



**YEŞİLİRMAK HAVZASI TOPRAK SICAKLIĞI VERİTABANININ
OLUŞTURULMASI VE TOPRAK SICAKLIĞI İLE COĞRAFİK,
TOPOGRAFİK VE BAZI TOPRAK DEĞİŞKENLERİ ARASINDAKİ
OLASI İLİŞKİLERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE
ARAŞTIRILMASI**

ÖMER FARUK CİBA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN

Eylül - 2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİLİRMAK HAVZASI TOPRAK SICAKLIĞI VERİTABANININ
OLUŞTURULMASI VE TOPRAK SICAKLIĞI İLE COĞRAFİK, TOPOGRAFİK VE
BAZI TOPRAK DEĞİŞKENLERİ ARASINDAKİ OLASI İLİŞKİLERİN COĞRAFİ
BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

ÖMER FARUK CİBA

TOKAT
Eylül - 2019

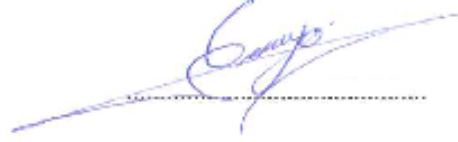
Her hakkı saklıdır

ÖMER FARUK CİBA tarafından hazırlanan "Yeşilirmak Havzası Toprak Sıcaklığı Veritabanının Oluşturulması ve Toprak Sıcaklığı ile Coğrafi, Topografik ve Bazı Toprak Değişkenleri Arasındaki Olası İlişkilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Araştırılması" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 6 EYLÜL 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çekilme ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEMESİ Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

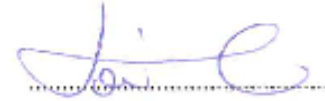
Danışman
Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN



Üye
Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ
Amasya Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Halil ERDEM
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY



Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

06.09.2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

ÖMER FARUK CIBA

6 Eylül 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİLİRMAK HAVZASI TOPRAK SICAKLIĞI VERİTABANININ OLUŞTURULMASI VE TOPRAK SICAKLIĞI İLE COĞRAFİK, TOPOGRAFİK VE BAZI TOPRAK DEĞİŞKENLERİ ARASINDAKİ OLASI İLİŞKİLERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

ÖMER FARUK CIBA

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HAKAN METE DOĞAN)

Bu çalışmada, Yeşilirmak Havzası toprak sıcaklık veri tabanları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) çatısı altında ters mesafe ağırlık interpolasyon (IDW) uzaysal analiz ve yükseltiye bağlı modelleme olmak üzere iki ayrı yöntemle oluşturulmuştur. Böylece beş farklı derinlik (5cm, 10cm, 20cm, 50cm ve 100cm) ve beşer yıllık zaman dilimlerini içeren toplam 7 zaman dilimi (1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016) için 35 raster interpolasyon ve 35 raster model harita olmak üzere toplam 70 sayısal veri tabanı üretilmiştir. İki farklı yönetime göre elde edilen veri tabanları tanımsal istatistik sonuçlarına göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca, elde edilen toprak sıcaklığı veri tabanlarının diğer toprak değişkenleri (organik karbon, pH ve Katyon Değişim Kapasitesi), topografik değişkenler (yükselti, eğim, bakı) ve coğrafi konum (enlem, boylam) ile ilişkileri korelasyon analizi ile araştırılmıştır. Tanımsal istatistik değerlendirmelerine göre interpolasyon haritaları model haritalara göre daha doğru kabul edilmiştir. Geçen 35 yıllık süreç içinde küresel ısınmaya bağlı olarak Yeşilirmak Havzası toprak sıcaklıklarında bir artış eğilimi tespit edilmiştir. Korelasyon analizleri sonucunda ortaya çıkarılan ilişkiler arasında toprak sıcaklıkları ile en yüksek korelasyonları gösteren bağımsız değişkenler enlem ve yükselti olmuştur.

2019, 74 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Haritalama, Modelleme, Toprak Sıcaklığı, Uzaysal Analiz, Uzaysal-Zamansal Değişim, Yeşilirmak.

ABSTRACT

MASTER THESIS

ESTABLISHING YEŞİLIRMAK BASIN SOIL TEMPERATURE DATABASE AND RESEARCHING POSSIBLE RELATIONSHIPS BETWEEN SOIL TEMPERATURE AND GEOGRAPHIC, TOPOGRAPHIC AND SOME SOIL VARIABLES BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

ÖMER FARUK CIBA

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR:)PROF. DR. HAKAN METE DOĞAN

In this study, soil temperature data bases of Yeşilirmak Basin were established by two different methods as inverse distance weighted interpolation (IDW) and elevation dependent modeling in the the frame of geographic information systems (GIS). Thus, a total 70 digital databases including 35 raster intepolated and 35 raster model maps were produced for 5 different soil depth (5cm, 10cm, 20cm, 50cm and 100cm) and 7 five-year duration time periods (1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016). The databases obtained according to two different methods were compared according to the descriptive statistics results. In addition, the correlation of soil temperature databases with other soil variables (organic carbon, pH and Cation Exchange Capacity), topographic variables (elevation, slope, aspect) and geographic location (latitude, longitude) were investigated by correlation analysis. According to descriptive statistical evaluations, interpolation maps were considered more accurate than model maps. During the last 35 years, an increasing trend in the soil temperatures of Yeşilirmak Basin has been determined due to global warming. Correlation analyzes revealed that the independent variables showing the highest correlations with soil temperatures were latitude and elevation.

2019, 74 PAGE

KEYWORDS: Geographic Information Systems, Mapping, Modeling, Soil Temperature, Spatial Analysis, Spatial-Temporal Change, Yeşilirmak.

ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesinden bitimine kadar benden desteğini esirgemeyen, tez çalışmamda ve danışabileceğim her konuda bana yardımcı olan ve beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN' a teşekkürlerimi sunarım.

ÖMER FARUK CIBA

6 Eylül 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve METOD.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Araştırma alanının coğrafik ve iklimsel özellikleri	18
3.1.2. Araştırma alanının genel toprak özellikleri	21
3.1.3. Sayısal veri tabanları.....	23
3.1.4. Toprak sıcaklık verileri	30
3.2. Metod	32
3.2.1. Raster interpolasyon haritaların oluşturulması	32
3.2.2. Raster model haritaların oluşturulması	33
3.2.3. Kareleragi noktasal veri tabanının oluşturulması ve verilerin çekilmesi	33
3.2.4. İstatistiksel analizler	36
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	37
4.1. Raster Haritalar	37
4.1.1. Raster interpolasyon haritalar	37
4.1.2. Raster model haritalar	43
4.2. İstatistiksel Değerlendirmeler	54
4.2.1. Tanımsal istatistikler	54
4.2.2. Korelasyon analizleri	59
5. SONUÇLAR	65
6. KAYNAKÇA	68
7. ÖZGEÇMİŞ	74

KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
ASTER	Gelişmiş Uzay Termal Yayılma ve Yansıma Radyometresi (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	Çevreye İlişkin Bilgilerin Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment)
EEA	Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
ISRIC	Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi (International Soil Reference and Information Centre)
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
YSA	Yapay Sinir Ağı

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Yeşilirmak Havzası CORINE-2012 Seviye-1 sınıfları ve kapladıkları alanlar.....	4
Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafik konumu ve topografik özellikleri.....	19
Şekil 3.2. Çalışma alanının içinde yer aldığı iller ve ilçeler	20
Şekil 3.3. Yeşilirmak Havzasının uzun yıllar (50 yıl) ortalamasına göre aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılımı.....	21
Şekil 3.4. Yeşilirmak Havzası Büyük Toprak Grupları	22
Şekil 3.5. Yeşilirmak Havzası yükselti raster veri tabanı	24
Şekil 3.6. Yeşilirmak Havzası eğim (%) raster veri tabanı	25
Şekil 3.7. Yeşilirmak Havzası bakı raster veri tabanı.....	26
Şekil 3.8. Yeşilirmak Havzası organik karbon (g/kg) raster veri tabanı.....	27
Şekil 3.9. Yeşilirmak Havzası pH raster veri tabanı.....	28
Şekil 3.10. Yeşilirmak Havzası KDK (cmol+/kg) raster veri tabanı.....	29
Şekil 3.11. Yeşilirmak Havzası'nı kapsayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 20 meteoroloji istasyonunun coğrafik pozisyonu.....	31
Şekil 3.12. Çalışma alanını eşit aralıklarla (5000 m) kaplayan ve toplam 1601 noktadan oluşan kareleragi noktasal veri tabanı	35
Şekil 4.1. Toprak sıcaklığının 5 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları	38
Şekil 4.2. Toprak sıcaklığının 10 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları.....	39
Şekil 4.3. Toprak sıcaklığının 20 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları.....	40
Şekil 4.4. Toprak sıcaklığının 50 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları.....	41
Şekil 4.5. Toprak sıcaklığının 100 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları	42

Şekil 4.6. 5 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri	44
Şekil 4.7. 10 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri.....	45
Şekil 4.8. 20 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri	46
Şekil 4.9. 50 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri	47
Şekil 4.10. 100 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri	48
Şekil 4.11. Toprak sıcaklığının 5 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları	49
Şekil 4.12. Toprak sıcaklığının 10 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları	50
Şekil 4.13. Toprak sıcaklığının 20 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları	51
Şekil 4.14. Toprak sıcaklığının 50 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları	52
Şekil 4.15. Toprak sıcaklığının 100 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları	53
Şekil 4.16. İnterpolasyon ve model haritaları minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklığı (°C) değerlerinin toprak derinliği ve zamana göre değişimi	58
Şekil 4.17. İnterpolasyon ve model haritaları minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklığı (°C) değerlerinin karşılaştırılması	59

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan veri tabanları	23
Çizelge 3.2. Çalışma alanı sınırları içinde kalan ve toprak sıcaklık verilerinin elde edildiği meteoroloji istasyonlarının özellikleri.....	30
Çizelge 3.3. Korelasyon analizi excel veri formatı	34
Çizelge 4.1. Raster interpolasyon haritaları tanımsal istatistik değerleri (N=1601)	56
Çizelge 4.2. Raster model haritaları tanımsal istatistik değerleri (N=1601).....	57
Çizelge 4.3. Raster interpolasyon haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki Korelasyonlar	61
Çizelge 4.4. Raster model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki Korelasyonlar	63

1. GİRİŞ

Yeryüzünün toprak tabakası, bitki yaşamını sürdürmek, mekanik destek sunmak ve su ve besin sağlamak için kritik öneme sahiptir. Toprak, gün boyunca enerji toplayan ve gece boyunca ısıyı serbest bırakan büyük bir ısı depolama mekanizması olarak işlev görmektedir. Bir yıl boyunca, toprak daha sıcak mevsimlerde enerjiyi korumakta ve daha soğuk mevsimlerde havaya ısı vermektedir (Hanks ve Ashcroft, 1983).

Toprak değişkenleri içinde toprak sıcaklığının ayrı bir önemi vardır. Her şeyden önce, doğrudan bitki büyümesini etkilemektedir. Başka bir deyişle, toprak sıcaklıkları 9°C'nin altında ve 50°C'nin üzerinde olduğunda hemen hemen her bitki büyümesini yavaşlatmaktadır (Kirkham, 2004). Toprak sıcaklığı tohumdaki su giriş oranını da etkilemektedir. Bu nedenle bitki gelişirken kökçük (plumule) ve sapçık (radicle) gelişmesini etkileyerek tohumların çimlenmesini yönetmektedir (Baskin ve Baskin, 2014). Fotosentez, solunum, köklerin büyümesi ve besin maddelerinin emilimi toprak sıcaklığından etkilenmektedir. Ayrıca, farklı bitkilere ait tohumların çimlenmesi farklı toprak sıcaklık aralıklarını gerektirmektedir. Toprağın sıcaklığı çok düşükse, tohumlar ya çimlenmemekte ya da çok zayıf çimlenmektedir. Buna karşın tohumlar çok sıcak topraklarda da zarar görmektedir (Kirkham, 2004).

Bunlara ilaveten, topraktaki organizmaların çoğu 25-35°C arasındaki sıcaklıklarda gelişerek organik maddeleri ayrıştırabilirler. Bu nedenle azot döngüsünde en önemli mekanizmalardan biri olan nitrifikasyon 32°C'lik bir toprak sıcaklığı gerektirmektedir (Hanks ve Ashcroft, 1983). Sıcaklık yükseldikçe, bitkiler tarafından alınan veya yıkanarak kaybolan besleyici maddelerin özellikle çözülebilir formdaki azotun serbest bırakılması için gerekli olan organik madde ayrışması da hızlanmaktadır. Sonuç olarak toprak sıcaklığı; havalandırma, toprak nemi içeriği ve bitki besin maddelerinin mevcudiyetini de etkilemektedir (Hillel, 2003). Sıcaklık ne kadar yüksekse, organik maddenin ayrışması da o derece hızlı olmaktadır. Böylece organik maddenin içerisinde bulunan ve bitki tarafından absorbe edilen ve çözülebilir formda bulunan maddeler özellikle de azot salınır. Bu nedenle toprak organik madde içeriği, yıllık ortalama toprak sıcaklığına bağlıdır (Weil and Brady, 2017).

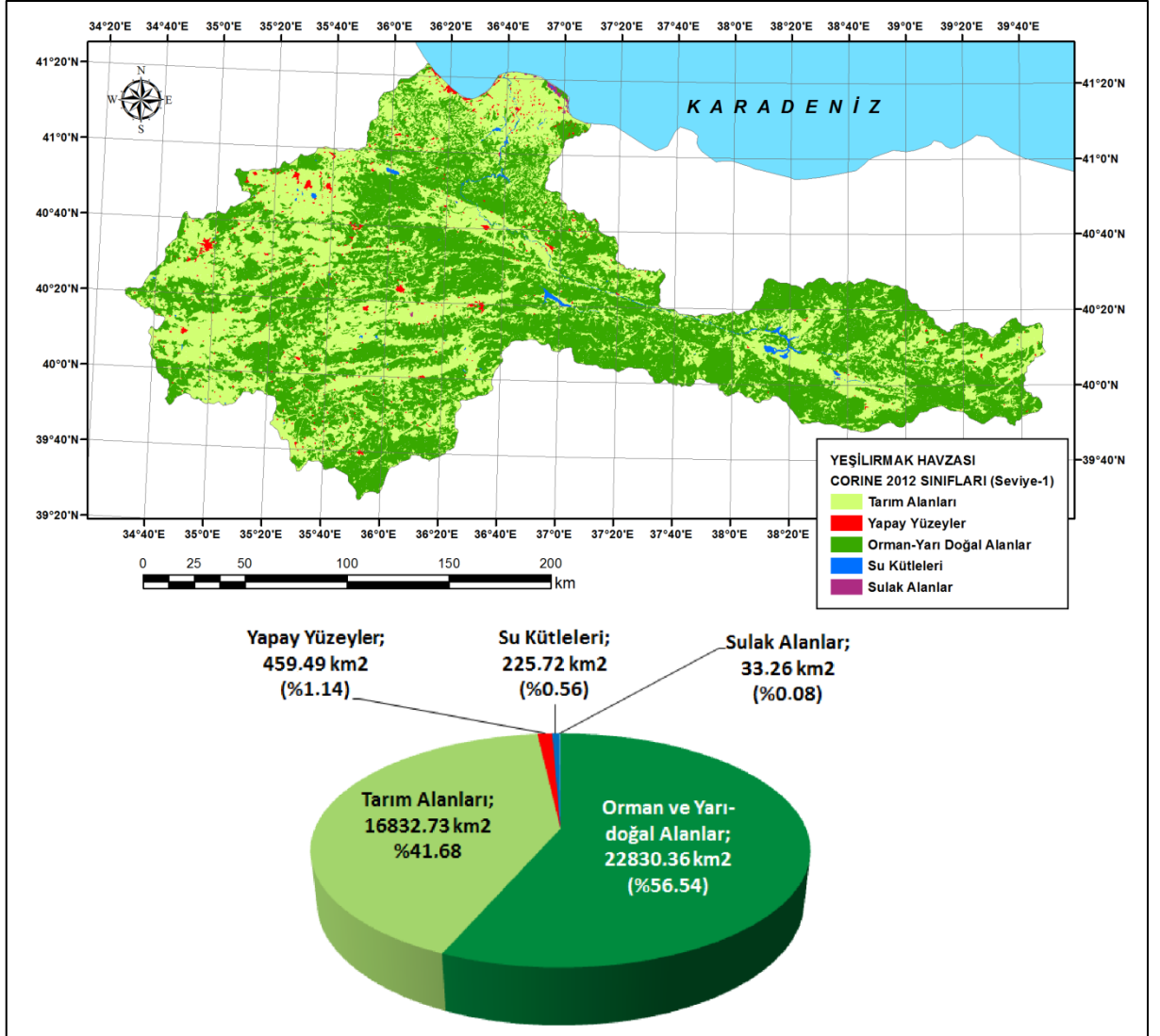
Soğuk topraklar fosforun bitki köklerinden emilimini geciktirme eğilimindedir. Bu durum toprağı drene ederek giderilebilir. Drenaj bu tür toprakları ısıtma eğilimindedir (McCarty ve ark., 2016). Toprakta birbirini izleyen donma ve çözümler bitkinin köklerinin kalkmasına neden olur. Bu fenomen don kesmesi olarak bilinir. Kökler bu fenomen tarafından kırılır. Bununla birlikte, alternatif donma ve toprağın çözülmesi, orta derecede nem içeriyorsa, kesekli toprağın yapısını iyileştirir, ancak toprak aşırı nem içeriyorsa, toprak yapısını tahrip eder (Hillel, 2003).

Sonuç olarak toprak sıcaklığı önemli bir toprak değişkeni olup bitki gelişimi ve verimine etki eden önemli mekanizmaları kontrol etmektedir. Küresel ısınmanın etkili olduğu günümüz dünyasında, bu önemli değişkenin farklı derinlik ve katmanlarda uzaysal dağılımının bilinmesi, haritalanması, modellenmesi ve iyi anlaşılması doğa bilimleri ve bitki yetiştiriciliği ile uğraşan her sektör için büyük önem arz etmektedir. Bu önemine karşın, Türkiye`de günümüze kadar bu konuyla ilgili fazla çalışma yapılmamıştır. Yüksek Öğrenim Kurumu Ulusal Tez Merkezi verilerine göre toprak sıcaklığı konusunda günümüze kadar 3 doktora, 8 yüksek lisans çalışması yapıldığı görülmektedir. Bunlardan sadece ikisi toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ve modellenmesi ile ilişkili olup tam anlamıyla haritalama süreçlerini içermemektedir. Oysaki haritalama süreçleri özellikle havza bazında ilgili sektörlerin sürdürülebilir bir şekilde planlanması ve yönetilebilmesi için ayrıcalıklı bir öneme sahiptir. Artan gıda ihtiyacı ve buna paralel olarak çeşitli nedenlerle azalan tarımsal alanların verimli kullanılması ve hatta korunumu açısından toprak sıcaklıklarının bilinmesi gereklidir. Toprak sıcaklıklarının hali hazırdaki durumunun ortaya konması ve seyrinin belirlenmesi, tarımsal üretimdeki bitki çeşitliliği, doğal bitki örtüsünün durumu, karbon ve azot döngüsü gibi toprak sıcaklıklarının direkt ya da dolaylı olarak etki ettiği diğer alanlarda yapılacak çalışmalara kaynak niteliği oluşturacak, hatta bu alanda başka çalışmalarında yapmasının gerekliliğini ortaya koyacaktır.

Küresel iklim değişikliği ile birlikte Türkiye`nin özellikle Karadeniz alt havzaları iklim değişikliğinden en az etkilenecek yerler olarak ön plana çıkmaktadır. Bunlardan biri olan Yeşilirmak Havzası büyük bir çoğunluğu Orta Karadeniz ve kısmen Doğu Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu coğrafik bölgelerinde uzanan 40 381.56 km²

alanıyla Türkiye'nin en önemli havzalarından biridir. Avrupa Çevre Ajansının (EEA, 2018) Çevreye İlişkin Bilgilerin Koordinasyonu (CORINE) 2012 veri tabanına göre (COPERNICUS, 2019); Yeşilirmak Havzası 22 830.36 km² orman-yarı doğal alana ve 16 832.73 km² tarım alanına sahiptir (Şekil 1.1). Havza ormancılık, tarım, bitki biyolojik çeşitliliği ile ön plana çıkmakta olup, havzanın küresel ısınma tehdidine hazırlıklı olması büyük önem arz etmektedir. Bu hazırlıkların başında toprak değişkenlerinin nasıl etkileneceğinin tahmini gelmektedir. Yukarıda özetlendiği gibi en önemli araştırma konulardan biri toprak sıcaklıkları ve onun tetikleyeceği değişimlerdir. Bu bağlamda havzanın toprak sıcaklıkları ve bu sıcaklıkların diğer toprak değişkenleri ile olan ilişkilerinin anlaşılması önemlidir.

Bu çalışma ile son 35 yılın (1982-2016) meteorolojik verilerinden (5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm ve 100 cm toprak altı sıcaklıklarından) faydalanılarak, Yeşilirmak Havzası toprak sıcaklık veri tabanlarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) çatısı altında oluşturulması amaçlanmış ve bu veri tabanlarının diğer toprak değişkenleri (organik karbon, pH ve Katyon Değişim Kapasitesi), topografik değişkenler (yükselti, eğim, bakı) ve coğrafi konum (enlem, boylam) ile ilişkilerinin uzaysal analiz teknikleri kullanılarak araştırılması hedeflenmiştir. Böylece literatürde tespit edilen eksikliğin bir kısmının giderilmesi düşünülmüştür.



Şekil 1.1. Yeşilirmak Havzası CORINE-2012 Seviye-1 sınıfları ve kapladıkları alanlar

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak sıcaklığı dolaylı veya doğrudan; toprağın bileşimine, kalitesine, üzerinde ve içerisinde yaşayan canlı çeşitliliğine, tarımsal üretim için bitki seçimine kadar birçok önemli olayda başlıca rolü oynamaktadır. Toprak sıcaklığındaki günlük ve yıllık değişimler, toprak oluşumunu, organik maddenin ayrışması ve CO₂ salınımını gibi biyolojik ve kimyasal süreci etkilemektedir. Ayrıca günlük değişimler topraktaki kimyasal ve biyolojik olayların tümünü doğrudan doğruya etkilemektedir (Paul ve ark., 2004). Toprak sıcaklığı; toprak bilimi, meteoroloji, ekoloji, hidroloji, jeo-teknoloji, tarım ve çevre gibi birçok disiplinde ihtiyaç duyulan ve bu nedenle araştırılması gereken çok önemli bir değişkendir (Jackson ve ark., 2008).

Çimlenme ve büyüme, toprak içerisindeki mikro organizma faaliyetlerinin aktivitesi, organik maddenin ayrışması, kayaç ve mirallerin ayrışma ve parçalanması, suyun emilmesi ve translokasyonu, toprak bünyesi ve gaz hareketi gibi birçok önemli aktivite toprak sıcaklığıyla yakından ilişkilidir. Toprak sıcaklığının bitkilerin gelişimini ve toprakta meydana gelen biyolojik ve fiziksel süreçleri doğrudan etkileyen önemli bir parametre olduğu iyi bilinmektedir (Garcia-Suarez ve Butler, 2006). Tarımda yüksek verimliliğin sağlanması için yetiştiriciliği planlanan bitkilerin maksimum ve minimum toprak sıcaklığı istekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin tropikal iklimlerde görülen çok yüksek toprak sıcaklıkları, oldukça yüksek su tüketimi ve çeşitli bitki hastalıkları sebebiyle bitki ölümlerine yol açabilmektedir (Tenge ve ark. 1998).

Topraktaki suyun varlığı, hareketi, buharlaşması, havalanma kabiliyeti, ayrışma, mikrobiyolojik aktiviteler, bitkisel faaliyetler, kök solunumu vb. olaylar toprak sıcaklığının etkisi altındadır (Anonim, 2012). Toprak sıcaklığı çimlenmeyi, bitki gelişimini, bitki gelişimi sırasında meydana gelen olayları (fotosentez, özümleme, solunum ve terleme), mikroorganizma aktivitelerini etkileyerek nitrifikasyon, organik maddenin ayrışması vb. gibi mikrobiyolojik işlevlere önemli etkiler yapmaktadır (Özkan, 1985; Özdemir, 1998).

Toprak sıcaklığı farklı kaynaklardan toprağa ulaşan ısı enerjisinin niceliğine, topraktan çeşitli yollarla kaybolan ısı enerjisinin niceliğine ve toprağın özgül ısısına bağlıdır. Topraklar en yüksek sıcaklığa yaz aylarında ve gün ortasında erişirler. Genel olarak yaş ya da nemli topraklar kuru olanlara göre daha yavaş ısınma ve daha yavaş soğuma özelliği gösterirler (Bayraklı, 1993). Toprak sıcaklığı; toprağın türüne, topraktaki gözeneklerin çapına, topraktaki su ve hava oranlarına bağlı olarak değişen bir parametredir (Anonim, 2012).

Baki, yükseklik, enlem gibi coğrafik koşullar güneş ışınlarının toprağa geliş açısını etkilemektedir. Ayrıca atmosferdeki kirlilik, bulutluluk, bitki örtüsü gibi durumlar da güneş ışınlarının toprağa geliş açısını ve miktarını, dolayısıyla toprağın ısınmasını etkileyen faktörlerdendir. Topraklar en yüksek sıcaklığa yazın ve gün ortasında erişmekte, ıslak topraklar daha yavaş ısınmakta ve soğumaktadır (Bayraklı, 1993).

Toprağın soğurduğu ısı enerjisi, toprak tarafından soğurulabilen güneş radyasyonunun miktarına da bağlıdır. Güneşten dalgalar halinde gelen enerji, toprak yüzeyine çarptığında ısı enerjisine dönüşmektedir. Bu dönüşümün niceliği; toprak rengine, eğime, toprak üstündeki bitki örtüsüne, toprak özgül ısısına, toprağın bulunduğu yerin enlem ve boylam derecesine, toprak derinliğine ve toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir (Ergene, 1982). Özellikle dalga boyu 2 mikrondan küçük olan güneş ışınları atmosferi geçerek toprak sıcaklığının esas kaynağını oluşturur (Jury ve ark., 1991).

Toprağın özgül ısısı; bitki örtüsü, topoğrafya, yükselti, küresel güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, yüzey pürüzlülüğü ve toprağın rengi, su içeriği, organik-inorganik madde içeriği gibi birçok faktöre bağlıdır (George, 2001).

Smith ve Byers (1938), büyük toprak gruplarına ait termal iletkenlikleri araştırdıkları çalışmada termal iletkenliğin organik madde ve toprak bünyesine bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışma sonuçları kumlu toprakların termal iletkenliklerinin killi topraklara göre daha yüksek olduğunu ve topraktaki yüksek miktarda organik maddenin termal iletkenliği düşürdüğünü göstermiştir.

Tessy ve Renuka (2002), Hindistan'da toprak ve hava sıcaklığı üzerine yaptıkları çalışmalarda, toprağın ısı yayma gücünü hesaplamışlardır. Sonuç olarak günlük toprak ısı akışı ve farklı derinliklerdeki toprak sıcaklıklarına ait modellerin, gözlemlerle karşılaştırılabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Açık ve kuru atmosfer şartlarında gece ve gündüz arasında sıcaklık farkı fazla olmaktadır. Buna karşın nemli ve bulutlu atmosfer şartlarında gece ve gündüz arasında sıcaklık farkı azalmaktadır. Bu durum doğrudan toprağın atmosferle temas halinde bulunan üst katmanına etki etmektedir. Örneğin çöl topraklarında sıcaklığın etkisiyle ayrışma daha yoğun olmaktadır. Bu ekosistemlerde ilkbahar başlangıcında, gündüz daha sıcak ve kuru olan toprak yüzeyi tohumların çimlenmesi için daha uygun koşullar sağlamaktadır. Ancak geceleri fazla soğuduklarından, don olayına maruz kalma riski yüksektir. Bu nedenle, söz konusu alanlarda çimlenme ve bitki gelişimi için ilkbaharda toprak sıcaklığının kontrolü önem kazanmaktadır (Yeşilsoy ve Aydın, 1995).

