**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

# YARI KURAK VE YARI NEMLİ MERALARDA İKLİM, BİTKİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN ÇOKLU ETKİLEŞİMLERİNİN ANALİZİ

**Ülkü YILMAZ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI**

**2021**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Ülkü YILMAZ tarafından hazırlanan "Yarı Kurak ve Yarı Nemli Meralarda İklim, Bitki ve Toprak Özelliklerinin Çoklu Etkileşimlerinin Analizi " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Meriç ÇAKIR

**Jüri Üyeleri** :

**Başkan :** Prof. Dr. Hayrettin KENDİR

**Üye:** Doç. Dr. Meriç ÇAKIR

**Üye:** Prof. Dr. B. Cemil BİLGİLİ

**Üye:** Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN

**Üye:** Doç. Dr. Mesut BUDAK

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Dr. Öğr. Üyesi İlkay ÇORAK ÖCAL**
**Enstitü Müdürü**

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Yarı Kurak ve Yarı Nemli Meralarda İklim, Bitki ve Toprak Özelliklerinin Çoklu Etkileşimlerinin Analizi" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programıyla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (20/01/2021).

Ülkü YILMAZ

# ÖZET

Doktora Tezi

YARI KURAK VE YARI NEMLİ MERALARDA İKLİM, BİTKİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN ÇOKLU ETKİLEŞİMLERİNİN ANALİZİ

Ülkü YILMAZ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Assoc. Prof. Meriç ÇAKIR

Mera verimliliği ve doğal kaynakların korunabilmesi için mera amenajmanı önemlidir. Meralarda sürdürülebilir planlama ve amenajman için toprak ve bitki özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada iki farklı mera kesiminde (yarı-kurak, yarı-nemli) toprak özellikleri ve bitki besin elementi konsantrasyonlarının derinlemesine bir değerlendirme yapılarak uzaysal değişkenliğinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda temsili olarak Kurşunlu (yarı-kurak) ve Ilgaz'da (yarı-nemli) seçilen merada toprak ve bitkideki besin elementleri arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Her bir merada aralarında 1'er metre olcak şekilde 1×1 m boyutlarında 400 noktadan oluşan örnekleme alanı belirlenmiş, her bir örnekleme noktasından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikten alınmıştır. Belirlenen bu temsili alanların köşeleri ile tam ortasından olmak üzere beş noktadan ve iki farklı derinlikten (0-10 ve 10-20 cm olmak üzere) bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinden toprak su içeriği, toplam gözeneklilik, solma noktası, bitkiye yarayışlı su içeriği, agregat stabilitesi, $CaCO_3$ içeriği, organik madde (OM) içeriği, pH, elektriksel iletkenlik (EC), katyon değişim kapasitesi (CEC), kum, kil, silt, makro (Ca, Mg, K, P) ve mikro (Fe, Cu, Mn, Zn) besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca her bir örnekleme noktasında penetrasyon direnci ölçülmüş ve alandan toplanan bitki örneklerinde bazı besin elementi (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn) konsantrasyonlarıda belirlenmiştir. Elde edilen veriler hem klasik istatistiksel hem de jeoistatistik yöntemler kullanılarak değerlendirimiştir. Toprak derinliği ve meralar arasındaki toprak özelliklerindeki farklılıklar çoklu varyans analizi MANOVA ile değerlendirilmiştir. Toprak ve bitkilerdeki besin elementi konsantrasyonları arasındaki ilişki Sperman korelasyon analizi ile analiz edilmiştir. Toprak özelliklerinin ve bitki besin konsantrasyonlarının uzaysal yapısı semivariogramlar ile modellenerek yüzey haritaları bayağı (ordinary) kriging interpolasyonları ile oluşturulmuştur. Toprak özelliklerinin ve bitki besin elementi konsantrasyonlarının çoğu, meralar arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Meralar arasında toprak ve bitkilerdeki besin elementi konsantrasyonları arasındaki ilişkiler oldukça farklı olduğu görülmüştür. Meralarda toprak ve bitki besin maddesi konsantrasyonları için oldukça farklı uzaysal yapılar tespit edilmiştir. Her iki merada, toprak özellikleri ve bitki besin elementi konsantrasyonları için semivaryogram model türü, range ve nugget açısından oldukça farklıdır. Jeoistatistiksel range, yarı nemli merada genellikle daha düşüktür. Toprak değişkenlerinin yüzey haritaları, değişkenlerin uzaysal yapısının yarı nemli meralarda daha düzensiz olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, bitki besin elementi konsantrasyonlarının küçük bir alanda bile önemli ölçüde yüksek uzaysal değişkenlik gösterebileceğini gösterdi. Bu durum çalışılan meraların sahaya özgü yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, Türkiye genelinde meralarda sürdürülebilir mera ıslah ve amenajmanı için planlar geliştirmek amacıyla bir dizi çalışma geliştirmek için kullanılabilir.



**2021, 327 sayfa**

**ANAHTAR KELİMELER:** Mera kalitesi, otlatma kapasitesi, botanik kompozisyon, toprak kalitesi, jeostatistik.

## ABSTRACT

PhD. Thesis

SEMI-ARID AND SEMI-HUMID CLIMATE IN THE PASTURE, PLANT AND SOIL ANALYSIS OF THE INTERACTION OF MULTIPLE PROPERTIES RELATIONSHIPS

Ülkü YILMAZ

Çankırı Karatekin University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Program of Forestry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Meriç ÇAKIR

Sustainable management of grasslands is important to maintain their productivity and save those invaluable resources for the future generation. Spatial variability of soil and plant resources in the grasslands may provide proficiency for their sustainable planning and management. This study aimed at an in-depth evaluation and compare two different grasslands (a semi-arid and a semi-humid grassland) spatial variability of soil properties and plant nutrient concentrations. Also, differences in associations between soil and plants in nutrient concentrations were evaluated. Two representative grasslands were chosen in Kurşunlu (semi-arid) and Ilgaz (semi humid). Randomly selected sampling sites of 1 × 1-m were determined at 400 points on each of the grasslands. Undisturbed and disturbed soil samples were taken from 0-10 and 20-20 cm soil depth at each of sampling sites. Soil bulk density and field capacity were determined in those undisturbed soil samples. Disturbed soil samples were taken from 0-10 and 10-20 cm; five samples were taken (at the corners and the middle of the representative area) at each sampling area; the samples were mixed and then a representative composed sample is taken from the bulk. Soil water content at sampling, total porosity, wilting point, plant available water content, aggregate stability, $CaCO_3$ content, organic matter (OM) content, pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), sand, clay, silt contents, and concentrations of macro (Ca, Mg, K, P) and micro (Fe, Cu, Mn, Zn) nutrients were determined in composed soil samples. Also, plant samples were collected at each sampling site and nutrient concentrations (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn) were determined in plant samples. Penetration resistance of soils was measured during the sampling. Data were evaluated using both classical statistical and geostatistical methods. Differences in soil properties between depth and between grasslands were evaluated by multiple analysis of variance MANOVA). Relationship between nutrient concentrations in soil and plants were analyzed by Sperman's correlation analysis. Spatial structure of soil properties and plant nutrient concentrations were modelled by semivariograms and their surface maps were built by ordinary kriging interpolations. Most of the soil properties and plant nutrient concentrations were significantly varying between the grasslands. The relationships between soil and plant nutrient concentrations were highly different between to grasslands. Considerably different spatial structures for soil and plant nutrient concentrations occurred in the grasslands. Two grasslands were highly different in model type, range, and nugget effect for the soil properties and plant nutrient concentrations. Geostatistical range was generally lower in semi-humid grassland. Surface maps of the soil variables showed that spatial pattern of the variables were more patchily in semi-humid grassland. The results showed that plant nutrient concentrations may show substantially high spatial variability even in a small area, suggesting necessity of site-specific management of study grasslands. Results of this study may be used to develop series of studies toward evaluating grassland resources for the purpose of developing plans for sustainable grassland management via managing grasslands site-specifically across Turkey.



**2021, 327 pages**

**Key Words:** Grassland quality grazing capacity, botanical composition, soil quality, geostatistics.

## TEŞEKKÜR

Yoğun iş yüküne rağmen zaman ayırarak çalışmalarıma destek veren, yol gösteren ve her türlü desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Meriç ÇAKIR'a teşekkür ederim. Ayrıca doktora eğitimim süresince büyük fedakârlıklarla beni destekleyen, yoğun çalışma gündemine rağmen bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, geniş vizyonu ile yol gösteren, azim ve şevk veren, Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN'e teşekkür ederim. Tez çalışması sürecinde araştırmanın ilerlemesi ve gelişmesi bakımından yapıcı eleştirileri ile bana yön veren, katkılarda bulunan ve bitki teşhisi hususunda yardımcı olan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Hayrettin KENDİR'e, değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. B. Cemil BİLGİLİ'ye teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarımda Orman Fakültesinin olanaklarını kullanmamı sağlayan ve her türlü kolaylığı gösteren Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ziya ŞİMŞEK'e teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarım sırasında arazide iş gücü desteği ve laboratuvar çalışmalarında destek olan Arş. Gör. Dr. Seval SÜNAL KAVAKLIGİL'e teşekkür ederim. ArcMAP programının kullanımı konusunda yardımlarından dolayı Arş. Gör. Dr. Semih EDİŞ, Arş. Gör. Sinan BULUT ve İskilip Orman İşletme Müdürlüğü Kunduzlu İşletme Şefi Bahadır BIYIK'a ve çalışma alanlarının iklim verilerinin temini konusunda yardımlarından ötürü Ziraat Mühendisi Dr. Fatih GÜREL'e teşekkür ederim. Son olarak, ailem oldukları için gurur ve mutluluk duyduğum, benden sevgi ve desteklerini esirgemeyen, bu zorlu süreçte hep yanımda olan ve bana inanan canım annem, kardeşim ve eşime binlerce kez teşekkür ederim.

"Yarı Kurak ve Yarı Nemli Meralarda İklim, Bitki ve Toprak Özelliklerinin Çoklu Etkileşimlerinin Analizi"adlı bu çalışma 2013-2021 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde "Doktora" tezi olarak sunulmuş olup, OF270516D03 nolu proje ile verilen destek için Çankırı Karatekin Üniversitesi Proje Yönetim Birimine teşekkür ederim.

Ülkü YILMAZ

2021

**İçindekiler**

**ÖZET**.....i
**ABSTRACT**.....ii
**TEŞEKKÜR**.....iii
**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**.....vii
**ŞEKİLLER DİZİNİ**.....viii
**ÇİZELGELER DİZİNİ**.....xii
**1. GİRİŞ**.....1
**2. KAYNAK ÖZETLERİ**.....6
**2.1 Meralarda Verimliliği Etkileyen Faktörler**.....6
**2.1.1 Toprak fiziksel özellikleri**.....7
**2.1.2 Toprak kimyasal özellikleri**.....31
**2.1.3 Besin elementi kapsamı**.....42
**2.1.3.1 Makro besin elementleri**.....44
**2.1.3.2 Mikro besin elementleri**.....61
**2.1.4 İklim özellikleri**.....67
**2.1.4.1 Yağış**.....68
**2.1.4.2 Sıcaklık**.....72
**2.1.4.3 Topografya**.....77
**2.1.4.4 Otlatma**.....79
**3. MATERYAL VE YÖNTEM**.....83
**3.1 Materyal**.....83
**3.1.1 Kurşunlu**.....83
**3.1.2 Ilgaz**.....85
**3.1.2 Çalışma alanlarının iklimi**.....87
**3.2 Yöntem**.....89
**3.2.1 Örnek sayısının belirlenmesi**.....89
**3.2.2 Örnekleme planı ve toprak örneklerinin alınması**.....90
**3.2.3 Vejetasyon ölçümü ve bitki örneklemesi**.....91
**3.2.3.1 Bitki ile kaplı alanın (%) hesaplanması**.....93
**3.2.3.2 Kaplama alanına göre botanik kompozisyon (%)**.....93
**3.2.4 Temel toprak analizleri**.....94
**3.2.4.1 Fiziksel analizler**.....94
**3.2.4.2 Kimyasal analizler**.....96

