında ise sırasıyla 1562.0 MSB, 1260.1 SB, 1671.5 PSB ve 75.4 SM olarak bulunmuştur. Hesaplamaların yapıldığı dönemdeki maksimum ve minimum değerler yanında varyasyon katsayıları incelendiğinde, Klasik, Modifiye Utah ve Utah Model'lerinin bu ilde büyük değişkenlik gösterdiği, Pozitif Utah ve Dinamik Model'in ise daha az değişim gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Örneğin Utah Modeli Hatay'daki soğuklama süresinin 436 SB ile 1757 SB arasında değişebileceğini ortaya koymuştur (Tablo 4.2.5).

Tablo 4.2.5. Kullanılan 5 farklı modele göre Hatay ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	850.4	422—1522	29.7
Modifiye Utah	1562.0	883—2050	24.5
Utah	1260.1	436—1757	34.2
Pozitif Utah	1671.5	1127—2102	13.1
Dinamik	75.4	55—90	15.4

Klasik Model kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda Adana'da biriken kış soğuk miktarı değerlerinin 80 yıllık ortalaması 544.2 ÜS bulunmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan dönemde Klasik Modele göre belirlenen en düşük soğuk birikimi 173, en yüksek soğuk birikimi ise 1284 ÜS olarak belirlenmiştir. Modifiye Utah, Utah, Pozitif Utah ve Dinamik Model'e göre sırasıyla 1076.1 MSB, 726.6 SB, 1360.8 PSB ve 60.1 SM'lik soğuk birikimleri belirlenmiştir. Maksimum ve minimum değerler arasındaki büyük farklılık ve yüksek varyasyon katsayıları bu ildeki soğuklama sürelerinin incelenen dönemde büyük

değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir. Her ne kadar Pozitif Utah ve Dinamik Modelde biraz daha düşük varyasyon katsayıları elde edilse de, diğer illerle kıyaslandığında bu ildeki varyasyonun daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2.6. Kullanılan 5 farklı modele göre Adana ilinin soğuklama miktarları

Model	Ortalama	Maksimum-Minimum	VK
Klasik (0-7.2)	544.2	173—1284	38.5
Modifiye Utah	1076.1	541—1694	27.8
Utah	726.6	119—1686	46.8
Pozitif Utah	1360.8	905—1936	16.4
Dinamik	60.1	39—82	16.0

4.3.Trend Analizleri

Adana ili uzun yıllar üşüme miktarlarının zamana bağlı değişimi Mann-Kendal Testi ile analiz edilmiş sonuçlar Tablo 4.3.1’de verilmiştir. Tabloda verilen Z değerleri hangi model kullanılırsa kullanılsın Adana ili soğuklama sürelerinde azalan yönde önemli trendin olduğunu göstermektedir. Bu azalış dinamik modelde %1 düzeyinde diğerlerinde ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

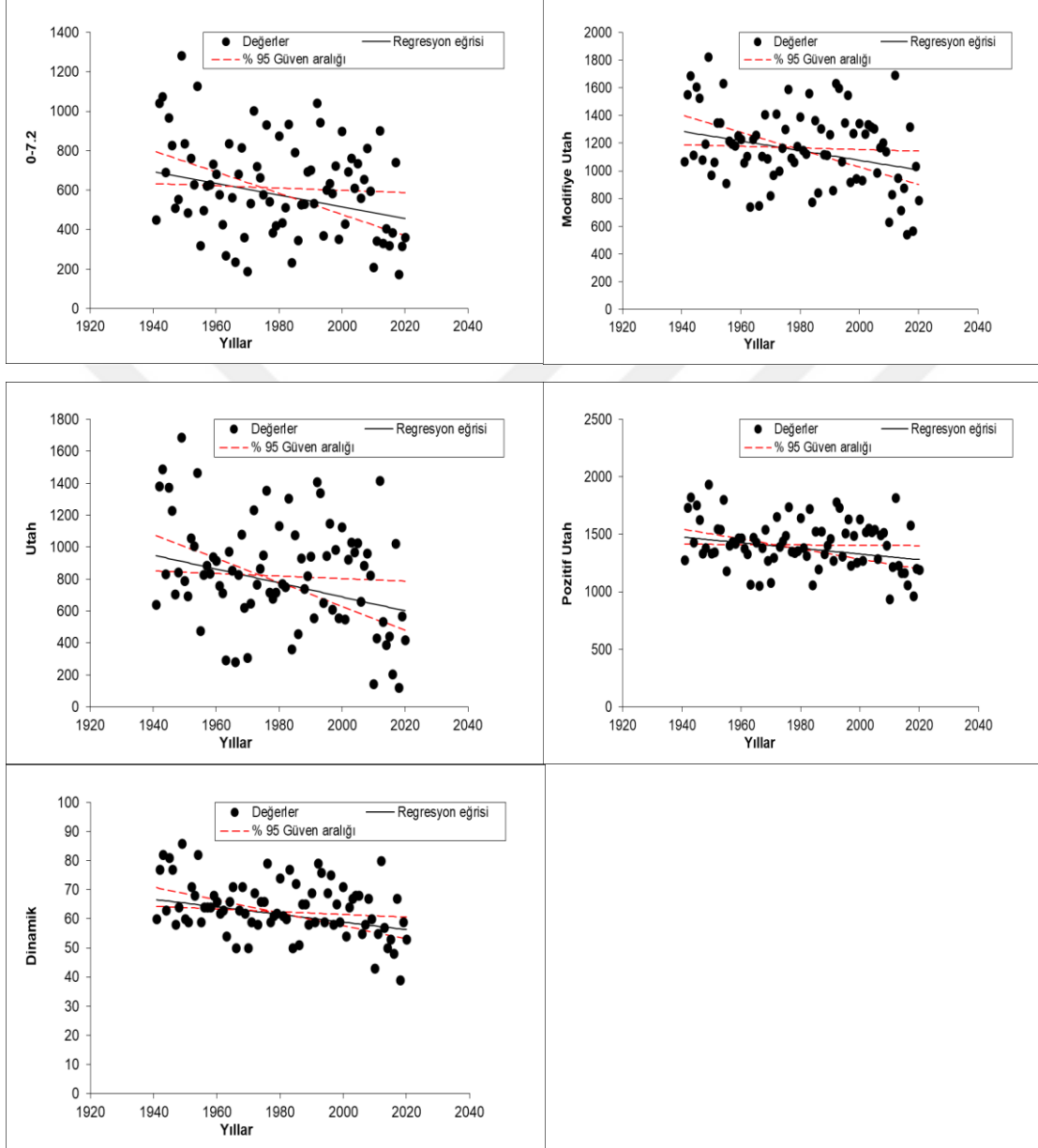
Tablo 4.3.1. Adana ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-2.34*	-2.99	-5.38 — -0.58
Modifiye Utah	-2.30*	-3.49	-6.279 — -0.58
Utah	-2.38*	-4.38	-7.513 — -0.80
Pozitif Utah	-2.13*	-2.45	-4.356 — -0.16
Dinamik	-2.97**	-0.13	-0.222 — -0.05

*0.05’e göre önemli, **0.01’e göre önemli

Şekil 4.3.1’de soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi regresyon eğrisi ile gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde bütün modellerde azalma eğilimi gözükmemektedir. Regresyon eğrilerinde Dinamik Modeldeki azalma eğilimi daha az gibi gözükmeyle birlikte, bu durum söz konusu modele ait değerlerin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Önemlilik düzeyi incelendiğinde diğer modellerde 0.05 iken Dinamik Model’deki azalma eğiliminin 0.01 seviyesinde önemli olduğu görülecektir. Tablo 4.3.1’de verilen Q değerleri modelin birimi cinsinden azalmanın büyüklüğünü ifade etmektedir. Örneğin Klasik Model için

belirlenen -2.99'luk Q değeri Adana ili soğuklama süresinin yıllık ortalama 2.99 ÜS azaldığını ifade etmektedir. Benzer şekilde Utah Modeli'ne göre hesaplama yapılırken bu ildeki soğuk birikimi yıllık ortalama olarak 4.38 SB azalmaktadır.