Kuru rüzgârların suyu buharlaştırıcı etkisi toprakta soğutucu etki yapmaktadır. Yağmur suyu sıcaklığı genellikle toprak sıcaklığından daha düşük olduğundan, toprağın derinliklerine sızan sular bu kısımların hızlı soğumasına neden olmaktadır. Kış mevsiminde kar örtüsü toprak üzerinde bir izolatör görevi yapmakta ve ani sıcaklık değişmelerini önlemektedir. Bundan başka, kar örtüsünün don olayının toprağın alt tabakalarına doğru ilerlemesini önlediği de bildirilmiştir (Ergene, 1982).

Ortalama nem haricindeki diğer iklimsel parametreler ile toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin önem düzeyi genellikle yüzeyden 20 cm derinliğe kadar artmış, bu derinlikten sonra ise azalmıştır. Buna karşın, ortalama nem ile toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin önem düzeyi yüzeyden 20 cm derinliğe kadar azalmış, bu derinlikten sonra ise artmıştır (Campbell, 1985).

Toprak sıcaklığı, toprak yüzeyinde oluşan radyasyon, potansiyel ve termal enerji değişimlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değişkenlikte; toprağın hacim ağırlığı ve nem içeriği ile etkilenen spesifik ısı kapasitesi, ısı iletkenliği ve ısı yayma kapasitesinin önemli rol oynadığını belirtilmiştir (Campbell, 1985).

Meteorolojik parametreler toprak sıcaklığını doğrudan etkilemektedir. Örneğin lodos rüzgârının toprağı ısıtıcı ve kurutucu etkisine karşılık poyraz rüzgârının toprağı soğutucu bir etkisi bulunmaktadır (Yücel, 1999).

Toprağın üst katmanı meteorolojik koşullardan en çok etkilenen kısımdır. Sıcaklık toprak profilinin derinliğine ve zamana göre değişmektedir (Ekberli ve ark., 2005). Toprak yüzeyinde belirgin bir şekilde sıcaklık farkı görülürken, toprağın derinliklerinde günlük değişim ihmal edilecek kadar azdır. Genel olarak 10 m toprak derinliğinde sıcaklık neredeyse sabittir (Dinç ve Şenol,1998).

Alt toprakla karşılaştırıldığında, toprak sıcaklığı değişimi üst toprakta daha fazladır. İliman bölgelerde yaz mevsiminde toprağın üst katmanı, alt katmana göre daha sıcaktır. Kış mevsiminde ise toprağın üst katmanı, alt katmana göre daha soğuktur. Toprağın üst (0-15 cm) kısmındaki sıcaklık her mevsimde hava sıcaklığından daha fazladır. Güneşli günlerde, koyu renkli toprakların yüzeyi ile hava sıcaklığı arasındaki farkın 15°C dereceye kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Ergene, 1982).

Toprak sıcaklığı, gün, ay ve yıl bazında değişkenlik özelliğine sahiptir. Bu değişkenlik periyodiktir. En fazla sıcaklık değişkenliği toprak yüzeyinde olup, derinlik arttıkça değişkenlik azalmaktadır. Sıcaklığın günlük değişimi 35-100 cm toprak derinliğinde genel olarak sabit değerler almaktadır (Ekberli ve ark., 2005).

Toprakta sıcaklık verilerinin düzenli olarak takip edilmesi ve toplanması; bitki-toprak arasındaki ilişkilerin anlaşılması ve toprağın doğru kullanımıyla ilgili yorumların yapılabilmesi için gereklidir. Sıcaklık dalgalanmalarının bilinmesi toprak oluşum süreçlerinde, tarımda, seracılıkta, yapıların pasif ısınma ve soğumasında büyük önem taşımaktadır (Mihalakakou, 2002).

Genel olarak aşırı sayılabilecek toprak sıcaklık değerleri (<5 °C ve >30 °C) özellikle 20 cm ve üstü toprak derinliklerinde ölçülmüştür. 20 cm den sonra ise toprak sıcaklıkları değerlerinin üst seviyelere oranla dar aralıklarda değişerek daha homojen bir dağılım gösterdiği bildirilmektedir. Bunun nedeni olarak; toprak sıcaklığına etki eden

meteorolojik parametrelerin, özellikle 20 cm'ye kadar olan toprağın üst seviyelerinde çok daha etkili olması, 50 cm ve daha derinlerde ise bu etkinin azalması olarak belirtilmiştir (Campbell, 1985).

Toprak derinliği arttıkça üst katmanlardaki toprak sıcaklıkları ile alt katmandaki sıcaklıklar arasındaki ilişkilere ait önem düzeylerinin azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde artan toprak derinliklerine ait sıcaklık değerleri ile iklim parametrelerinden maksimum sıcaklık, toplam yağış ve toplam güneşlenme değerleri arasındaki ilişkilerin önem düzeyleri de azalmıştır (Campbell, 1985).

Yaz aylarında derinlik arttıkça toprak sıcaklığı azalmakta ve buna bağlı olarak toprak aşağı doğru ısı akışını sağlayan bir ısı deposu oluşturmaktadır. Kış aylarında bu ısı deposu kademeli olarak azalmaktadır. İlkbahar ve sonbahar gibi geçiş dönemlerindeki ani ısı değişimleri ise toprak patojenlerine, toprakta gelişen tüm böceklere ve diğer kimyasal aktivitelere karşı biyolojik bir tetikleyici rolü üstlenmektedir. Tüm bunlar tarım için toprak sıcaklığının dolayısıyla da toprak sıcaklığının tahmin edilebilmesinin önemini açıkça göstermektedir (Bocock, 1974).

Toprağın 5 cm derinliğindeki sıcaklığın yıllık değişimi toprak ve atmosfer arasındaki uzun vadeli ısı dengesinin bir sonucudur. Atmosferdeki sıcaklığa bağlı olarak, toprak sıcaklığı gün, ay ve mevsim bazında değişimler göstermektedir (Ergene, 1982).

Bunlara ilaveten, dünyanın merkezi ve manto tabakası tarafından iletilen, ayrıca topraktaki kimyasal ve biyolojik aktiviteler neticesinde ortaya çıkan ısı da vardır. Ancak, güneş enerjisi ile karşılaştırıldığında; bu ısının toprak sıcaklığına etkileri önemsenemeyecek kadar azdır (Jury ve ark., 1991; Özkan, 1985; Yeşilsoy, 1973).

Xiukang ve ark. (2015), Çin'deki Loess Platosu'nun yarı kurak bölgesinde yürüttükleri bir çalışmada malçlama ve gübrelemenin toprak sıcaklığı, toprak su içeriği, toprak nitrat-N içeriği ve mısırın tane verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada malçlama yapılmayan işleme kıyasla malçlama yapılan işlemde 10 cm derinlikteki toprak sıcaklığı, anlamlı derecede yüksek bulunmuş ve Temmuz ayından önce 2.3°C,

Temmuz'dan sonra ise yaklaşık 1.2°C artmıştır. Malçlama yapılan toprakta 0-60 cm derinliğindeki toprak suyu miktarı malçlama yapılmayan toprağa göre daha yüksek olurken 140-200 cm derinlikte önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ekimden sonraki 36 gün içinde 0-10 cm derinliğindeki toprak azot içeriği, bazal gübre uygulamasında bazal gübre uygulaması yapılmayan topraktan 1.6 kat daha fazla olmuştur. Üst topraktaki toprak nitrat azotu içeriği 58 gün sonra düşmüştür. Bazal gübre ile plastik malç uygulamasının mısır verimini artırdığını ve serpme gübrenin ardışık üç yılda verimi artırdığı tespit edilmiştir.

Toprak sıcaklığı mevsimsel ve günlük olarak değişkenlik göstermekte olup, ışık enerjisi ve toprak yüzeyinde meydana gelen enerji değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Toprak sıcaklığı, toprağın fizikokimyasal ve biyolojik süreçlerini yönetmekte ve ayrıca atmosfer ve toprak arasındaki gaz değişimi arasındaki küresel süreçleri etkilemektedir. Çevresel faktörler toprak yüzeyine sağlanan ısı miktarını ve toprak yüzeyinden profile yayılan ısı miktarını kontrol ederek toprak sıcaklığını etkilemektedir. Toprak sıcaklığı, organik maddenin parçalanmasını ve farklı organik maddelerin mineralizasyon oranını da değiştirmektedir. Ayrıca, toprak su içeriğini, iletkenliğini ve bitkilerin bulunabilirliğini de etkilemektedir (Onwuka ve ark., 2016).

Toprak sıcaklığı, topraktaki bitki besin elementlerinin elverişlilik durumunu, toprağa bağlı kimyasal reaksiyonları, suyun hareketi ve tutulmasını, yüzey toprağının nemini, toprağın havalanmasını, tohumun çimlenmesini, bitki kök gelişimini ve mikrobiyolojik aktiviteyi etkileyen önemli bir faktördür (Özkan, 1985).

Campbell (1985), bitki çevresindeki enerji dengesinin, buharlaşmanın, toprağın havalanmasının, suyun hareketinin ve toprağın kurummasının yani drenajının toprak sıcaklığının etkisi altında olduğu belirtmiştir. Toprak sıcaklığının, termal enerji değişimlerine bağlı olarak değişmekte olduğunu ve toprağın hacim ağırlığı ve nem içeriği ile etkilenen spesifik ısı kapasitesi, ısı iletkenliği ve ısı yayma kapasitesinin bu değişkenlikte önemli payı olduğunu bildirmiştir.

Toprakta cereyan eden kimyasal ve biyolojik olayların gerçekleşebilmesi için enerjiye gerek vardır. Yeterli sıcaklık olmadığında topraktaki kimyasal ve biyolojik olaylar yavaşlar. Toprak sıcaklığı bu nedenle çok önemli bir parametredir. Mesela, nitrifikasyonun başlaması için toprak sıcaklığının 4,5 °C'nin üstünde olması ve elverişli düzeyde devam edebilmesi için 27-30 °C'ler arasında olması gerekmektedir (Buckman ve Brady, 1960).

Paul ve ark. (2004), toprak sıcaklığındaki günlük ve yıllık değişimlerin topraktaki biyolojik ve kimyasal süreci etkilediğini toprak oluşumunu, organik maddenin ayrışması ve CO₂ salınımını örnek göstererek ifade etmişlerdir.

Toprak organik maddesinin (SOM) dev dünya stoklarının ayrışmasının sıcaklığa duyarlılığı (Batjes, 1996; Eswaran ve ark., 1993; Jobbágy ve Jackson, 2000; Gruber ve ark., 2004), karışık görüşleri destekleyen bazı önemli yayınlar da (Bellamy ve ark., 2005; Giardina ve Ryan, 2000, Davidson ve ark., 2000; Thornley ve Cannell, 2001; Fang ve ark., 2005; Knorr ve ark., 2005; Liski ve ark., 1999; Kirschbaum, 1995; Trumbore ve ark., 1996; Fierer ve ark., 2005) dahil olmak üzere son zamanlarda büyük ilgi görmektedir.

Sıcaklığın artmasının orman topraklarında (Cs) bulunan organik karbonun ayrışmasını hızlandırabileceği ve dolayısıyla küresel ısınmanın toprak organik karbonunun atmosfere salınımını hızlandıracağı bildirilmektedir (Schimel ve ark., 1994; Trumbore ve ark., 1996; Kirschbaum, 1995; Meliilo ve ark., 1995, Cao ve Woodward, 1998; Jenkinson ve ark. 1991). Ayrıca, toprak CO₂ atımı, substrat miktarı (Zak ve ark., 2000), toprağın pH-değeri (Hall ve ark., 1997) ve bitki örtüsünün aktivitesi (Ciais ve ark., 2005) gibi diğer faktörlerden etkilenmektedir; çünkü kök solunumu (Janssens ve ark., 1998; Kutsch ve ark., 2001; Law ve ark., 1999) ve heterotrofik solunum (Goulden ve ark., 1996; Davidson ve ark., 2006) toplam toprak CO₂ salınımını içermektedir ve bitkiler sürekli olarak salgılarını toprağa boşaltmaktadır. Birçok çalışma toprak pH değerlerinin toprak solunumu üzerinde belirgin etkileri olduğunu göstermiştir (Andersson ve Nilsson, 2001; Hall ve ark., 1997; Sitaula ve ark., 1995), çünkü özellikle

mikrobiyal aktivite belirli bir aralıkta artan pH değerleriyle artmaktadır (Ellis ve ark., 1998).

Toprak sıcaklığı toprakta besin difüzyonunu ve organik madde miktarını etkilemektedir. Bitki köklerinin su emme fonksiyonları üzerinde toprak sıcaklığı oldukça etkili olmaktadır. Bu nedenle, toprak sıcaklığının fazla olması; bitkilerin su ihtiyacının karşılanamamasına, fidelerin ölmesine, bitki boylarının kısa kalmasına ve çok çeşitli bitki hastalıklarının yayılmasına neden olmaktadır (Tenge ve ark., 1998).

Toprak sıcaklığıyla; çimlenme, bitki büyümesi, mikroorganizma faaliyetleri, organik madde mineralizasyonu, gaz hareketleri, mineral maddelerin ayrışma ve parçalanması vb. olaylar arasında yakın ilişkiler vardır (Bayraklı, 1993).

Toprak sıcaklığı, kök sistem bileşenlerinin büyümesini, başlangıç ve dallanmayı, büyümenin yönünü ve kök dönüşümünü etkilemektedir. Toprak ısınması aşağı doğru ilerledikçe, gittikçe derinleşen toprak katmanları kök gelişimi için uygun hale gelmektedir. Ilıman bölgelerde, toprak sıcaklığı genellikle köklenme derinliği artış oranını ve ulaşılabilir maksimum derinliği sınırlamaktadır. Zamanla köklenme derinliğini tahmin etmek için basit bir sıcaklık temelli model, alanda gözlenen belirli bir izotermin aşağı doğru ilerlemesini esas alarak köklenme derinliğinin takip edilmesini sağlayabilmektedir (Kaspar ve Bland, 1992).

Toprak sıcaklığı, bitki kök sisteminin toprağa nüfuz etme oranını ve kusursuzluğunu da etkilemektedir. Kök sisteminin genişlemesi, sıcaklığa bağlı olan büyüme ve gelişme olaylarının bir fonksiyonudur. Hücre uzaması gibi büyüme süreçleri kök uzunluğunu ve çapını artırmakta, gelişim-büyüme süresini, yeni köklerin ve üreme organlarının başlatılmasını kontrol etmektedir. Bu nedenle, kök-sıcaklık tepkilerinin yorumlanabilmesi için gelişim ve büyümenin nasıl etkileşime girdiğinin iyi anlaşılması gerekir (Kaspar ve Bland, 1992).

Toprak sıcaklığının belli bir seviyeye kadar bitki kök gelişimine olumlu etkisi vardır. Toprak sıcaklığı azaldıkça topraktan kök bölgesine doğru su hareketi azalmakta böylece

köklerin metabolizma faaliyetleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde hangi stres olayları ile karşı karşıya kaldıklarının anlaşılması açısından, toprak katmanlarındaki sıcaklık dağılımlarının bilinmesi önemlidir (Sarıyev ve ark., 1995).

Schaufler ve ark. (2010), toprak sıcaklığının ve toprak neminin farklı arazi kullanımı ve iklimi altındaki topraklarda potansiyel sera gazı akış oranlarına etkisini tahmin etmek için yaptıkları bir çalışmada farklı iklim yapısına sahip 13 Avrupa bölgesinden elde edilen toprak örneklerindeki azot oksit (N_2O), nitrik oksit (NO), karbon dioksit (CO_2) ve metan (CH_4) akışlarını ölçmüşlerdir. Çalışmada sıcaklık artışı ile birlikte N_2O , NO ve CO_2 emisyonlarında doğrusal olmayan bir artış bulunmuş, azot oksit emisyonları toprak nemi ile pozitif, NO emisyonu ve CH_4 oksidasyon oranları toprak nemi ile negatif olarak ilişkilendirilmiştir. En yüksek CO_2 emisyonu orta derece nemli toprakta meydana gelmiştir. Farklı arazi kullanım tipleri (tarım, orman, otlak ve sulak alanlar), sera gazı emisyonunu güçlü şekilde etkilemiştir. Otlak topraklarında azot oksit ve CO_2 emisyonları en yüksek, ormanlık alan topraklarında NO emisyonu en yüksek seviyede bulunmuştur. Otlak alanlarda, yüksek karbon ve azot içeriğinin en muhtemel nedeninin, yoğun kök sistemleri ve çürüyen biyokütleden toprağa yoğun karbon girişi ile artan mikrobiyal aktivite, yüksek N_2O ve CO_2 emisyonları olduğu tespit edilmiştir. Orman topraklarından kaynaklanan yüksek NO emisyonları temel olarak düşük pH ve yüksek toprak porozitesine bağlanmıştır. Kuzey topraklarının, daha sıcak ve daha kuru zemin koşullarında CH_4 alma kapasitesinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nitrik oksit emisyonları, N girişi ile pozitif olarak korelasyon göstermiştir.

Bitkilerin besin mineralizasyonları, azot veya karbon dioksitin açığa çıkması gibi olaylar toprak sıcaklığına bağlıdır (Seyfried ve ark., 2001). Ölü örtünün oksitlenme ile ayrışması toprağa gerekli olan organik maddenin sağlanması, bünyesinde tuttuğu karbonu, azotu, fosforu, hidrojeni, kükürtü polimer bileşiklere dönüştürmesi için atmosferik koşullar, besin maddeleri ve pH gibi faktörlerin optimum şartları sağlaması gerekmektedir (Kantarıcı, 2000).

Topraktaki mikrobiyal biyokütlenin miktarı, topraktaki elverişli su miktarı, toprak katmanı, organik maddenin durumu ve toprak sıcaklığı tarafından kontrol edilir (Van Veen ve ark., 1984; McGill ve ark., 1986).

Post ve ark., (1982) soğuk iklimdeki ormanların genellikle sıcak iklim ormanlarının yaklaşık iki katı daha fazla karbon içerdiğini ifade etmiştir. Plante ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmayla sıcaklık artışı, yağış miktarı ve tarımsal faaliyetler gibi toprakta karbon döngüsünü etkileyen faktörlerin ortadan kaldırıldığında döngünün makul derecede sabit olduğunu belirlemiştir.

Katan ve ark., (1976), yaptığı araştırmada 41°C ve üzerindeki toprak sıcaklıklarında topraktaki mantarların ölmeye başladığını, 65°C sıcaklığa kadar ısıtıldığında birçok patojen ve zararlıların yok olduğunu bildirmiştir. Fakat önemli olan ısıya toprağın ve patojenin ne kadar süre maruz kaldığıdır.

Bitkilerin toprak üstü kısımları ve kökleri toprağa organik madde sağlamaktadır. Toprakta humus oluşumu ve organik karbon miktarının artması için, mikroorganizmalar ve küçük canlıların faaliyet göstermelerine ve organik maddelerin ayrışmasına gerek vardır. Organik maddenin (ölü örtünün) ayrışması oksidatif ayrışma ve humuslaşma olayları olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Oksidatif ayrışma, organik maddelerin tam olarak fakat yavaş yavaş yanması (oksidasyonu) olarak tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalar ve küçük canlıların hem yaşayabilmesi hem de etkin bir şekilde görev yapabilmesi için toprakta sıcaklık, hava, nem, besin maddeleri ve pH gibi en uygun şartların sağlanması ve zaman gerekmektedir. Oksidatif ayrışma toprağın oluşumunda, içeriğindeki mineral maddelerin açığa çıkmasında ve toprak renginin belirlenmesinde de çok önemli yere sahiptir. Oksidasyon ve ayrışma olaylarının olmazsa olmazı havanın ve toprağın sıcaklığıdır, sıcaklık artışı toprakta gerçekleşen mineralizasyon ve ayrışma olaylarını tetikleyici ve hızlandırıcı olarak da etkin rol oynamaktadır (Kantarıcı, 2000).

Mackay ve Barber, (1984), 18°C ve 25°C toprak sıcaklıklarının, toprağın yarayışlı P konsantrasyonuna ve mısır bitkisinin P alımına etkilerini kontrollü bir iklim odasında

bir dizi saksı deneyinde incelemiştir. Sıcaklık, fosforun mısır tarafından topraktan alınma mekanizmalarının her biri üzerinde etkili bulunmuştur. 25°C'de toplam mısır verimi 4-6 kat, kök büyümesi 2-5 kat ve fosfor alımı 2-4 kat daha fazla olmuştur. Toprak sıcaklığını 18°C'de tutarken hava sıcaklığının 25°C'ye yükseltilmesi, kök büyümesinde 2.7 kat artışa ve P alımında 2.2 kat artışa neden olmuştur. Sıcaklığın 18°C'den 25°C'ye yükselmesi ile kök büyüme hızı 4.97 kat artmış ve buna bağlı olarak fosfor alımı da artmıştır. Bu durum aynı zamanda düşük sıcaklıkta mısırın fosfor alımının azalmasının da başlıca nedeni olarak değerlendirilmiştir. Düşük sıcaklığın; fosforun kök yüzeyine hareketinde ve kök tarafından alınmasında sadece küçük bir rol oynadığı görülmüştür.

Toprak sıcaklığı ve nemin bitki büyümesi ve organik artıkların mineralizasyonu üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada bitki kuru maddesinin toprak sıcaklığındaki artışla önemli ölçüde azaldığı ve nem arttıkça yükseldiği görülmüştür. Artıklardan elde edilen azot yüzdesi artan sıcaklık ve nem ile doğrusal olarak artmıştır. C izotopu, artan sıcaklık ve azalan nem durumu ile doğrusal olarak azalmıştır. Terleme ve kuru madde üretimi arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur, ancak su kullanım etkinliği ve C izotopu arasında bir ilişki bulunamamıştır. Sonuçlar, kök materyalinin C:N oranının kök dönüşümünü ve buna bağlı olarak kök sisteminin su tedarik kapasitesini etkilediğini göstermiş, var olan inorganik azot-organik artıkların ilavesiyle önemli ölçüde artmış ve genellikle artan sıcaklıkla azalmıştır (Hood, 2001).

George (2001), hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, rüzgâr hızı, nispi nem ve yağış gibi parametreleri içeren tahminlerin tarımsal amaçlı çalışmalar için faydalı olduğunu ve tüm bunların güneş enerjisiyle bağlantılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Zheng ve ark. (1993), toprak sıcaklığı tahmini yapabilmek için günlük hava sıcaklığı ve yağış parametrelerini kullanmışlar, sonuçta 7 adet doğrusal regresyon eşitliği (modeli) elde etmişlerdir. Günlük toprak sıcaklığı verilerinin, geliştirilen tahmin modellerindeki toprak sıcaklığı verileriyle karşılaştırılması sonucunda; 10 cm derinlik için R² değerinin 0.86 ile 0.97 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Bond-Lamberty ve ark., (2005) Kanada’da toprak sıcaklığını tahmin etmek için, çoklu hareketli ortalamalar yöntemiyle, farklı derinliklerdeki toprak sıcaklığını modellemişlerdir. Modelde hava sıcaklığı ve yaprak alan indeksi değişkenleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Mavi ve ark. (2011), Denizli ilinde yaptıkları çalışmada aylık ortalama sıcaklık, toprak üstü sıcaklık, nem, güneşlenme süresi ve aylık ortalama basınç verilerini kullanarak, 10 cm derinlik için toprak sıcaklığını tahmin eden bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Öztürk ve ark., (2011), 2006-2008 yılları arasında Türkiye genelinde 66 meteoroloji istasyonunun yükseklik, enlem, boylam, aylık solar radyasyon, aylık güneş ışınımı ve aylık hava sıcaklığı verilerini kullanarak toprak sıcaklığı tahmini yapan ileri beslemeli bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin toprak sıcaklığının tahmininde güvenilir olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Bilgili ve ark. (2013), Türkiye’deki 8 meteoroloji istasyonunun kayıp toprak sıcaklığı verilerini komşu istasyonların toprak sıcaklık verilerini kullanarak tahmin eden bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Bu model ile istasyonlardaki kayıp verilerin çok yüksek bir doğrulukla tamamlanabileceği bildirilmiştir.

Jebamalar ve ark. (2012), Hindistan da yaptıkları çalışmada, 5 yıllık (1993-1997) ve 10 yıllık (1993-2002) veri setlerini kullanarak 2004 yılı için 10 cm ve 20 cm derinliklerdeki toprak sıcaklığını tahmin eden bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Modelin toprak sıcaklığını tahmin edilmesinde başarılı bir matematiksel model olduğunu savunmuşlardır.

Yazar ve Kanber (1984), Tarsus Meteoroloji İstasyonu’na ait haftalık ortalama hava sıcaklıkları ile 5, 10 ve 20 cm derinliklere ait toprak sıcaklık verilerinden faydalanarak bu değişkenler arasındaki yakın ilişkileri tespit etmiş ve bazı doğrusal regresyon eşitlikleri geliştirmişlerdir.

Öztekin ve ark. (2008), Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonu verilerini kullanarak yaptıkları bir araştırmada 5 ve 10 cm derinlikteki toprak

sıcaklıkları ile bazı meteorolojik parametreler (günlük ortalama toprak üstü sıcaklığı, günlük minimum toprak üstü sıcaklığı, günlük ortalama hava sıcaklığı, günlük yağış toplamı, günlük ortalama rüzgar hızı, günlük ortalama bağıl nem ve günlük ortalama radyasyon) arasındaki ilişkileri araştırmışlar ve R^2 değeri 0.65 ile 0.89 arasında değişen bazı regresyon eşitlikleri (modelleri) geliştirmişlerdir

Bilgili (2011), Adana ilinde toprak sıcaklık tahmini amaçlı üç katmanlı ve ileri beslemeli bir YSA modeli geliştirmiştir. Bunun için, Adana Meteoroloji İstasyonu'nda 2000 ve 2007 yılları arasında, 5, 10, 20, 50 ve 100 cm derinliklerde ölçülmüş toprak sıcaklığı ve diğer meteorolojik (yağış, basınç, rüzgar hızı, bağıl nem, hava sıcaklığı) verileri kullanmıştır. Modelin performansı ve ölçülen değerler karşılaştırıldığında, toprak sıcaklığının tahmin edilmesinde YSA yaklaşımının çok uygun bir model olduğunu göstermişlerdir.

Toprak sıcaklığı belirli bir düzeye kadar bitkilerin köklerine olumlu etki yapmaktadır. Topraktan kök bölgesine doğru suyun hareketi toprak sıcaklığının azalmasına paralel olarak azalmaktadır ve metabolizma faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkilerin farklı gelişme evrelerinde maruz kaldıkları stres olaylarının iyi anlaşılabilmesi için, toprak katmanlarındaki sıcaklık dağılımlarının bilinmesi önemlidir. Farklı katmanlardaki toprak sıcaklıklarının hesaplanabilmesi için temel fizik kurallarına dayalı, toprağın sıcaklık parametrelerine, derinliğine ve zamana bağlı olan matematiksel bir model geliştirmek mümkündür (Sarıyev ve ark., 1995).