**3.2.5 Bitki analizleri** ..... 97
**3.2.6 İstatistiksel analizler** ..... 97
**3.2.7 Jeoistatistiksel analizler** ..... 98
**4. BULGULAR VE TARTIŞMA** ..... 105
**4.1 Kurşunlu Merasının Toprak Özelliklerine İlişkin Tanımsal İstatistikler** ..... 105
**4.2 Ilgaz Merasının Toprak Özelliklerine İlişkin Tanımsal İstatistikler** ..... 115
**4.3 Toprak Özelliklerine İlişkin Korelasyon Analiz Sonuçları** ..... 119
**4.4 Toprak Özelliklerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testleri** ..... 124
**4.5 Bitki Özelliklerine İlişkinTanımsal İstatistikler** ..... 126
**4.6 Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimin modellenmesi ve haritalanması** ..... 139
**4.6.1 Kum içeriği (%)** ..... 139
**4.6.2 Kil içeriği (%)** ..... 145
**4.6.3 Silt içeriği (%)** ..... 149
**4.6.4 Hacim ağırlığı** ..... 153
**4.6.5 Örnekleme esnasında toprak su içeriği (%)** ..... 158
**4.6.6 Toplam gözeneklilik (%)** ..... 163
**4.6.7 Tarla kapasitesi (%)** ..... 167
**4.6.8 Solma noktası (%)** ..... 171
**4.6.9 Bitkiye yarayışlı su içeriği (%)** ..... 175
**4.6.10 Agregat stabilitesi (%)** ..... 179
**4.6.11 $CaCO_3$ içeriği (%)** ..... 183
**4.6.12 Organik madde** ..... 187
**4.6.13 Toprak pH'sı** ..... 191
**4.6.14 Elektriksel iletkenlik (EC)** ..... 195
**4.6.15 Penetrasyon direnci** ..... 199
**4.6.16 Katyon değişim kapasitesi (KDK)** ..... 203
**4.6.17 Sodyum (Na) içeriği** ..... 208
**4.6.18 Potasyum (K) içeriği** ..... 212
**4.6.19 Kalsiyum (Ca) içeriği** ..... 216
**4.6.20 Magnezyum (Mg) içeriği** ..... 220
**4.6.21 Fosfor içeriği (P) içeriği** ..... 224
**4.6.22 Demir (Fe) içeriği** ..... 228
**4.6.23 Bakır (Cu) içeriği** ..... 232

**4.6.24 Mangan (Mn) içeriği** ..... 235
**4.6.25 Çinko (Zn) içeriği** ..... 239
**4.6.26 Bitki özelliklerinin uzaysal değişimin modellenmesi ve haritalanması** ..... 243
**5. SONUÇ VE ÖNERİLER** ..... 258
**KAYNAKLAR** ..... 265
**ÖZGEÇMİŞ** ..... 324

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| EC | Elektriksel İletkenlik |
| ºC | Santigrat Derece |
| m | metre |
| mm | Milimetre |
| $m^2$ | Metrekare |
| ha | Hektar |
| da | Dekar |
| kg | Kilogram |
| gr | Gram |
| dS | Desisiemens |
| mEq | Miliekivalan |
| µS | Mikrosiemens |
| mol | Mol |
| lt | Litre |
| ppm | Milyonda Bir |
| ° | Derece |
| % | Yüzde |
| < | Küçüktür |
| > | Büyüktür |
| BBHB | Büyük Baş Hayvan Birimi |
| KKHB | Küçük Baş Hayvan Birimi |
| AS | Agregat Stabilitesi |
| Subsp | Alt Tür |
| var. | Varyete |
| vd | ve diğerleri |
| vb | ve bunun gibi |
| D | Doğu |
| B | Batı |
| G | Güney |
| K | Kuzey |
| KB | Kuzeybatı |
| GD | Güneydoğu |
| GB | Güneybatı |
| KD | Kuzeydoğu |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 3. 1** Kurşunlu Çukurca köy merasının konumu ..... 84
**Şekil 3. 2** Kurşunlu'da ki çalışma alanından bazı görüntüler ..... 85
**Şekil 3. 3** Ilgaz merasının konumu ..... 86
**Şekil 3. 4** Çalışma alanı Ilgaz'dan bazı görüntüler ..... 86
**Şekil 3. 5** Çalışma alanında yapılan toprak örnekleme şekli ..... 90
**Şekil 3. 6** Penetrasyon ölçümü (solda) ve hacim ağırlığı örneklemesi (sağda) ..... 91
**Şekil 3. 7** Çalışmada kullanılan Lup (solda) ve her 20 cm'de işaretlenmiş lup hattı (sağda) ..... 92
**Şekil 3. 8** Merada yapılan bitki örneklemesi ..... 92
**Şekil 4. 1** Meralarda toprakların kum içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 139
**Şekil 4. 2** Mera topraklarının kum içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği ..... 141
**Şekil 4. 3** Kum içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 144
**Şekil 4. 4** Meralarda toprakların kil içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 145
**Şekil 4. 5** Mera topraklarının kil içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği ..... 146
**Şekil 4. 6** Kil içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 148
**Şekil 4. 7** Meralarda toprakların silt içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 149
**Şekil 4. 8** Mera topraklarının silt içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği ..... 150
**Şekil 4. 9** Silt içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 152
**Şekil 4. 10** Meralarda toprakların hacim ağırlığına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 153
**Şekil 4. 11** Mera topraklarının hacim ağırlığına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 154
**Şekil 4. 12** Hacim ağırlığının mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 157
**Şekil 4. 13** Meralarda toprakların örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 158
**Şekil 4. 14** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 160
**Şekil 4. 15** Örnekleme esnasında toprak su içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 162
**Şekil 4. 16** Meralarda toprak gözenekliliğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 163
**Şekil 4. 17** Mera toprak gözenekliliğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 164
**Şekil 4. 18** Toplam gözenekliliğin meralarda uzaysal değişim deseni ..... 166
**Şekil 4. 19** Meralarda toprakların tarla kapasitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 167
**Şekil 4. 20** Mera topraklarının tarla kapasitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 168
**Şekil 4. 21** Tarla kapasitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 170
**Şekil 4. 22** Meralarda toprakların solma noktasına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 171
**Şekil 4. 23** Mera topraklarının solma noktasına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 172

**Şekil 4. 24** Solma noktasının mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 174
**Şekil 4. 25** Meralarda toprakların bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 175
**Şekil 4. 26** Mera topraklarının bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 176
**Şekil 4. 27** Bitkiye yarayışlı su içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni 178
**Şekil 4. 28** Mera toprakların agregat stabilitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 179
**Şekil 4. 29** Mera topraklarının agregat stabilitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 180
**Şekil 4. 30** Agregat stabilitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 182
**Şekil 4.31** Mera toprakların $CaCO_3$ içeriğine (%) ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 183
**Şekil 4. 32** Mera topraklarının $CaCO_3$ içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri .. 184
**Şekil 4. 33** %$CaCO_3$ içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 186
**Şekil 4. 34** Meralarda toprakların organik madde içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 187
**Şekil 4. 35** Mera topraklarının organik madde içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 188
**Şekil 4. 36** Organik madde içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 190
**Şekil 4. 37** Meralarda toprakların pH'sına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 191
**Şekil 4. 38** Mera topraklarının pH'sına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 192
**Şekil 4. 39** pH'nın mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 194
**Şekil 4. 40** Meralarda toprakların elektriksel iletkenliğe ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 195
**Şekil 4. 41** Mera topraklarının elektriksel iletkenliğe ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 196
**Şekil 4. 42** Elektriksel iletkenliğin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 198
**Şekil 4. 43** Meralarda toprakların penetrasyon direncine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 199
**Şekil 4. 44** Mera topraklarının penetrasyon direncine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 200
**Şekil 4. 45** Penetrasyon direncinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 202
**Şekil 4. 46** Meralarda toprakların katyon değişim kapasitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 203
**Şekil 4. 47** Mera topraklarının katyon değişim kapasitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 204
**Şekil 4. 48** Katyon değişim kapasitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni 207
**Şekil 4. 49** Meralarda toprakların Na içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 208
**Şekil 4. 50** Mera topraklarının Na içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 209
**Şekil 4. 51** Sodyum (Na) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 211

**Şekil 4. 52** Meralarda toprakların K içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 212
**Şekil 4. 53** Mera topraklarının K içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 213
**Şekil 4. 54** Potasyum (K) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 215
**Şekil 4. 55** Meralarda toprakların Ca içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 216
**Şekil 4. 56** Mera topraklarının Ca içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 217
**Şekil 4. 57** Kalsiyum (Ca) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 219
**Şekil 4. 58** Meralarda toprakların Mg içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 220
**Şekil 4. 59** Mera toprakların Mg içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 221
**Şekil 4. 60** Magnezyum (Mg) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni.. 223
**Şekil 4. 61** Meralarda toprakların P içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 224
**Şekil 4. 62** Mera toprakların P içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği ..... 225
**Şekil 4. 63** Fosfor (P) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 227
**Şekil 4. 64** Meralarda toprakların Fe içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 228
**Şekil 4. 65** Kurşunlu merası toprakların Fe içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 229
**Şekil 4. 66** Demir (Fe) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 231
**Şekil 4. 67** Meralarda toprakların Cu içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 232
**Şekil 4. 68** Mera toprakların Cu içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 233
**Şekil 4. 69** Bakır (Cu) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 234
**Şekil 4. 70** Meralarda toprakların Mn içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 235
**Şekil 4. 71** Mera toprakların Mn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 236
**Şekil 4. 72** Mangan (Mn) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 238
**Şekil 4. 73** Meralarda toprakların Zn içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 239
**Şekil 4. 74** Mera toprakların Zn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 240
**Şekil 4. 75** Çinko (Zn) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni ..... 242
**Şekil 4. 76** Mera bitki örneklerindeki makro besin elementi içeriklerine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 243
**Şekil 4. 77** Mera bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 245
**Şekil 4. 78** Kurşunlu merasında bitki örneklerinin makro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri ..... 248
**Şekil 4. 79** Ilgaz merasında bitki örneklerinin makro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri ..... 250
**Şekil 4. 80** Mera bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları ..... 251
**Şekil 4. 81** Mera bitki örneklerindeki Zn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri ..... 253

**Şekil 4. 82** Kurşunlu merası bitki örneklerinin mikro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri ..... 255
**Şekil 4. 83** Ilgaz merası bitki örneklerinin mikro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri ..... 256

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 3. 1** Çalışma alanına ait 2007-2019 yılları arasındaki iklimsel veriler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır).....87
**Çizelge 3. 2** Çalışma alanına ait 2015-2019 yılları arasındaki iklimsel veriler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır).....88
**Çizelge 4. 1** Kurşunlu merası 0-10 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400).....106
**Çizelge 4. 2** Kurşunlu merası 10-20 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400).....107
**Çizelge 4. 3** Ilgaz merası 0-10 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400).....115
**Çizelge 4. 4** Ilgaz merası 10-20 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400).....116
**Çizelge 4. 5** Kurşunlu merası topraklarının bazı özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları (0-20 cm, N= 400).....121
**Çizelge 4. 6** Ilgaz merası toprakların topraklarının bazı özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları (0-20 cm, N= 400).....122
**Çizelge 4. 7** Çalışma alanında toprak özelliklerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....124
**Çizelge 4. 8** Çoklu karşılaştırma test sonuçları.....125
**Çizelge 4. 9** Meraların bitki ile kaplı alan değerleri (%).....126
**Çizelge 4. 10** Meralarda azalıcı, çoğalıcı ve istilacı karakterli bitki sayısı (%).....126
**Çizelge 4. 11** Kurşunlu merasında teşhis edilen bitkiler.....129
**Çizelge 4. 12** Ilgaz merasında teşhis edilen bitkiler.....131
**Çizelge 4. 13** Araştırma alanındaki meraların yeşil ve kuru ot verimleri.....132
**Çizelge 4. 14** Araştırma alanındaki meralarda saptanan yeşil ve kuru ot verimi (kg/da) ile ilgili t-testi sonuçları.....132
**Çizelge 4. 15** Kurşunlu merası bitki örneklerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerine ilişkin tanımsal istatistikler.....133
**Çizelge 4. 16** Ilgaz merası bitki örneklerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerine ilişkin tanımsal istatistikler.....133
**Çizelge 4. 17** Kurşunlu merası bitki makro-mikro besin elementleri ile toprak özellikleri arasında korelasyon analizi (N:70).....135
**Çizelge 4. 18** Ilgaz merası bitki makro-mikro besin elementleri ile toprak özellikleri arasında korelasyon analizi (N:70).....136
**Çizelge 4. 19** Kum içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri.....140
**Çizelge 4. 20** Kum içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....142
**Çizelge 4. 21** Kum içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri.....142
**Çizelge 4. 22** Kil içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri.....145
**Çizelge 4. 23** Kil içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....146
**Çizelge 4. 24** Kil içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri.....147

**Çizelge 4. 25** Silt içeriğine ilişkin isotropik semivaryogram model parametreleri ..... 149
**Çizelge 4. 26** Silt içeriğine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları..... 150
**Çizelge 4. 27** Silt içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri..... 150
**Çizelge 4. 28** Hacim ağırlığına ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 153
**Çizelge 4. 29** Hacim ağırlığına ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları ..... 154
**Çizelge 4. 30** Hacim ağırlığına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 155
**Çizelge 4. 31** Örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 158
**Çizelge 4. 32** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları..... 160
**Çizelge 4. 33** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri..... 160
**Çizelge 4. 34** Toprak gözenekliliğine ilişkin semivaryogram model parametreleri..... 163
**Çizelge 4. 35** Toprak gözenekliliğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları..... 164
**Çizelge 4. 36** Toprak gözenekliliğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 164
**Çizelge 4. 37** Tarla kapasitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 167
**Çizelge 4. 38** Tarla kapasitesine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları ..... 168
**Çizelge 4. 39** Tarla kapasitesi için ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri..... 168
**Çizelge 4. 40** Solma noktasına ilişkin semivaryogram model parametreleri..... 171
**Çizelge 4. 41** Solma noktasına ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları..... 172
**Çizelge 4. 42** Solma noktasına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 173
**Çizelge 4. 43** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 175
**Çizelge 4. 44** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları..... 176
**Çizelge 4. 45** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri..... 176
**Çizelge 4. 46** Agregat stabilitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 179
**Çizelge 4. 47** Agregat stabilitesine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları ..... 180
**Çizelge 4. 48** Agregat stabilitesine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 181
**Çizelge 4. 49** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri..... 183
**Çizelge 4. 50** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 184
**Çizelge 4. 51** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 185
**Çizelge 4. 52** Organik madde içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..187
**Çizelge 4. 53** Organik madde içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 188
**Çizelge 4. 54** Organik madde içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri..... 189
**Çizelge 4. 55** Toprak pH'sına ilişkin semivaryogram model parametreleri..... 192
**Çizelge 4. 56** Toprak pH'sına ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları..... 192