Şekil 4.3.1. Farklı yöntemlerle hesaplanan Adana ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.

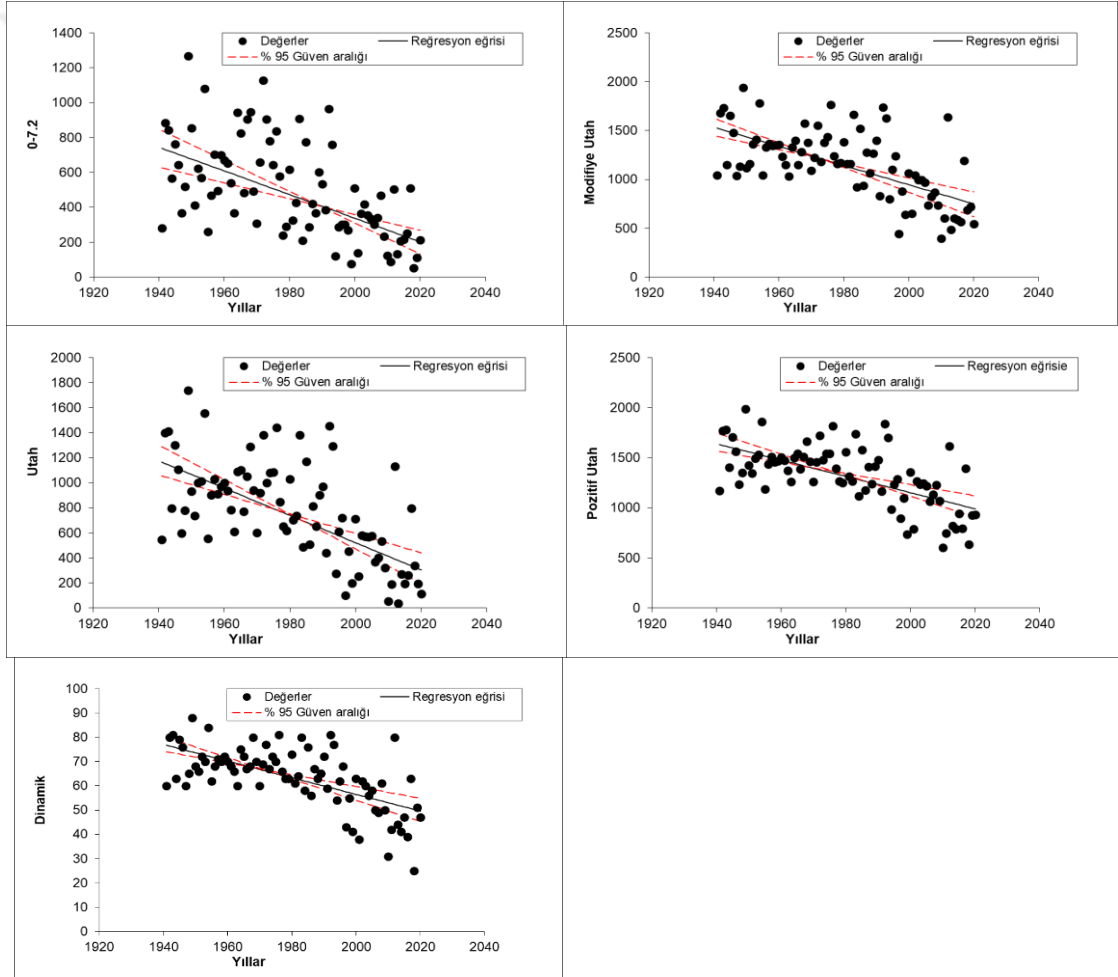
Mersin için farklı metotlar kullanılarak hesaplanan soğuklama sürelerinin değişiminin analiz sonuçları ise kullanılan modelden bağımsız olarak oldukça önemli düzeyde azalma eğiliminin olduğunu ortaya koymuştur. Z değerleri belirlenen trendin %0.1 düzeyinde önemli olduğunu göstermektedir. Tabloda verilen Q değeri modelin kendi biriminden azalma miktarını göstermektedir.

Örneğin 0-7.2 modeli için bulunan -Q değeri, Mersin ilinde soğuklama süresinin yıllık ortalama -6.781 ÜS azaldığını ifade etmektedir. Dinamik Model'in Q değeri ise aynı ilde soğuklama süresinin yıllık ortalama -0.343 SM azaldığını göstermektedir. Z değeri yanında güven aralıkları da trendin önemli olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3.2. Mersin ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-5.40***	-6.781	-8.956 — -4.538
Modifiye Utah	-5.57***	-9.804	-12.627 — -7.220
Utah	-5.77***	-10.911	-13.513 — -0.795
Pozitif Utah	-5.57***	-8.127	-10.557 — -5.601
Dinamik	-5.82***	-0.343	-0.439 — -0.243

***0.001'e göre önemli



Şekil 4.3.2. Farklı yöntemlerle hesaplanan Mersin ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi

Soğuklama sürelerinin zamana bağlı azalma eğilimlerini regresyon doğrusu ile gösteren Şekil 4.3.2 incelendiğinde de azalan yönde eğilimler açıkça görülmektedir.

Regresyon eğrisinin etrafında aykırı değerler (Outlier) bulunmakla birlikte genel eğilimin bütün modellerde azalma yönünde olduğu görülmektedir