Müjdeci (2004), Seri-82 buğday çeşidi ile üç vejetasyon (2000-2001) döneminde yürüttükleri bir araştırmada; bitki morfolojik ve fizyolojik özellikleri ile çevresel (meteorolojik ve toprak) faktörler arasındaki ilişkileri inceleyerek matematiksel modeller üretmiştir. Ayrıca toprağın termal parametrelerini incelemek amacıyla temel fizik kuralları çerçevesinde matematiksel bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Farklı zamanlar için tahmin edilen yüzey toprağı sıcaklık değerleri, tahmin edilen hava sıcaklığı değerlerine göre yüksek çıkmış ve aralarında güçlü korelasyonlar ($R^2=1.0-0.96$) tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve METOD

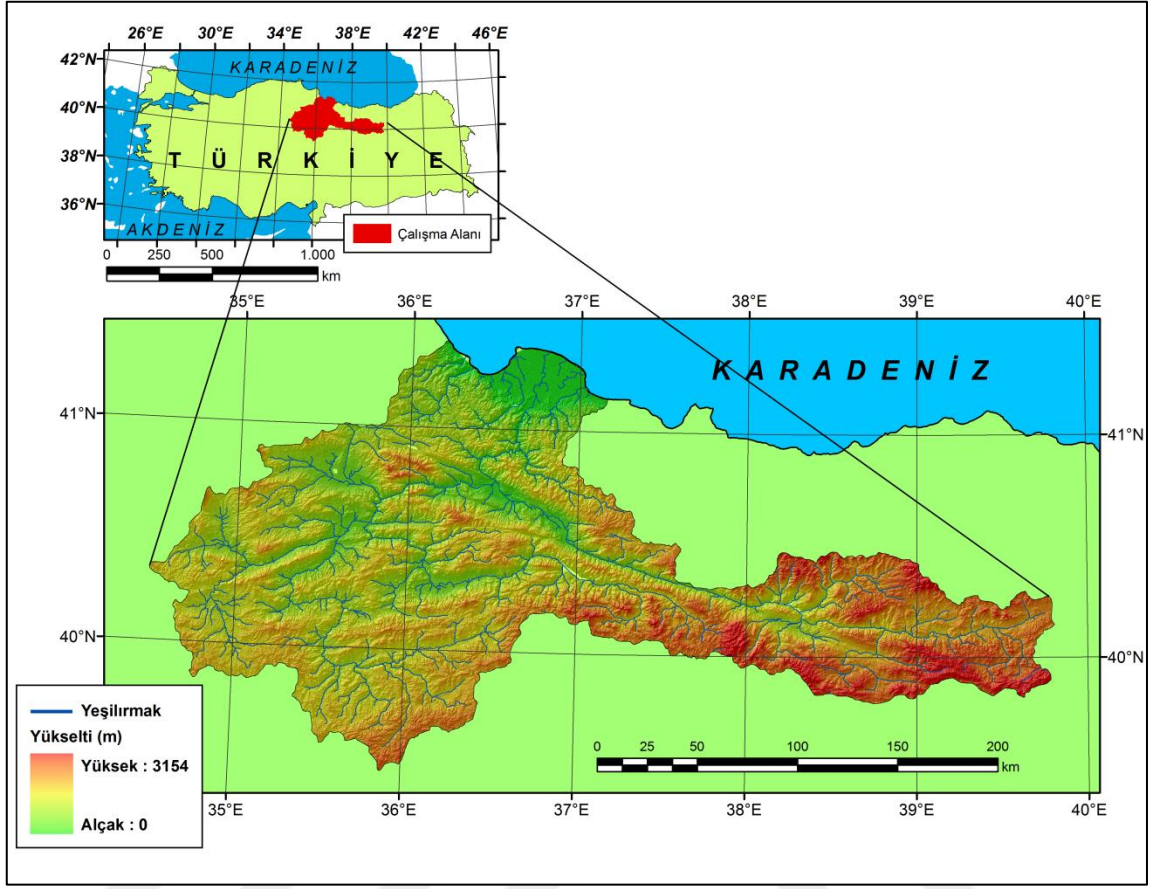
3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının coğrafik ve iklimsel özellikleri

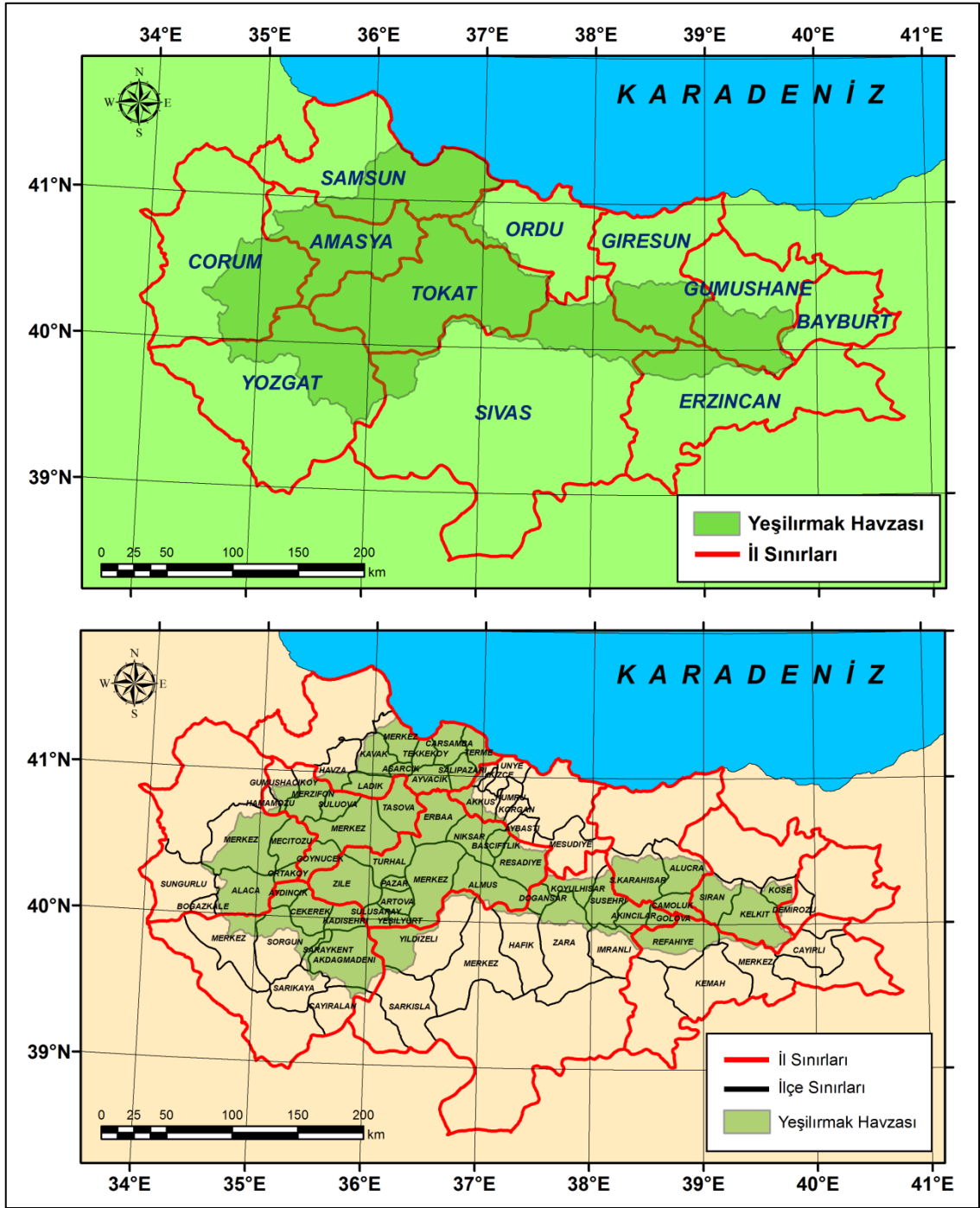
Çalışma alanı olarak seçilen Yeşilirmak Havzası büyük bir çoğunluğu Orta Karadeniz ve kısmen Doğu Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu coğrafik bölgelerinde uzanan toplam 40 381.56 km² alanıyla Türkiye'nin en önemli havzalarından biridir (Şekil 3.1). Söz konusu alan 40.50°-41.40° Kuzey enlemleri ve 34.50°-39.70° Doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Ekolojik özelliklerindeki çeşitlilikten ve havzadaki yükselti farklılıklarından (0-3154 m) dolayı tarım, orman ve bitki biyolojik çeşitliliği bakımından önemli bir havzadır.

Yeşilirmak havzası toplam 11 ilin (Tokat, Amasya, Çorum, Samsun, Yozgat, Sivas, Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Bayburt, Ordu) sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 3.2). Havza bu illerin sınırları içinde yer alan toplam 73 ilçeyi kısmen ya da tamamen kapsamaktadır. Havzanın büyük bir kısmı Tokat, Amasya, Çorum ve Samsun il sınırları içindedir.

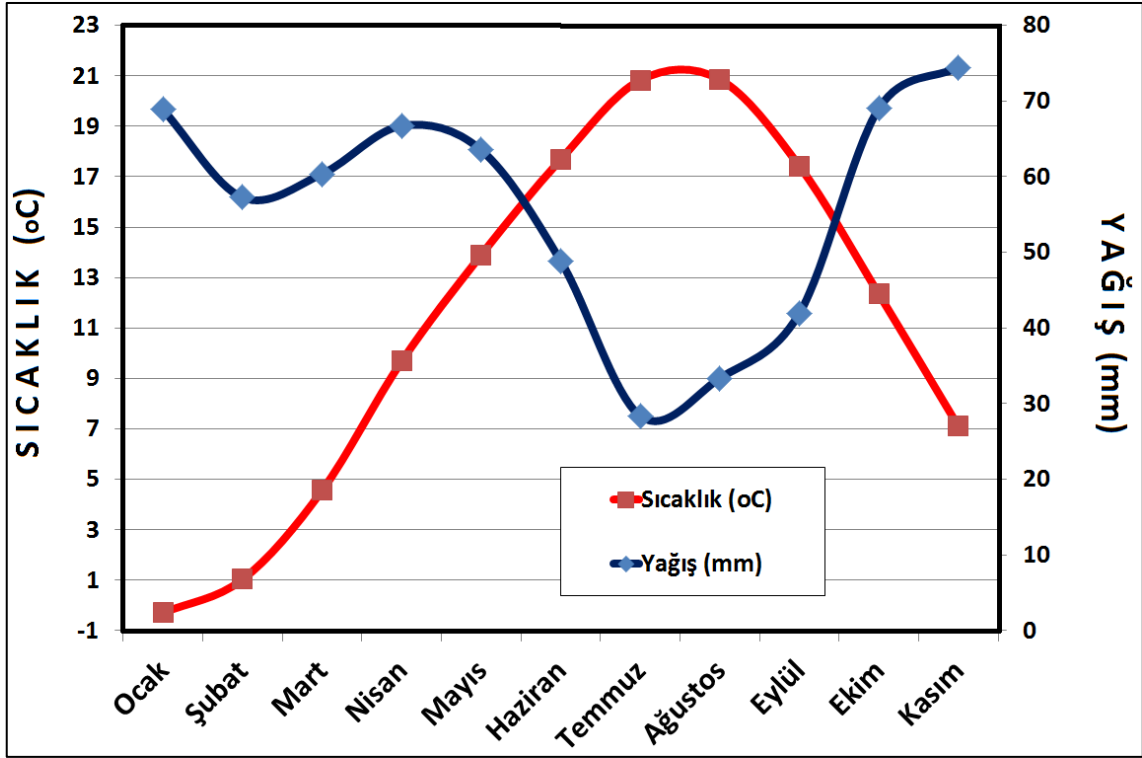
Yeşilirmak Havzası'nda Orta ve Doğu Karadeniz iklimiyle, İç ve Doğu Anadolu İklimleri arasındaki farklı iklimsel özellikler birbiriyle iç içe geçmiş durumdadır. Ancak genel olarak özetlenecek olursa; havzada dört mevsim (sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz) hüküm sürmekte olup, soğuk kışların yaşandığı, yarı kurak üst Akdeniz biyoiklim sınıfında tanımlanmaktadır (Akman ve Daget 1971; Akman 1999). Jeomorfoloji ve topografik yapı da havzanın iklimi üzerine etkili olmaktadır. Araştırma alanında; yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk, ilkbahar ve sonbahar ayları ise oldukça yağışlı geçmektedir. Havzanın uzun yıllar (50 yıl) ortalamasına göre aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılımı Şekil 3.3`de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafik konumu ve topografik özellikleri



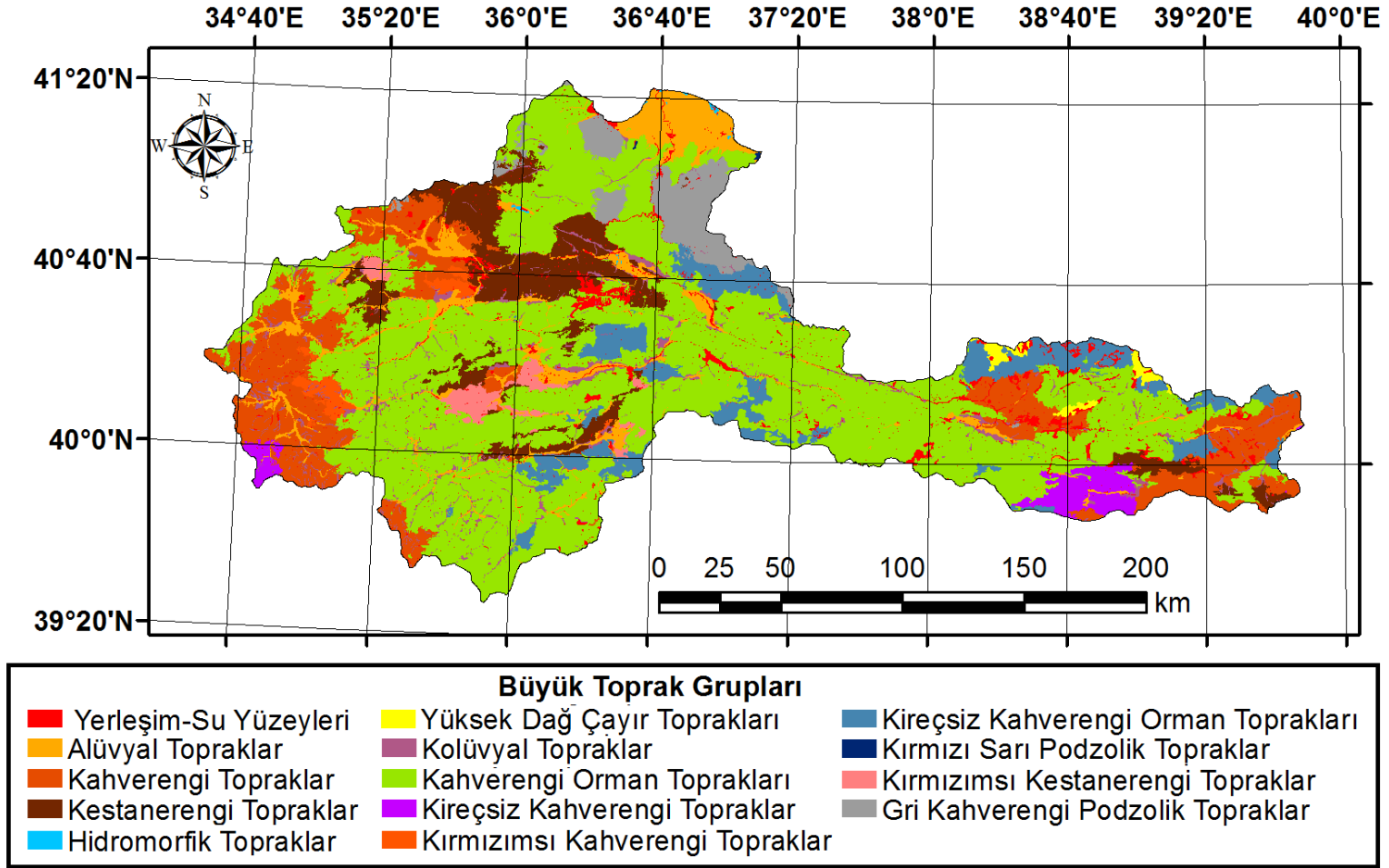
Şekil 3.2. Çalışma alanının içinde yer aldığı iller ve ilçeler



Şekil 3.3. Yeşilirmak Havzasının uzun yıllar (50 yıl) ortalamasına göre aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılımı

3.1.2. Araştırma alanının genel toprak özellikleri

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ulusal Toprak Veri Tabanı'nın (KHGM, 2002), CBS çatısı altında yeniden oluşturulması ve analizi sonucunda çalışma alanındaki büyük toprak grupları % olarak kapladıkları alana göre sırasıyla; Kahverengi Orman Toprakları (%51,43), Kahverengi Topraklar (%12.85), Kestanerengi Topraklar (%7.77), Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar (%6.91), Alüvyal Topraklar (%6.42), Gri Kahverengi Podzolik Topraklar (%3.75), Kolüvyal Topraklar (%2.79), Kireçsiz Kahverengi Toprakları (%1.95), Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar (%1.32), Kırmızımsı Kahverengi Topraklar (%0.94), Yüksek Dağ Çayır Toprakları (%0.54), Hidromorfik Topraklar (%0.06) ve Kırmızı Sarı Podzolik Topraklardır (%0.02). Havzanın geriye kalan %3.25'i sınıflandırılmamış (yerleşim-su yüzeyi) alan olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4).



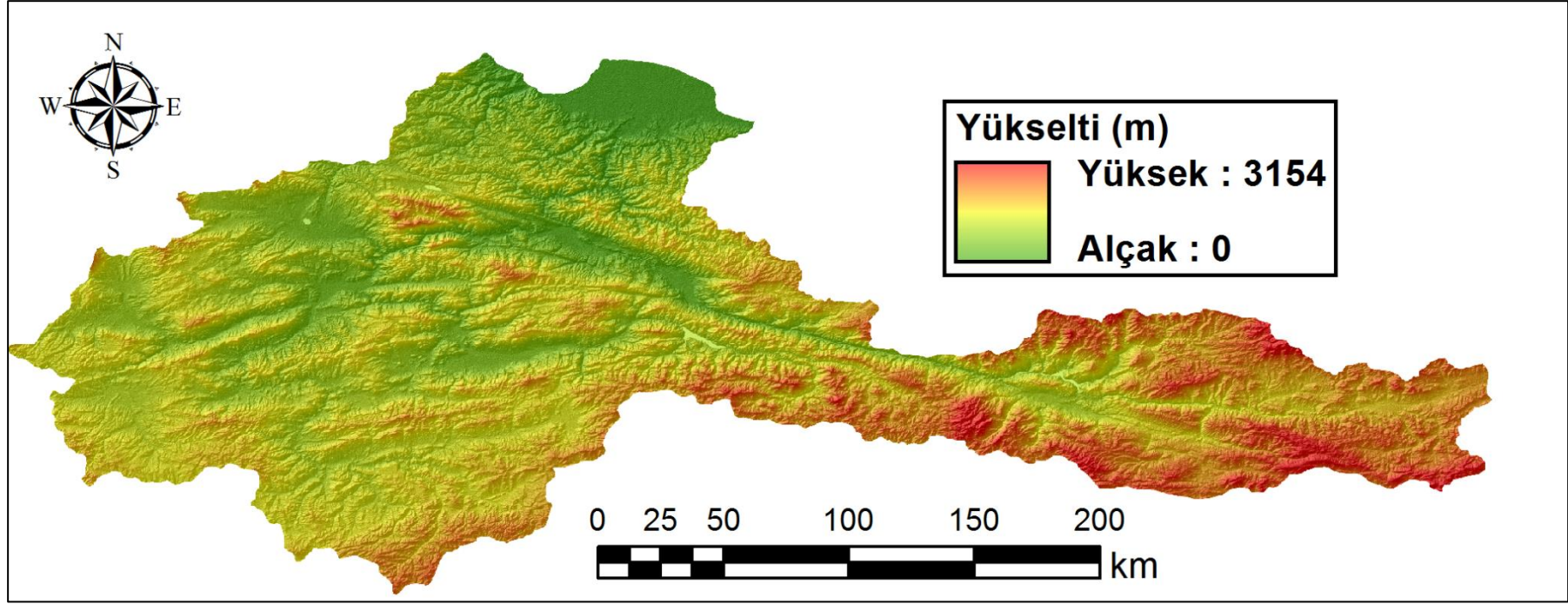
Şekil 3.4. Yeşilirmak Havzası Büyük Toprak Grupları (KHGM, 2002)

3.1.3. Sayısal veri tabanları

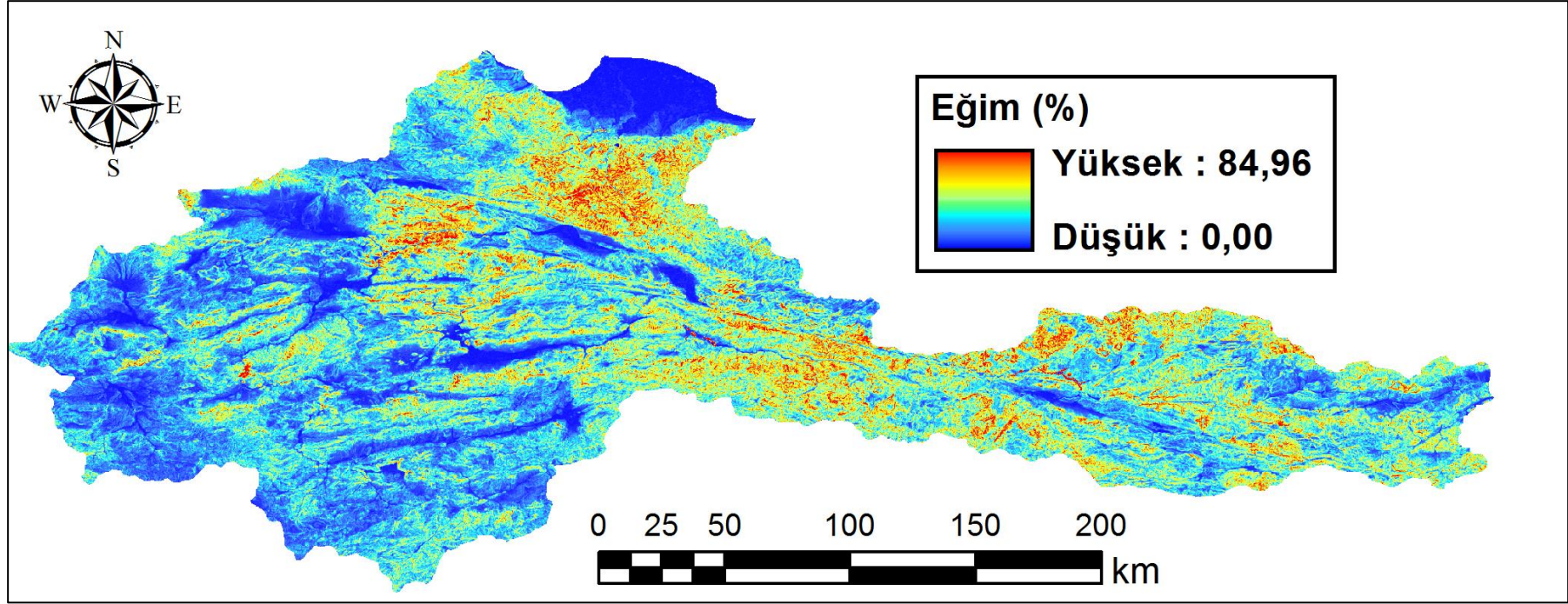
Çalışmada, Yeşilirmak Havzası için son yıllarda yapılmış olan bilimsel çalışmalardan elde edilen ve CBS ortamında oluşturulan veri tabanlarından (ASTER, 2015; ISRIC, 2015) faydalanılmıştır. Bu veri tabanları ile ilgili bilgiler Çizelge 3.1`de verilmiştir. Çizelge 3.1`de belirtilen Yeşilirmak Havzası'nın topografik (yükselti, eğim, yöney) katmanlar ASTER uydusundan üretilen 27 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden elde edilmiştir (ASTER, 2015). Organik karbon, pH, kation değişim kapasitesi (KDK) veri tabanları ise Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi'nden indirilen (ISRIC, 2015) ve Doğan (2015-2017) tarafından oluşturulan veri tabanlarından elde edilmiştir. Yükselti, eğim ve bakı raster veri tabanları sırasıyla Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7`de verilmiştir. Organik karbon, pH ve KDK raster veri tabanları ise sırasıyla Şekil 3.8, 3.9 ve 3.10`da verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan veri tabanları

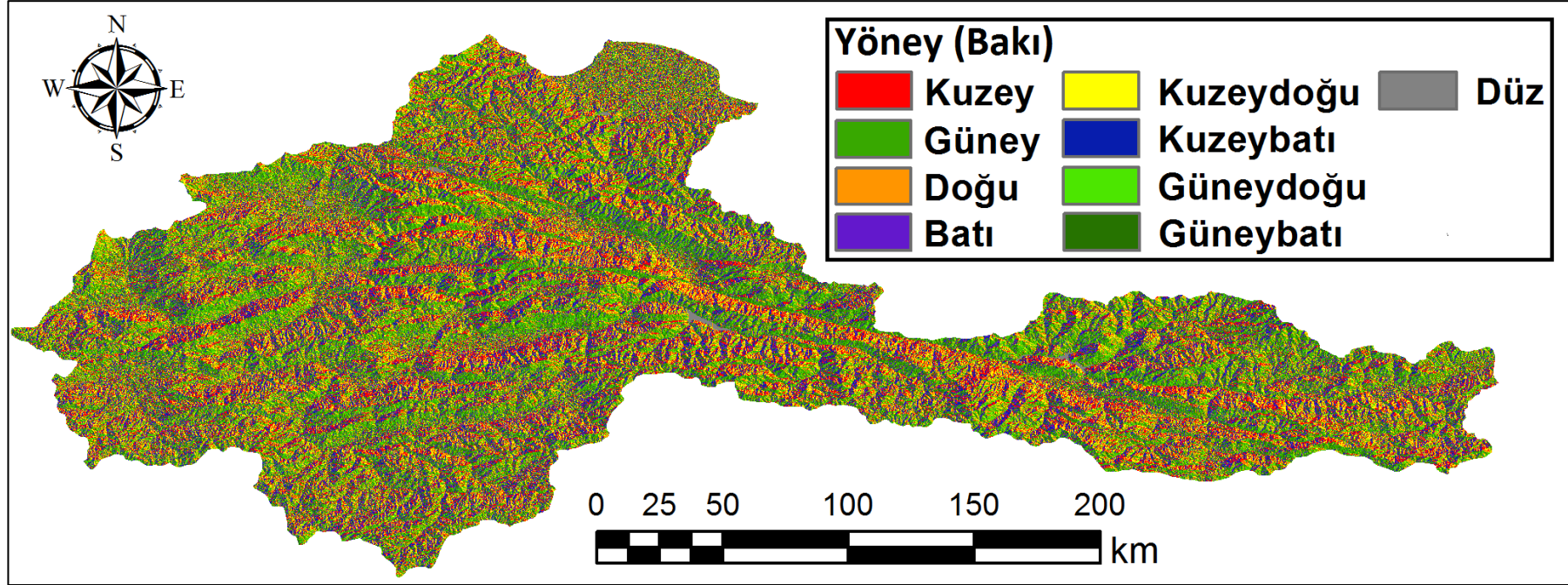
Veri Tabanı adı	Menşei	Birimi	Kaynak
1. Topografya (yükselti)	ASTER Uydusu	Metre (m)	(ASTER, 2015)
2. Topografya (eğim)	ASTER Uydusu	Yüzde (%)	(ASTER, 2015)
3. Topografya (bakı)	ASTER Uydusu	Derece (°)	(ASTER, 2015)
4. Organik karbon	ISRIC mevcut veri tabanları	g/kg	(ISRIC, 2015)
5. pH	ISRIC mevcut veri tabanları		(ISRIC, 2015)
6. Kation Değişim Kapasitesi (KDK)	ISRIC mevcut veri tabanları	cmol+/kg	(ISRIC, 2015)