**Çizelge 4. 57** Toprak pH'sına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 193
**Çizelge 4. 58** Toprak elektriksel iletkenliğe ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 195
**Çizelge 4. 59** Toprak elektriksel iletkenliğe ilişkin ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 196
**Çizelge 4. 60** Elektriksel iletkenliğe ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 196
**Çizelge 4. 61** Penetrasyon direncine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 199
**Çizelge 4. 62** Penetrasyon direncine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 200
**Çizelge 4. 63** Penetrasyon direncine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 201
**Çizelge 4. 64** Katyon değişim kapasitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 203
**Çizelge 4. 65** Katyon değişim kapasitesine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 204
**Çizelge 4. 66** Katyon değişim kapasitesine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 205
**Çizelge 4. 67** Toprakların Na içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 208
**Çizelge 4. 68** Toprakların Na içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 209
**Çizelge 4. 69** Toprakların Na içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 209
**Çizelge 4. 70** Toprakların K içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 212
**Çizelge 4. 71** Toprakların K içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 213
**Çizelge 4. 72** Toprakların K içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 213
**Çizelge 4. 73** Toprakların Ca içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 216
**Çizelge 4. 74** Toprakların Ca içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 217
**Çizelge 4. 75** Toprakların Ca içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 217
**Çizelge 4. 76** Toprakların Mg içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 220
**Çizelge 4. 77** Toprakların Mg içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 221
**Çizelge 4. 78** Toprakların Mg içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 221
**Çizelge 4. 79** Toprakların P içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 224
**Çizelge 4. 80** Toprakların P içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 225
**Çizelge 4. 81** Toprakların P içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 225
**Çizelge 4. 82** Toprakların Fe içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 228
**Çizelge 4. 83** Toprakların Fe içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 229
**Çizelge 4. 84** Toprakların Fe içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 229
**Çizelge 4. 85** Toprakların Cu içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri ..... 232
**Çizelge 4. 86** Toprakların Cu içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları ..... 233
**Çizelge 4. 87** Toprakların Cu içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri ..... 233

**Çizelge 4. 88** Toprakların Mn içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri..235
**Çizelge 4. 89** Toprakların Mn içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....236
**Çizelge 4. 90** Toprakların Mn içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri.....237
**Çizelge 4. 91** Toprakların Zn içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri...239
**Çizelge 4. 92** Toprakların Zn içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....240
**Çizelge 4. 93** Toprakların Zn içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri.....240
**Çizelge 4. 94** Bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin semivaryogram model parametreleri .....244
**Çizelge 4. 95** Bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....246
**Çizelge 4. 96** Bitkilerin makro besin elementi içeriklerine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri .....247
**Çizelge 4. 97** Bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin semivaryogram model parametreleri .....252
**Çizelge 4. 98** Bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerin ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları.....254
**Çizelge 4. 99** Bitkilerin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri .....254

# 1. GİRİŞ

Yeryüzündeki önemli vejetasyon tiplerinden biri olan meralar, hayvanlara ucuz ve kaliteli yem sağlayan en önemli doğal kaynaklardır (Sala and Paruelo 1997). Meralar mineral ve vitaminlerce zengin otlara sahip olması ve buna bağlı olarak kaliteli hayvansal ürün elde edilmesi açısından hayvan beslenmesinde büyük bir öneme sahiptir (Serin 2001). Mera vejetasyonunda yer alan bitkilerin ham protein oranı %12–20 (Gökkuş 2014) ve sindirilme oranı %60–70 arasında değişmektedir (Molina *et al.* 1997). Dünya'da hayvanların ihtiyaç duyduğu kaba yemin %70'i (Lund 2007), Türkiye'de ise yaklaşık %30'u meralardan karşılanmaktadır (Babalık ve Sarıkaya 2015). Meralar hayvanlar için doğal yem kaynağı olmasının yanı sıra, bitkisel gen kaynağı olması gibi önemli fonksiyonlar üstlenmişlerdir (Gökkuş vd. 1993, Heady and Sampson 2007).

Bu fonksiyonların dışında, meralar toprak ve su koruma bakımından önemli bitki örtülerine sahiptir (Altın *et al.* 1999). Meralarda, bitki örtülerinin toprağı kaplama oranı %30'un üzerinde olduğu takdirde erozyona karşı etkin koruma sağlanmaktadır (Marshall 1973, Singer and Le Bissonnais 1998). Ancak vejetasyonda var olan bitki türlerinin de erozyona karşı olan dirençleri birbirinden farklılık göstermektedir (Balabanlı vd. 2005). Yumak oluşturan bitkiler, dip kısımlarında bıraktıkları sık kardeşleri sayesinde suyun kinetik enerjisini azaltarak yüzey akışını engellemeleri sayesinde (Faulkner 1990, Altın vd. 1999), çim formlu bitki türlerine göre erozyonu önlemede daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Zhu *et al.* 2015). Ülkemizde meraların bitki ile kaplılık oranları %10-27 arasında değişmekte olup (Özüdoğru 2000), 45-120 kg/da kuru ot verimi ile dünya ortalamasının yaklaşık 1/3'ü düzeyindedir (Babalık 2008). Kuru ot bakımından en fazla verim Karadeniz bölgesi (100 kg/da) ve Doğu Anadolu (90 kg/da) bölgesinden elde edilmektedir (Özkan 2020).

Doğal denge açısından büyük bir öneme sahip meraların %70'inde senelerden beri devam eden erken ve aşırı otlatılmaları nedeniyle bitki örtüsü zayıflamıştır (Erkun 1999). Bunun yanı sıra, otlatma olgunluğuna gelmemiş olan mera bitkilerinin yeni

büyümeye başladığı ve tam olarak gelişmediği erken ilkbahar ve geç sonbahar dönemlerinde otlatılması, bitki örtüsünün zarar görmesine ve mera kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır (Guo 2004, Balabanlı vd. 2005). Meradaki bozulma ile birlikte yem değeri düşük yabancı ot niteliğindeki diğer familya bitkilerinin vejetasyondaki oranı artmaktadır (Şılbır ve Polat 1996). Erken ilkbahar ve geç sonbahar dönemlerinde hayvan otlatılması ile mera veriminde yaklaşık %30 kayıplar gözlenmiştir (Laycock 1967). Özellikle yağışlı sonbahar mevsimlerinde yapılan otlatma ilkbahara göre çok daha yüksek verim kayıplarına neden olmaktadır (Gökkuş vd. 1993). Bunun sonucunda da meralar klimaks vejetasyonunu kaybetmektedirler (Adler *et al.* 2004, Gür vd. 2015).

Kaybolan vejetasyonun yerine kalitesiz ve besleme değeri düşük yabancı ot niteliğindeki bitki türleri gelmektedir (Açıkgöz 2001, Türk vd. 2003). Zayıflayan bitki örtüsü toprağı tutamayacak duruma geldiğinde (Çomaklı vd. 2012) ise toprak erozyon riski ciddi boyutlara ulaşmaktadır (Yavuz ve Karagül 2014). Erozyonla kaybolan meraların yanı sıra ülkemizde 1950'li yıllardan itibaren mekanizasyonun gelişmesine bağlı olarak meraların sürülerek tarım arazisine dönüştürülmesiyle 46,5 milyon ha olan mera varlığı yaklaşık 3 kat azalarak 11 milyon hektara gerilemiştir (TÜİK 2009, URL1 2021). Bu süreçte mera alanlarının azalmasına bağlı olarak birim alanda otlayan hayvan sayısında da yaklaşık 3 katı oranında bir artış gerçekleşmiş ve mera tahribatı ciddi boyutlara ulaşmıştır (İptaş ve Karadağ 2010). Erozyon ile büyük toprak kayıplarının yaşanmadığı meralarda sekonder süksesyonla yeniden klimaks vejetasyonuna ulaşılabilir (Tosun 1996).

Bunun gerçekleşebilmesi için meralarda orijinal bitki türlerinin az bir kısmının da olsa alanda mevcut olması gerekmektedir (Türk vd. 2003). Ancak kurak ve toprağın aşırı derecede tahrip olduğu alanlarda, ekosistemin bu şekilde yenilenmesi için birkaç yüz yıllık süreye ihtiyaç vardır (Collins and Adams 1983). Bu nedenle bu süreci başlatabilmek ve hızlandırabilmek adına insan müdahalesi gerekmektedir (Öner vd. 2016). Bu alanların mera ıslah yöntemleri ile verimli hale getirilmesi (rehabilitasyonu), meraların fonksiyonlarının geri kazanılması açısından son derece önemlidir. Türkiye'nin mera varlığının yaklaşık %1,73'üne (227,745 ha) sahip olan Çankırı

(Kuşvuran vd. 2011) kurak ve yarı-kurak iklim bölgelerinde yer almaktadır (Gökkuş 2014). Renner *et al.* (2007) mera vejetasyonu içerisinde yer alan bitki örtüsündeki değişikliklerin kuraklığın devam etmesi sonucunda meydana geldiğinin altını çizmiştir. Kuraklık stresine bağlı olarak da mera vejetasyonu içerisindeki bitkilerin gelişmeleri gerilemekte ve bu bitkilerin alan bazında verimliliklerinde düşüş görülmektedir (Skarpe 2001). Mera vejetasyonu içerisindeki buğdaygil-baklagil oranları iklim koşulları (yağış, sıcaklık, nem) doğrultusunda şekillenir (Ganskopp and Bohnert 2007). Vejetasyon içerisindeki bitkilerin yem kalitesi ise çevre koşulları (yükselti, eğim, bakı) ve toprak özellikleri tarafından belirlenir (Kaya 2008). Mera verimliliğinin değerlendirilebilmesi ve etkin bir mera amenajman planının uygulanabilmesi adına bu faktörler arasındaki ilişkilerin ve etkileşimlerin belirlenmesi oldukça önemlidir (Kendir 1999). Yapılması öngörülen mera ıslah çalışmalarında kriter olarak sadece ot verimi değil aynı zamanda toprağa yapılan müdahalelerin sonuçları iyi değerlendirilmelidir (Schlesinger and Pilmanis 2013).

Mera kalitesinin belirlenmesinde tek başına ot veriminin kriter olarak alınması doğru değildir (Klaus *et al.* 2013). Etkili bir mera amenajman planının yapılabilmesi için mera kalitesinin tüm boyutlarıyla ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda mera kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktör olan toprakların bitki besin elementi içeriklerinin bilinmesi oldukça önemlidir (Güsewell and Koerselman 2002). Ayrıca besin elementi içeriği ile ilişkili toprak özelliklerinin zamansal ve uzaysal olarak değişiminin bilinmesine de ihtiyaç duyulmaktadır (Klaus *et al.* 2013). Bitki kalitesi açısından önemli olan besin elementlerinin bitkilere yarayışlılığını kontrol eden toprak süreçlerinin belirlenmesi meraların değerlendirilmesi ve ıslahında önemli avantajlar sağlayacaktır (Pyke *et al.* 2007). Farklı iklim, topografya ve coğrafik konumlarda mera kalitesi ile toprak özellikleri arasındaki uzaysal ilişkilerin bilinmesi ile mera yönetimi ve ıslahında daha sistematik bir yaklaşım sergilenebilir (Herrick *et al.* 2006). Özellikle toprak özelliklerinin uzaysal yapısının belirlenip uygulamada doğru bir şekilde kullanılabilmesi için de pedojenik süreçlerin yeterince anlaşılıp yorumlanması gerekmektedir (Parkin 2010, Lark 2012). Mera kalitesi ve toprak faktörleri arasındaki etkileşimler zamana ve mekâna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Waide *et al.* 2002, Lomolino and Rosenzweig 2007, Schlesinger and Pilmanis 2013). Larson and

Pierce (1994) amenajman uygulamalarında bu fonksiyonlardaki zaman ve mekâna bağlı değişimin mutlaka hesaba katılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu değişimin hesaba katılması mera amenajman uygulamalarının planlanması ve değerlendirilmesi bakımından da son derece önemlidir (Torres *et al.* 2017). Herhangi bir özelliğin (örneğin, toprak organik madde içeriği) arazide birbirine yakın iki noktada ölçülen değerleri, aynı özelliğin birbirlerine daha uzak iki noktadaki değerlerine göre daha benzerdir ve bu benzerlik mesafe artıkça azalır. Belirli bir özelliğinin mesafeye bağlı olarak kendine benzerliği otokorelasyon olarak adlandırılır ve otokorelayonun mesafe ile değişimi ise ilgili özelliğin uzaysal yapısını belirler (Mulla and McBratney 1991). Benzerliğin azalmasına bağlı olarak belirli bir mesafeden (range) sonra örnekler arasındaki benzerlik yani uzaysal bağımlılık son bulmaktadır (Goovaerts 1999, Webster and Oliver 2006). Mera kalitesini etkileyen toprak özellikleri arazide uzaysal değişkenlik gösterdiğinden bu özelliklerin arazi üzerindeki her bir noktada ölçülmesi imkânsızdır (Robertson *et al.* 1988). Bunun yerine, toprak özelliklerinin ilgili arazideki uzaysal yapısı modellenerek tanımlanabilmektedir. Son 40 yılda çevre bilimlerinde kullanımı giderek yaygınlaşan jeostatistiksel yöntemler bu amaç için özellikle tercih edilmektedir. Jeoistatistik incelenen özelliğe ait veriler arasındaki mesafeyi hesaba katarak uzaysal ilişkinin modellenmesine ve bu ilişkilerin haritalandırılmasına imkân veren önemli bir veri analiz yöntemidir (Isaaks and Srivastava 1989, Webster 2001).