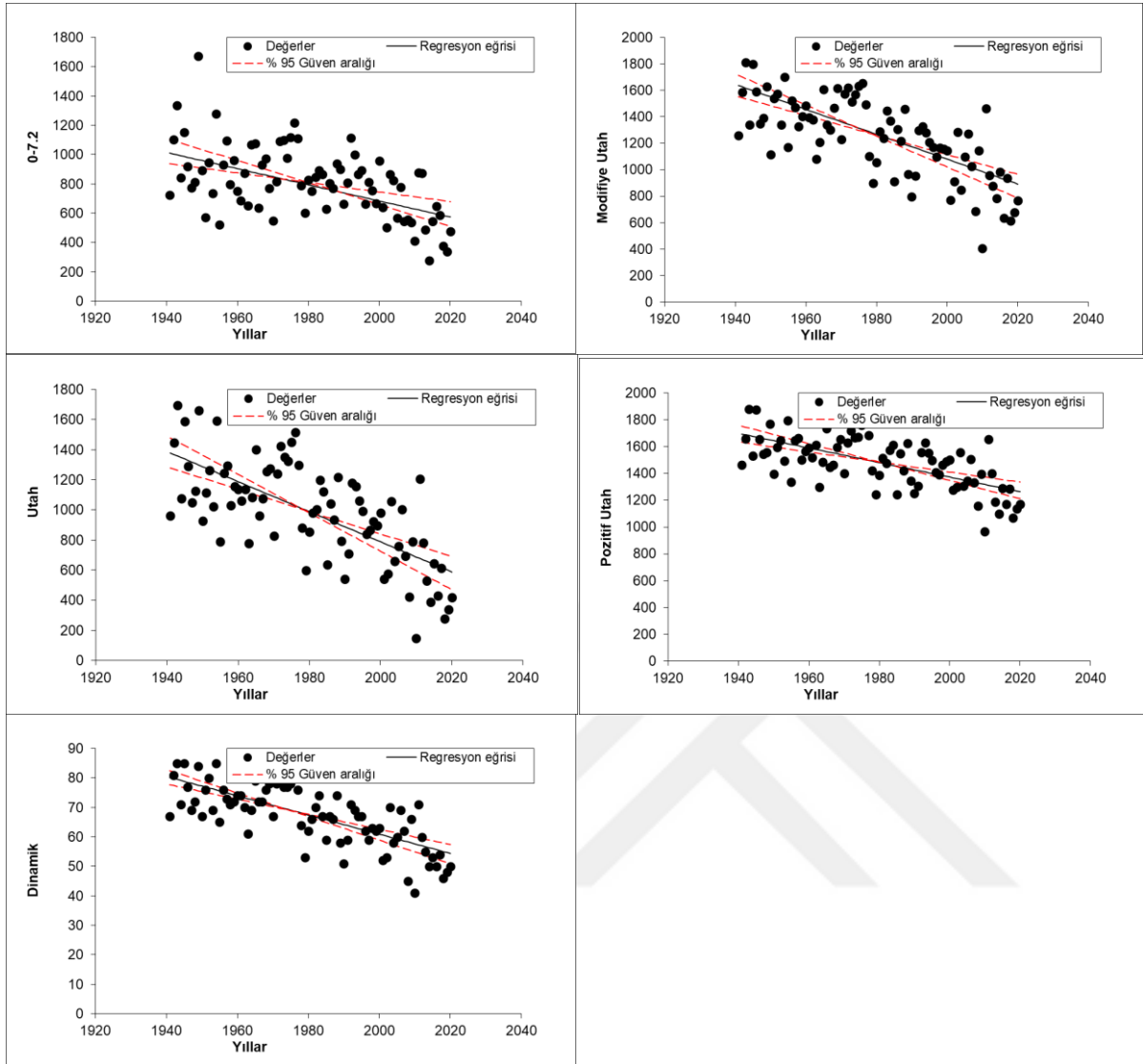
Aydın ilindeki soğuk birikiminin zamana bağlı değişimi incelendiğinde bu ilde de kullanılan bütün modellerin ürettiği soğuk miktarında belirgin azalışın olduğu ortaya çıkmıştır. Z değerleri incelendiğinde bütün modellerde belirlenen azalan trendin %0.1 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Azalışın miktarını gösteren Q değerlerinin güven aralıkları incelendiğinde de güven aralığının sıfır (0) değerini kapsamaması belirlenen terendin önemli olduğunun bir başka göstergesidir. Ortaya çıkan yüksek Q değerleri bu ilde soğuklama sürelerinde hızlı bir azalmanın olduğunu göstermektedir. Örneğin Utah yöntemi ile soğuk birimi cinsinden belirlenen soğuk birikiminin yıllık ortalama 10.0 SB azaldığı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.3.3. Aydın ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-4.56***	-5.52	-7.51 — -3.27
Modifiye Utah	-6.87***	-9.43	-11.73 — -7.42
Utah	-6.31***	-10.00	-12.78 — -7.44
Pozitif Utah	-5.68***	-5.44	-6.85 — -3.75
Dinamik	-6.89***	-0.33	-0.40 — -0.26

***0.001'e göre önemli

Aydın ilinin soğuklama süresindeki azalma regresyon eğrilerinde de açıkça görülmektedir. 0-7.2 modeli için verilen regresyon eğrisi incelendiğinde 1930'larda 1000 saatin üzerinde olan soğuk birikimi 2021 yılında 600 saate kadar düşmüştür. Benzer şekilde Utah Modeli'ne göre 1930'larda 1400 SB soğuk birikirken, 2021 yılındaki soğuk birikimi 600 SB civarına düşmüştür. Dinamik Model'de ise 1930'larda 80 SM olan soğuklama miktarı 2021 yılında 60 SM'nin altına düşmüştür. (Şekil 4.3.3).



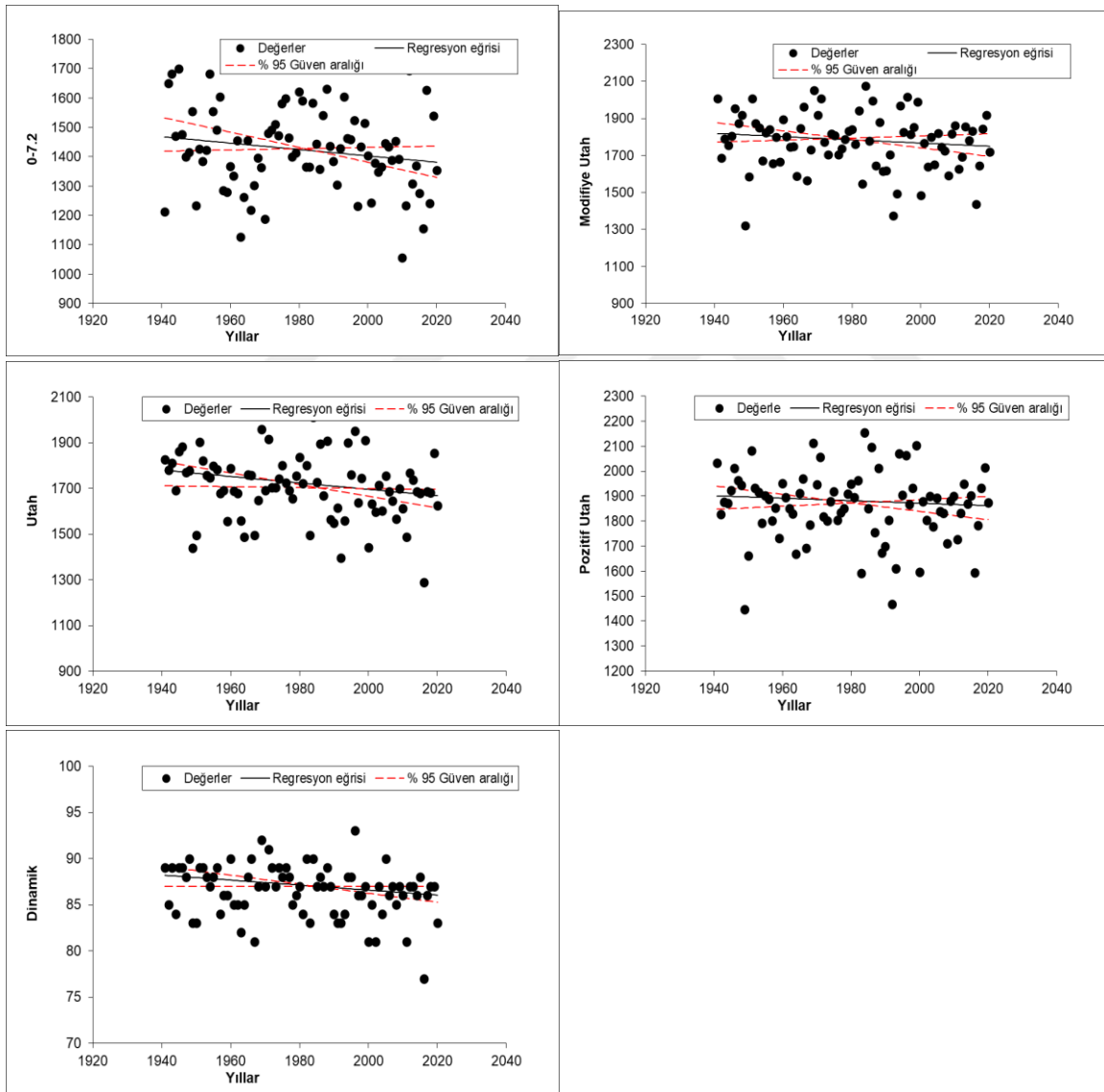
Şekil 4.3.3. Farklı yöntemlerle hesaplanan Aydın ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi

Muğla ili kış soğuk birikimini zamana bağlı değişimi kullanılan metoda göre farklılık göstermiştir. Örneğin Klasik Model, Modifiye Utah ve Pozitif Utah kullanılarak hesaplanan soğuk birikiminde azalan veya artan yönünde önemli bir eğilimin olmadığı belirlenirken, Utah ve Dinamik Model ile hesaplanan soğuk birikimlerinden önemli bir azalma eğiliminin olduğu saptanmıştır. Z değerleri yanında Q değerlerinin güven aralıkları da trendin önemli olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Güven aralığının sıfır (0) değerini kapsaması eğilimin önemli olduğunu göstermektedir. Bu ilde bazı modellere göre azalma yönde önemli trendler bulunsa da azalış miktarını gösteren Q değerleri diğer illere nispeten düşük bulunmuştur (Tablo4.3.4).

Tablo 4.3.4 Muğla ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-1.66	-1.088	-2.567 — 0.217
Modifiye Utah	-1.18	-0.872	-2.296 — 0.571
Utah	-2.36*	-1.406	-2.547 — -0.200
Pozitif Utah	-0.86	-1.088	-1.699 — 0.651
Dinamik	-2.30*	-0.027	-0.049 — 0.000

*0.05'e göre önemli



Şekil 4.3.4. Farklı yöntemlerle hesaplanan Muğla ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi

Muğla ilinin uzun yıllar kış soğuk birikimlerinin zamana bağlı değişimleri aşağıda şekilsel olarak da gösterilmiştir. Siyah noktalarla gösterilen yıllık soğuk birim değerleri incelendiğinde Klasik Model (0-7.2), Modifiye Utah, ve Pozitif Utah Modelleri hesaplanan değerlerin düzensiz bir dağılım gösterdiği, Utah ve Dinamik Model ile hesaplanan soğuk miktarlarının ise azalma eğilimi gösterdikleri görülmektedir.

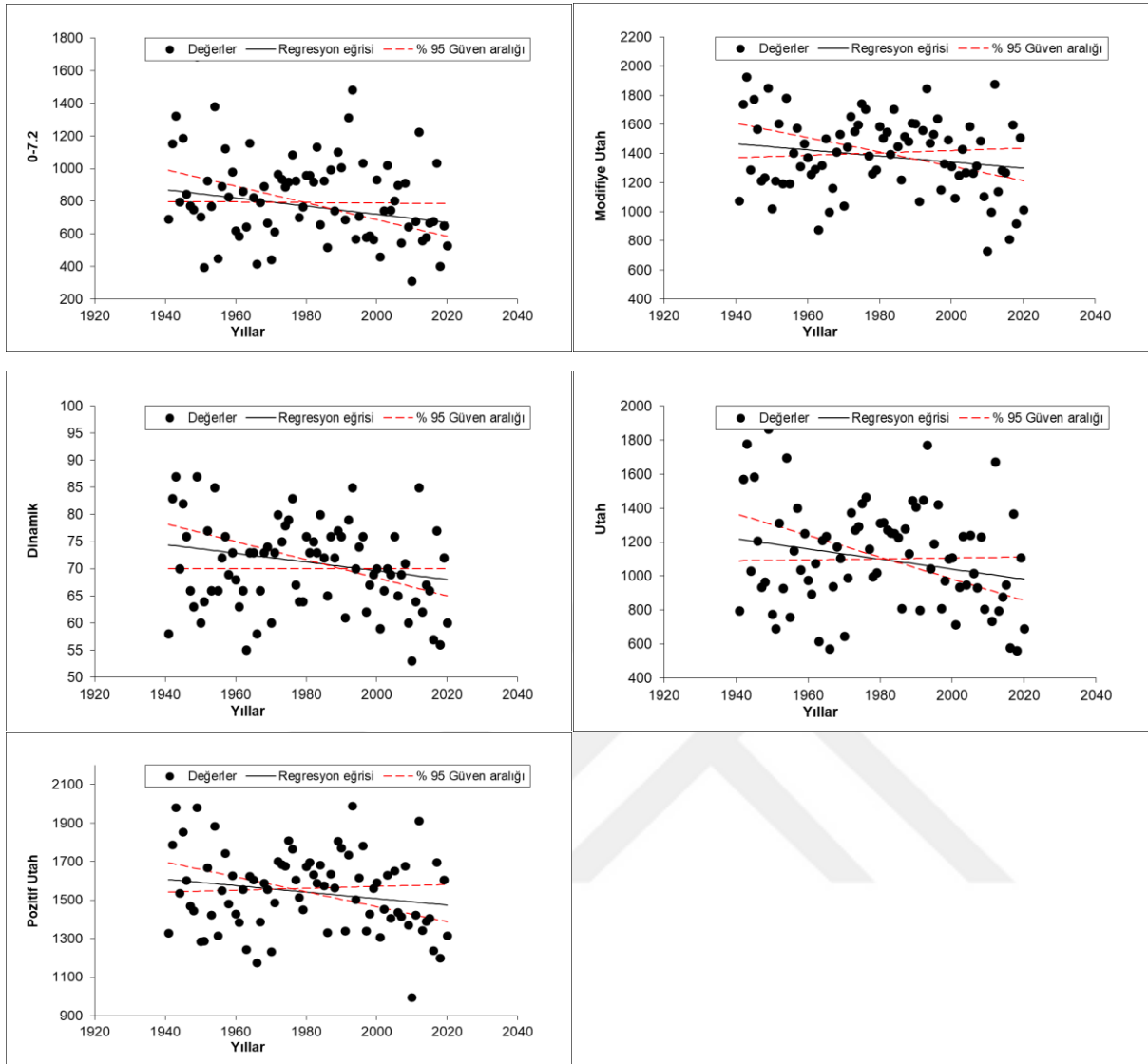
İzmir'in soğuk birikimi için yapılan trend analizinde 0-7.2 Modeli için Q değeri -2.51 olarak belirlenmiş, bu değerın güven aralığı (%95) ise -5.129 ile -0.158 arasında bulunmuştur. Hem güven aralığı hem de Z değeri azalan yönde trendin 0.05 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir. Bu veriler 0-7.2 Modeli'ne göre İzmir için hesaplanan soğuk birikimi miktarında zamana bağlı azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan Pozitif Utah ve Modifiye Utah Modelleri ile hesaplanan soğuk miktarlarında zamana bağlı önemli bir değişimin olmadığı ortaya çıkmıştır. Utah ve Dinamik Model ile belirlenen değerlerde de azalma eğilimi görülmüş olmakla birlikte bu azalış sadece %10 hata seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.3.5).