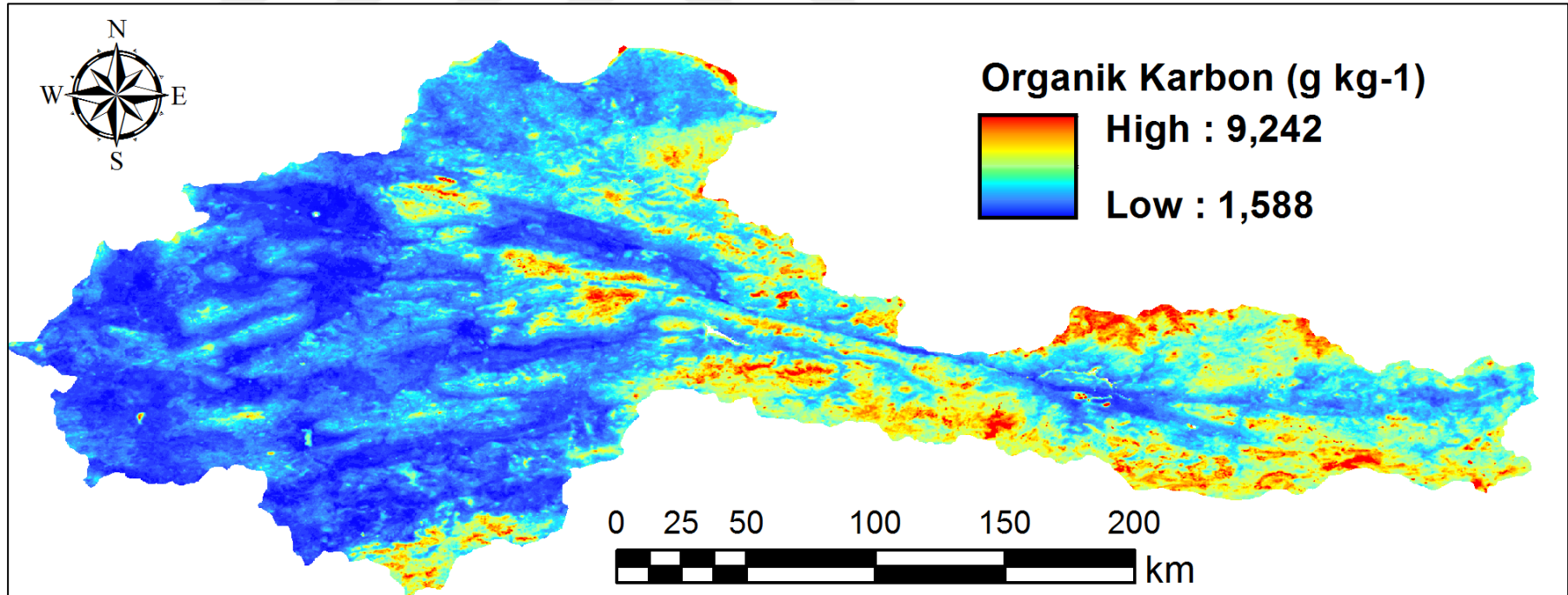
Şekil 3.5. Yeşilirmak Havzası yükselti raster veri tabanı (ASTER (2015) uydusundan üretilen 27 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden elde edilmiştir)



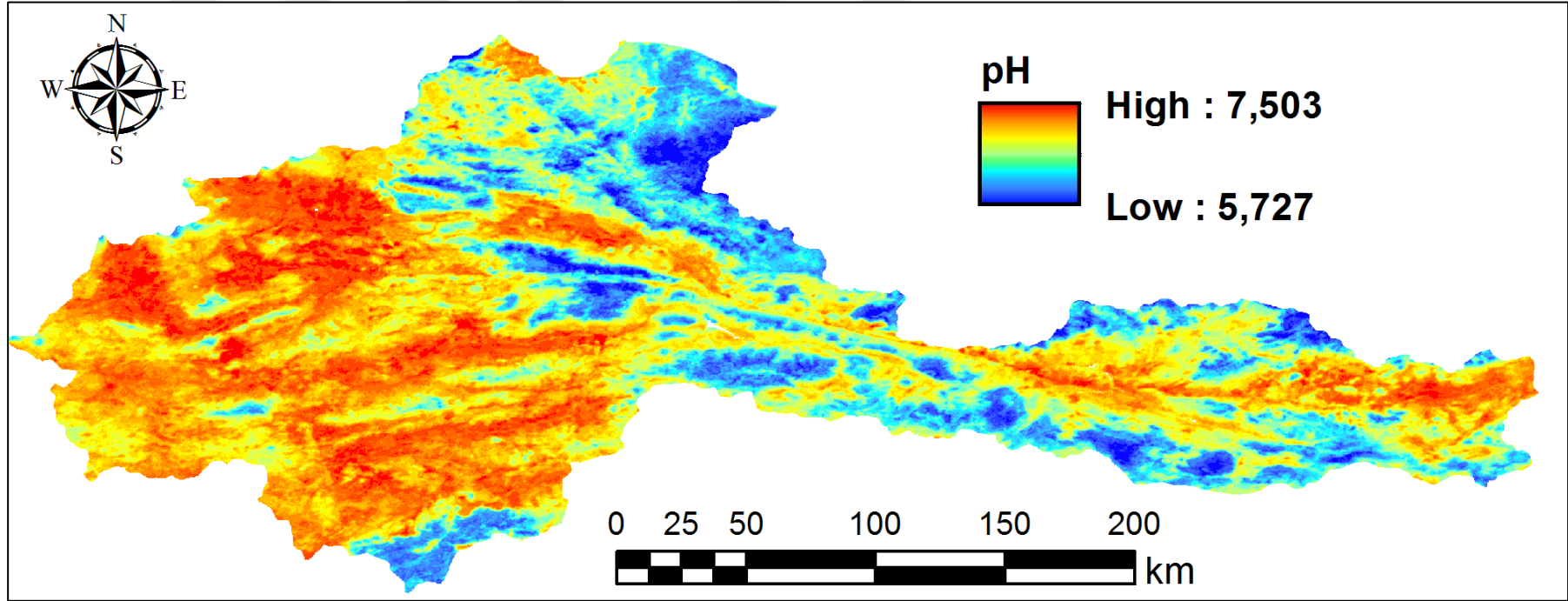
Şekil 3.6. Yeşilirmak Havzası eğim (%) raster veri tabanı (ASTER (2015) uydusundan üretilen 27 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden elde edilmiştir)



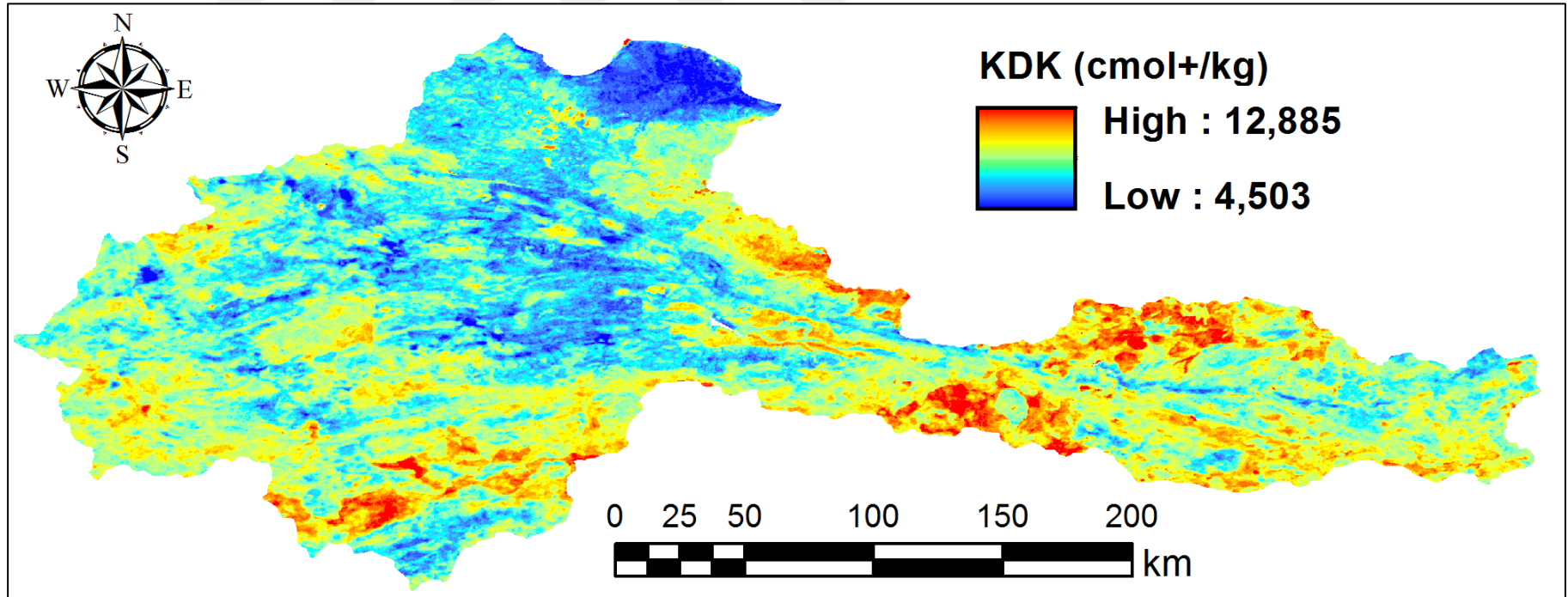
Şekil 3.7. Yeşilirmak Havzası bakı raster veri tabanı (ASTER (2015) uydusundan üretilen 27 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden elde edilmiştir)



Şekil 3.8. Yeşilirmak Havzası organik karbon (g/kg) raster veri tabanı (Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi'nden (ISRIC, 2015) indirilen ve Doğan (2015-2017) tarafından oluşturulan veri tabanlarından elde edilmiştir)



Şekil 3.9. Yeşilirmak Havzası pH raster veri tabanı (Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi'nden (ISRIC, 2015) indirilen ve Doğan (2015-2017) tarafından oluşturulan veri tabanlarından elde edilmiştir)



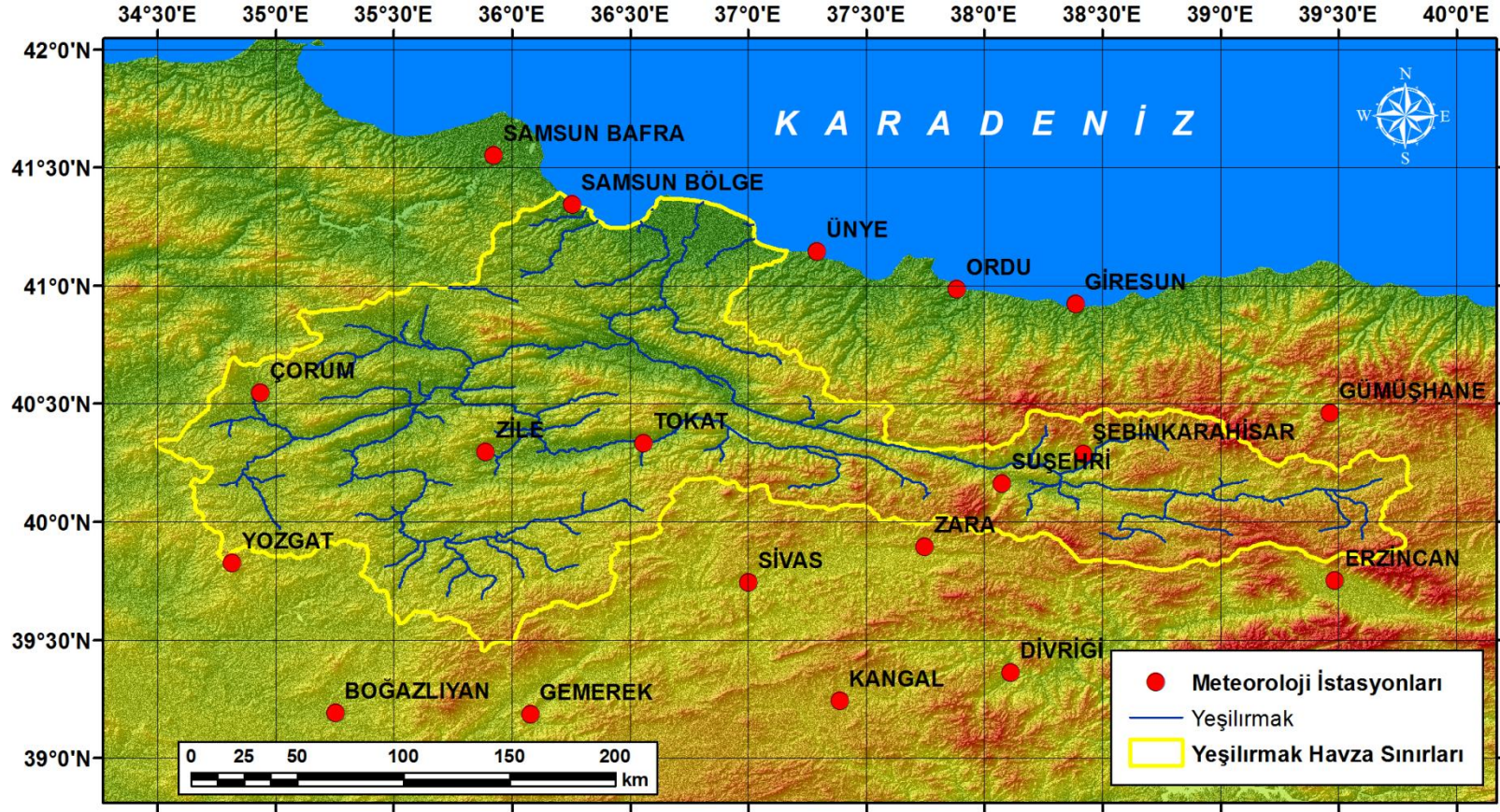
Şekil 3.10. Yeşilirmak Havzası KDK (cmol+/kg) raster veri tabanı (Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi'nden (ISRIC, 2015) indirilen ve Doğan (2015-2017) tarafından oluşturulan veri tabanlarından elde edilmiştir)

3.1.4. Toprak sıcaklık verileri

Toprak sıcaklığı verileri çalışma alanını kapsayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 20 meteoroloji istasyonundan (Şekil 3.11) 1982 – 2016 yılları arasında (35 yıl boyunca) ölçülen günlük ortalama toprak sıcaklıklarından elde edilmiştir. Toprak sıcaklık verileri günlük olarak farklı derinliklerde (5, 10, 20, 50, 100 cm) civalı termometre ile ölçülen verilere dayanmaktadır. Meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler Çizelge 3.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma alanı sınırları içinde kalan ve toprak sıcaklık verilerinin elde edildiği meteoroloji istasyonlarının özellikleri

İst. No	İstasyon Adı	Coğrafi Koordinatlar		Yükselti (m)
		X (boylam)	Y (enlem)	
17030	SAMSUN	36,2564	41,3442	4
17033	ORDU	37,8858	40,9838	5
17624	ÜNYE	37,2930	41,1430	16
17034	GİRESUN	38,3878	40,9227	38
17622	SAMSUN BAFRA	35,9247	41,5515	103
17086	TOKAT	36,5577	40,3312	611
17681	ZİLE	35,8905	40,2960	719
17084	ÇORUM	34,9362	40,5461	776
17760	BOĞAZLIYAN	35,2532	39,1897	1070
17734	DİVRİĞİ	38,1142	39,3618	1121
17684	SUŞEHRİ	38,0752	40,1623	1164
17162	GEMEREK	36,0805	39,1850	1182
17094	ERZİNCAN	39,4868	39,7523	1216
17088	GÜMÜŞHANE	39,4653	40,4598	1216
17090	SİVAS	37,0020	39,737	1294
17140	YOZGAT	34,8159	39,8243	1301
17716	ZARA	37,7473	39,8928	1338
17682	ŞEBİNKARAHİSAR	38,4193	40,2872	1364
17762	KANGAL	37,3890	39,2428	1521
17089	BAYBURT	40,2207	40,2547	1584



Şekil 3.11. Yeşilirmak Havzası'nı kapsayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 20 meteoroloji istasyonunun coğrafik pozisyonu

3.2. Metod

3.2.1. Raster interpolasyon haritalarının oluşturulması

Raster interpolasyon haritaları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen istasyon bazında (Şekil 3.11) toplanan 35 yıllık; 5cm, 10cm, 20cm, 50cm ve 100cm toprak altı sıcaklıkları verilerinin bu çalışma çerçevesinde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında değerlendirilmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen tüm meteorolojik veriler Microsoft-Excel'e girilerek düzenlenmiş, böylece çalışma alanı ve yakın çevresindeki istasyonların her bir koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki toprak sıcaklıklarını içeren bir XYZ veri tabanı 1982-2016 arasındaki 35 yıllık zaman dilimini içeren her yıl için oluşturulmuştur. Çalışmada beşer yıllık zaman dilimlerinin (1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016) ortalama toprak sıcaklığı değerleri kullanılmıştır. Böylece beşer yıllık zaman dilimlerini içeren toplam 7 zaman dilimi ve 5 toprak derinliğine (5cm, 10cm, 20cm, 50cm ve 100cm) ait toplam 35 ayrı XYZ noktasal veri tabanı seti elde edilmiştir.

Toprak sıcaklığı değişkenlerinin toplam 7 zaman dilimi için raster interpolasyon haritalarının oluşturulması, elde edilen ve XYZ veri tabanı setlerine işlenen toprak sıcaklığı verilerinin alansal dağılım haritalarına başka bir deyişle kareler ağı (raster veya grid) haritalarına dönüştürülmesidir. Çalışmamızda bu dönüştürme işlemi ArcGIS (ESRI 2004, 2005) CBS yazılımında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen XYZ noktasal veri tabanında bulunan toprak değişkenlerine ait bilgiler ArcGIS yazılımının uzaysal analiz modülünde Ters Mesafe Ağırlık (IDW) metodu kullanılarak 27 m çözünürlüğe interpolate edilmiştir. Sonuçta toprak sıcaklığı değişkeni için toplam 35 adet (7 zaman dilimi x 5 toprak derinliği) raster harita çalışma alanı için ilk kez üretilmiştir.

3.2.2. Raster model haritalarının oluşturulması

Raster model haritalarının oluşturulması için orijinal meteorolojik verilerden faydalanılmıştır. Model haritalarının oluşturulması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada beşer yıllık periyotları içeren 7 zaman dilimine ait 5 farklı toprak

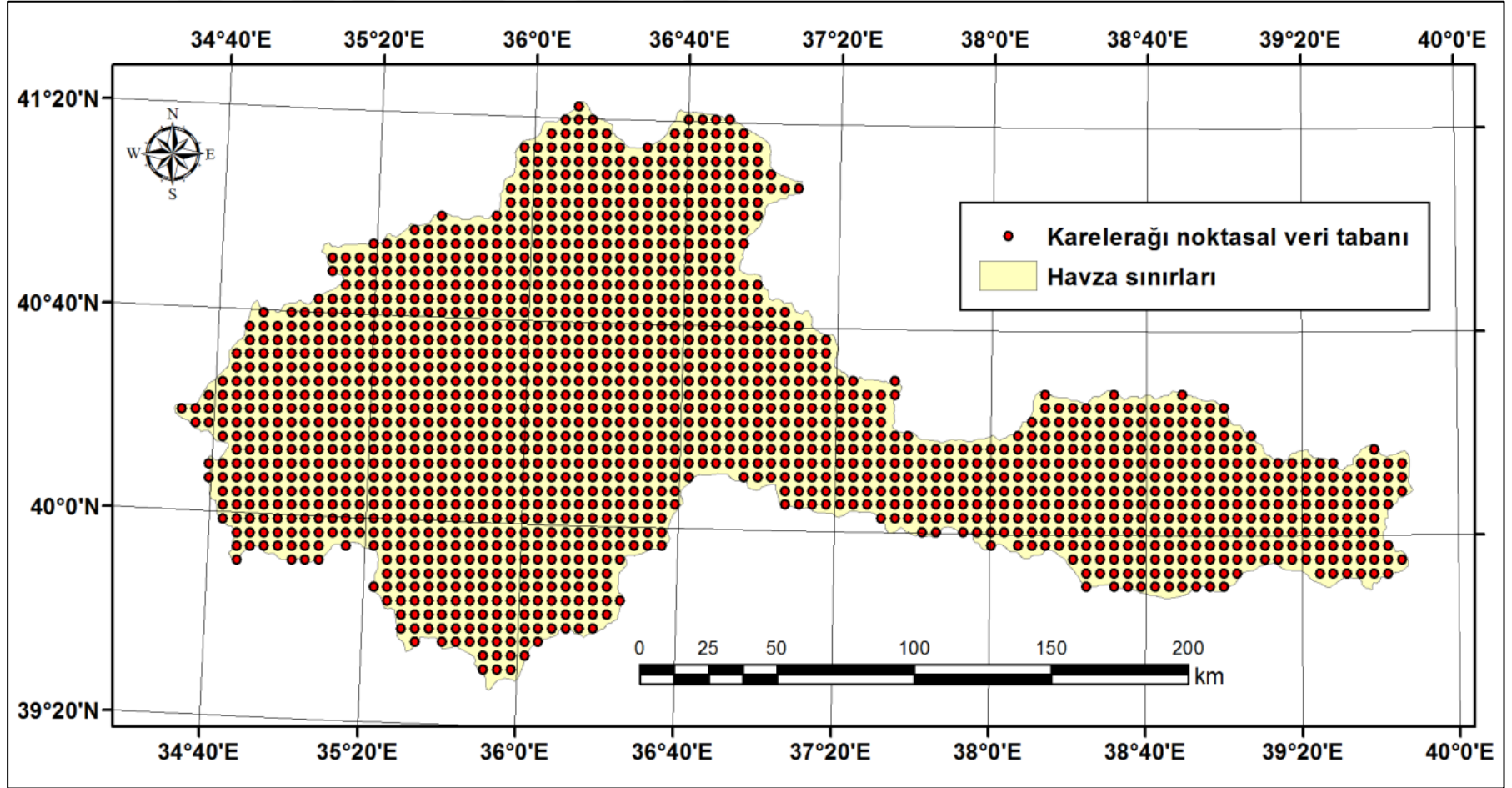
derinliğindeki (5cm, 10cm, 20cm, 50cm ve 100cm) sıcaklık değerleri ile meteoroloji istasyonlarının yükselteleri arasındaki ilişkiler modellenmiştir. İkinci aşamada geliştirilen modeller sayısal yükselti raster haritası ve ArcGIS yazılımının uzaysal analiz modülündeki matematiksel fonksiyonlar kullanılarak çalıştırılmış ve böylece 35 adet raster model haritası elde edilmiştir. Söz konusu modellerde yükselti bağımsız, toprak sıcaklığı ise bağımlı değişken olarak alınmıştır.

3.2.3. Karelerağı noktasal veri tabanının oluşturulması ve verilerin çekilmesi

ArcGIS yazılımında, çalışma alanını eşit aralıklarla (5000 m) kaplayan ve toplam 1601 noktadan oluşan bir karelerağı noktasal veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 3.12). Bu noktasal veri tabanının amacı eldeki tüm raster veri tabanlarından gerekli verilerin çekilmesi ve istatistiksel analize hazır yeni bir veri setini excel formatında elde etmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için oluşturulan karelerağı noktasal veri tabanı yükselti, eğim, bakı, organik karbon, pH, KDK, raster interpolasyon ve raster model haritalarının üstüne oturtularak, noktaların karşılık geldiği değerler ArcGIS yazılımı kullanılarak çekilmiştir (extract edilmiştir). Böylece tüm veriler tanımsal istatistikler ve korelasyon analizine hazır hale getirilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Korelasyon analizi excel veri formatı

NO	Ph	KDK	Organik Karbon	Yükselti	Bakı	Eğim	Enlem	Boylam	Sıcaklık 5 cm			....	Sıcaklık 100 cm		
									1982-1986	....	2012-2016	....	1982-1986	....	2012-2016
1	6,763	6,281	2,19	119	77,91	5,48	....	....	15,85	....	17,47	....	15,83	....	17,26
2	6,171	6,535	2,792	730	1,95	20,87	....	....	15,68	....	17,26	....	15,65	....	17,07
3	7,133	7,043	2,276	211	324,87	5,89	....	....	15,87	....	17,49	....	15,85	....	17,28
4	7,207	6,789	2,104	77	163,18	1,28	....	....	15,96	....	17,60	....	15,94	....	17,37
5	6,615	5,773	2,534	11	56,31	0,91	....	....	15,07	....	16,56	....	15,14	....	16,46
6	6,319	5,519	2,792	8	333,43	0,36	....	....	14,97	....	16,45	....	15,05	....	16,36
7	6,763	6,027	3,136	5	225,00	0,25	....	....	14,91	....	16,38	....	14,99	....	16,30
8	6,541	6,027	3,566	8	12,26	0,61	....	....	14,87	....	16,33	....	14,94	....	16,25
9	6,763	6,281	2,62	707	146,59	20,49	....	....	15,43	....	16,97	....	15,41	....	16,81
10	6,837	6,027	2,362	375	351,71	7,75	....	....	15,65	....	17,23	....	15,63	....	17,05
11	7,059	6,027	2,362	216	95,71	12,29	....	....	15,82	....	17,43	....	15,80	....	17,23
12	6,393	5,519	2,706	6	135,00	0,50	....	....	14,90	....	16,36	....	14,98	....	16,28
....
....
....
....
....
....
....
1601	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....



Şekil 3.12. Çalışma alanını eşit aralıklarla (5000 m) kaplayan ve toplam 1601 noktadan oluşan karelerağı noktasal veri tabanı

3.2.4. İstatistiksel analizler

Çekilmiş (extract edilmiş) ve 1601 noktayı içeren (n=1601) verilerin tanımsal istatistik analizleri yapılmıştır. Tanımsal istatistikte her bir değişken için minimum, maksimum, aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, çarpıklık, basıklık ve varyasyon katsayısı değerleri SPSS-16 (SPSS, 2007) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir.