Birçok araştırmacı bir toprak özelliğine komşu noktalardaki değerlerin birbirleriyle olan ilişkisinin klasik istatistik yöntemlerle değil, jeoistatistiksel yöntemlerle analiz edilebileceğini belirtmektedirler (McBratney and Webster 1986, Erşahin 1999, Rutter 2006, Cambardella *et al.* 2010). Trangmar *et al.* (1986) toprak özelliklerinin uzaysal yapısının jeoistatistiksel analizinde örnekleme noktaları arasındaki mesafenin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmalarda incelenen özelliğin örnekleme noktaları arasındaki minimum uzaklığın (lag) jeoistatistiksel analizde önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir (Trangmar *et al.* 1986). Örneğin Lee *et al.* (2011) gerçekleştirmiş olduğu jeoistatistiksel analizler sonucu meralarda yeşil ot verimi ve ham proteinin değerlendirilebilmesi için örnekleme mesafesinin 15 m'nin altında tutulması gerektiğini, bu mesafenin üzerinde yapılan örneklemelerde uzaysal ilişkinin kaybolduğunu belirtmişlerdir. Jeoistatistiksel çalışmalarda elde edilen sonuçlar yeşil ot verimi ve ham

protein ile ilgili ileride yapılacak çalışmalarda örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin belirlenmesinde yardımcı olabilir. Trangmar *et al.* (1986) ve Goovaerts (1999) örnekleme mesafesinin belirlenebilmesinde range mesafesinin dikkate alınmasının oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır. Zhou *et al.* (2008) otlatmanın kontrollü yapıldığı merada toprak azot içeriği için range mesafesini 14,69 m olarak bulmuş ve bu mesafeden sonra uzaysal bağımlılığın yok olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar lag mesafesini 1m alarak meradaki bitkilerin yaşam formlarına göre uzaysal yapısını incelemiş ve tek yıllık bitkiler için uzaysal bağımlılığın 30,99 m, çok yıllık bitkiler için ise 1,56 m olduğunu rapor etmişlerdir. Schlesinger *et al.* (1996) yeknesak bitki örtüsüne sahip meralarda ağaçlık alanlara göre toprak özelliklerinin uzaysal bağımlılık mesafesinin (range) daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Türkiye'de ve özellikle de İç Anadolu Bölgesinde meralarla ilgili olarak çok sayıda araştırma yapılmış olmasına rağmen bunların toprak özellikleri ile ilişkilerini ayrıntılı olarak konu alan araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Toprakta bulunan bitki besin elementlerinden bitkilerin ne oranda faydalandığı özellikle mera ıslahında önemli bir husustur. Çünkü topraktan bitkiye aktarılan bu besinler meraların otlanmasıyla hayvanlara buradan da besin zincirinde son tüketici olan insana aktarılmaktadır. Bu çalışmada tipik yarı-kurak ve yarı-nemli alanları temsilen seçilen iki farklı mera kesiminde toprak özellikleri ile bitki özellikleri arasındaki çoklu ilişkiler incelenerek, bitki ve toprak özelliklerinin uzaysal yapılarının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Toprak özellikleri ile bitki özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri kullanılarak belirlenmiştir. Toprak ve bitki özelliklerinin uzaysal değişkenliği ise jeoistatistiksel yöntemlerle analiz edilmiş ve her bir özelliğin yüzey haritası oluşturulmuştur.

# 2. KAYNAK ÖZETLERİ

## 2.1 Meralarda Verimliliği Etkileyen Faktörler

Canlı bir varlık olan mera vejetasyonu ile toprak birbirleriyle çok yönlü etkileşim içerisinde olup, vejetasyon ile toprak verimliliği arasında oldukça yakın bir ilişki söz konusudur (York 2012). Toprak, merada bitki gelişiminin anahtar faktörü olup aynı zamanda yenilenemeyen önemli bir kaynaktır (Carter *et al.* 1998). Bu nedenle sürdürülebilir bir mera ıslah ve amenajmanının uygulanabilmesi için toprağın kalitesinin korunması oldukça önemlidir (Gardi *et al.* 2002). Bunun yanısıra mera verimliliğinin değerlendirilmesinde vejetasyon ve toprak özellikleri arasındaki etkileşimin hangi yönde olduğunun ortaya konması gerekmektedir.

Baklagil yem bitkilerinin köklerinde simbiyotik olarak yaşayan bakteriler havanın serbest azotunu toprağa bağlaması ile bitki ve toprak arasındaki pozitif etkileşime örnek olarak gösterilebilir (Reynolds *et al.* 2003). Ancak bu birliktelik suksesyon aşamalarının ilk basamağında gerçekleşecek olursa, ileriki aşamalarda toprak-bitki arasındaki negatif bir etkileşimin ortaya çıkmasına zemin hazırlama ihtimali de bulunmaktadır (Van der Putten *et al.* 2013). Van der Putten *et al* (1988) negatif etkileşime *Ammophila arenaria* (sahil otu) bitkisini örnek göstermişlerdir. Araştırmacılar bu bitkinin rüzgâr depozitlerinin oluşturduğu kumul tepeciklerine iyi adapte olduğunu ve bu kum depozitlerinin de bu bitkiyi toprak zararlılarından koruyarak etkileşim yönünün pozitif yönde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Ancak rüzgârın etkisiyle kum taneciklerinin taşınması ile bitki köklerinin patojenlere açık hale gelerek bitkinin vejetasyondan çekilmesiyle de etkileşimin negatif olarak yön değiştirdiği görülmüştür.

Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri arazide bitki örtüsünün dağılımı ve değişkenliğinde belirleyici olurken (McColley and Hodgkinson 2007), bitkiler de sap ve kök artıklarıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliğe neden olmaktadırlar (Van Dam *et al.* 2010). Bitki-toprak etkileşiminin doğru yorumlanarak

ileriye doğru sağlıklı bir amenajman planlamasının yapılabilmesi için öncelikli olarak toprak özelliklerinin iyi anlaşılması gerekmektedir (Van der Putten *et al.* 2013). De Rooij-van Der Goes *et al.* (1998) bitki ve toprak arasındaki etkileşimin doğru yorumlanabilmesi için öncelikli olarak bitki örtüsündeki uzaysal ve zamansal değişimlerin açıklanması gerektiğini savunmuşlardır. Casper and Castelli (2007) ise bitki-toprak etkileşiminin açıklanması için yapılacak çalışmaların daha gerçekçi koşullar ve zamansal ölçeklerde yürütülmesinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışı, yıllık ortalama yağış miktarında ki düşüşler gibi değişimler mera verimliliğinde ciddi azalmalara neden olmaktadır (Eatherall 1997). İklim değişikliği aynı zamanda bitki, toprak ve mikroorganizma faaliyetlerini de etkileyerek karbon ve besin döngüsünde de etkili bir faktör haline gelmeye başlamıştır (De Vries *et al.* 2012). Ülkemizde de hayvancılığın büyük bir bölümü meraya bağlı yapıldığı düşünülürse, mera-toprak-iklim ilişkilerinin çok iyi analiz edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir.

### 2.1.1 Toprak fiziksel özellikleri

Bitki büyümesini ve toprak kalitesini etkileyen faktörlerin başında toprağın fiziksel özellikleri gelmektedir (Dexter 2004). Toprak fiziksel özellikleri topraktaki su ve besin elementlerinin bitki doku ve organlarına taşınmasında önemli bir etkiye sahiptir (Li *et al.* 2012). Aynı zamanda toprağın fiziksel özellikleri toprak içerisinde gerçekleşen kimyasal ve biyolojik süreçlere yön veren yegâne faktörlerdir (Rowell 2014). Bu faktörlerin içerisine yer alan toprak suyu yarı-kurak alanlarda mera kalitesini sınırlayan önemli bir toprak fiziksel özelliğidir (Walker *et al.* 2006, Mendoza *et al.* 2011).

Toprak suyu bitkilerin gelişmesi ve topraktaki biyokimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesinde hayati bir öneme sahiptir (Pachepsky 2008). Toprakta olduğu gibi bitki bünyesinde de cereyan eden fizyolojik ve kimyasal reaksiyonların gerçekleşebilmesi için suya ihtiyaç duyulur (Özgöz *et al.* 2013). Bu reaksiyonlardan bitkiler için en önemlisi olan fotosentez ile organik bileşiklerin sentezlenmesinde su aktif olarak rol oynar (Larcher 2003). Aynı zamanda bitkiler, gelişmeleri için gerekli

olan besin elementlerini toprak çözeltisi içerisinden su ile birlikte çözünmüş olarak alırlar (Lowery *et al.* 1996). Dipolar özelliğe sahip su molekülleri, toprak kolloidleri yüzeylerine negatif kısımlarıyla kuvvetli bir şekilde bağlanarak ve ince bir su tabakası oluşturarak (Brady and Weil 2010) toprak gözenekleri içerisinde adhezyon ve kohezyon kuvvetlerinin karşılıklı etkileşimi sonucu oluşan kapillar kuvvetler sayesinde toprakta tutulur (Hillel 2013). Wang *et al.* (2018) 10 farklı merada yapmış oldukları çalışmada *Artemisia vestita* Wall. ex Bess. bitki bünyesindeki su potansiyelinin (4,6 kPa) *Artemisia capillaris* Thunb. ve *Astragalus melilotoides* Pall. bitkilerindeki su potansiyelinden 3,8 kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Suyun toprakta tutulması ve hareketini kontrol eden en önemli faktör toprağın gözenek geometrisidir. Gözenek geometrisi içerisinde yer alan gözeneğin çapı, büyüklüğü ve dağılımı dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdir (Brady and Weil 2010). Örneğin mezo gözeneklerdeki azalma genellikle tarla kapasitesinde daha az su tutulmasına neden olur. Jabro *et al.* (2010) korunan bir merada toplam gözeneklilik ile hacimsel su içeriği arasındaki uzaysal ilişkiyi semivaryogramlar kullanarak analiz etmiştir. Araştırmacılar en düşük hata kareler toplamı ($6{,}4\times10^{-7}$) ve nugget ($6\times10^{-5}$) ile en yüksek $R^2$ değeri (0,96) kriterlerini baz alarak bu iki değişken için en uygun semivaryogram modelini küresel olarak belirlemişlerdir.