Tablo 4.3.5 İzmir ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-2.07*	-2.510	-5.129 — -0.158
Modifiye Utah	-1.40	-2.089	-4.942 — 0.815
Utah	-1.73+	-2.965	-6.388 — -0.285
Pozitif Utah	-1.39	-1.678	-3.878 — 0.482
Dinamik	-1.79+	-0.081	-0.167 — 0.000

*0.05'e göre önemli, + 0.10'a göre önemli

İzmir ilinde farklı yöntemlerle belirlenen soğuk miktarlarının zamana bağlı değişimleri regresyon eğrileri ile şekil 4.3.5'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi genel olarak azalan yada artan yönde bir eğilim gözükmemektedir. Farklı yıllardaki soğuklama sürelerini gösteren siyah noktalar dağınık bir görünüm sergilemektedir. Bu durum önemli bir eğilimin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.3.5 Fark yöntemlerle hesaplanan İzmir ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi

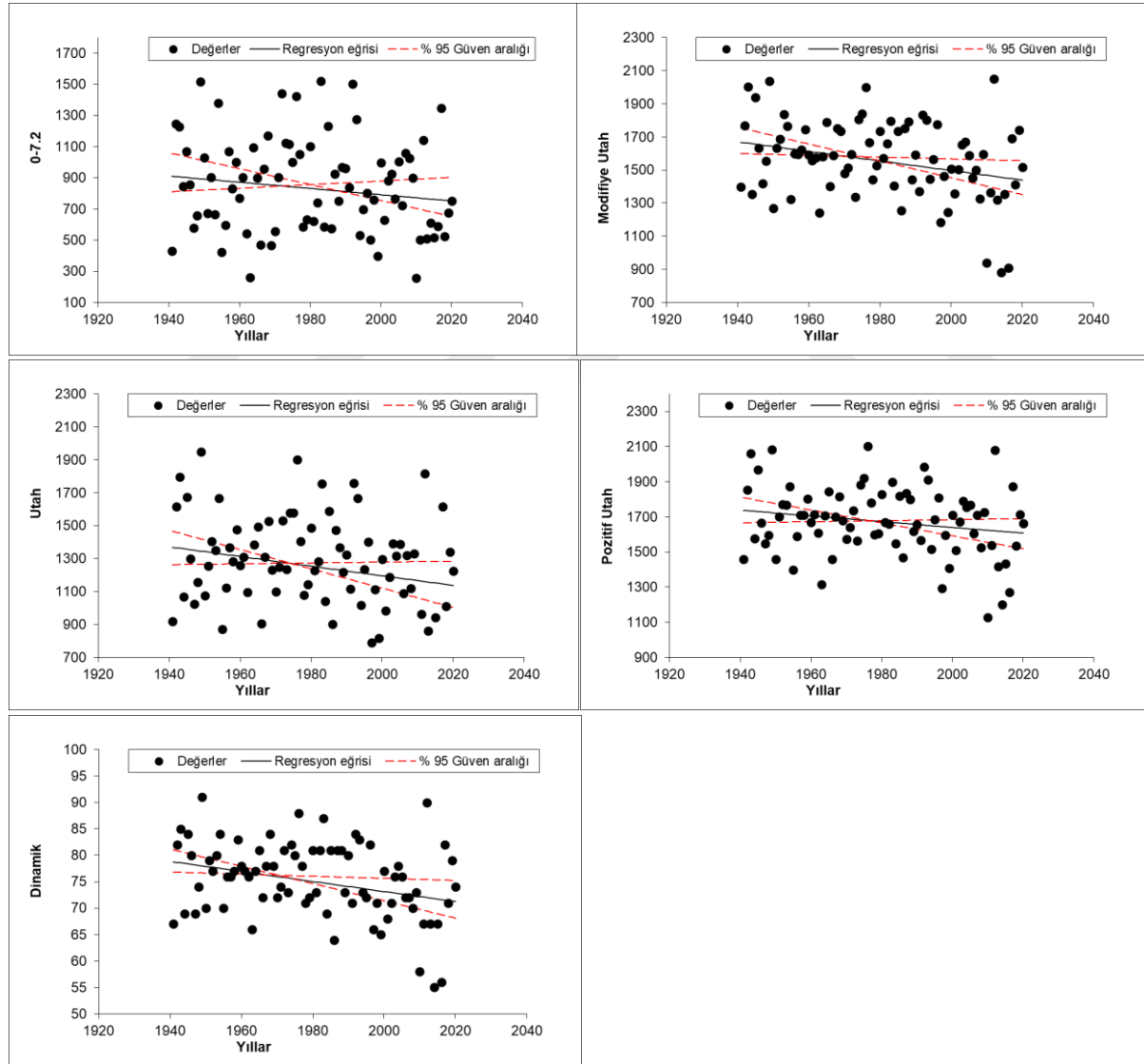
Hatay ili soğuklama miktarlarındaki değişim de kullanılan modele göre farklılık göstermiştir. Bu ilde Dinamik ve Modifiye Utah Modeli ile hesaplanan soğuk miktarları dikkate alındığında bu ilin soğuklama miktarında azalma olduğu görülmektedir. Q değerleri soğuk birikim miktarının yıllık ortalama olarak Dinamik Modelde 0.10 SM, Modifiye Utah’da ise -2.90 MSB kadar azaldığına işaret etmektedir. Diğer modellerde de azalma eğilimi görülmekle birlikte bunlar 0.05 düzeyinde önemli bulunmamıştır.

Tablo 4.3.6 Hatay ili üşüme miktarlarının Mann-Kendal Test sonuçları

Metotlar	Z testi	Q	Q Güven aralığı (%95)
Klasik (0-7.2)	-1.26	-2.00	-5.11 — 1.17
Modifiye Utah	-2.46*	-2.90	-5.08 — -0.55
Utah	-1.84+	-2.93	-5.87 — 0.26
Pozitif Utah	-1.62	-1.63	-3.68 — 0.29
Dinamik	-2.57*	-0.10	-0.16 — -0.02

*0.05'e göre önemli; +0.10'a göre önemli

Doğrusal regresyon analizlerine ait aşağıdaki grafikler de Hatay ili soğuk birikim miktarında bütün modeller için önemli olmamakla birlikte azalma eğilimi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.3.6).



Şekil 4.3.6 Farklı yöntemlerle hesaplanan Hatay ili uzun yıllar soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimi.

5.TARTIŞMA

Soğuklama ihtiyacını belirlemek için kullanılan modellerin çoğunluğu saatlik sıcaklıklar üzerinden hesaplamalar yapmaktadır. Soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişimini belirleme için yapılan trend analizleri ise uzun yıllar saatlik sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bazı bölgelerde geçmiş tarihlere ait saatlik sıcaklık kayıtları tutulmadığından sağlıklı değerlendirmeler yapılamamaktadır.