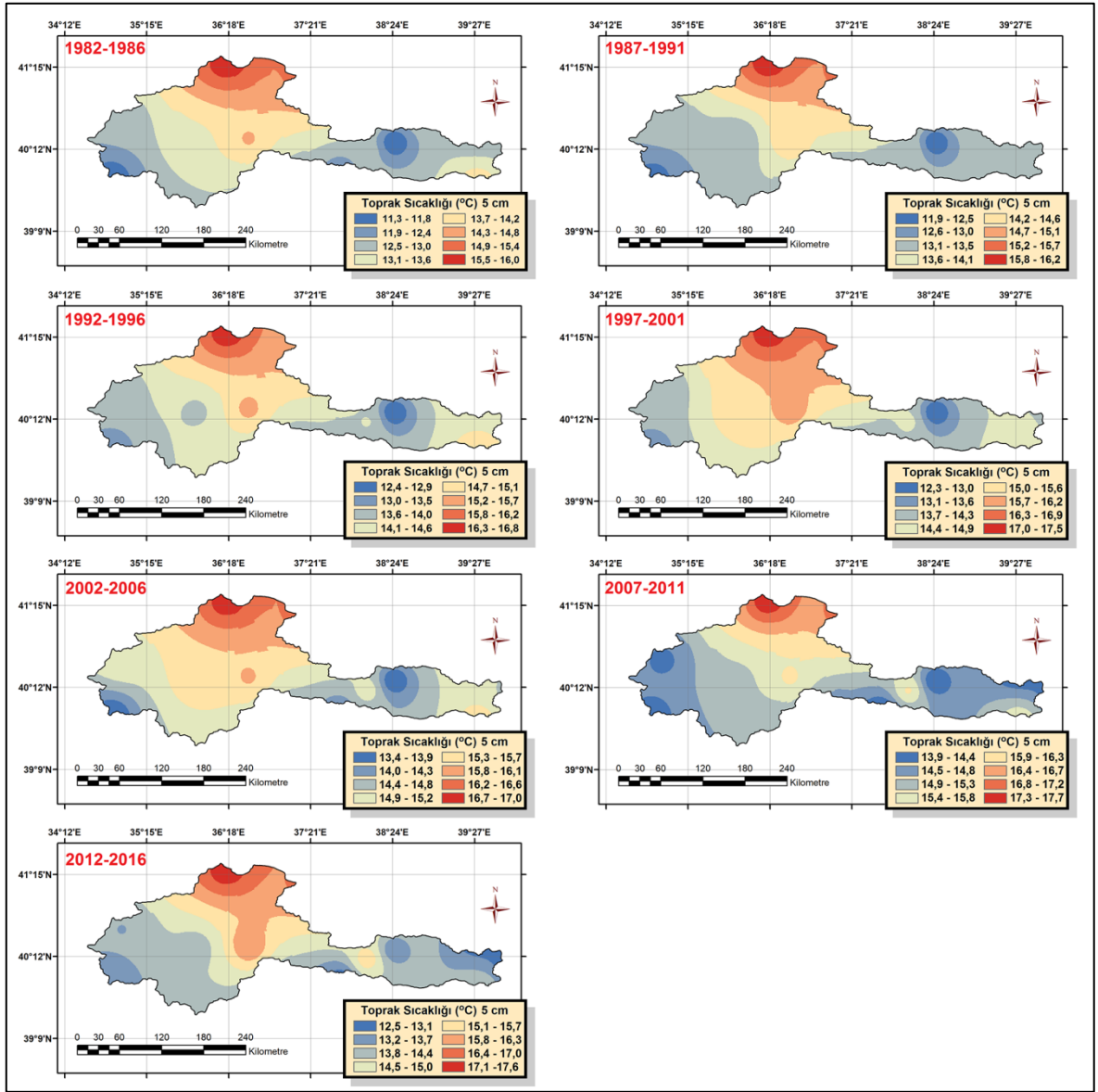
Elde edilen toprak sıcaklığı veri tabanının diğer değişkenlerle (coğrafik lokasyon (enlem-boylam), topografya (yüksekti, eğim, yöney), organik karbon, pH ve KDK) ilişkileri CBS uzaysal analiz araçlarının ve SPSS-16 istatistik yazılımının yardımıyla araştırılmış ve yorumlanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

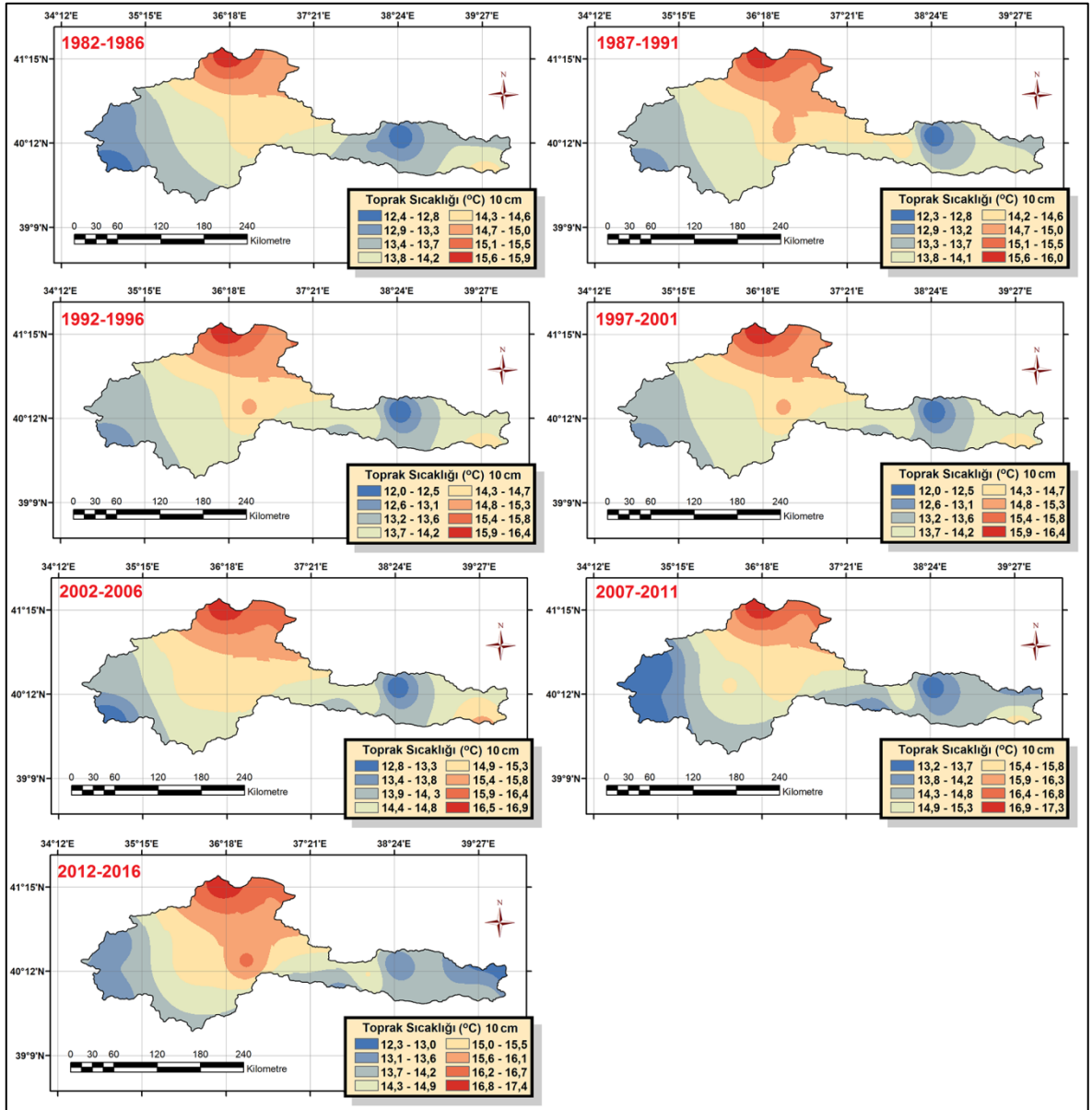
4.1. Raster Haritalar

4.1.1. Raster interpolasyon haritalar

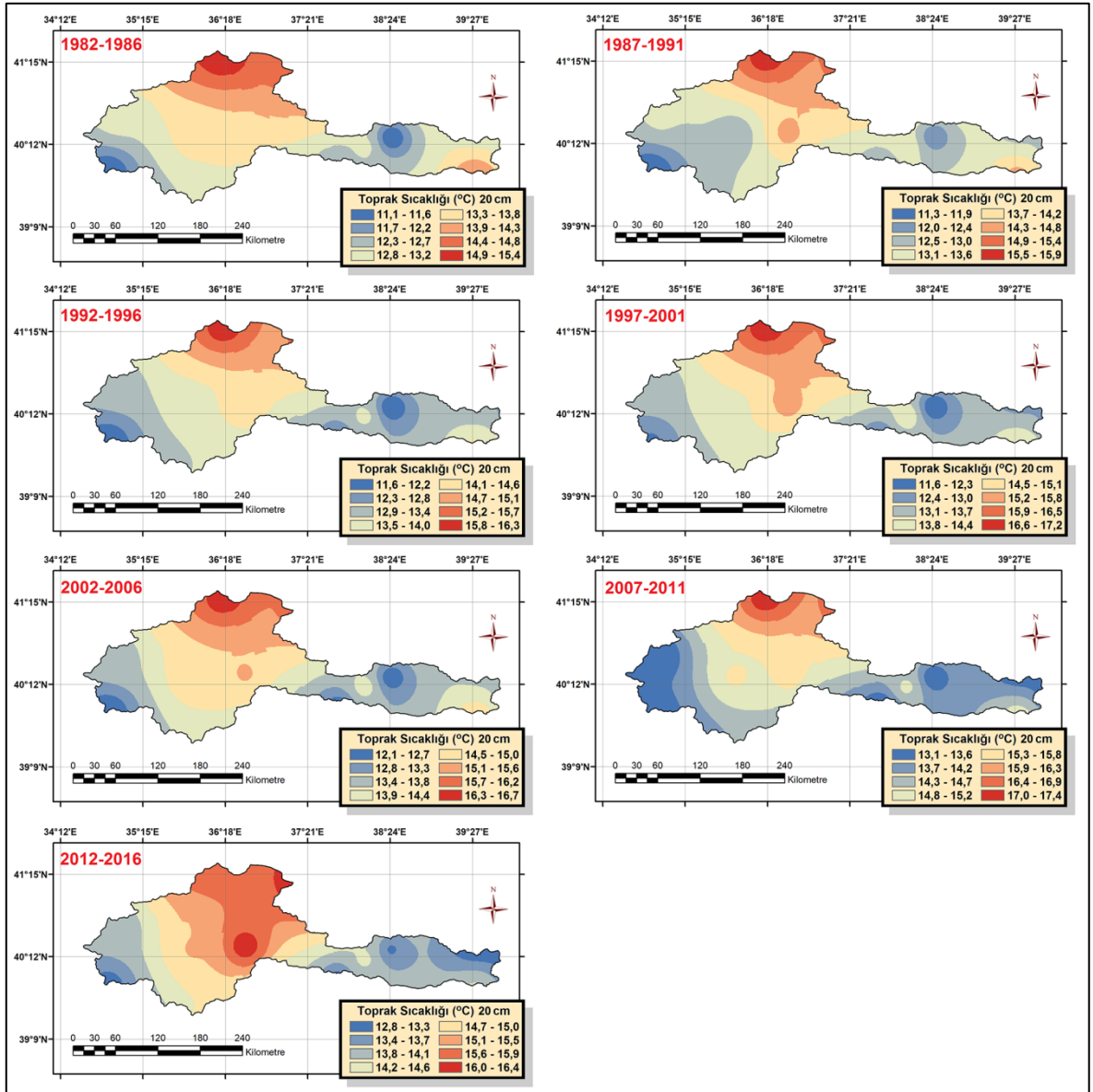
Toprak sıcaklığının 5, 10, 20, 50 ve 100 cm derinliklerdeki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları sırasıyla Şekil 4.1-4.5`de verilmiştir. Toprak sıcaklıklarının zamansal değişim raster interpolasyon haritaları incelendiğinde tüm derinliklerdeki toprak sıcaklıklarının ele alınan 7 zaman aralığında (1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016) hemen hemen aynı coğrafik dağılım özelliklerinde olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre Yeşilirmak Havzası`nda tüm toprak derinliklerdeki sıcaklıkların en yüksek olduğu alanlar yüksek enlemlerdeki (40.64°-41.30°) denize yakın olan orta-kuzey (Samsun) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1-4.5). Sıcaklıkların en düşük olduğu alanlar ise biraz daha düşük enlemlerde (40.00°-40.12°) denize uzak ve yüksek alanlarda (2000-3000 m) yer alan orta-doğu (Giresun-Gümüşhane) ve orta-batı (Yozgat-Çorum) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1-4.5). Genel coğrafik dağılım birbirine benzer özellikler göstermesine karşın sıcaklık değerlerinin maksimum ve minimum değerlerinde yıllara göre farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, 5 cm derinlikteki toprak sıcaklıkları değerleri 1982-1986 yıllarında 11.3°C ile 16.0°C arasında değişen değerler almıştır. Aynı derinlikte (5 cm) bu değerler; 1987-1991 yılları arasında 11.9-16.2°C. 1992-1996 yılları arasında 12.4-16.8°C. 1997-2001 yılları arasında 12.3-17.5°C. 2002-2006 yılları arasında 13.4-17.0°C. 2007-2011 yılları arasında 13.9-17.7°C ve 2012-2016 yılları arasında 12.5-17.6°C arasında değişen değerler almıştır (Şekil 4.1-4.5).



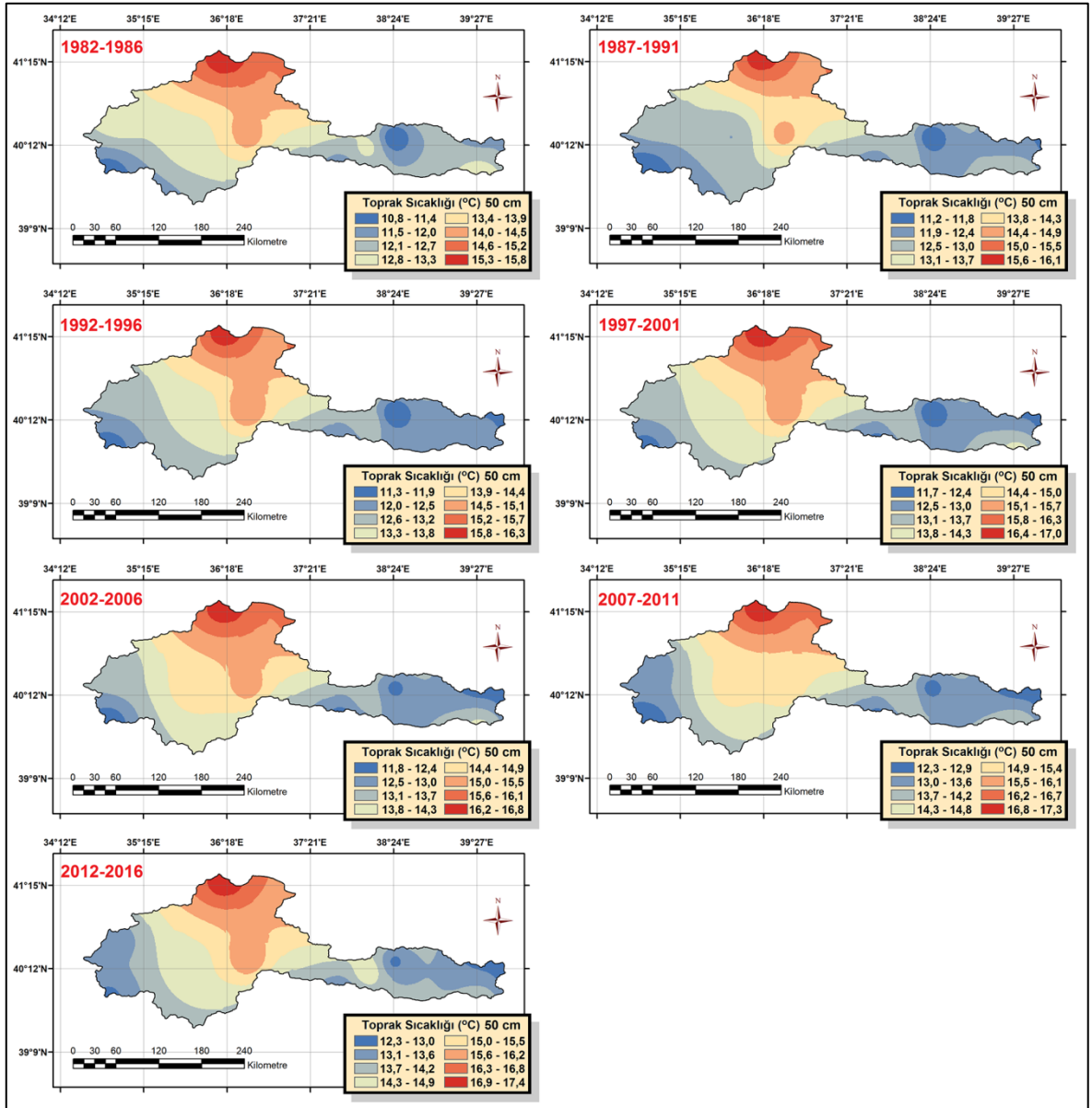
Şekil 4.1. Toprak sıcaklığının 5 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları



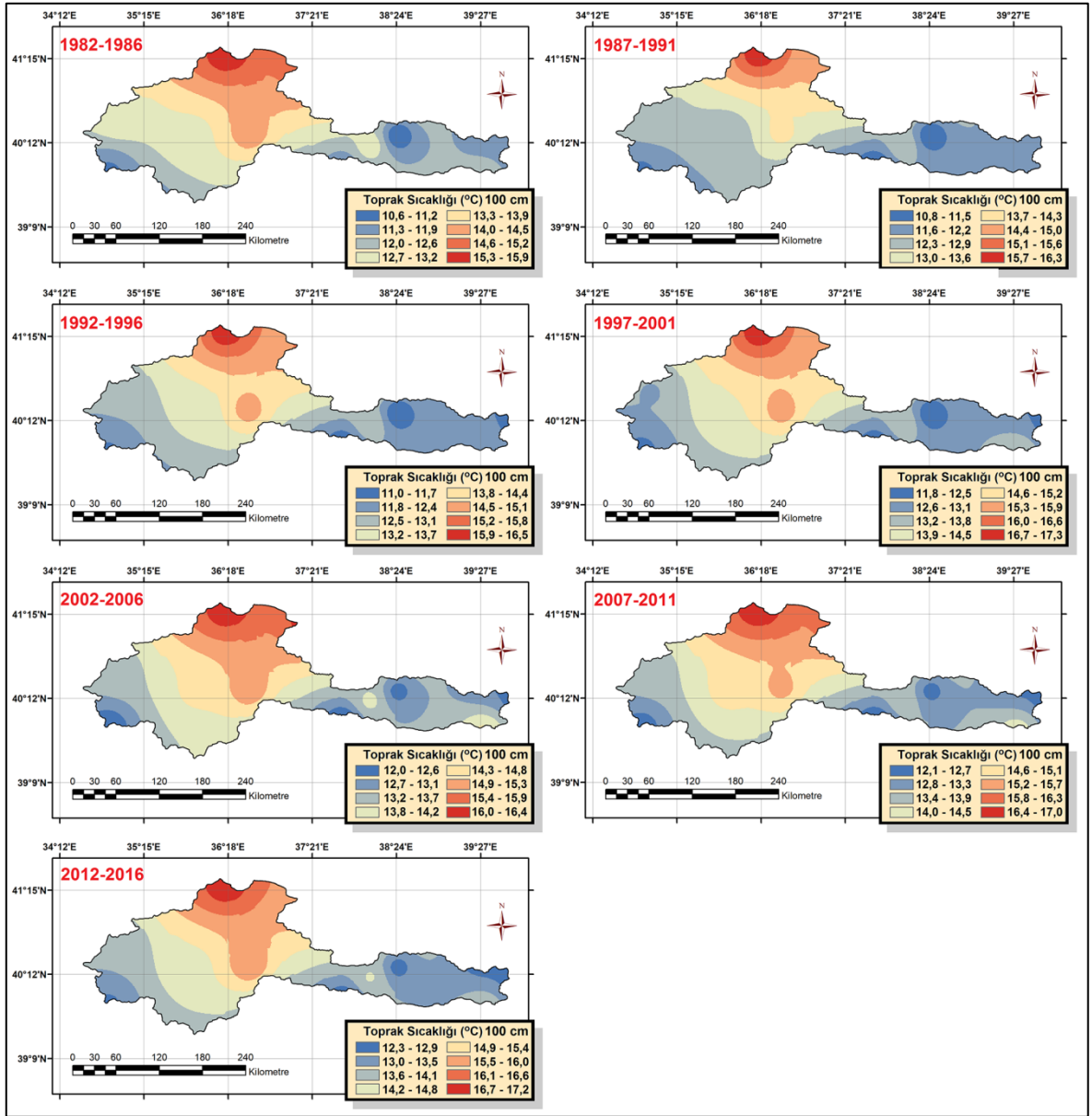
Şekil 4.2. Toprak sıcaklığının 10 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları



Şekil 4.3. Toprak sıcaklığının 20 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları



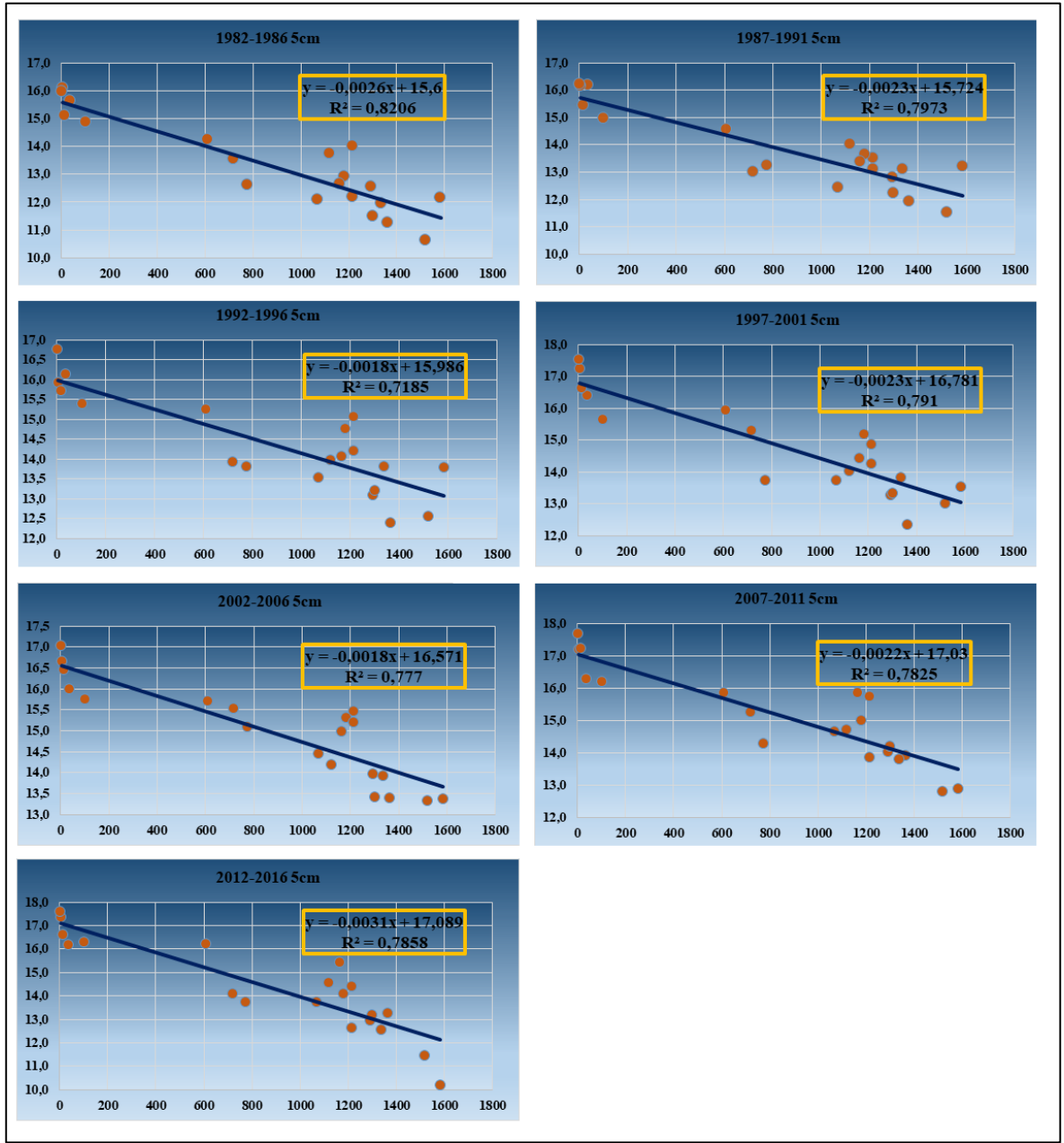
Şekil 4.4. Toprak sıcaklığının 50 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları



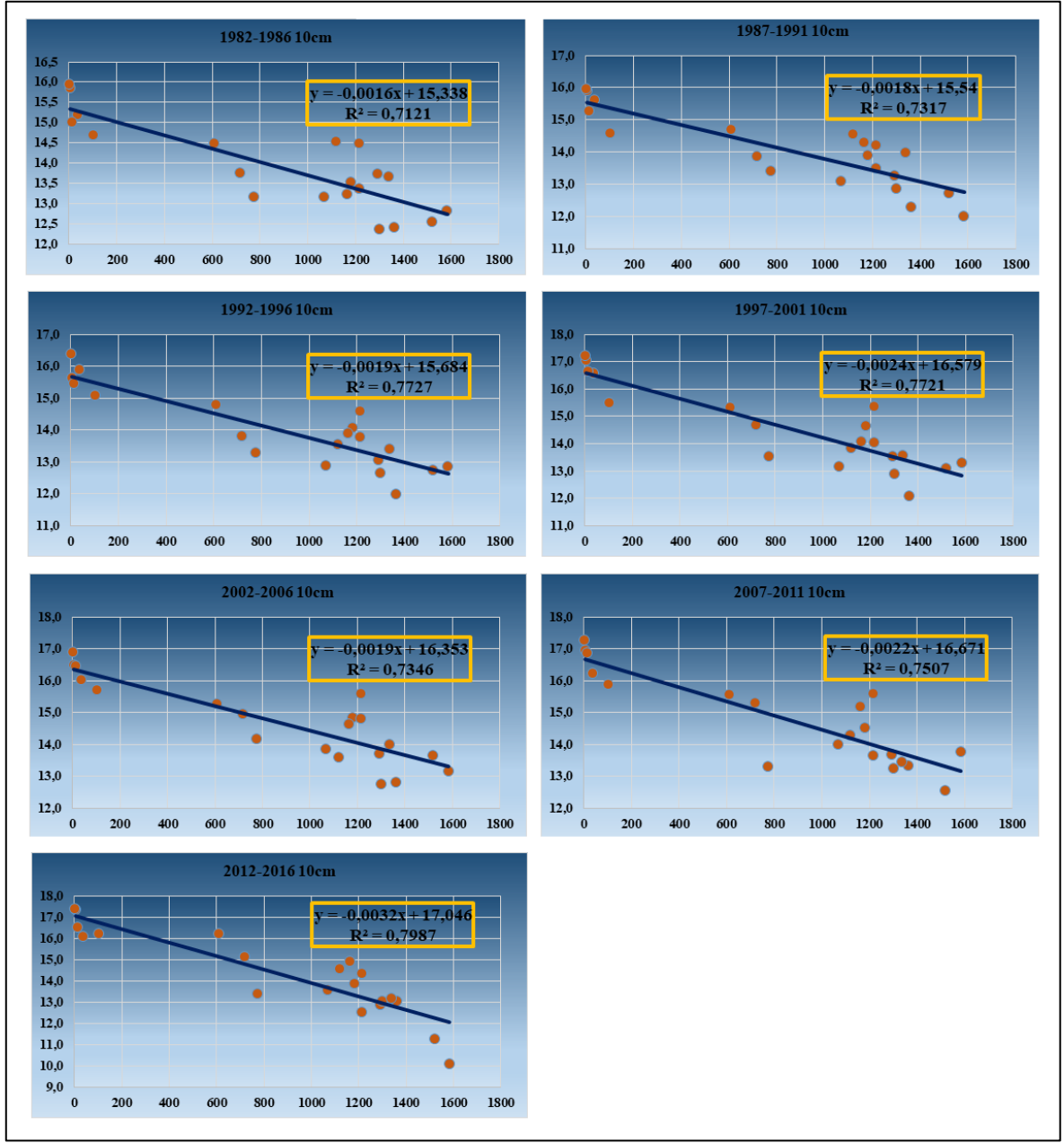
Şekil 4.5. Toprak sıcaklığının 100 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster interpolasyon haritaları