Yaşar Korkanç and Korkanç (2016) üç farklı lokasyonda bulunun meralarda yürüttüğü çalışmasında 0-20 cm toprak derinliğinde toplam gözenekliliğin %45,25'ten % 52,28 yükselmesi durumunda toprağın su tutma kapasitesindeki artışın istatistiksel olarak önemli olduğunu bulmuşlardır. Suyun yerçekimi kuvvetine karşı tutulabilmesi için toprak gözenek çapının küçük olması gerekmektedir (Cannell 1985). Wu *et al.* (2016) yapmış oldukları bir çalışmada *Agropyron cristatum* ve *Artemisia sacrorum* bitkilerinin bulunduğu bir merada 0-5 cm toprak derinliğindeki tarla kapasitesini % 30, *Poa subfastigiata, Vicia amoena f. albiflora* bitkilerinin olduğu merada %33 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar zaman ilerledikçe merelara yapılan ıslah çalışmalarının 5- 50 cm toprak derinliğinde tarla kapasitesinde artış sağladığını belirtmişlerdir. Kumlu topraklarda bulunan çok sayıdaki makro gözenekler suyun toprak içerisine girişini kolaylaştırır. Ancak toprak içerisine kolaylıkla giren bu su yerçekiminin etkisiyle toprak profilinden sızarak hızlıca uzaklaşmaktadır. Wang *et al.* (2013) tarafından da toprak su

tutma kapasitesinin derinlik ve toprak tekstürüne bağlı olarak değişim gösterdiği vurgulanmıştır. Wu *et al.* (2016) tarım arazilerinin meraya dönüştürüldüğü alanlarda 15 yıl sonra alt toprak katmanlarındaki (10-50) rehabilitasyonun toprak su tutma kapasitesine üzerine olan etkisi üst toprak katmanlarına göre (0-10 cm) daha az olduğunu belirtmişlerdir. Singh *et al.* (1998) kurak bölgelerde kumlu toprakların bitkilerin kullanımı için daha fazla suya sahip oldukları şeklinde bir yorum getirmişlerdir ve literatürden farklı olarak kumlu toprakların ince bünyeli topraklara göre daha fazla üretken olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak birçok araştırmacı bu görüşün aksine çalışmalarında killi tınlı toprakların en yüksek, kumlu tınlı toprakların ise en düşük alınabilir su miktarına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Li *et al.* (2006) toprağın kum içeriği arttıkça mera kalitesinin azaldığını belirtmişlerdir. Örneğin Jacobs *et al.* (2004) %27 kil içeren toprakların uzun süre nemli kalabildiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Cable (1980) kilin kuma göre daha fazla su tuttuğunu bildirirken, Herbel *et al.* (1972)'in kuraklığın meralar üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmalarında ince bünyeli toprakların kaba bünyeli olanlar göre daha uzun süre nemli kalabildiğini ve çok yıllık mera bitkililerinin bu sudan uzun süre faydalanabildiğini gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar, su tutma kapasitesi yüksek olan toprakların yağışlardan sonra uzun süre suyu tutabilme özelliklerinden dolayı bu topraklarda bulunan bitkilerin yağmur sonrası kuraklıktan korunabildiğini ancak buradaki mekanizmanın tam olarak anlaşılamadığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Gao *et al.* (2011) yapmış oldukları bir çalışmada orta düzeyde kil içeren toprakların uzun süre nemli kalabildiğini belirtmişlerdir.

Günümüzde mera ve ormanlık alanlarında toprak su içeriğinin karşılaştırıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Hatta bazı ülkelerde yapılmış çalışmalarda, farklı arazi kullanım türlerinin toprak suyu üzerine olan etkilerinin önemsiz olduğu da bildirilmiştir (Venkatesh *et al.* 2011). Ancak birçok araştırmacıya göre farklı arazi tiplerinin toprak su içeriği bakımından kıyaslanması yapılırken alanın yağış rejimi ve toprak özelliklerindeki farklılıkların göz ardı edilmesinin hatalı sonuçlara neden olacağı vurgulanmıştır (Wang 2001, Foley *et al.* 2005, Schymanski *et al.* 2009, Gao *et al.* 2011, Liu *et al.* 2012, Yao *et al.* 2012). Peltzer (2001) Kanada'da iki yıl boyunca yürüttüğü çalışmasında lizimetreleri kullanarak ve bitki köklerinin topraktan aldığı suyu ihmal

ederek toprak nem içeriğindeki değişimini belirlemiştir. Araştırmacı meralarda toprak nem içeriğinin ormanlık alanlara göre daha düşük olduğunu belirtmiştir. Bu sonuçların aksine aynı çalışma alanında James *et al.* (2003) iki farklı toprak derinliği için (10 cm ve 30 cm) su alımında aktif rol oynayan bitki köklerini de dâhil ederek toprağın nem içeriğini belirledikleri çalışmalarında merada toprak nem içeriğinin ormanlık alanlara göre istatistiksel anlamda önemli derecede fazla olduğunu bildirmişlerdir. Peltzer (2001) farklı sonuç bulmalarını bitki kökleri tarafından alınan su miktarının toprak su içeriğinde yüksek değişkenliğe neden olmasına bağlamıştır. Shouse *et al.* (1995) nemli koşullar altında toprak neminin düşük varyasyon görülmesinin sebebini tekstürün uzaysal değişkenliğinin büyük por sınıflarını etkilemesinden kaynaklandığı şeklinde yorum getirmiştir. Balcı (1996) ise ormanlarda toprak su içeriğinin fazla olmasının sebebini orman vejetasyonu içerisinde yer alan ağaçların kendi boyunun 10 katı mesafede toprağa gölgeleme etkisi yaparak evapotranspirasyonu %32 oranında azaltmasından kaynaklandığını ileri sürmüştür. Bu çalışmaların aksine Mitchell *et al.* (1993) mesic nem rejiminde bulunan mera ve ormanlık alanları toprak nemi bakımından kıyasladığı çalışmasında istatistiki anlamda bir farklılık bulamamıştır. Diğer taraftan Zhao *et al.* (2007) farklı otlatma yoğunluğu altında bulunan 4 farklı merada yürüttükleri bir çalışmada artan otlama yoğunluğuna bağlı olarak toprak su içeriğinin uzaysal bağımlılığının azaldığını belirtmişlerdir.

İngiltere ormanlarında yapılan bir çalışmada ise toprak nem içeriğinin zamansal değişimine dair önemli bir fark bulanamamıştır (Farley and Fitter 1999). Ancak birçok araştırmacı tarafından orman vejetasyonunda toprak nem içeriği değişkenliğinin daha yüksek olabileceği de belirtilmiştir. Greminger *et al.* (2010) kurak koşullarda toprak nem içeriğinin uzaysal korelasyon mesafesinin arttığını belirtmiştir. Köchy and Wilson (2000) ormanlık alanlardaki toprak su içeriğine ait varyasyon katsayısının mera alanlarındakine göre yüksek olduğunu ve bu sonucun istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir. Ehrenfeld *et al.* (2006) çam ormanlarında 16 ay boyunca toprak nem içeriğini belirli zaman aralıklarında ölçmüş ve toprak nem içeriğindeki değişimin oldukça düşük olduğunu bildirmiştir. Bunun aksine Ryel *et al.* (1996) ise çalı vejetasyonun yoğun olduğu bir alanda bir vejetasyon yılı boyunca toprak nem içeriğini incelemiş ve toprak nem içeriğine ait varyasyon katsayısının oldukça düşük olduğunu

bildirmiştir. Yang *et al.* (2014a) yürütmüş oldukları çalışmalarında yonca ile kaplı bir merada çalılık ve ormanlık alanlara göre toprak nem içeriğinin daha fazla olduğunu ve yüzey toprağının nem içeriğinin toprak hacim ağrılığından etkilendiğini tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra araştırmacılar çalılık ve ormanlık alanda bulunan yüksek yapılı vejetasyon topluluklarının mera bitkilerin göre daha fazla su tüketmeleri sebebiyle toprak neminde daha fazla azalmalara neden olduğunu vurgulamışlardır.

Amerika'ya özgü "mesquite" olarak tanımlanan kısa boylu baklagil ağaç topluluklarının oluşturduğu odunsu vejetasyonun altındaki toprak nem içeriğinin hemen yanındaki çıplak toprağa göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Snyder *et al.* 2006). Quétier *et al.* (2007) Haziran ayında meralarda yapmış oldukları çalışmalarında yem bitkileri arasında yüksek yaprak alan indeksine sahip bitkiler ile toprak nem içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Suyun sınırlı olduğu ve gübrelemenin yapılmadığı alanlarda yaprak alan indeksinde azalma görülürken kök uzunluğunda artışlar olduğu bildirilmiştir (Gross *et al.* 2008). Schwinning and Ehleringer (2001) yaprak alan indeksi ile toprak nemi arasında pozitif ilişkinin bulunma nedenini bitkilerin yaz kuraklığından önce gelişmelerinin büyük çoğunluğunu tamamladıkları için yaz mevsiminden önceki bu dönemde bitkilerin su gereksinimleri ve terleme oranlarının düşük olmasına bağlamışlardır. Rosset *et al.* (2001) ise yüksek yaprak alan indeksinin toprak nemi üzerindeki pozitif etkisini toprak yüzeyinde gölgeleme etkisi yaparak toprak sıcaklığının azalması ve buna bağlı olarak da buharlaşmadaki düşmeye bağlamışlardır. Bitki örtüsü toprak nem içeriğini kuvvetli bir şekilde etkilediğinden, bitki örtüsü ile toprak nemi arasındaki etkileşimlerin bilinmesi kurak ve yarı kurak alanlarda önem verilmesi gereken bir husustur (Yang *et al.* 2014b).

Doudill *et al.* (1998) yarı kurak bir alanda bulunan kumlu tekstürlü bir merada vejetasyondaki değişime bağlı olarak toprağın su içeriğindeki değişimi incelemek için çalı ve ot vejetasyonun baskın olduğu iki farklı çalışma alanı belirlemişlerdir. Araştırmacılar her iki alandan 20 cm, 60 cm ve 100 cm olmak üzere 3 farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde gravimetrik nem içeriğini belirlemiş ve alanlar arasında istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Bitki tür zenginliğinin toprak su içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ancak zamanla

bu etkinin yön değiştirdiği ve toprak derinliği ile farklılık göstermekte olduğu rapor edilmiştir (Fischer *et al.* 2019). Mokany *et al.* (2008) ve De Boeck *et al.* (2006) ise yaptıkları araştırmada bitki tür zenginliği ile toprak su içeriğinin negatif ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Fischer *et al.* (2019) on yıl boyunca (2002-2012) bitki tür zenginliğinin toprak su içeriği üzerine olan etkilerini ve değişimini incelemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar yoğun bir şekilde gübrelenen bir tarla arazisini sürerek 60 farklı bitki türünün ekimini gerçekleştirmiş ve 2003 ile 2004 yıllarında bitki tür zenginliğinin 10 cm toprak derinliğindeki su içeriğinde artış sağladığı sonucuna varmışlardır. Ancak daha sonraki yıllarda bu etki tersine dönmüş, bitki tür zenginliği 30 cm toprak derinliğindeki su içeriğinin azalmasına sebep olmuştur. Bu negatif etki 2001 ve 2002 yıllarında tüm toprak profillerinde de gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra 2005-2009 yılları arasında üst toprağın su içeriğinde önemli bir değişme görülmemiş ve araştırmacılar bunun sebebini bu zaman diliminin bitki tür zenginliğinin etkileri bakımından bir geçiş dönemi olarak kabul etmişlerdir. Bunun aksine Caldeira *et al.* (2001) toprağın ilk 15 cm'lik kısmındaki su içeriği ile bitki tür zenginliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu 15- 30 cm de ise bitki tür zenginliğinin artmasına bağlı olarak toprak su içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Spehn *et al.* (2000) yapmış oldukları çalışmalarında ise 6 cm derinlikteki toprak su içeriği ile bitki tür zenginliği arasında hiçbir ilişki bulamamıştır.

Zhang *et al.* (2017a) *Medicago sativa L*. türünün baskın olduğu bir merada yaptıkları çalışmada artan toprak derinliğine bağlı olarak toprak su içeriğinde önce bir artış ancak daha sonra azalma gösterdiğini, *Stipa bungeana Trin.* türünün baskın olduğu merada ise toprak su içeriği miktarında bir farklılaşmanın olmadığını bildirilmişlerdir. Cao *et al.* (2011) ve Yang *et al.* (2012a) ise ıslah yapılan alanlarda çalışmış ve bu alanlara kazandırılan yeni bitki türlerinin yerli bitki türlerine göre toprak neminin daha fazla tükettiği sonucuna varmışlardır. Bu yüzden Yang *et al.* (2014b) yarı kurak alanlarda yapılacak ıslah çalışmalarının sürdürülebilir olması için toprağın farklı derinliklerinde var olan suyun dağılımını ve bu dağılımı kontrol eden mekanizmaların iyi anlaşılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Goldberg and Miller (1990) yarı-kurak alanlarda vejetasyonun toprak nemi üzerinde pozitif yönde etkilerinin olduğunu ancak bu etkileşimin tam anlamıyla iyi anlaşılmadığını belirtmiştir. Mitchell *et al.* (1993) ise yaptıkları çalışmada nemli iklime sahip bölgelerde vejetasyon ve toprak nemi arasında pozitif bir ilişki tespit etmiştir. Mitchell *et al.* (1993) ise araştırmalarında arazide yoğun şekilde bulunan *Andropogon virginicus* bitki türünün evapotranspirasyonu azaltarak toprağın yüksek nem içeriğine sahip olmasını sağladığını belirtmişlerdir. Toprak nem içeriğine ait yüzey haritaları oluşturmak isteyen Janik (2005) Polanya'da üç farklı bölgede bir çalışma yürütmüştür. Araştırmacı artan toprak derinliğine bağlı olarak toprak nem içeriğindeki artışın logaritmik olduğunu bildirmiştir. Legates *et al.* (2011) ise toprak suyunun toprağın farklı katmanlarında depolanmasının yarı-kurak ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olduğuna vurgu yapmıştır. Vejetasyon tipi toprak nem içeriğinin uzaysal dağılımı üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Vivoni *et al.* 2008). Birçok araştırmacı tarafından toprak neminin zamansal ve uzaysal değişkenliğinin bilinmesinin vejetasyon çalışmalarında oldukça önemli olduğu belirtilmiştir (Sala *et al.* 1992, Mitchell *et al.* 1993, Wendroth *et al.* 1999, Grassini *et al.* 2010).