Trend analizinde güvenilir sonuçların alınabilmesi için mümkün olduğunca uzun yıllara ait kayıtların kullanılması gerekir. Türkiye’de birçok istasyonda saatlik sıcaklık kayıtları 1970’li yıllara kadar geriye gitmektedir. Daha eski kayıtlara ait değerler günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardan oluşmaktadır. Dünyanın birçok yerinde de benzer durumlar söz konusu olduğundan bazı araştırmacılar günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardan saatlik sıcaklıkları tahmin etmek için farklı formüller geliştirmişlerdir (**Linville, 1990; Cesaraccio ve ark., 2001**). Bu çalışmada da **Cesaraccio ve ark., (2001)** tarafından geliştirilen denklemler kullanılarak 1930’lu yıllara kadar geriye giden günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardan saatlik sıcaklıklar tahmin edilmiştir. Bu şekilde yapılan tahminin güvenilirliğini test etmek için farklı bölge ve aylara ait tahmin edilen ve ölçülen saatlik sıcaklıklar regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Muğla ili 2016 yılı Ocak ayına ait 744 gözlemle yapılan doğrusal regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0.96 bulunmuştur. Benzer şekilde diğer bölgeler için yapılan analizlerde de gerçek değerlerle tahmin edilenler arasında yüksek oranda uyum olduğu belirlenmiştir.

Tahmin edilen saatlik sıcaklık değerleri kullanılarak İzmir, Aydın, Muğla, Adana, Hatay ve Mersin illerinin uzun yıllar kış soğuk birikimleri 5 farklı soğuklama modeli ile hesaplanmıştır. Bölgeye göre değişmekle birlikte 5 model içinde en kararlı sonuçlar Dinamik Modelden elde edilmiştir. Diğer modellerde yıllara bağlı olarak büyük değişkenlikler görülmüştür. Ilıman bölgeler için en uygun modelin Dinamik Model olduğu pek çok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (**Fishman ve ark., 1987; Erez ve ark., 1990; Perez ve ark., 2008; Luedeling ve Brown, 2010**). Diğer taraftan **Fernandez ve ark., (2020)** bazı bölgelerde diğer modellerin Dinamik Model’de daha iyi sonuç verebileceği ve bölgeye göre uygun modelin belirlenmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Benzer şekilde bu çalışmada da Modellerin performansı bölgelere göre farklılık göstermiştir. Mersin, İzmir ve Adana’da Dinamik ve Pozitif Utah Modelleri diğer modellere kıyasla daha düşük varyasyon katsayısı ile daha kararlı değerler vermiştir. Hatay’da ise Pozitif Utah Modeli’nin varyasyon katsayısı Dinamik

Model’de de daha düşük bulunmuştur. Bu durum Hatay için hesaplanan soğuklama sürelerinin Pozitif Utah Modelinden yıllara göre daha az değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Pozitif Utah Modeli’nin kışları ılık geçen bölgelerde iyi performans gösterdiği **Linsley-Noakes ve ark. (1994)** tarafından da bildirilmiştir. Muğla ilinin uzun yıllar soğuklama süreleri ise bütün modellerde diğer illere göre daha az değişkenlik göstermiştir. Bu ilde 5 model arasında en az değişkenlik ise Dinamik Modelde ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar her bölge için en uygun modelin belirlenmesi gerektiğini savunan görüşleri destekler niteliktedir.

Herhangi bir bölgedeki soğuklama sürelerinin zamana bağlı değişiminin sağlıklı şekilde analiz edilebilmesi için öncelikle bölgeye uygun modelin belirlenmesinin gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Avustralya’nın 13 bölgesindeki soğuklama sürelerinin tarihsel değişimini inceleyen **Darbyshire ve ark. (2011)** gözlenen trendin kullanılan modele göre önemli oranda değiştiğini belirlemiştir. Araştırmacılar 0-7.2 °C Modeli’ne göre pozitif trendin olduğu bölgede Pozitif Utah Modeline göre negatif trendin ortaya çıktığını saptamışlardır. Bu çalışmada ise bazı illerde (Adana, Mersin, Aydın) bütün modellere göre azalan yönde trendler belirlenirken, bazı illerdeki (Hatay, İzmir ve Muğla) trendler kullanılan modele göre değişmiştir. Bu sonuç bazı araştırmacıların (**Campoy ve ark., 2011; Darbyshire ve ark., 2011**), iklim değişikliğinin herhangi bir bölgedeki soğuklama süresini nasıl etkilediğini sağlıklı şekilde belirlemek için her bölgeye uygun soğuklama modelinin belirlenmesi gerektiği, görüşü ile uyumaktadır.

Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarla soğuklama sürelerinden azalma olduğu belirlenmiştir (**Baldocchi ve Wong, 2008; Luedeling ve ark., 2009**). Bu çalışmada da büyük oranda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle Adana, Mersin ve Aydın’da bütün modellerde önemli düzeyde azalma eğilimleri saptanmıştır. Küresel ısınmanın iklim bölgeleri üzerindeki etkisinin farklı olacağı ileri sürülmektedir. Dünyadaki 4293 bölgeye ait sıcaklık değerleri kullanılarak Dinamik Model ile yapılan bir çalışmada, küresel ısınmanın etkisi ile kışları ılık geçen bölgelerin soğuklama sürelerinde meyve yetiştiriciliğini tehdit edecek düzeyde azalmaların olduğu, soğuk bölgelerde ise soğuklama sürelerinde artışların olduğu belirlenmiştir (**Luedeling ve ark., 2011**). Bu verilere dayanarak, özellikle kışları ılık geçen subtropik bölgelerde yetiştirilen ılıman iklim meyvelerinin küresel ısınmadan daha fazla etkileneceği tahmin edilmektedir (**Campoy ve ark., 2011**). Bu bölgelerde ılıman iklim meyvelerinin soğuklama isteği ucu ucuna karşılanmakta hatta bazı yıllarda yetersiz

soğuklamaya maruz kaldıkları için farklı kimyasal uygulamalarla bu eksiklikler giderilmeye çalışılmaktadır (Erez, 1987; Lloyd ve Firth, 1993; McPherson ve ark., 2001).

Ülkemizde de Akdeniz ve Ege Bölgeleri benzer iklime sahip olup soğuklama süresi açısından küresel ısınmadan en fazla etkilenecek bölgelerimiz olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölgelerde çoğunlukla subtropik meyveler ve dinlenme ihtiyacı çok düşük olan Akdeniz meyve türleri yetiştirilmekle birlikte, sağladığı bazı avantajlardan dolayı bazı ılıman iklim meyve türlerinin yetiştiriciliği de yaygınlaşmaktadır. Bu bölgelerde Avrupa'nın en erken erik, kayısı, şeftali, nektarin ve kirazları yetiştirilmekte ve yüksek fiyattan çeşitli Avrupa ülkelerine pazarlanabilmektedir (Küden ve ark., 2001; Çalışkan ve ark., 2012; Çalışkan ve ark., 2019; Beyazıt ve ark., 2021). Bu bölgelerde yüksek karlılıkla yetiştirilen erkenci meyveciliği sınırlandıran en önemli faktörün soğuklama gereksinimi olduğu bildirilmektedir. Mevcut durumda, düzenli bir üretim için dinlenme ihtiyacı Klasik Modele göre 200 saatin altında olan çeşitlerin gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Beyazıt ve ark., 2021). Bu çalışmada ele alınan illerden Mersin'de Klasik Modellere göre ortalama soğuklama süresi 503 saat olarak bulunmakla birlikte 52 saate kadar düşebildiği belirlenmiştir. Bu durum mevcut durumda bile halen yetiştirilmekte olan ılıman iklim meyve türlerinin soğuklama gereksinimlerinin karşılanmasında bazı yıllarda sorun yaşanacağını göstermektedir. Bu ilde yapılan trend analizi sonuçları Klasik Model'e göre soğuklama süresinin yıllık ortalama 6.7 saat azaldığını göstermektedir. Bu bulgu ildeki soğuklama süresinin 25 yıl sonra yaklaşık 170 saat, 50 yıl sonra ise 340 saat azalacağını ifade etmektedir. Benzer durum Adana için de öngörülmektedir. Aydın için hesaplanan soğuklama süreleri bu iki ile kıyasla daha fazla olmakla birlikte, yapılan trend analizleri bu ildeki soğuklama sürelerinin de belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Klasik Model'e göre bu ildeki soğuklama miktarı ortalama olarak yıllık 5.5 saat azalmaktadır. Utah Modeli'ne göre ise yıllık azalma 10 SB (soğuk birimi) kadardır. Bu rakamlar yakın gelecekte bu ilde de yetersiz soğuklama problemi ile karşı karşıya kalınacağını göstermektedir.