4.1.2. Raster model haritalar

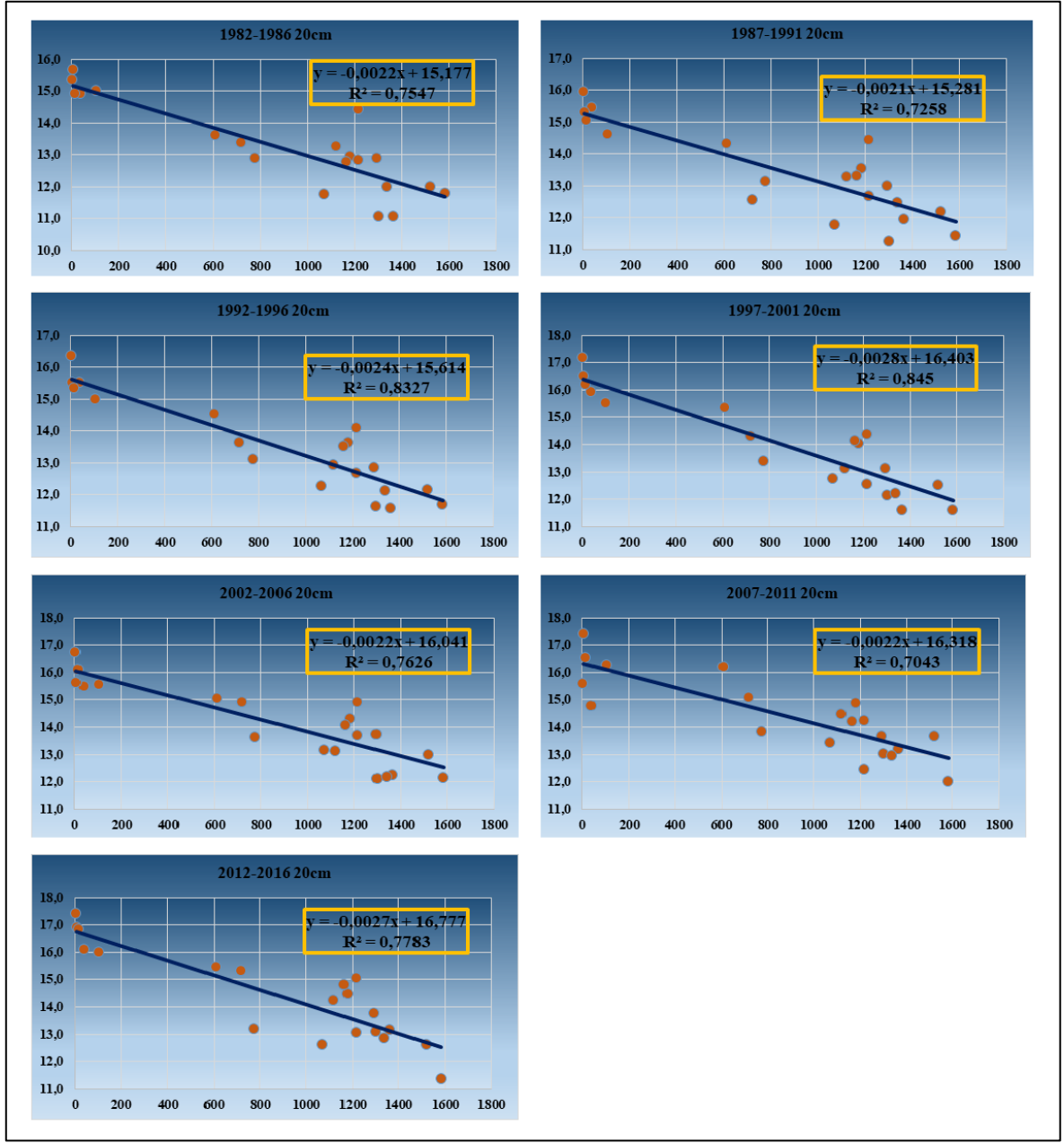
Toprak sıcaklıkları ile yükselti arasında güçlü ilişkiler ($0.70 \leq R^2 \leq 0.89$) tespit edilmiş ve bu ilişkiler doğrusal regresyon analizi ile modellenmiştir. Farklı toprak derinlikleri (5, 10, 20, 50 ve 100 cm) için elde edilen modeller sırasıyla Şekil 4.6-4.10`da verilmiştir. Geliştirilen modellerin sayısal yükselti modeli kullanılarak çalıştırılmasıyla elde edilen toprak sıcaklığı raster model haritaları sırasıyla Şekil 4.11-4.15`de verilmiştir. Toprak sıcaklıklarının zamansal değişim raster model haritaları (Şekil 4.11-4.15) incelendiğinde, bunların raster interpolasyon haritalarıyla (Şekil 4.1-4.5) benzer coğrafik dağılım özelliklerinde olduğu gözlemlenmiştir. Raster model haritalarında da tüm toprak derinliklerdeki sıcaklıkların en yüksek olduğu alanlar yüksek enlemlerdeki (40.64° - 41.30°) denize yakın olan orta-kuzey (Samsun) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11-4.15). Sıcaklıkların en düşük olduğu alanlar ise biraz daha düşük enlemlerde ($40,00^\circ$ - $40,12^\circ$) denize uzak ve yüksek alanlarda (2000-3000 m) yer alan orta-doğu (Giresun-Gümüşhane) ve orta-batı (Yozgat-Çorum) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11-4.15). Genel coğrafik dağılım birbirine benzer özellikler göstermesine karşın sıcaklık değerlerinin maksimum ve minimum değerlerinde yıllara göre farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, 5 cm derinlikteki toprak sıcaklıkları değerleri 1982-1986 yıllarında 7.4°C ile 15.6°C arasında değişen değerler almıştır. Aynı derinlikte (5 cm) bu değerler; 1987-1991 yılları arasında 8.5 - 15.7°C , 1992-1996 yılları arasında 10.3 - 16.0°C , 1997-2001 yılları arasında 9.5 - 16.8°C . 2002-2006 yılları arasında 10.9 - 16.9°C . 2007-2011 yılları arasında 10.1 - 17.0°C ve 2012-2016 yılları arasında $7.3.5$ - 17.1°C arasında değişen değerler almıştır (Şekil 4.11-4.15). Raster model haritaları model eşitliklerinin sayısal yükselti modelinde çalıştırılmasıyla elde edildiği için hep aynı coğrafik dağılımı göstermiştir. Başka bir deyişle raster model haritalarının hepsi birbirinin aynıdır. Ancak sıcaklık miktarları rakamsal olarak birbirinden farklıdır.



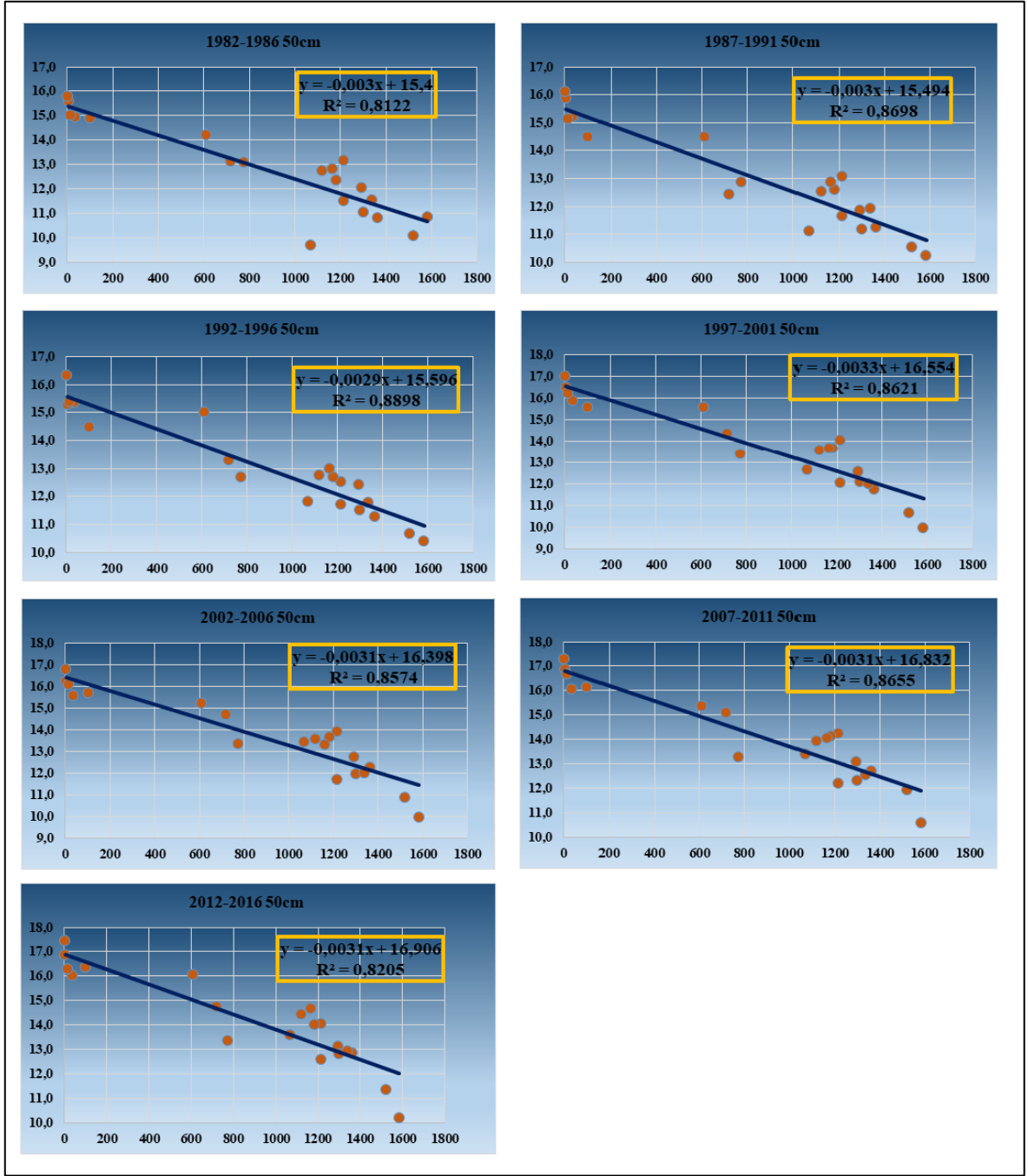
Şekil 4.6. 5 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri (X eksenini bağımsız değişken yükselti (m), Y eksenini bağımlı değişken sıcaklık (°C) olarak alınmıştır)



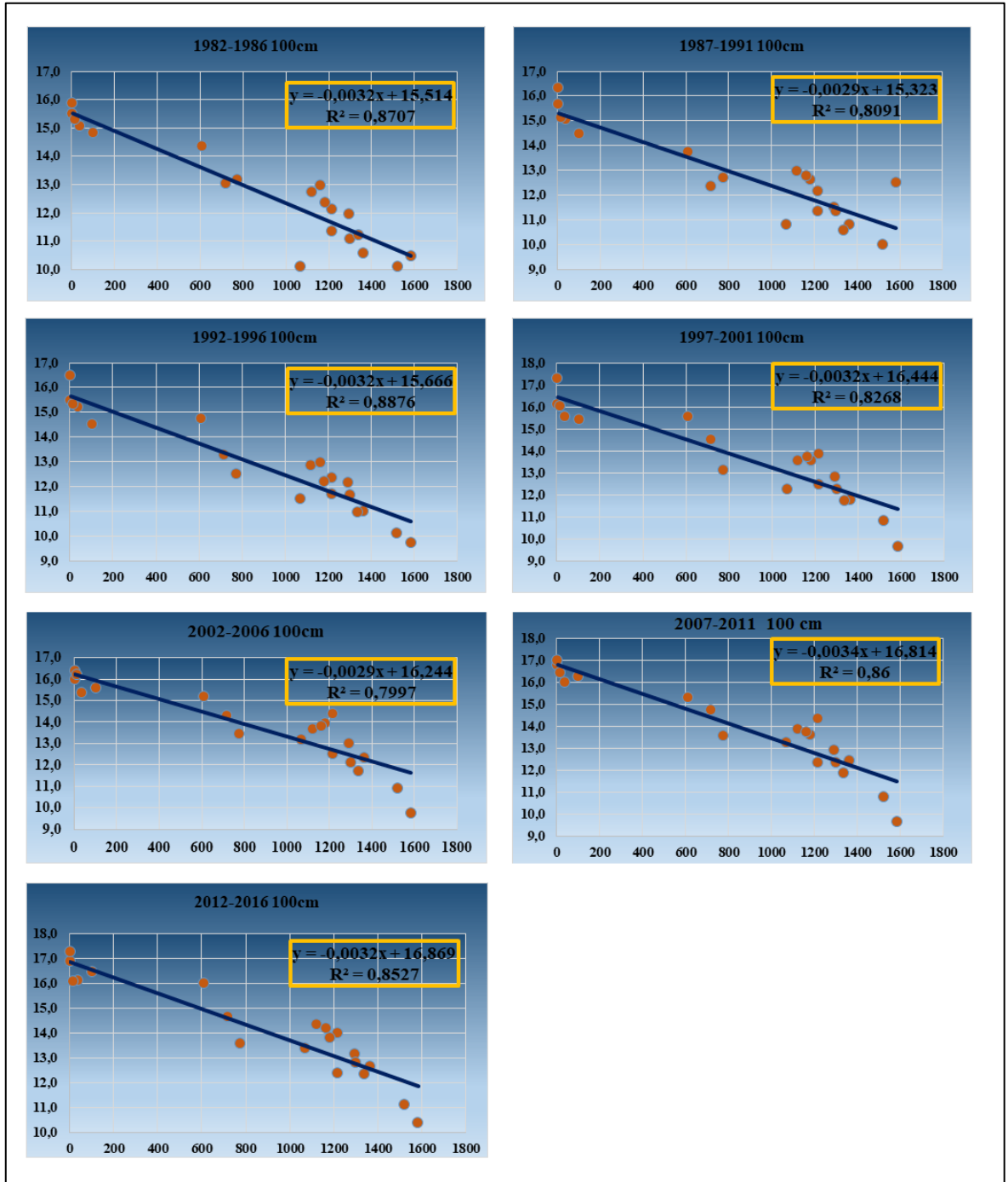
Şekil 4.7. 10 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri (X eksenini bağımsız değişken yükselti (m), Y eksenini bağımlı değişken sıcaklık (°C) olarak alınmıştır)



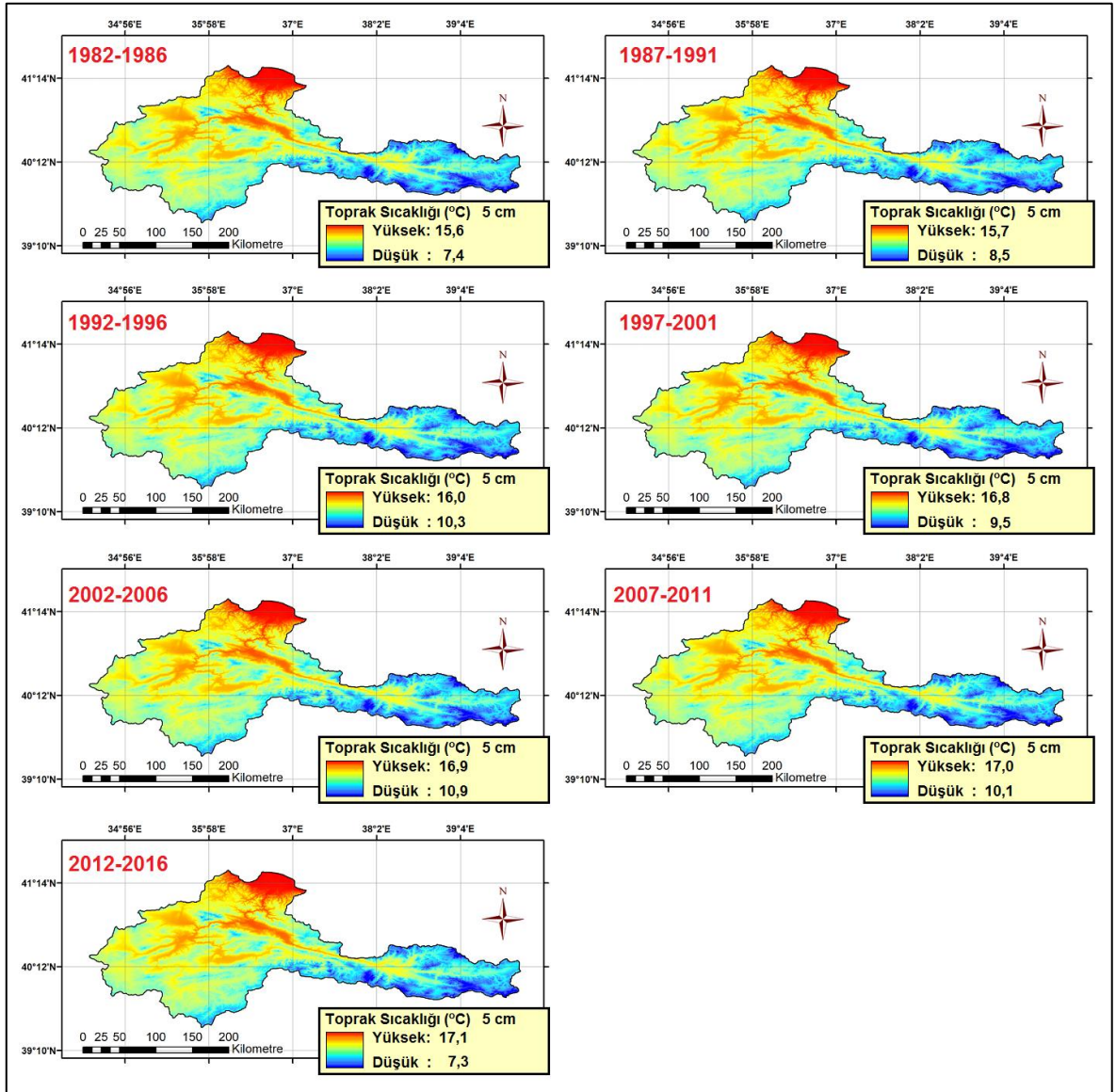
Şekil 4.8. 20 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri (X eksenı bağımsız değişken yükselti (m), Y eksenı bağımlı değişken sıcaklık (°C) olarak alınmıştır)



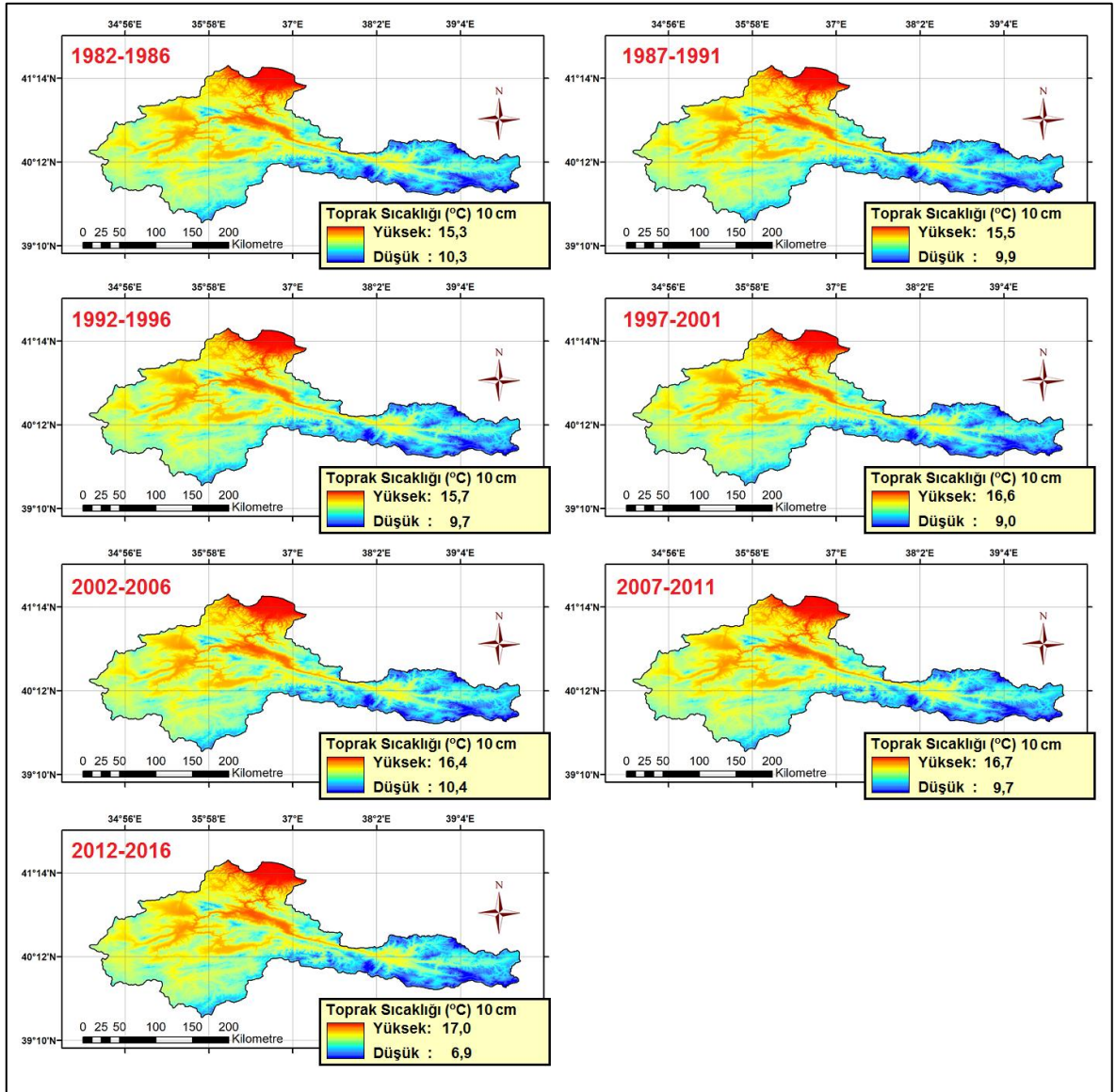
Şekil 4.9. 50 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri (X eksenli bağımsız değişken yükselti (m), Y eksenli bağımlı değişken sıcaklık (°C) olarak alınmıştır)



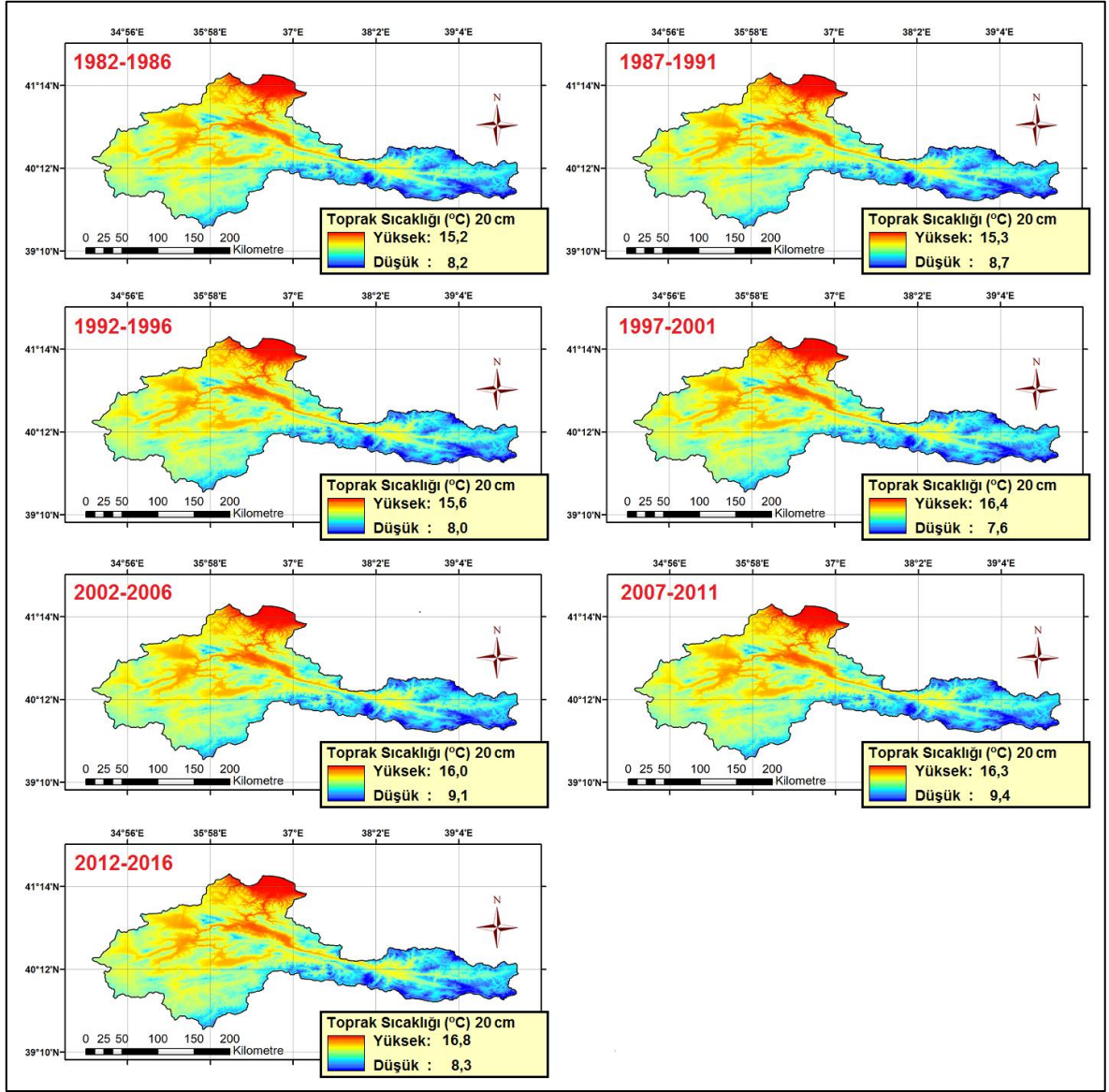
Şekil 4.10. 100 cm toprak derinliği için geliştirilen sıcaklık modelleri (X eksenı bağımsız değişken yükselti (m), Y eksenı bağımlı değişken sıcaklık (°C) olarak alınmıştır)



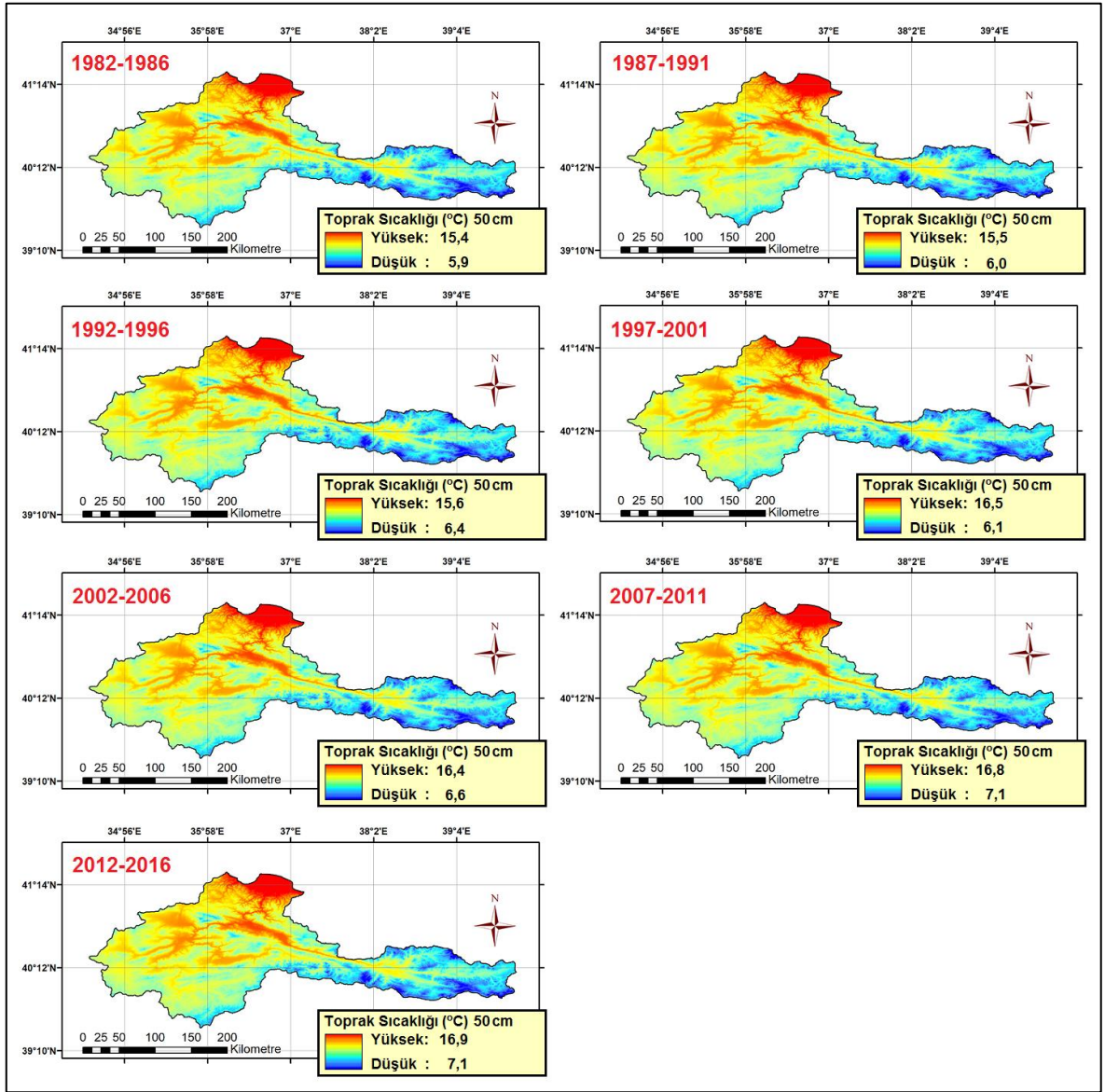
Şekil 4.11. Toprak sıcaklığının 5 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları



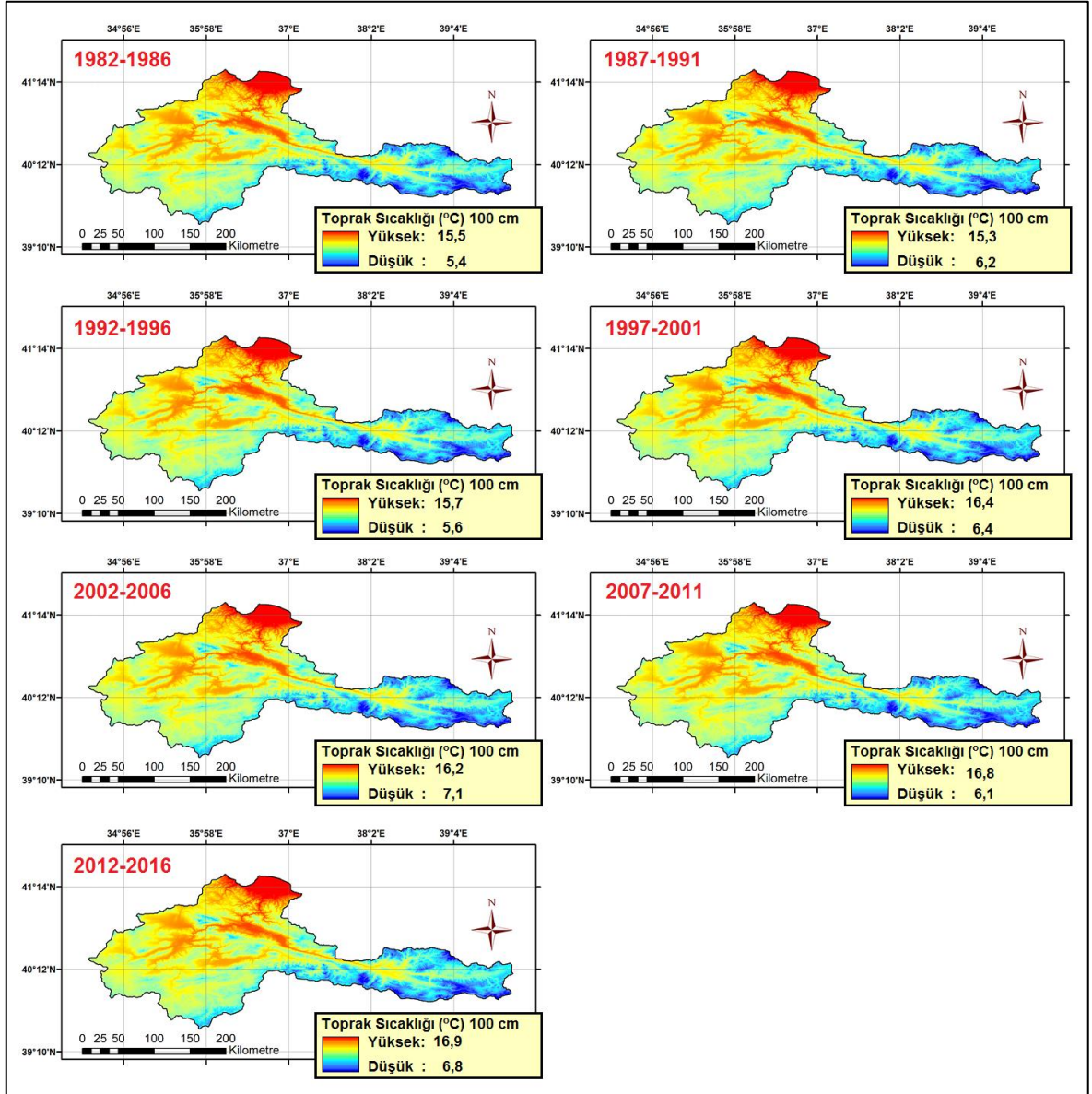
Şekil 4.12. Toprak sıcaklığının 10 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları



Şekil 4.13. Toprak sıcaklığının 20 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları



Şekil 4.14. Toprak sıcaklığının 50 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları



Şekil 4.15. Toprak sıcaklığının 100 cm derinlikteki zamansal değişimini gösteren raster model haritaları

4.2. İstatistiksel Değerlendirmeler

4.2.1. Tanımsal İstatistikler

Elde edilen raster haritalarından 5000 m aralıklarla oluşturulan noktalar ağı (n=1601 nokta) raster interpolasyon ve model haritalarının üstüne bindirilerek karşılıklı gelen sıcaklık değerleri çekilmiş (extract edilmiş) ve çekilen sıcaklık değerlerinin tanımsal istatistik analizleri yapılmıştır. Tanımsal istatistikte her bir değişken için minimum, maksimum, aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, çarpıklık, basıklık ve varyasyon katsayısı değerleri SPSS-16 (SPSS, 2007) yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Raster interpolasyon verilerinin tanımsal istatistikleri Çizelge 4.1`de, raster model verilerinin tanımsal istatistikleri Çizelge 4.2`de verilmiştir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2`deki tanımsal istatistik değerleri kullanılarak raster interpolasyon ve model haritalarının minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklık değerlerinin ele alınan 7 zaman aralığındaki değişimleri Şekil 4.16`da verilmiştir.

İnterpolasyon haritalarında, 10 cm toprak derinliği minimum sıcaklık değerleri hariç, tüm derinliklerde minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinde 1982`den 2016`ya kadar geçen süreç içinde genel olarak bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.16). Model haritalarında 5-10 cm minimum ve 10 cm ortalama sıcaklık değerleri hariç tüm derinliklerde minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinde 1982`den 2016`ya kadar geçen süreç içinde genel olarak bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.16). Raster interpolasyon ve model haritalarının daha iyi karşılaştırılabilmesi için Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2`deki tanımsal istatistik değerleri kullanılarak her bir toprak derinliğindeki minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ayrı ayrı çizgi grafikler şeklinde düzenlenmiş Şekil 4.17`de verilmiştir. Buna göre; 10 ve 20 cm derinliklerdeki maksimum toprak sıcaklığı değerleri hariç interpolasyon ve model haritaları sıcaklık değerlerinin tamamı birbirine paralel seyretmiştir. Sonuç olarak raster interpolasyon ve model haritaları arasında genel olarak bir benzerlik tespit edilmiştir (Şekil 4.17).

Raster interpolasyon ve model haritaları birbirine benzerlik göstermesine rağmen unutulmamalıdır ki model haritalar ele alınan meteorolojik istasyonlar ve onların

bulunduğu yükselteler baz alınarak geliştirilmiştir. Dolayısıyla geliştirilen modeller istasyonların bulunduğu yükselti aralığında (4-1584 m) iyi çalışmaktadır (Çizelge 3.2). Ancak Yeşilirmak havzasında yükselti 0-3154 m aralığında değişmektedir (Şekil 3.1). Sonuç olarak model haritalar 1584 m`yi aşan yükseltelerde sapmalar göstermektedir. Model haritalarda minimum sıcaklıkların interpolasyon haritalara göre çok daha düşük çıkmasının sebebi de budur. Sonuç olarak bu tez çalışmasında üretilen interpolasyon haritaları model haritalara göre daha doğru kabul edilmiştir.

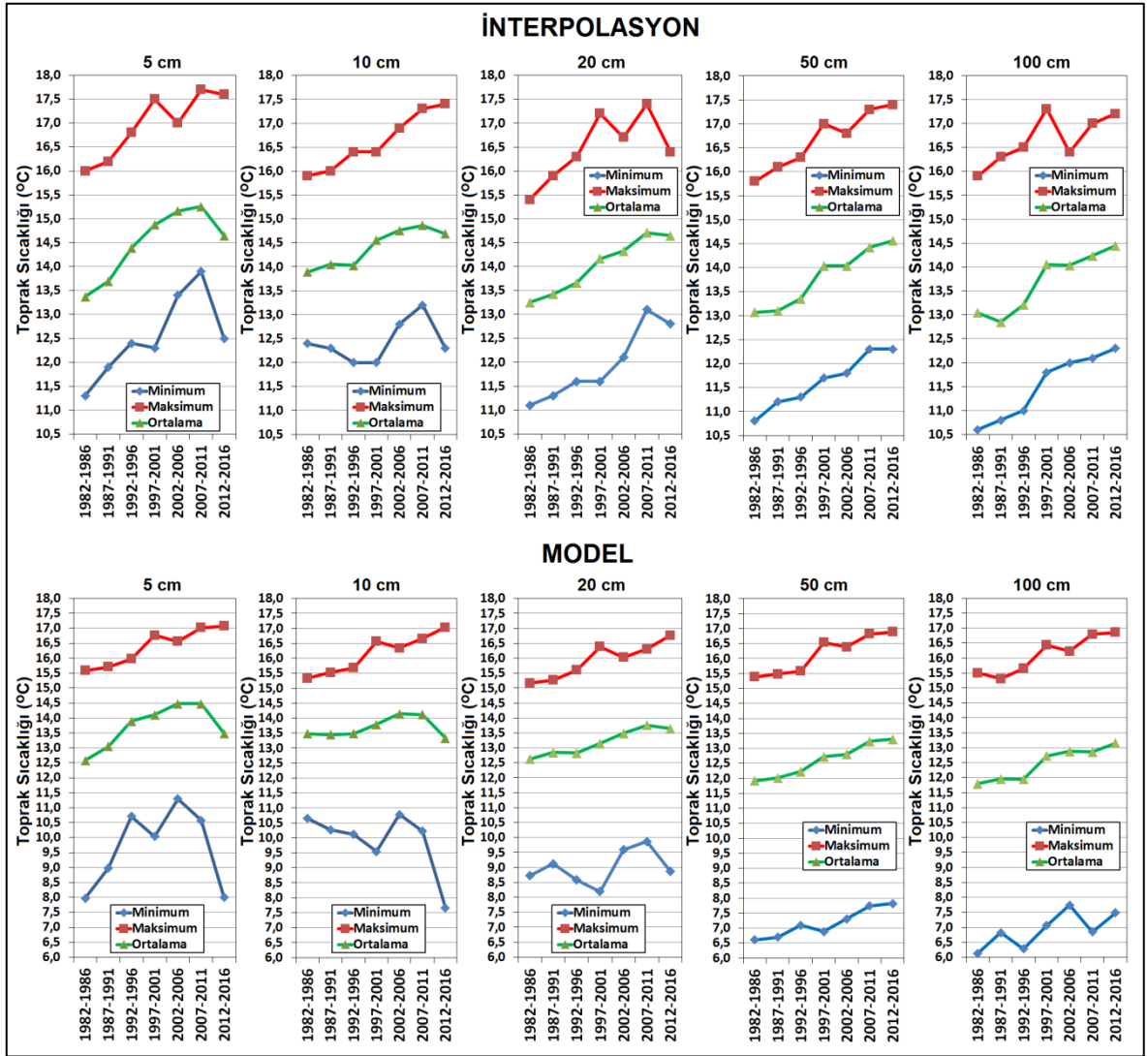


Çizelge 4.1. Raster interpolasyon haritaları tanımsal istatistik değerleri (N=1601)

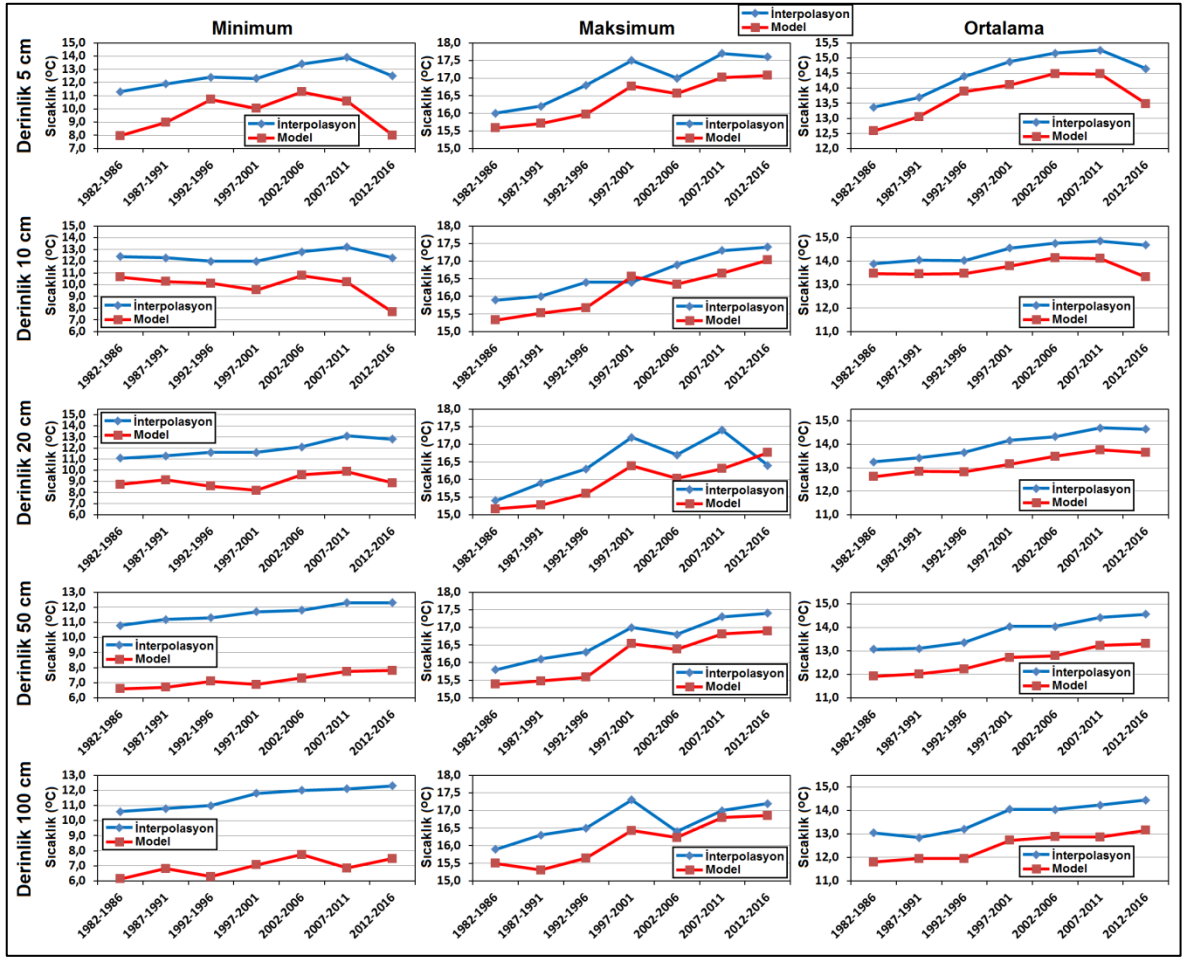
Değişken	Değişim Aralığı	Min.	Mak.	Ort.	Std Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
5 cm1982-1986	4.69	11.30	16.00	13.37	0.85	0.726	0.392	-0.103
5 cm1987-1991	4.25	11.90	16.20	13.70	0.74	0.554	0.820	0.337
5 cm1992-1996	4.35	12.40	16.80	14.38	0.69	0.472	0.563	0.593
5 cm1997-2001	5.17	12.30	17.50	14.87	0.89	0.791	0.139	-0.240
5 cm 2002-2006	3.61	13.40	17.00	15.16	0.62	0.380	-0.055	0.264
5 cm 2007-2011	3.77	13.90	17.70	15.26	0.70	0.492	0.816	0.340
5 cm 2012-2016	5.00	12.50	17.60	14.65	0.95	0.896	0.723	-0.285
10 cm1982-1986	3.57	12.40	15.90	13.89	0.63	0.392	0.388	0.129
10 cm1987-1991	3.65	12.30	16.00	14.05	0.59	0.347	0.365	0.213
10 cm1992-1996	4.39	12.00	16.40	14.03	0.71	0.498	0.454	0.452
10 cm1997-2001	5.13	12.00	16.40	14.56	0.86	0.737	0.265	0.121
10 cm 2002-2006	4.13	12.80	16.90	14.76	0.70	0.490	0.064	0.391
10 cm 2007-2011	4.04	13.20	17.30	14.86	0.80	0.642	0.267	-0.210
10 cm 2012-2016	4.88	12.30	17.40	14.69	0.98	0.964	0.323	-0.798
20 cm 1982-1986	4.27	11.10	15.40	13.25	0.75	0.569	0.053	0.363
20 cm 1987-1991	4.66	11.30	15.90	13.42	0.77	0.589	0.532	0.290
20 cm 1992-1996	4.75	11.60	16.30	13.66	0.83	0.696	0.430	0.171
20 cm 1997-2001	5.54	11.60	17.20	14.16	0.99	0.981	0.319	-0.217
20 cm 2002-2006	4.62	12.10	16.70	14.32	0.84	0.708	0.057	-0.238
20 cm 2007-2011	4.29	13.10	17.40	14.71	0.90	0.809	0.384	-0.443
20 cm 2012-2016	3.52	12.80	16.40	14.64	0.81	0.652	-0.062	-1.204
50 cm1982-1986	4.97	10.80	15.80	13.07	0.94	0.876	0.366	-0.273
50 cm1987-1991	4.93	11.20	16.10	13.10	0.93	0.872	0.753	-0.070
50 cm1992-1996	5.07	11.30	16.30	13.35	1.02	10.030	0.456	-0.616
50 cm1997-2001	5.25	11.70	17.00	14.04	1.04	10.086	0.314	-0.605
50 cm 2002-2006	4.85	11.80	16.80	14.04	1.00	10.008	0.200	-0.764
50 cm 2007-2011	4.97	12.30	17.30	14.42	1.00	10.005	0.338	-0.580
50 cm 2012-2016	4.98	12.30	17.40	14.56	1.00	0.993	0.426	-0.611
100 cm1982-1986	5.27	10.60	15.90	13.05	1.02	10.034	0.289	-0.492
100 cm1987-1991	5.53	10.80	16.30	12.85	0.96	0.927	0.979	0.755
100 cm1992-1996	5.45	11.00	16.50	13.21	1.05	10.104	0.535	-0.410
100 cm1997-2001	5.53	11.80	17.30	14.05	1.08	10.161	0.389	-0.559
100 cm 2002-2006	4.33	12.00	16.40	14.04	0.87	0.765	0.295	-0.601
100 cm 2007-2011	4.78	12.10	17.00	14.23	0.97	0.950	0.374	-0.561
100 cm 2012-2016	4.85	12.30	17.20	14.44	0.99	0.989	0.419	-0.649

Çizelge 4.2. Raster model haritaları tanımsal istatistik değerleri (N=1601)

Değişken	Değişim Aralığı	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
5 cm1982-1986	7.61	7.98	15.59	12.58	1.32	1.750	-0.114	0.027
5 cm1987-1991	6.73	8.98	15.71	13.05	1.17	1.369	-0.114	0.027
5 cm1992-1996	5.27	10.71	15.98	13.90	0.92	0.839	-0.114	0.027
5 cm1997-2001	6.73	10.04	16.77	14.11	1.17	1.369	-0.114	0.027
5 cm 2002-2006	5.27	11.29	16.56	14.48	0.92	0.839	-0.114	0.027
5 cm 2007-2011	6.44	10.58	17.02	14.48	1.12	1.253	-0.114	0.027
5 cm 2012-2016	9.07	8.00	17.07	13.49	1.58	2.488	-0.114	0.027
10 cm1982-1986	4.68	10.65	15.33	13.48	0.81	0.663	-0.114	0.027
10 cm1987-1991	5.27	10.26	15.53	13.45	0.92	0.839	-0.114	0.027
10 cm1992-1996	5.56	10.11	15.67	13.48	0.97	0.935	-0.114	0.027
10 cm1997-2001	7.02	9.54	16.57	13.79	1.22	1.491	-0.114	0.027
10 cm 2002-2006	5.56	10.78	16.34	14.15	0.97	0.935	-0.114	0.027
10 cm 2007-2011	6.44	10.22	16.66	14.12	1.12	1.253	-0.114	0.027
10 cm 2012-2016	9.37	7.66	17.03	13.33	1.63	2.651	-0.114	0.027
20 cm 1982-1986	6.44	8.73	15.17	12.62	1.12	1.253	-0.114	0.027
20 cm 1987-1991	6.15	9.12	15.27	12.84	1.07	1.142	-0.114	0.027
20 cm 1992-1996	7.02	8.58	15.60	12.83	1.22	1.491	-0.114	0.027
20 cm 1997-2001	8.20	8.19	16.39	13.15	1.42	2.030	-0.114	0.027
20 cm 2002-2006	6.44	9.59	16.03	13.49	1.12	1.253	-0.114	0.027
20 cm 2007-2011	6.44	9.87	16.31	13.76	1.12	1.253	-0.114	0.027
20 cm 2012-2016	7.90	8.86	16.76	13.64	1.37	1.887	-0.114	0.027
50 cm1982-1986	8.78	6.60	15.39	11.92	1.53	2.330	-0.114	0.027
50 cm1987-1991	8.78	6.70	15.48	12.01	1.53	2.330	-0.114	0.027
50 cm1992-1996	8.49	7.09	15.58	12.23	1.48	2.177	-0.114	0.027
50 cm1997-2001	9.66	6.88	16.54	12.72	1.68	2.819	-0.114	0.027
50 cm 2002-2006	9.07	7.31	16.38	12.80	1.58	2.488	-0.114	0.027
50 cm 2007-2011	9.07	7.74	16.82	13.23	1.58	2.488	-0.114	0.027
50 cm 2012-2016	9.07	7.82	16.89	13.31	1.58	2.488	-0.114	0.027
100 cm1982-1986	9.37	6.13	15.50	11.80	1.63	2.651	-0.114	0.027
100 cm1987-1991	8.49	6.82	15.31	11.96	1.48	2.177	-0.114	0.027
100 cm1992-1996	9.37	6.28	15.65	11.95	1.63	2.651	-0.114	0.027
100 cm1997-2001	9.37	7.06	16.43	12.73	1.63	2.651	-0.114	0.027
100 cm 2002-2006	8.49	7.74	16.23	12.88	1.48	2.177	-0.114	0.027
100 cm 2007-2011	9.95	6.85	16.80	12.87	1.73	2.993	-0.114	0.027
100 cm 2012-2016	9.37	7.49	16.85	13.15	1.63	2.651	-0.114	0.027



Şekil 4.16. İnterpolasyon ve model haritaları minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklığı (°C) değerlerinin toprak derinliği ve zamana göre değişimi



Şekil 4.17. İnterpolasyon ve model haritaları minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklığı (°C) değerlerinin karşılaştırılması

4.2.2. Korelasyon analizleri

Çalışmada derinlik ve zaman aralıklarına göre ele alınan toprak sıcaklıkları değişkenlerinin; enlem, boylam, toprak pH'sı, katyon değişim kapasitesi (KDK), organik karbon, yükselti, bakı ve eğim bağımsız değişkenleri ile olan ilişkileri korelasyon analizi (Pearson) ile araştırılmıştır. Raster interpolasyon ve model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar derinlik ve zaman aralıklarına göre sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Raster interpolasyon haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon analiz sonuçlarına göre; toplam 131 farklı ilişki 0,01 seviyesinde, 34 farklı ilişki 0,05 seviyesinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). Ortaya çıkarılan ilişkiler arasında toprak sıcaklıkları ile en yüksek korelasyonları gösteren enlem ve yükselti bağımsız değişkenleri dikkat çekmektedir.

Raster model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon analiz sonuçlarına göre ise toplam 210 farklı ilişki 0.01 seviyesinde önemli bulunurken, 0.05 seviyesinde önemli bir ilişkiye rastlanmamıştır (Çizelge 4.4). Önemli bulunan ilişkiler arasında toprak sıcaklıkları ile en yüksek korelasyonları gösteren enlem, boylam, organik karbon ve yükselti bağımsız değişkenleri dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.3. Raster interpolasyon haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar

Toprak Sıcaklığı		ENLEM	BOYLAM	Ph	KDK	Organik Karbon	Yükselti	Bakı	Eğim
Derinlik	Zaman Aralığı								
5 cm	1982-1986	0.72**	-0.14**	-0.007	-0.008	-0.07**	-0.55**	-0.054*	0.056*
	1987-1991	0.75**	-0.06*	-0.010	-0.011	0.03	-0.51**	-0.045	0.085**
	1992-1996	0.68**	-0.07**	-0.005	-0.006	-0.02	-0.48**	-0.043	0.057*
	1997-2001	0.65**	-0.22**	-0.006	-0.007	-0.12**	-0.57**	-0.049*	0.036
	2002-2006	0.71**	-0.25**	0.000	-0.001	-0.18**	-0.59**	-0.055*	0.008
	2007-2011	0.72**	-0.10**	-0.004	-0.005	-0.04	-0.56**	-0.052*	0.072**
	2012-2016	0.73**	-0.15**	-0.009	-0.009	-0.04	-0.57**	-0.054*	0.077**
10 cm	1982-1986	0.67**	0.01	-0.012	-0.013	0.05*	-0.45**	-0.045	0.103**
	1987-1991	0.67**	-0.04	-0.011	-0.012	0.04	-0.48**	-0.043	0.107**
	1992-1996	0.68**	-0.05*	-0.007	-0.008	-0.01	-0.49**	-0.045	0.074**
	1997-2001	0.67**	-0.09**	-0.007	-0.008	-0.03	-0.51**	-0.046	0.063*
	2002-2006	0.67**	-0.04	-0.004	-0.005	-0.02	-0.48**	-0.047	0.070**
	2007-2011	0.63**	0.02	-0.006	-0.006	0.02	-0.48**	-0.049	0.099**
	2012-2016	0.69**	-0.23**	-0.008	-0.009	-0.10**	-0.60**	-0.057*	0.065**
20 cm	1982-1986	0.70**	-0.06*	-0.006	-0.007	-0.03	-0.49**	-0.049	0.062*
	1987-1991	0.70**	0.09**	-0.012	-0.012	0.11**	-0.41**	-0.045	0.116**
	1992-1996	0.73**	-0.16**	-0.007	-0.008	-0.07**	-0.56**	-0.054*	0.057*
	1997-2001	0.71**	-0.25**	-0.008	-0.009	-0.12**	-0.60**	-0.055*	0.040
	2002-2006	0.68**	-0.20**	-0.005	-0.006	-0.14**	-0.57**	-0.056*	0.031
	2007-2011	0.68**	-0.11**	-0.007	-0.008	-0.05	-0.55**	-0.054*	0.080**
	2012-2016	0.59**	-0.33**	-0.015	-0.016	-0.14**	-0.58**	-0.055*	0.035

Çizelge 4.3. (Devamı) Raster interpolasyon haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar

Toprak Sıcaklığı		ENLEM	BOYLAM	Ph	KDK	Organik Karbon	Yükselti	Bakı	Eğim
Derinlik	Zaman Aralığı								
50 cm	1982-1986	0.80**	-0.25**	-0.007	-0.008	-0.12**	-0.62**	-0.062*	0.043
	1987-1991	0.78**	-0.16**	-0.010	-0.011	-0.04	-0.57**	-0.055*	0.071**
	1992-1996	0.73**	-0.29**	-0.011	-0.012	-0.12**	-0.62**	-0.058*	0.044
	1997-2001	0.72**	-0.37**	-0.007	-0.008	-0.16**	-0.64**	-0.060*	0.025
	2002-2006	0.71**	-0.27**	-0.005	-0.006	-0.20**	-0.66**	-0.061*	0.014
	2007-2011	0.70**	-0.25**	-0.005	-0.006	-0.13**	-0.63**	-0.057*	0.044
	2012-2016	0.80**	-0.25**	-0.008	-0.009	-0.10**	-0.60**	-0.056*	0.059*
100 cm	1982-1986	0.80**	-0.35**	-0.008	-0.009	-0.17**	-0.66**	-0.061*	0.022
	1987-1991	0.82**	-0.25**	-0.004	-0.006	-0.12**	-0.64**	-0.056*	0.027
	1992-1996	0.76**	-0.31**	-0.008	-0.010	-0.153**	-0.65**	-0.060*	0.031
	1997-2001	0.72**	-0.27**	-0.007	-0.008	-0.165**	-0.63**	-0.060*	0.028
	2002-2006	0.75**	-0.32**	-0.006	-0.007	-0.146**	-0.62**	-0.060*	0.029
	2007-2011	0.73**	-0.31**	-0.004	-0.005	-0.178**	-0.66**	-0.061*	0.019
	2012-2016	0.80**	-0.35**	-0.007	-0.008	-0.153**	-0.64**	-0.059*	0.035

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemli (iki uçlu). ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemli (iki uçlu).