Hu *et al.* (2009) topografyanın kompleks olmasından dolayı toprak nem içeriğinin uzaysal değişkenliğini içeren çalışma sayısının yetersiz olduğuna değinmiştir. Özellikle Brocca *et al.* (2007) kurak ve yarı-kurak ekosistemlerde toprak nem içeriğinin zamansal değişiminin bilinmesinin bir zorunluluk olduğunu belirtmişlerdir. Yang *et al.* (2014a) farklı arazi kullanımları altında yürütmüş oldukları çalışmada toprak neminin zamansal olarak değişimini incelmiş ve en düşük ortalama toprak nem içeriğinin 40 cm toprak derinliğinde tespit etmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar bitkilerin gelişmelerini devam ettirebilmek için ihtiyaç duydukları suyun üst toprak derinliklerinden sağlamasından dolayı üst toprak nem içeriğinin zamanla azaldığını bildirmişlerdir. Yang *et al.* (2014a) toprak nem içeriğinin zamansal değişkenliğine neden olan faktörler arasında toprak hacim ağrılığı ve bitki kanopisinin etkili olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Bitkilerin toprak suyundan faydalanma kapasitelerini etkileyen en önemli fizyolojik özellik, bitkilerin kök sistemleridir. Hänsch *et al.* (2009) yarı-kurak ekosistemlerde

toprak suyu dağılımının doğru yorumlanabilmesi için bitki kök mekanizmalarının iyi anlaşılmasının önemini vurgulamışlardır. Köklenme derinliği ve köklerin toprak içerisindeki dağılımı bitkilerin toprak suyunu bünyelerine almasında oldukça önemlidir (Prasad 1988). Hillel (2013) toprağın farklı derinliklerindeki suyun alınmasında aktif kök yüzey alanının etkili olduğuna dikkat çekmiştir. Passioura and Wetselaar (1972) farklı su içeriğine sahip topraklarda yetişen bitkilerin ortalama kök derinliklerinin benzer olduklarını bildirmiştir. Toprağın ilk 10 cm lik kısmında yoğunlaşan kökler bitkinin toprak suyundan faydalanmasında oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Schwinning and Ehleringer 2001). Baklagil yem bitkileri derin köklenme yapısına sahip oldukları için toprağın derinliklerindeki sudan kolaylıkla faydalanabilirken diğer bitkilere göre de kuraklığa daha fazla dayanıklılık gösterebilir (Ackerly 2004). Yapılan bir çalışmada sığ kök yapısına sahip sukulentlerin toprağın üst katmanlarından, otsu vejetasyonun toprağın orta tabakasından, ağaç ve çalıların ise toprağın derinliklerindeki sudan faydalanabildiği belirtilmiştir (Coffin and Lauenroth 2007). Benzer nitelikte orman ekosistemindeki ağaçların mera ekosistemindeki otsu vejetasyona göre toprağın yaklaşık 50 cm derinliklerindeki sudan faydalanmasının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Weltzin and McPherson 1997). Ancak otsu türlerin birim toprak hacmindeki kılcal kök sayısı odunsu türlere göre 20 kat daha fazla (Jackson *et al.* 1996) olması sebebiyle Köchy and Wilson (2000) otsu vejetasyonun odunsu vejetasyona göre topraktan beş kat daha fazla su alabildiğini belirtmişlerdir. Güney batı Amerika'da yayılış gösteren çok yıllık *Bouteloua. eriopoda* bitki kökleri yaklaşık olarak 45 cm toprak derinliğinde yayılış gösterebilmektedir ve bu fizyolojik özellik su kullanım açısından diğer bitkilere göre avantaj sağlamaktadır (Gibbens and Lenz 2001).

Caldwell *et al.* (2006) arazide ortalama bitki kök derinliğinin artmasını sağlayan önemli faktörlerden birinin de topraktaki bitki besin elementi miktarı olduğuna vurgu yapmıştır. Araştırmacılar arazide elverişli besin elementi konsantrasyonunun yüksek olduğu alanlarda "patch" diye ifade edilen arazi üzerinde kümeleştiği ve yamalı vejetasyon şeklinde de tanımlanan bu kümeleşmelerde artışlar meydana geldiğini gözlemlemiştir. Buna bağlı olarak da yüksek besin elementi içeriği yamalı vejetasyon içerisinde hem bitki topluluklarında hem de kök derinliklerinde artış sağlamıştır. Bitki köklerindeki artış üzerinde etkili olan bir diğer faktör ise bölgenin sahip olduğu iklim özellikleridir

(Mayaki *et al.* 2010). Benzer şekilde Guo *et al.* (2002) yamalı vejetasyonun toprak nem içeriği değişkenliğinin fazla olmasına neden olduğunu belirtmiştir. Bazı araştırmacılar tarafından ise sulamanın yapılmadığı ve kurak iklimin hâkim sürdüğü yıllarda bitkilerin ortalama kök derinliklerinde artış olduğu belirtilmiştir (Ellis *et al.* 1977, Jodari-Karimi *et al.* 2010). Leetham and Milchunas (1985) ise bitkilerin topraktan suyu alabilmesin de toprağın azot içeriğinin de etkili olduğunu bildirmişlerdir. Garwood and Williams (1967) toprağın üst katmanının tamamen kuru olduğunda toprağın derinliklerinde ki sudan bitkinin faydalanamadığını ancak alt toprağa azot enjekte edildiğinde bitkilerin toprağın derinliklerindeki sudan faydalanılabildiğini saptamışlardır. Aranda *et al.* (2012) ise topraktan suyun alınmasında kök sisteminin etkili olduğu bitki türleri arasında ki farklılıkların da dikkate alınması gerektiğine vurgu yapmıştır.

Mera bitkilerinin yoğun ve geniş bir kök sistemine sahip olması toprağın üst katmanındaki suyun kullanılmasını kolaylaştırmaktadır (Leimer *et al.* 2014). Benzer şekilde Chen *et al.* (2007a) yapmış oldukları çalışma sonuçları doğrultusunda vejetasyon tipinin toprak nem içeriği üzerinde önemli etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Trlica and Biondini (1990) buğdaygiller familyasından kısa boylu olan *Bouteloua gracilis* ve *Bouteloua dactyloides* ile uzun boylu olan *Agropyron cristatum* türünü su kullanımları bakımından karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar kısa boylu buğdaygil yem bitkilerinin daha fazla kök bioması oluşturduklarını ve diğer uzun boylu buğdaygil türüne göre daha fazla su tüketiminin olduğunu bildirmişlerdir. Hatta Sala *et al.* (1992) tarafından farklı yaşam formlarına sahip kısa boylu buğdaygil familyasına mensup bitkilerin topraktan suyu alabilmelerinde derine inen köklerden ziyade yan köklerin daha fazla yoğunlaştığı ve bu yüzden üst toprak derinliğinin önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkilerin toprak suyunu bünyelerine almasında etkili mekanizmaları açıklayabilmek için kök sistemini konu alan bitki fizyolojisinin yanında pedoloji ve hidroloji bilimlerinin de iyi bilinmesi gerekmektedir (Duniway *et al.* 2010). Ancak kurak ve yarı-kurak alanlarda bu mekanizmaların açıklanabilmesi için toprak horizonlarına dair yeterli bilgi mevcut değildir (Gutiérrez-Jurado *et al.* 2006). Kurak ve yarı-kurak bölgelerde aşırı şekilde ve devamlı olarak karbonatların çimentolaşarak toprak çözeltisinin

inebildiği derinliklerde kalsiyum ve bikarbonat şeklinde birikmesi sonucunda kalsik ve petrokalsik horizonlar oluşur (Birkeland 1999). Bu horizonlar kurak ve yarı-kurak bölgelerde görülen diğer horizonların aksine farklı bir mineralojiye sahiptir (Gile *et al.* 1966). Literatürde toprak derinliklerindeki karbonatlaşmış horizonlarda tutulan sudan faydalanabildiğine dair bilgiler vardır (Duniway *et al.* 2010). Örneğin, Gibbens and Lenz (2001) kök kazıları sonucunda tüm çalı türleri ile çok yıllık yabancı ot köklerinin kalsik ve petrokalsik horizonlara kadar nüfuz ettiğini bildirmektedirler. Yapılan bu kazı çalışmasında *Bouteloua eriopoda* gibi çok yıllık bitki köklerinin çoğunluğu kalsik horizona ulaşmasına karşın köklerin çok az bir kısmının petrokalsik horizona nüfuz ettiği belirlenmiştir. Georgen *et al. (*2010) yarı-kurak tarım sistemlerinde *Helianthus annus* L. (ayçiçeği), *Bassia scoparia* L. (süpürge otu) ve *Gossypium hirsutum* L. (pamuk) bitkilerinin 1 m derinlikteki kısmen kalsikleşmiş horizonlardaki sudan faydalanabildiklerini göstermişlerdir. Herbel *et al. (*1972) *Bouteloua eriopoda* bitkisinin sığ petrokalsik horizona sahip topraklarda kuraklığa daha fazla dayanıklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Her ne kadar kurak ve yarı-kurak bölgelerde karbonatların çimentolaşmasıyla oluşan bu horizonlar potansiyel su kaynağı olarak önemli gibi görünse de bu horizonların fiziksel ve kimyasal özellikleri bitki büyümesinde bazı sınırlamalar getirmektedir (Duniway *et al.* 2010).

Karbonatlaşma toprak alkalinliğine sebep olmasının yanında kalsiyum karbonat birikimi fosforu bağlayarak (fikse ederek) fosforun bitkiler tarafından alınmasını engeller (Lajtha and Bloomer 1988) ve demir alımını sınırlandırır (Mengel 1994). Bazı çimentolaşmış toprakların sertliği bitkilerin kök penetrasyonunu kısıtlayarak mevcut köklenme hacmini sınırlandırır (Gibbens and Lenz 2001, Gile 2010). İnce karbonat kristalleri başlangıçta toprak parçacıkları boyunca çökelir daha sonra toprak gözenekleri içerisinde birikmeye başlar (Monger *et al.* 1991). Karbonatların bu şekilde birikmeye devam etmesiyle de gözenekler tıkanır. Bu şekilde de petrokalsik horizonlar oluşur. Ancak ıslak ve kuru koşullarda bu horizonların bitkinin topraktan su alımını nasıl etkilediği anlaşılamamaktadır. Karbonatlaşmış horizonlar hem kök penetrasyonuna hem de dikey su hareketlerine engel teşkil eder (Lal and Ruellan 2010).

Kalsik ve petrokalsik horizon içeren toprakların su içeriği kumlu topraklara göre daha yüksektir (Peters 2000). Duniway *et al.* (2010) ilk 80 cm'lik derinlikte yarayışlı su içeriği bakımından fark bulunmazken derinliğin artması ile Kalsik ve petrokalsik horizon içeren toprakların kumlu topraklara göre kış mevsimine kadar daha fazla nem içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar nisan-mayıs aralığında kalsik horizonun petrokalsik horizona göre de daha fazla bitkiye yarayışlı su içerdiği sonucuna varmışlar, bunun nedenini ise kalsik horizonun petrokalsik horizona göre daha fazla yağışı depolamasına bağlamışlardır. Özdemir *et al.* (2000) path analiz yöntemini kullanarak toprağın yarayışlı su içeriği üzerinde doğrudan etkili olan diğer toprak özelliklerini önem derecelerine göre pozitif yönde olmak üzere, kil içeriği, kireç içeriği, hacim ağırlığı, ekstrakte edilebilir Na, katyon değişim kapasitesi ve organik madde miktarı şeklinde sıralamışlardır.

Toprak su içeriği miktarının bilinmesi bitkilerin topraktan suyu alabilmelerini açıklamada yetersiz kalmaktadır. Çünkü bitkilerin toprak suyunu bünyelerine alabilmeleri için toprakta var olan suyun miktarı önemli değildir. Bitkiler için önemli olan toprakta var olan suyun toprağa ne kadar kuvvetli bağlandığının bir göstergesi olan toprak suyu potansiyelinin bilinmesidir (Aydın *et al.* 2015). Erşahin (2001) toprak suyunun potansiyel enerjisinin bitki köklerindeki suyun potansiyel enerjisinden büyük olduğu takdirde bitkilerin topraktan suyu alabileceklerini aksi takdirde suyun kökten toprağa hareket ederek bitkinin su kaybedeceğini ifade etmiştir. Benzer şekilde kökler aracılığı ile alınan su, oluşan potansiyel fark sayesinde bitkinin sap hücrelerine ve oradan da yapraklarına kadar taşınır (Brady *et al.* 1996).