Aydın ülkemiz meyveciliğinde önemli bir yere sahiptir. Birçok ılıman iklim meyvesi yanında, önemli bir ekonomik değere sahip olan incir dünyadaki en yüksek kalitesine bu ildeki ekolojide ulaşmaktadır. Yüksek kalitesi ile incir ülkemizin başta gelen tarımsal ihrac ürünlerinden biri olup, önemli miktarda gelir getirmektedir. İncir çeşitlerinin soğuklama istekleri üzerine yapılan bir çalışmada Utah Modeli'ne göre incelenen 5 farklı çeşidin soğuklama isteğinin 972 (Bursa Siyahı) ile 1150 (Sarılöp) arasında değiştiği belirlenmiştir

(Kocataş, 2014). Bu çalışmada, Utah Modeli'ne göre Aydın'da biriken 80 yıllık soğuk miktarı ortalamasının 982.6 SB olduğu ve incelenen süreçte bu miktarın 147 ile 1697 SB arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu rakamlar mevcut durumda bile bazı yıllarda incirin Aydın'da soğuk gereksiniminin karşılanamadığını ortaya koymaktadır. Nitekim incirin soğuklama gereksinimini hafifletmek amacıyla yapılan bir çalışmada **(Kocataş, 2014)** hidrojen siyanamid uygulaması yapılmış ve çalışma sonucunda tatmin edici sonuçların alınmadığı bildirilmiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada elde edilen bulgular, yakın gelecekte Aydın ilinde başta incir olmak üzere diğer birçok ılıman iklim meyve türlerinin yetiştiriciliğine yetersiz soğuklamanın önemli bir sorun olarak karşımıza çıkacağını göstermektedir.

6. SONUÇ

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (UNFCCC) tanımlandığı şekliyle, iklim değişikliği, kıyaslanabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak insan faaliyetlerinin doğrudan ve dolaylı etkisi ile küresel atmosfer bileşiminde oluşan değişimlerdir. İklim değişikliğinin sıcaklık artışına, yağış rejiminde değişikliklere ve sıcak, soğuk dalgalar, donlu günler, kuraklık, sel gibi iklim olaylarının sıklığında artışa neden olacağı tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin sıcaklık rejiminde yapacağı değişikliklerin en önemli etkisi bitkilerin dinlenme ihtiyacı konusundan olacaktır.

Bitkiler hassas dokularını kışın oluşan elverişsiz iklim koşullarından korumak için dinlenme mekanizmasını kullanırlar. Hızlı iklim değişikliği nedeniyle yakın gelecekte birçok ılıman iklim meyve tür veya çeşidinin adaptasyonunda değişikliklerin olabileceği tahmin edilmektedir. Ilıman iklim kuşağında başarılı bir meyve yetiştiriciliği için çeşide özgü dinlenme ihtiyacının karşılanması gerekir. Kış dinlenme ihtiyacının yeterince karşılanamaması düzensiz çiçek açma, tomurcuk ve çiçek dökümlerine neden olmaktadır. Sonuç olarak küresel ısınmanın kış soğuk birikimini etkileyerek mevcut çeşitlerin dinlenme ihtiyacının karşılanamamasına bunun sonucunda belli bölgelerde yetiştirilen çeşit ve türlerin yerlerini yeni çeşit ve türlere bırakacağı tahminleri yapılmaktadır. Bu duruma karşı hazırlıklı olmak ve gerekli tedbirleri almak için meyvecilik yapılan bölgelerde iklim değişikliğinin kış dinlenme süreleri üzerine muhtemel etkileri konusunda çalışmalar üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada da önemli meyvecilik potansiyeline sahip Akdeniz sahil

kuşağındaki bazı illerin soğuklama sürelerinin uzun yıllar boyunca nasıl bir değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı modeller kullanılarak hesaplanan soğuklama sürelerinin trend analizleri Adana, Mersin ve Aydın illerinde kullanılan modelden bağımsız olarak soğuklama sürelerinin zamana bağlı olarak belirgin bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir. İzmir, Muğla ve Hatay illerinde ise kullanılan modele göre farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak son yıllarda erkenci ılıman iklim meyve türleri yetiştiriciliğinin giderek yaygınlaştığı bu illerde yakın gelecekte yetersiz dinlenme nedeniyle problemlerin yaşanabileceği öngörülmektedir. Bu durumun gelecekte yaratacağı sorunları en aza indirmek için şimdiden gerekli çalışmaların başlatılması faydalı olacaktır.

Bu çalışmaların başında soğuklama ihtiyacı düşük çeşitlerin ıslah programlarının başlatılması gerekmektedir. Diğer taraftan ıslah çalışmalarından olumlu sonuç alınmasının uzun yıllar alacağı göz önünde bulundurularak, soğuklama ihtiyacını azaltacak kültürel uygulamaların belirlenmesine yönelik çalışmalara da ağırlık verilmesi gerekmektedir. Soğuklama gereksinimi düşük veya orta düzeyde olan tür veya çeşitlerin yetiştiriciliği daha uygun olacaktır.

Hepsinden önemlisi, ülkemizin bütün illerinde küresel iklim değişikliğinin muhtemel etkileri konusunda çalışmalar yapılarak bölgelere göre hangi ürün deseninin nasıl oluşturulacağına dair gelecek planlamalarının yapılması gerekmektedir.

7.KAYNAKLAR

Anonim 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bitkisel Üretim Özel İhtisasKomisyonuMeyvecilikAltKomisyonRaporu.https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/11/08_BitkiselUretim_Meyvecilik.pdf (Erişim tarihi: 25.11. 2021).

Anderson, J.L., Richardson, E.A., Kesner, C.D., 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for ‘Montmorency’ sour cherry. *Acta Hort.* 184: 71–78.

Aslamarz, A. A., Vahdati, K., Rahemi, M., & Hassani, D. (2009). Estimation of chilling and heat requirements of some Persian walnut cultivars and genotypes. *HortScience*, 44(3), 697-701.

Baldocchi, D., Wong, S., 2008. Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. *Climatic Change* 87, S153–S166.