Çizelge 4.4. Raster model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar

Toprak Sıcaklığı		Enlem	Boylam	Ph	KDK	Organik Karbon	Yükselti	Bakı	Eğim
Derin-lik	Zaman Aralığı								
5 cm	1982-1986	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1987-1991	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1992-1996	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1997-2001	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2002-2006	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2007-2011	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2012-2016	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
10 cm	1982-1986	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1987-1991	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1992-1996	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1997-2001	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2002-2006	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2007-2011	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2012-2016	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
20 cm	1982-1986	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1987-1991	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1992-1996	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1997-2001	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2002-2006	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2007-2011	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2012-2016	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**

Çizelge 4.4. (Devamı) Raster model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar

Toprak Sıcaklığı		Enlem	Boylam	Ph	KDK	Organik Karbon	Yükselti	Bakı	Eğim
Derinlik	Zaman Aralığı								
50 cm	1982-1986	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1987-1991	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1992-1996	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1997-2001	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2002-2006	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2007-2011	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2012-2016	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
100 cm	1982-1986	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1987-1991	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1992-1996	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	1997-2001	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2002-2006	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2007-2011	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**
	2012-2016	0.67**	-0.53**	-0.020	-0.020	-0.62**	-1.00**	-0.090**	-0.230**

*Korelasyon 0.05 seviyesinde önemli (iki uçlu). ** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemli (iki uçlu).

5. SONUÇLAR

Toprak sıcaklığı, bitki gelişimi ve verimine etki eden önemli mekanizmaları kontrol eden önemli bir toprak değişkenidir. Türkiye`de toprak bilimi ve bitki besleme alanında pek çok toprak değişkeni ile çalışma yapılmasına karşın toprak sıcaklıkları ile ilgili araştırmaların azlığı dikkat çekmektedir. Oysa günümüz dünyasında küresel ısınmanın etkileri gün geçtikçe kendisini hissettirmekte, bu bağlamda toprak sıcaklıklarının da farklı derinlik ve katmanlarda buna paralel olarak etkileneceği tahmin edilmektedir. Farklı derinliklerdeki toprak sıcaklıklarının CBS teknikleriyle haritalanması, modellenmesi, uzaysal analizi ve böylece mekânsal-zamansal değişiminin izlenmesi başta doğa bilimleri ve bitki yetiştiriciliği ile uğraşan her sektör için önemlidir. Bu bağlamda, haritalama süreçleri özellikle havza bazında ilgili sektörlerin sürdürülebilir bir şekilde planlanıp yönetilebilmesi için ayrıcalıklı bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, artan gıda ihtiyacı ve buna paralel olarak çeşitli nedenlerle azalan tarımsal alanların verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması buna bağlıdır. Toprak sıcaklıklarının sayısal veri tabanlarının hazırlanması, geçmişteki ve hali hazırdaki durumunun ortaya konması ve gelecekteki seyrinin belirlenmesi, tarımsal üretimdeki bitki çeşitliliği, doğal bitki örtüsünün durumu, karbon ve azot döngüsü gibi toprak sıcaklıklarının direkt ya da dolaylı olarak etki ettiği diğer alanlarda yapılacak çalışmalara da ışık tutacaktır.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Yeşilirmak Havzası yüzölçümü (ülke içinde kapladığı % alan) bakımından Türkiye`nin 28 ana havzası içinde, Fırat (%15.51), Kızılırmak (%10.49), Sakarya (%8.15), Dicle (%6.93) ve Konya Kapalı (%6.39) havzalarından sonra altıncı büyük havzasıdır. Yeşilirmak Havzası`nın büyük bir çoğunluğu Orta Karadeniz ve kısmen Doğu Karadeniz, geriye kalan kısımları İç Anadolu ve Doğu Anadolu coğrafik bölgelerinde uzanan ve toplam 40 381.56 km² havza alanıyla (% 5.05) Türkiye`nin en önemli havzalarından biridir. CORINE-2012 veri tabanına göre; havzanın toplam alanının 22 830.36 km² si (% 56.54`ü) orman-yarı doğal alan ve 16 832.73 km² si (% 41.68`i) tarım alanıdır. Ekolojik özelliklerindeki çeşitlilikten ve havzadaki yükselti farklılıklarından (0-3154 m) dolayı tarım, orman ve bitki biyolojik çeşitliliği bakımından önemli bir havzadır ve küresel ısınma tehdidinde hazırlıklı olması büyük önem arz etmektedir. Havzanın toprak özelliklerinin, özellikle de önemli toprak

değişkenlerinden biri olan toprak sıcaklığının iyi bilinmesi havzanın sürdürülebilir bir şekilde yönetimi ve planlanması için çok büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın birinci ve en önemli sonucu; toprak sıcaklıklarının beş farklı derinlik (5cm, 10cm, 20cm, 50cm ve 100cm) ve beşer yıllık zaman dilimlerini içeren toplam 7 zaman dilimi (1982-1986, 1987-1991, 1992-1996, 1997-2001, 2002-2006, 2007-2011, 2012-2016) için raster interpolasyon ve raster model haritalarının başka bir deyişle sayısal veri tabanlarının CBS araçları kullanarak çalışma alanı için ilk kez üretilmiş olmasıdır. Sonuçta her türlü uzaysal analize hazır 35 raster interpolasyon ve 35 raster model harita olmak üzere toplam 70 sayısal veri tabanı üretilmiştir. Böylece meteoroloji istasyonlarına ait tablosal veriler haritalara dönüştürülerek daha anlamlı ve uzaysal analize uygun hale getirilmiştir. Sonuç olarak son 35 yılda toprak sıcaklıklarının uzaysal-zamansal değişimi de net bir şekilde ortaya konulmuştur. Oluşturulan veri tabanları sadece bu çalışma için değil bundan sonraki çalışmalarda da kullanılabilir potansiyele sahiptir.

Raster interpolasyon ve model haritaları tanımsal istatistik değerleri kullanılarak elde edilen çizgi grafikler karşılaştırılarak değerlendirilmiş, sonuçta 10 ve 20 cm derinliklerdeki maksimum toprak sıcaklığı değerleri hariç interpolasyon ve model haritalarının sıcaklık değerlerinin tamamı birbirine paralel seyretmiştir. Sonuç olarak raster interpolasyon ve model haritaları arasında genel olarak bir benzerlik gözlemlenmiştir. Ancak, model haritalar ele alınan meteorolojik istasyonlar ve onların bulunduğu yükseltiler baz alınarak geliştirildiği için, modeller istasyonların bulunduğu yükselti aralığında (4-1584 m) iyi çalışmıştır. Yeşilırmak havzasında yükselti 0-3154 m aralığında değiştiğinden, model haritalar 1584 m'yi aşan yükseltilerde sapmalar göstermiştir. Model haritalarda minimum sıcaklıkların interpolasyon haritalara göre çok daha düşük çıkmasının sebebi de budur. Sonuç olarak bu tez çalışmasında üretilen interpolasyon haritaları model haritalara göre daha doğru kabul edilmiştir.

Üretilen raster interpolasyon ve raster model haritalar yorumlandığında, interpolasyon haritalarında, 10 cm toprak derinliği minimum sıcaklık değerleri hariç, tüm derinliklerde minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinde 1982'den 2016'ya

kadar geçen süreç içinde genel olarak bir artış gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, model haritalarında 5-10 cm minimum ve 10 cm ortalama sıcaklık değerleri hariç tüm derinliklerde minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinde 1982'den 2016'ya kadar geçen süreç içinde genel olarak bir artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak geçen 35 yıllık süreç içinde küresel ısınmaya bağlı olarak Yeşilirmak Havzası toprak sıcaklıklarında bir artış tespit edilmiştir. Gelecekteki planlamalarda bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Raster interpolasyon haritaları ile bağımsız değişkenler (enlem, boylam, pH, KDK, organik karbon, yükselti, bakı ve eğim) arasındaki ilişkiler incelendiğinde; toplam 131 farklı ilişki 0.01 seviyesinde, 34 farklı ilişki 0,05 seviyesinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ortaya çıkarılan ilişkiler arasında toprak sıcaklıkları ile en yüksek korelasyonları gösteren bağımsız değişkenler enlem ve yükselti olmuştur. Raster model haritaları ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise; toplam 210 farklı ilişki 0.01 seviyesinde önemli bulunmuş ve 0.05 seviyesinde önemli bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ortaya çıkarılan ilişkiler arasında toprak sıcaklıkları ile en yüksek korelasyonları gösteren bağımsız değişkenler enlem, boylam, organik karbon ve yükselti olmuştur. Raster interpolasyon ve raster model haritalarının her ikisinde de ortak olarak öne çıkan bağımsız değişkenler enlem ve yükselti olmuştur.

Bu tez çalışmasında imkanlar ölçüsünde kullanılabilir durumda olan tamamlayıcı veri katmanlarından faydalanılabilmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda diğer veri katmanlarının, örneğin makro ve mikro bitki besin elementleri, toprak tekstürü (kum, kil, silt oranları), bitki büyüme ve gelişme oranları, birincil üretim vb. tamamlanması ve kullanılmasıyla daha ayrıntılı araştırmalara girilmesi toprak sıcaklığı ve etkilediği mekanizmaların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Bu bağlamda, yapılan bu tez çalışmasının geniş bir alanı kapsayan Yeşilirmak Havzası için önemli bir başlangıç oluşturduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Akman, Y. ve Daget, Ph., 1971. Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. Extrait du Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie 5/3 269–300.
- Akman, Y. 1999. İklim ve Biyoiklim, Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri, pp. 350 Palme Press, Ankara.
- Andersson S. ve Nilsson S. I., 2001. Influence of pH and temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a mor humus. *Soil Biology and Biochemistry* 33(9), 1181-1191.
- Anonim, 2012. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr> ; (02.01.2019)
- ASTER, 2015. ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM). <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/4.html>
- Baskin, C. C. ve Baskin, J. M., 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*, 2nd edition. Elsevier Academic Press, U.S.A., 1600 s.
- Bayraklı, F., 1993. Toprak Bilgisi. Ziraat Fakültesi Ders Notları; Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Konya, s. 148.
- Batjes, N. H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47: 151–163.
- Bellamy, P. H. , Loveland, P. J. , Bradley, R. I. , Lark, R.M. ve Kirk, G. J. D., 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978–2003. *Nature* , 437, 245–248.
- Bilgili, M., 2011. The use of artificial neural networks for forecasting the monthly mean soil temperatures in Adana, Turkey”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35, 83-93.
- Bilgili, M., Şahin, B., Sangun, L. 2013. Estimating soil temperature using neighboring station data via multi-nonlinear regression and artificial neural network models. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 347-358.
- Bocock, K. L., Lindley, D. K., Gill, C. A., Adamson, J. K. and Webster, J. A., 1974. *Harmonic Analysis and Synthesis, Basic Principles of the Technique and Some Applications to Temperature Data*. Mercewood Res. Dev. No: 54.
- Bond-Lamberty, B., Wang, C., Gower, S.T., 2005. Spatiotemporal measurement and modeling of stand-level boreal forest soil temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*. 131, 27-40.
- Buckman H.O., Brady N.C., 1960. *The Nature and Properties of Soils*, 6th Edition. The Mac Millian Company, 980 p, NewYork, U.S.A.
- Campbell G. S., 1985. *Soil Physics with Basic, Transport Models for Soil-Plant Systems*, Development in Soil Science 14, 1st Edition. Elsevier, 149 p, New York.
- Cao, M. ve Woodward, F. I., 1998. Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. *Nature* 393, 249-252.
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend,

- A. D., Friedlingstein, P., Grunwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J. M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J. F., Sanz, M. J., Schulze, E. D., Vesala, T., and Valentini, R., 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003, *Nature*, 437(7058), 529–533.
- COPERNICUS, 2019. CORINE Land Cover. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, erişim tarihi: 19/05/2019.
- Davidson, E. A., Trumbore, S. E. ve Amundson, R., 2000. Soil warming and organic carbon content. *Nature*, 408, 789–790.
- Davidson, E. A., Richardson, A. D., Savage, K. E. ve Hollinger D. Y., 2006. A distinct seasonal pattern of the ratio of soil respiration to total ecosystem respiration in a spruce-dominated forest. *Global Change Biology*, 12(2), 230–239.
- Dinç, U. ve Şenol, S. 1998. Toprak Etüd ve Haritalama. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Ders Kitabı No: A-50, Adana.
- Doğan, H.M., 2015-2017. Yeşilirmak Sayısal Toprak Veri Tabanları. Yayınlanmamış veri tabanları, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- EEA, 2018. CORINE Land Cover. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, erişim tarihi: 22/09/2018.
- Ekberli, İ., Gülser, C. ve Özdemir, N., 2005. Toprakların termo-fiziksel özellikleri ve ısısal yayılım katsayısının değerlendirilmesi. *O. M. Ü Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 85-9.
- Ellis, S., Howe, M. T., Goulding, K. W. T., Mugglestone, M. A. ve Dendooven, L., 1998. Carbon and nitrogen dynamics in a grassland soil with varying pH: effect of pH on the denitrification potential and dynamics of the reduction enzymes. *Soil Biol Biochem* 30(3), 359-367.
- Ergene, A. 1982. Toprak Bilimin Esasları, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum. s. 560.
- ESRI, 2004. ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- ESRI, 2005. ArcGIS 9, What is in ArcGIS 9.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- Eswaran, H. , Van Den Berg, E. ve Reich, P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 192–194.
- Fang, C. , Smith, P. , Moncrieff, J. B. ve Smith, J. U., 2005. Similar response of labile and resistant soil organic matter pools to changes in temperature. *Nature* 433, 57–59.
- Fierer, N. , Craine, J. M. , McLaughlan, K. ve Schimel, J. P. 2005. Litter quality and the temperature sensitivity of decomposition. *Ecology* 86(2), 320–326.
- Garcia-Suarez, A.M. ve Butler, C. T., 2006. Soil Temperatures at Armagh Observatory, Northern Ireland from 1904 to 2002. *International Journal of Climatology*, 26(8), 1075–1089, 2006.
- George R. K., 2001. Prediction of soil temperature by using artificial neural networks algorithms. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods ve Applications*, 7, 1737-178.

- Giardina, C. P. ve Ryan, M. G., 2000. Evidence that decomposition rates of organic matter in mineral soil do not vary with temperature. *Nature*, 404(6780), 858–861.
- Goulden, M. L., Munger J. W., Fan S. ve Wofsy S. C., 1996. Measurements of Carbon Sequestration by Long-Term Eddy Covariance: Methods and a Critical Evaluation of Accuracy. *Global Change Biology*, 2(3):169-182.
- Gruber, N., Friedlingstein, P., Field, C. B., Valentini, R., Heimann, M., Richey, J. E., Lankao, P. R., Schulze, E-D, Chen, C-T. A., 2004. The Vulnerability of the Carbon Cycle in the 21st Century: An Assessment of Carbon-Climate-Human Interactions. *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World Chapter: 3*, eds: C.B. Field, M. R. Raupach, Island Press, Washington DC, 45-76.
- Hall, J. M., Paterson, E. ve Killham, K., 1997. The effect of elevated CO₂ concentration and soil pH on the relationship between plant growth and rhizosphere denitrification potential. *Global Change Biology*, 4(2), 209-216.
- Hanks, R. J. ve Ashcroft, G.L., 1983. *Applied Soil Physics*. Springer, U.S.A., 159 s.
- Hillel D., 2003. *Introduction to Environmental Soil Physics*, 1st Edition. Elsevier Academic Press, U.S.A., 494 s.
- Hood, R. C., 2001. The effect of soil temperature and moisture on organic matter decomposition and plant growth. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 37(1), 25–41.
- ISRIC, 2015. *World Soil Information*. International Soil Reference and Information Centre, <http://www.isric.org>.
- Jackson, T., Mansfield, K., Saafi, M., Colman, T. ve Romine, P., 2008. Measuring soil temperature and moisture using wireless MEMS sensors. *Measurement*, 41(4), 381–390.
- Janssens, F., Peeters, A., Tallwin, J. R. B., Bakker, J. P., Bekker, R. M., Fillat, F. ve Oomes M. J. M., 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202, 69-78.
- Jebamalar, A,S., Raja, S. A. T., Bai, S. J. S., 2012. Prediction of annual and seasonal soil temperature variation using artificial neural network. *Indian Journal of Radio ve Space Physics*, 41, 48-57.
- Jenkinson, D. S. , Adams, D. E. ve Wild, A., 1991. Model estimates of CO₂ emissions from soil in response to global warming. *Nature*, 351, 304–306.
- Jobbágy, E. G. ve Jackson, R. B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423–436.
- Jury W.A., Gardner W.R., Gardner, W. H., 1991. *Soil Phycis* 4th Edition. J. Willey and Sons Inc., 498 p, Canada.
- Kantarcı, M. D., 2000. *Toprak İlimi*, 2. Baskı. Çantay Basımevi, İstanbul.
- Kaspar, T. C., Bland, W. L., 1992. Soil temperature and root growth. *Soil Science*, 154(4), 290-299.
- Katan, J., Geenbarger, A., Alon, H., Greenstein, A., 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control diseases caused by soilborne pathogens. *Pytopatology*. 66, 683-688.

- KHGM, 2002. Türkiye Ulusal Toprak Veri Tabanı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kirkham, M. B., 2004. Principles of Soil and Plant Water Relations, 1st edition. Elsevier Academic Press, U.S.A., 520 s.
- Kirschbaum, M. U. F., 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(6), 753–760.
- Knorr, W., Prentice, I. C., House, J. I. ve Holland, E. A., 2005. Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming, *Nature* 433, 298–301.
- Kutsch, W. L., Staack, A., Wotzel, J., Middelhoff, U. ve Kappen, L., 2001. Field measurements of root respiration and total soil respiration in an alder forest. *New Phytologist*, 150 (1), 157–168.
- Law, B. E., Ryan, M. G., ve Anthoni, P. M., 1999. Seasonal and annual respiration of a ponderosa pine ecosystem. *Global Change Biology*, 5(2), 169–182.
- Liski, J. , Ilvesniemi, H., Mäkelä, A. ve Westman, C. J. 1999. CO₂ emissions from soil in response to climatic warming are overestimated- the decomposition of old soil organic matter is tolerant of temperature. *Ambio* 28(2), 171–174.
- Mackay, A. D., ve Barber, S. A., 1984. Soil temperature effects on root growth and phosphorus uptake by Corn1. *Soil Science Society of America Journal*, 48(4), 818.
- Mavi, B., Günoğlu, İ., Akkurt, İ., 2011. Yapay sınır ağı kullanarak toprak sıcaklığı tahmini. *Journal of New World Sciences Academy*, 6(2), 30-36.
- McCarty, L. B., Hubbard, L. R. ve Quisenberry, JrV., 2016. Applied Soil Physical Properties, Drainage, and Irrigation Strategies, 1st edition. Elsevier Academic Press, Switzerland, 314 s.
- McGill, W.B., Cannon, K.R., Robertson, J.A. ve Cook, F.D., 1986. Dynamics of soil Microbial biomass and water-soluble organik C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Canadian Journal of Soil Science*, 66(1), 1-19.
- Meliilo, J., Borchers, J. G., Chaney, J., Fisher, H., Fox, S., Haxeltine, A., Janetos, A., Kicklighter, D. W., Kittel, T. G. F., McGuire, A. D., McKeown, R., Neilson, R. P., Nemai, R., Ojima, D. S., Painter, T. H., Pan, Y., Parton, W. J., Pierce, L., Pitelka, L., Prentice, I. C., Rizzo, B., Rosenbloom, N., Running, S., Schimel, D., Sitch, S., Smith, T. M. and Woodward, I., 1995. Vegetation/ecosystem modeling and analysis Project (VEMAP): Comparing biogeography and biogeochemistry models in a continental-scale study of terrestrial ecosystem response to climate change and CO₂ doubling. *Global Biogeochemistry Cycles*, 9(4), 407–437.
- Mihalakakou, G., 2002. On estimating soil surface temperature profiles. *Energy and Buildings*, Vol:34, 251-259.
- Müjdeci, M. 2004. Toprak - bitki - atmosfer sisteminde buğdayın (*Triticum aestivum* L.) büyüme, gelişme ve veriminin matematiksel modellenmesi Doktora Tezi, 160 s., Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Onwuka, B. M., 2016. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 6(3), 89–93.
- Özkan, İ., 1985. Toprak Fiziği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (No: 946, Ders Kitabı: 270), Ankara, s.137- 159.

- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Ders Kitabı No:30), Samsun, 209 s.
- Öztekin R., Oğuz İ., Akar Ö., 2008. Tokat Kazova'daki uzun yıllık yağış ve sıcaklık gidişlerinin kuraklık açısından irdelenmesi, GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (1), 71-79.
- Öztürk, M., Salman, O., Koç, M., 2011. Artificial neural network model for estimating the soil temperature. Canadian Journal of Soil Science, 91, 551–562.
- Paul, K. I., Polglase, P. J., Smethurst, P.J., O'Connell, A. M., Carlyle, C.J., Khanna, P. K., 2004. Soil temperature under forests: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types. Agriculture and Forest Meteorology, 121, 167-182.
- Plante, A.F., Conant, R.T., Paul, E.A., Paustian, K. ve Six, J., 2006. Acid hydrolysis of easily dispersed and microaggregat-derived silt-and clay-sized fractions to isolate a resistant fraction of soil organic matter. European Journal of Soil Science, 57: 456-467.
- Post, W.M., Emanuel, W.R. ve Zinke, P.J., Stangenberger, A. G., 1982. Soil carbon pools and world life zones. Nature, 298, 156-159.
- Sarıyev, L. A., Aydın, M., Polat, V., Tuli, A., 1995. Toprak rutubet karakteristik eğrisi ve toprak-kök sistemine su akımının matematiksel modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25. kuruluş yılı özel sayısı, 257-268.
- Schaufler, G., Kitzler, B., Schindlbacher, A., Skiba, U., Sutton, M. A., ve Zechmeister-Boltenstern, S. (2010). Greenhouse gas emissions from European soils under different land use: effects of soil moisture and temperature. European Journal of Soil Science, 61(5), 683-696.
- Schimel, D. S., Braswell, B. H., Holland, E. A., McKeown, R., Ojima, D. S., Painter, T. H., Parton, W. J. ve Townsend, A. R., 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. Global Biogeochemical Cycles, 8(3), 279-293.
- Seyfried, M. S., Flerchinger, G. N., Murdock, M. D., Hanson, C. L., Van Vactor, S., 2001. Long-term soil temperature database, Reynolds Creek Experimental Watershed, Idaho, United States. Water Resources Research, 37(11), 2843–2846.
- Sitaula, B. K., Warner, W.S., Bakken, L. R., Hargreaves, K., Klemetsson, L., Sitaula, J. I. B., Søren, C., Anders, P., 1995. An interdisciplinary approach for studying greenhouse gases at the landscape scale. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 9(3-4), 189-209.
- Smith, W. O. and Byers, H. G. 1938. The thermal conductivity of dry soil of certain of the great soil groups. Soil Science Society of America Proceedings, 3, 13-19.
- SPSS, 2007. SPSS 16.0 for Windows. Chicago, IL: SPSS.
- Tenge A. J., Kaihura F. B. S., Lal R., Singh B. R., 1998. Diurnal soil temperature fluctuations for different erosion classes of an oxisol at Mlingano, Tanzania, Soil and Tillage Research, 49, 211-217.
- Tessy Chacko P., Renuka G., 2002. Temperature mapping thermal diffusivity and subsoil heat flux at Kariavattom of Kerala. Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Earth ve Planetary Sciences), 111(1), 79–85.

- Thornley, J. H. M. ve Cannell, M. G. R., 2001. Soil carbon storage response to temperature: an hypothesis. *Annals of Botany*, 87(5), 591–598.
- Trumbore, S. E. , Chadwick, O. A. ve Amundson, R., 1996. Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. *Science* 272, 393–396.
- Van Veen, J.A., Ladd, J.N. ve Frissell, M.J., 1984. Modelling C and N turnover through the microbial biomass in soil. *Plant and Soil*, 76, 257-274.
- Weil, R. R. and Brady, N. C., 2017. *The Nature and Properties of Soil*, 15th Edition. Pearson Education Ltd., Vivar, Malaysia, 1104 s.
- Xiukang, W., Zhanbin, L., ve Yingying, X., 2015. Effects of mulching and nitrogen on soil temperature, water content, nitrate-N content and maize yield in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, 161, 53–64.
- Yazar A. ve Kanber R., 1984. Çukurova koşullarında bitki büyüme mevsimi hava ve toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiler üzerinde bir inceleme, *Doğa ve Bilim Dergisi*, 8(2), 207-212.
- Yeşilsoy. M. Ş., 1973. Orta Anadolu`da nadas ve nadasla ilgili çalışmalar. *Toprak Dergisi*, 36, 47-55.
- Yeşilsoy. M. Ş. ve Aydın. M. 1995. *Toprak Fiziği*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (Ders Kitabı No: 124), Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana, s 199- 221.
- Yücel, E., 1999. *Canlılar ve Çevre. Biyoloji*, Editör: Özata, A. Anadolu Üniversitesi Yayınları (No:1083), Eskişehir, s 823-1009.
- Zak, D. R., Pregitzer, K. S., Curtis, P. S. ve Holmes, W. E., 2000. Atmospheric CO₂ and the composition and function of soil microbial communities. *Ecological Applications*, 10(1), 47–59.
- Zheng, D., Raymond Hunt, E. ve Running, S. W., 1993. A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. *Climate Research*, 2, 183–191.

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ömer Faruk CIBA
Doğum Tarihi ve Yer : 1989, Kastamonu
Yabancı Dili : İngilizce
E-Mail : farukciba@windowlive.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi - Zootekni	2014
Lise	Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesi	2007