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu topraktan alabilmeleri için minimum toprak suyu basıncının solma noktası olarak da ifade edilen değerin en düşük 1,5 MPa olması gerektiği ifade edilmiştir (Veihmeyer and Hendrickson 2008, Cassel and Nelson 2010). Ancak Noy-Meir (2003) kurak bölgelerdeki bazı bitkilerin sınır değer kabul edilen 1,5 MPa değerinin altındaki basınçlarda su alabildiğine dair görüş bildirmiştir. Bu görüş doğrultusunda birçok araştırmacı da toprak suyunun bitkiler tarafından alınmasında bitkinin bünyesindeki su potansiyeline ve kök yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Gardner and Nieman 1964, Hsiao *et al.* 1976, Lascano and

van Bavel 2010). Barnes and Harrison (1982) yapmış oldukları bir çalışmada *Agropyron spp., Stipa spp.,* ve *Koeleria spp.* gibi sığ köklü $C_3$ bitki türlerinin *Calamovilfa spp.,* ve *Andropogon spp.* gibi derin köklü $C_4$ bitki türlerine göre daha düşük yaprak su potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar *Andropogon spp* türlerinin yapraklarının 1,6 MPa basınçta dahi su tutabildiklerini ifade etmişlerdir. Genellikle sığ köklü bitkiler derin köklü bitkilere göre yaz ortaları ve sonlarına doğru daha şiddetli su streslerine maruz kalırlar (Barnes and Harrison 1982). İlkbahar veya yaz yağmurlarından sonra toprak nemli olduğunda sığ köklü $C_3$ bitki türlerinin yaprak su iletkenliği derin köklü $C_4$ bitkilerine göre önemli derecede yüksektir ($p<0.01$) (Barnes and Harrison 1982). De Soyza *et al.* (2004) nehir kıyısında yetişen *Chilopsis spp.* çalı türünün bitki su potansiyelinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Toprak suyu potansiyeli bitkilerin çimlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Bradford 2008). Frasier (1987) ve Knipe and Herbel (2007) -0,7 MPa'nın altındaki su potansiyellerinde buğdaygil familyasından olan *Eragrostis lehmanniana* mera bitkisinde düşük oranda çimlenme gözlemlemişlerdir. Yapılan bir araştırma sonucu yulaf benzeri *Bouteloua curtipendula* gibi bitkilerde normal çimlenme süresi ortalama iki gün gecikse bile -0,2 ve 1,3 MPa arasında yüksek oranda çimlenme gerçekleştiği bildirilmiştir (Sabo *et al.* 1979). Hardegree and Emmerich (2010) tarafından ılıman iklime özgü mera bitkilerinin tohumlarının çimlenebildiği en düşük su potansiyeli -1,6 MPa olarak bildirilmiştir. Bazı araştırmacılar çoğu bitki türünün ksilem hücreleri veya yapraklarında -1,5 MPa'dan daha az su potansiyellerinde fotosentetik aktivitenin gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Reynolds *et al.* 1999, De Soyza *et al.* 2004, Senock *et al.* 2007).

Lauenroth *et al.* (2006) *Bouteloua gracilis* tek yıllık bitkisinin -9 ile -10 MPa toprak suyu potansiyeline ve -5 MPa yaprak su potansiyeline eşdeğer su stresine karşı tolerans gösterdiğini ve bu su potansiyeli değerinde bile bünyesine su alabildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar *Bouteloua gracilis* bitkisinin kuraklığa bu denli dayanıklı olmasının sebebinin $C_4$ bitkisi olmasına bağlamışlardır. Araştırmacılar bu bölgelerdeki baskın bitki olan B. gracilis'in, -9 ile -10 MPa toprak suyu potansiyeline ve -5 MPa yaprak su potansiyeline eşdeğer bir su stresine tolerans gösterdiğini ve hayatta kalabildiğini

belirtmişlerdir. Amerika'nın Colorada eyaletinde yapılan bir çalışmada kısa ve uzun süreli kurak koşullar altında $C_3$ bitkilerinin daha fazla toprağı kaplama oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir (Gremer *et al.* 2015). Singh *et al.* (1998) ise yarı-kurak bölgelerde yarayışlı suyun miktarının bilinmesinin yanında yarayışlı suyun bulunduğu toprak derinliğindeki zamansal ve uzaysal değişkenliğinin bilinmesinin oldukça önemli olduğuna vurgu yapmışlardır. Toprak suyunun tutulabilmesini kontrol eden faktörlerin başında toprağın tekstürü gelmektedir (Clapp and Hornberger 1978). Cosby *et al.* (1984) ise toprağın tekstürünün yanında toprak derinliğinin de toprağın su tutma kapasitesi üzerinde etkili olduğunu belirtmektedirler. Toprak suyu agregat oluşumunu etkileyen faktörler arasında gösterilmektedir (Fischer *et al.* 2019) ve agregat stabilitesi toprağın en önemli fiziksel kalite göstergelerindendir (Campbell *et al.* 1998, Castro Filho *et al.* 2002). Aynı zamanda agregat stabilitesi toprakların su ve rüzgâr erozyonuna karşı direncinin de bir göstergesidir (Lal 2017). Toprağın aşınması yüksek oranda üst toprağın agregatlaşma oranına bağlıdır (Scoging, 1982). Yapılan araştırmalarda bitki kökleri, mantar hifleri, bakteri ve toprak solucanlarının da toprağın agregat oluşumunda aktif rol aldığını göstermiştir (Tisdall and Oades 1982).

Bitki köklerinden çıkan salgılar mikro-agregatların birbirine yapışmasını sağlayarak makro-agregat oluşumunu teşvik eder (Chaudhary *et al.* 2009). Bunun yanısıra bitki kökleri toprak mikroorganizmalarının mikrobiyal aktivitelerini gerçekleştirebilmeleri için gerekli subtrat yüzeyini sağlayarak agregatlaşmayı dolaylı olarak teşvik eder (Chaudhary *et al.* 2009). Toprak içerisinde bitki kalıntılarının ayrışması sonucu hidrofilik maddeler (örneğin karbonhidratlar) topraktaki agregatların birbirine bağlanmasını sağlayarak agregatlaşmayı artırır (Piccolo and Mbagwu 1999). Ayrıca bitki artıklarının ayrışması sonucu açığa çıkan alifatik fraksyion ve hümik asit gibi su geçirmez metabolitler toprak gözenek duvarlarında kaplamalar oluşturur (Capriel *et al.* 1990). Bu kaplamalar, toprak gözenek sisteminin suya dayanıklılığını artırarak agregatların dağılması önler (Piccolo and Mbagwu 1999). Meralarda odunsu köklerin parçalanması ile de makrofauna aktivitesi ve infiltrasyon için büyük önem arz eden makroporlar da büyük bir artış sağlanır (Devitt and Smith 2002, Weiler and Naef 2003). Son yıllarda farklı bakteri türlerinin mikro-agregat oluşumu üzerine olan etkilerini konu alan birçok çalışma yürütülmüştür (Mummey *et al.* 2006). Ancak bakterilerin

agregatlaşma üzerindeki etki mekanizmasının işleyişine dair ayrıntılı bilgiye ulaşılamamıştır (Duchicela *et al.* 2012). Mikro-agregatlar (≤ 250 µm) bitki kökleri ve mantar hifleri ile bir arada tutulur (Six *et al.* 2004). Mikro-agregatlar killerin agregat oluşumu üzerindeki etkisine bağlı olarak ana materyalin etkisini yansıtırken, makro-agregatlar organik maddelerin agregat oluşumu üzerindeki etkisini yansıtır (Dunne *et al.* 1991). Fang *et al.* (2015) mikro-agregatların daha fazla yüzey alanına sahip olmasından dolayı yüksek miktarlarda organik karbonu absorbe edebildiğini öne sürmüşlerdir. Bunun yanı sıra mikro-agregatlar içerisinde mikroorganizma ve enzim faaliyetlerinin düşük olmasından dolayı biriken organik karbonun ayrışması da daha yavaş gerçekleşir (Fang *et al.* 2015). Six *et al.* (2000) ise mikro-agregatlar içinde tutulan organik maddenin genellikle makro-agregalar içindeki organik maddeden daha yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Mikro-agregatlar bir araya gelerek makro-agregatları (>250 µm) oluşturur (Bossuyt *et al.* 2001). Makro-agregatların bir arada tutulmasında ise organik madde, kil ve Fe-Al oksitler bağlayıcı olarak görev üstlenmektedir (Tisdall 1994, Novelli *et al.* 2011). Örneğin Atalay (2006) laterit topraklarda agregatlaşmanın fazla olma nedenini demir oksitin etkisine bağlamıştır. Agregat büyüklüğü azaldıkça da bağlayıcıların gücü artar (Dexter 1988). Makro-agregatlar bitki kök çevrelerinde oluşur (Oades 1988). Yapılan çalışmalar kök aktivitesi sonucu lipit tabakaları şeklinde oluşan biopor olarak adlandırılan yapıların daha yüksek karbon tutma eğilimi gösterdiğini ve buna bağlı olarak da agregatlaşmanın teşvik edildiğini göstermiştir (Unger 2009).

Fang *et al.* (2015) yapmış oldukları çalışmalarında mera topraklarının organik karbon içeriği ile makro agregatlar arasındaki ilişkinin önemli olmadığını belirtmişlerdir. Bunun nedenini Guo *et al.* (2004) karbonun $CaCO_3$ yapısına katılarak agregatların oluşmasında çimentolayıcı materyal olarak görev üstlendiği için makro-agregat içlerinde birikim gözlenemediği şeklinde açıklamışlardır. O'Brien and Jastrow (2013) ıslah edilen ve tek yıllık bitkilerden oluşan merada yapmış oldukları çalışmada makro-agregatlar ile karbon miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ilk 5 cm toprak derinliğinde makro-agregatlar içerisindeki N miktarının, meranın ıslahından 8 yıl sonra modelleme yapılarak tahmin dilen N miktarının yaklaşık

%95'ine yaklaşık bir değer aldığını ancak doğal meralarda tüm agregatlardaki (makro/mikro) karbon ve azot içeriğinin ıslah edilmiş meralara göre daha fazla olduğunu da beyan etmişlerdir. Ancak agregatlar ile C ve N konsantrasyonları arasındaki artan bu ilişkinin sonsuza kadar devam etmesi mümkün değildir (Post *et al.* 2004). Çünkü meralar da yapılan ıslah uygulamalarına karşı ekosistem yüzey toprağının C ve N konsantrasyonların da görülen değişim oranını sınırlandıracak şekilde tepki verebilir (Six *et al.* 2002). Novelli *et al.* (2013) Arjantin'de yürüttükleri bir çalışmada Vertisol toprakların karbon içeriğinin Mollisol topraklarına göre fazla olmasına rağmen Vertisollerde daha zayıf agregatlaşma olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar vertisollerde yüksek karbon içeriği olmasına karşın agregatlaşmanın zayıf olmasının sebebinin kil minerolojisi ile alakalı olabileceği şeklinde yorumlamıştır. Bu bilgiyi destekleyecek şekilde Vertisol ordosuna sahip topraklarda yapılan çalışmalar da toprağın karbon konsantrasyonunun agregatlaşma da tek başına önemli olmadığı belirtilmiştir (Bravo-Garza and Bryan 2005). Paz Ferreiro *et al.* (2009) karbon içeriğinin dışında agregatlaşmayı etkileyen en önemli faktörün kil tipi olduğunu ifade etmişlerdir. Smektitte yüksek özgül yüzey diğer killere göre agregat dayanıklılığının daha fazla olmasını sonuçlamaktadır (Amézketa 1999).

Bazı araştırmacılar toprağın fizikokimyasal özellikleri ile agregat stabilitesi arasındaki ilişkiyi açıklayan çalışma sayısının yetersizliğine vurgu yapmışlardır (Six *et al.* 2004, Sarathjith *et al.* 2014, Chaplot and Cooper 2015). Toprakların agregat stabilitelerindeki farklılıkların başlıca iki nedeni olarak organik madde içeriği ve bitki örtüsü gösterilebilir (Cerdà 1998). Oades (1988) %2 toprak organik madde içeriğinin, agregat stabilitesi için önemli bir eşik değer olduğunu varsaymaktadır. Nitekim İngiltere'de ekilebilir alanların organik madde içeriğinin % 2'nin altına düştüğünde agregatların zayıflayarak su erozyonuna karşı hassas hale geldiği bildirilmiştir (Evans 1996).