Bayazıt, S. Çalışkan, O, Kılıç; D. 2021. Akdeniz Bölgesi’nde örtüaltı meyve yetiştiriciliği, *Bahçe* 50(1): 59-70.

Byrne, H.D., T.A. Bacon, and U. Boonprakob, 1991. Physiological disorders of stonefruit. *Texas Hortic.*, November

Campoy, J.A., Ruiz, D., Egea, J., 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Sci. Hortic.* 130, 357–372

Cesaraccio, C., Spano, D., Duce, P., & Snyder, R. L. (2001). An improved model for determining degree-day values from daily temperature data. *International journal of biometeorology*, 45, 161-169.

Çalışkan, O., S. Bayazıt and A. Sümbül, 2012. Fruit quality and phytochemical attributes of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars as affected by genotypes and seasons. *Not. Bot. Horti. Agrob.*, 40:284-294.

Çalışkan, O., K. Gündüz, S. Bayazıt and D. Kılıç, 2019. Preliminary results of Mogador apricot cultivar under protected cultivation. 3. International Mediterranean Congress on Natural Sciences, Health Sciences and Engineering (MENSEC III), Podgorica, Montenegro, June 18-20, pp:225-230.

Darbyshire R, Webb L, Goodwin I, Barlow S, 2011 . Winter chilling trends for deciduous fruit trees in Australia. *Agricultural and Forest Meteorology* (151):1074-1085.

Else, M., Atkinson, C., 2010. Climate change impacts on UK top and soft fruit production. *Outlook Agric.* 39, 257–262.

Erez, A., 1987. Chemical control of budbreak. *HortScience* 22, 1240–1243.

Fernandez, E., Whitney, C., & Luedeling, E. (2020). The importance of chill model selection—A multi-site analysis. *European Journal of Agronomy*, 119, 126103.

Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A., 1987. The temperature-dependence of dormancy breaking in plants—computer-simulation of processes studied under controlled temperatures. *J. Theor. Biol.* 126 (3), 309–321.

Fishman ve ark., 1987; Erez ve ark., 1990; Perez ve ark., 2008; Luedeling ve Brown, 2010.

Guédon, Y.; Legave, J.M. Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context. *Ecol. Model.* **2008**, 219, 189–199.

Gilreath, P.R., Buchanan, D.W., 1981. Rest prediction model for low-chilling Sungold nectarine. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106 (4), 426–429.

IPCC, 2007. Climate change 2007—synthesis report. Contributions of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

Jangra, M.S.; Sharma, J.P. Climate resilient apple production in Kullu valley of Himachal Pradesh. *Int. J. Farm Sci.* **2013**, 3, 91–98.

Kocataş, 2014. Bazı incir çeşitlerinin soğuklanma sürelerinin ve hidrojen siyanamid (h₂cn₂) uygulamasının erkencilik üzerine etkilerinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü (Yüksek Lisan Tezi), 84 sayfa, AYDIN.

Küden, A.B. ve N. Kaşka, 1993. Şeftalilerde ve nektarinlerde buharlaştırarak soğuklatma “evaporative cooling” yönteminin dinlenmenin kesilmesi üzerine etkileri. *Doğa Bilim Dergisi*, 17(2):339346.

Küden, A.B. and L. Son, 1997. Dormancy breaking experiments on apricots. *ActaHortic.*441:153-158.

Küden, A.B., A. Küden ve L. Son, 2001. Örtüaltında sert çekirdekli meyve yetiştiriciliği. 1. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu, 25-28.09.2001, Yalova, s:133-138

Legave, J.M., Giovannini, D., Christen, D., Oger, R., 2009. Global warming in Europe and its impacts on floral bud phenology in fruit species. *Acta Hortic.* 838, 21–26.

Linville, D.E., 1990. Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observations. *HortScience* 25 (1), 14–16.

Linsley-Noakes, G.C., Allan, P., Matthee, G., 1994. Modification of rest completion prediction models for improved accuracy in South African stone fruit orchards. *J. South Afr. Soc. Hortic. Sci.* 4 (1), 13–15.

Lloyd, J., Firth, D.J., 1993. Effect of hydrogen cyanamide and promalin on flowering, fruit set and harvest time of ‘Flordaprince’ peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) in subtropical Australia. *J. Hortic. Sci.* 68, 177–183.

Luedeling, E., Gebauer, J., Buerkert, A., 2009. Climate change effects on winter chill for tree crops with chilling requirements on the Arabian Peninsula. *Climatic Change* 96, 219–237.

Luedeling, E., Girvetz, E.H., Semenov, M.A., Brown, P.H., 2011. Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. *PLoS ONE* 6, e20155.

McPherson, H.G., Richardson, A.C., Snelgar, W.P., Currie, M.B., 2001. Effects of hydrogen cyanamide on budbreak and flowering in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* ‘Hayward’). *New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.* 29, 277–285.

Nigel, C.C. and U.B. Dirk, 2001. Chilling response of ‘Granny Smith’ apple lateral buds inhibited by distal shoot tissues. *Scientia Horticulturae* 89 (2001) 299-308.

Rai, R.; Joshi, S.; Roy, S.; Singh, O.; Samir, M.; Chandra, A. Implications of changing climate on productivity of temperate fruit crops with special reference to apple. *J. Hortic.* **2015**, 2, 2.

Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R., 1974. A model for estimating the completion of rest for redhaven and elberta peach trees. *HortScience* 9 (4), 331–33

Richardson, E.A. and R.C. Camphell, 1986. The Amnidate Biophenometer (TA 45 – P): A Chill Unit and Growing Degree Hour Accumulator. *Acta Hort.* 184:95-100.

. Rumayor-Rodriguez, A., 1995. Multiple-regression models for the analysis of potential cultivation areas for Japanese plums. *HortScience* 30, 605–610.

Oukabli, A., Bartolin, S., Viti, R., 2003. Anatomical and morphological study of apple (*Malus X domestica* Borkh.) flower buds growing under inadequate winter chilling. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 78 (4), 580– 585.

Saure, M., 1985. Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees. *Hort.Rev.*7:239-300. Shaltout, A.D. ve Unrath, C.R., 1983. Rest completion prediction model for Starkrimson delicious apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 108 (6), 957–961.

Son L, Küden AB (2005) Dormex and promalin affects fruit set and earliness of apricot (*Prunus armeniaca*) and plum (*Prunus domestica*) cultivars. *N Z J Crop Hortic. Sci.* 33: 59-64.

Tekinel, O. 2003. Çukurova’da şeftali yetiştiriciliği. *Cine Tarım Dergisi*. Sayı 48. <http://www.cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv48/sektorel03.htm> (Erişim 16.11.2021).

Voller, C.F.P., 1986. Predicting rest-breaking: principles and problems. *Decid. Fruit Grow.* 36 (8), 302–308.

Yuri, J.A.; Moggia, C.; Sepulveda, A.; Poblete-Echeverría, C.; Valdés-Gómez, H.; Torres, C.A. Effect of cultivar, rootstock, and growing conditions on fruit maturity and postharvest quality as part of a six-year apple trial in Chile. *Sci. Hortic.* **2019**, 253, 70–79.

Zhang, J., ve Taylor, C. (2011). The dynamic model provides the best description of the chill process on ‘Sirora’ pistachio trees in Australia. *HortScience*, 46(3), 420-425.