Toprak mikroorganizmaları, agregat oluşturmak için toprak parçacıklarını ve organik maddeyi bağlayarak toprak strüktürünün geliştirilmesinde kritik rol oynarlar (Baer *et al.* 2010). Pringle *et al.* (2009) bitki kökleri ile mikorizalar arasında önemli bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin bitki türlerine göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Mikorizalar enzim aktiviteleri ve fiziksel bağlanmaları ile toprak agregasyonunda

önemlidirler (Rillig and Mummey 2006). Phillips and Fitzpatrick (1999) mikorizalar dışında toprak solucanlarının da agregatlaşma da önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan araştırmalarda toprak solucanlarının 300 μm'den daha büyük suya dayanıklı agregatları ve toprağın gözenekliliğini artırdığı belirtilmiştir (Marinissen and Hillenaar 1997). Vejetasyon ile mikoriza popülasyonu arasında da önemli bir ilişki vardır ve mikoriza ile ilişkili bitki türünün vejetasyondan çekilmesiyle agregatlaşma olumsuz yönde etkilenmektedir (Vogelsang and Bever 2009). Duchicela *et al.* (2012) ise yapmış olduğu çalışmasında agregat stabilitesinin silt miktarı ile önemli pozitif, egzotik bitki tür çeşitliliği ile ise önemli negatif ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacılar yaptıkları faktör analizi sonucunda dayanıklı agregatların azalmasından %60 oranında egzotik bitki türlerinin sorumlu olduğunu belirtmişlerdir. Kaliforniya'da yapılan bazı araştırma sonuçlarında istilacı olan *Bromus hordeaceus* bitkisi ve *Centaurea maculosa* çalı türünün toprak agregat stabilitesi üzerinde negatif etkilere neden olduğu ileri sürülmüştür (Eviner and Stuart Chapin 2002, Lutgen and Rillig 2004). Ancak Batten *et al.* (2005) kuzey Kaliforniya sahilinde yürüttüğü çalışmasında yerli ve istilacı çalı türleri arasında toprağın agregat stabilitesi bakımından önemli bir farklılık bulamamışlardır. Aynı bölgede iki farklı sonucun elde edilmesinin nedeni, egzotik bitki türlerinin kökleri ile oluşturdukları mikrobiyal birliktelikteki farklılığa bağlı olarak agregat stabilitesinde de değişkenliğe sebep olması gösterilebilir. Örneğin Vogelsang and Bever (2009) *Bromus hordeaceus* brom türlerinin varlığında mikorizal mantarlarının yoğunluğunun azaldığını belirtmiştir.

Sessitsch *et al.* (2001) kil ve silt miktarı yüksek olan toprakların kum içeriği yüksek olan topraklara göre daha fazla mantar popülasyonu içerdiğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar da kil içeriği yüksek toprakların mikrobiyal biyokütleyi daha iyi koruyarak agregatlaşmaya olumlu katkılar sağladığını savunmuşlardır (Kristiansen *et al.* 2006, McLauchlan 2006b, Six *et al.* 2006, Wick *et al.* 2009). Toprağın kil içeriği karbon için uygun substrat yüzeyi oluşturarak karbonun tutulmasını sağlar ve tutulan karbonda agregatlaşmayı teşvik eder (McLauchlan 2006a). Böylece toprak tekstürü mikrobiyal aktiviteyi etkileyerek dolaylı olarak da olsa agregatlaşmayı etkileyen önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (Bach *et al.* 2010). Farklı toprak tekstürüne

sahip meralarda yapılan ıslah çalışmasından sonraki 6 yılda mikrobiyal kominite bakımından meraların birbirinden farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Jangid *et al.* 2010). Bunun aksine Matamala *et al.* (2008) farklı toprak tekstürüne sahip meralarda yapılan ıslah çalışmaları sonucunda meraların mikrobiyal kominite açısından birbirlerine benzediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar meraların farklı tekstür sınıflarına sahip olsa da kil ve kum içeriği bakımından birbirine benzerlik gösterdiği için mikrobiyal kominitelerin birbirine benzerlik gösterdiği şeklinde açıklama getirmişlerdir. Benzer şekilde De Gryze *et al.* (2005) kil içeriği %10'dan düşük tınlı topraklarda agregat oluşumu bakımından önemli fark olmadığını belirtmişlerdir. Literatürde de %15'in altında olduğu takdirde kil içeriğinin toprak agregat oluşumu üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir (De Gryze *et al.* 2006). Bazı çalışmalarda toprak agregatlarının suya karşı direncinin tahmin edilmesinde Shannon bitki çeşitlilik indeksi kullanılmıştır (Duchicela *et al.* 2012).

Agregat çap büyüklüğü ve agregatların dağılma yüzdesini araştıran çalışmalarda ıslah edilen mera yüzey toprağında kızılçam ormanlarına göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Salako *et al.* 1999, Tang *et al.* 2016, Zhu *et al.* 2017). Su *et al.* (2007) ıslah edilen meralarda agregatların dağılma yüzdesi ile toprak organik karbon içeriği arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirirken bunun aksine Zhu *et al.* (2017) ise hem ıslah edilen meralarda hem de kızılçam ormanlarında agregatların dağılma yüzdesi ile toprak organik karbon miktarı arasında negatif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Cerdà (1998) *Brachypodium retusum* bitkisinin çoğunlukta olduğu meralar ile *Quercus ilex* ve *Pinus halepensis* ağaç türlerinden oluşan ormanlık alanların yüksek agregat stabilitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Wang *et al.* (2018) 10 farklı merada yürütmüş oldukları bir çalışmada ortalama en fazla agregat parçalanmasının kazık köklü *Astragalus melilotoides* Pall. bitkisinin yoğun olduğu merada, en az agregat parçalanmasının ise saçak köklü *Poa sphondylodes* bitkisinin yoğun olduğu merada olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre saçak kök sisteminin toprağın agregat yapısını iyileştirmede ve su erozyonuna karşı toprak direncini artırma da kazık kök sistemine göre çok daha etkili olduğu görülmüştür.

Suya dayanıklı agregatlar C ve N'u mikrobiyal ayrışmaya karşı koruyarak topraktaki C ve N'un depolanmasını arttırır (Angers *et al.* 1997, Ketterings *et al.* 1997). Wei *et al.* (2009) toprağın C ve N içeriğinin agregat stabilitesi ile pozitif, hacim ağırlığı ile negatif ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. John *et al.* (2005) tarafından yapılan bir çalışmada karbon depolanmasındaki artışa bağlı olarak agregat stabilitesinde de artışlar gözlemlenmiştir. Bazı araştırmacılar da Balabane and Balabane and Plante (2004) agregat stabilitesinin sadece toprağın karbon içeriği ile değil bunun yanısıra toprağın organik maddesi ve su tutma kapasitesi ile de yakından ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (Shukla *et al.* 2003). Agregat stabilitesindeki başlıca düşüş sebepleri arasında yanlış arazi kullanımı ve amanejman uygulamaları gösterilebilir (Wright *et al.* 1999). Özellikle tarım arazilerinde yanlış sürüm teknikleriyle yapılan uygulamalar sonucunda agregat stabilitesinde hızlı düşüşler meydana geldiği vurgulanmıştır (Norton *et al.* 2006).

Antropojenik etkilerin agregat stabilitesi üzerindeki etkileri aynı zamanda agregasyonu sağlayan toprak özelliklerindeki değişimleri de yansıtabilir (Duchicela *et a.,* 2012). Örneğin toprak işleme toprak strüktürünün bozulmasına neden olur (Kabir *et al.* 1997) ve aynı zamanda toprağın agregatlaşmasına katkısı olan bakterilerin hem popülasyonlarının hem de mikrobiyal aktivitelerinin azalmasına neden olur (Young and Ritz 2000). Toprağın sürülmesi sadece bakteri popülasyonunu azaltmakla kalmayıp merada endemik tek yıllık bitki örtüsünün de azalmasına sebep olur (Yates *et al.* 2000). Ancak Almanya'da gübreleme, biçme ve otlatma gibi uygulamaların yoğun olduğu meralarda agregat stabilitesinde artışlar gözlemlenmiştir (Barto *et al.* 2010). Bildirilen bu sonuçlar sadece belirli alanlar için geçerli olup genelleme yapılmasının doğru olmayacağı düşünülmektedir. Ayrıca agregat stabilitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerde de büyük farklılıklar mevcuttur (Duchicela *et al.* 2012). Bu nedenle antropojenik faktörlerin agregat stabilitesi üzerindeki etkileri genelleştirilerek farklı alanların kıyaslanması yanlış yorumlara yol açabilir.

Novelli *et al.* (2013) iki farkı toprak ordosunda (Vertisol, Mollisol) üç farklı yöntemle (hızlı ıslanma, ön ıslatma, yavaş ıslatma) agregat stabilitesini belirlemeye çalışmıştır.

Araştırmacılar hızlı ve yavaş ıslanma metodun da en yüksek agregat stabilitesi değerlerinin Vertisoller de, ön ıslatma yönteminde ise en yüsek agregat stabilitesi değerinin Mollisollerde olduğunu bildirmişlerdir. Brady and Weil (2008) mollisol toprak ordosunun yüksek aktiviteli kil tipine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu sayede Mollisol toprak ordosuna sahip meralarda, yüksek aktiviteli kil yüzeylerine organik maddenin tutulması sağlanır (Tisdall and Oades 1982). Artan organik madde içeriğine bağlı olarak da agregatlaşma teşvik edilmiş olunur (Matamala *et al.* 2008). Sims *et al.* (1983) ilerleyen bu süreçe göre on yıl sonra da toprağın karbon içeriğinde artışların gözlenebileceğini ileri sürmüştür. Aşırı otlatma gibi yanlış amenajman uygulamaları ve ağır mekanizasyon nedeni ile toprak yüzeyindeki basıncın artması, toprağın strüktürünün bozularak agregat yapısının zarar görmesine neden olur (Hargreaves *et al.* 2019). Doğal durumdaki toprak strüktürünün bozulmasıyla toprak parçacıkları yeniden dizilerek daha sıkı bir yapı oluşturur (Turgut vd. 2010). Toprak yüzeyindeki sıkışmaya bağlı olarak toprak porozitesinin azalması hacim ağırlığının artmasına neden olur (Batey 2009).

Hacim ağırlığı laboratuvarda ölçülmesi en kolay toprak fiziksel özelliklerinden biri olarak kabul edilir (Lee *et al.* 2009). Ancak arazide hacim ağırlığı için örnekler alınırken doğru ve yeterli örnekleme yapılması oldukça önemlidir. Porozitesi düşük bir toprağın da infiltrasyon kapasitesi azalarak toprağın suyu bünyesine alması zorlaşır ve yüzey akışına neden olarak erozoyon riskini doğurur (Packer 1963, Poesen 2018). Aynı zamanda toprak sıkışması gözenek miktarı ve gözenek büyüklük dağılımı üzerinde değişikliklere neden olarak toprak ile atmosfer arasında gaz değişimini engeller (Hartge and Stewart 1995). Toprak içerisindeki oksijen miktarındaki azalma veya karbondioksit oranındaki artma ise bitki köklerinin gelişimleri üzerinde olumsuzluklara neden olur (Turgut vd. 2010).

Głab (2013) hacim ağırlığının artması ile bitki köklerinin büyümesinin sınırlandığını bildirmiş, Turgut vd. (2010) ise artan hacim ağırlığının toprak profilinde kök dağılımının düzensiz olmasına neden olabileceğini belirtmiştir. Azalan kök büyümesine bağlı olarak topraktan bitki bünyesine alınacak bitki besin elementi konsantrasyonları da azalmaktadır (Arvidsson 1999). Benzer şekilde Moraes *et al.* (2014) toprak

sıkışmasına bağlı olarak hacim ağırlığının artmasının toprak mikroorganizma popülasyonları ve enzim aktivitelerinin azalmasına neden olacağını belirtmişlerdir. Toprağın hacim ağırlığı 1,0-1,3 g/cm$^3$ olduğunda çoğu toprak enzimleri aktiftir (Arvidsson 1999). Hargreaves *et al.* (2019) toprak sıkışmasının toprağın fonksiyonları üzerindeki etkilerinin toprak tiplerine göre farklılık gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Örneğin kumlu topraklar nemli olsa bile gözenek büyüklüklerinin fazla olması sebebiyle killi topraklara göre sıkışmaya karşı daha az hassastırlar (Horn *et al.* 1995). Ancak Hargreaves *et al.* (2019) traktör ve hayvan otlatmanın toprak sıkışmasına olan etkilerini kıyaslayabilmek için kurdukları denemede parsellerinde %30 kil içeren alanda 20 cm toprak derinliğinde ki toprak sıkışmasının beklenmedik bir şekilde fazla olduğunu rapor etmişlerdir. Bu araştırmacılar 20 cm derinliğindeki bu sıkışma nedeninin hayvan otlatmasından değil traktör trafiğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Keller and Håkansson, 2010). Pan *et al.* (2018) farklı otlatma baskısı altındaki otlaklarda toprak özelliklerinin karşılaştırıldıkları bir çalışmada, birim hektarda 6 ve daha fazla koyun otlatıldığı takdirde toprağın hacim ağırlığının 1,27 g/cm$^3$'ten 1,37 g/cm$^3$'e yükseldiğini belirtmişlerdir. Zhou *et al.* (2010) Çin'de denizden 1350 m yükseklikte ortalama yıllık yağış miktarının 430 mm olduğu otlatmaya kapalı ve otlatmaya açık olan iki farklı merada toprak ve bitki özellikleri arasındaki ilişki incelemişlerdir. Araştırmacılar toprağın hacim ağırlığı değerinin otlatmaya açık olan merada (1,45 g/cm$^3$) otlatmaya kapalı olan meraya (1,61 g/cm$^3$) göre daha az olduğunu ve aralarındaki farkında istatistiksel anlamda önemli olduğunu belirtmişlerdir. Novelli *et al.* (2013) ise doğal mera alanlarında hacim ağırlığının tarım alanlarına göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Onstad *et al.* (1984) geleneksel toprak işlemenin ardından toprak hacim ağırlığının, çeşitli toprak tipleri için %10 veya daha fazla azalabileceğini belirtmişlerdir. Literatürde bu bilgiyi destekleyecek nitelikte bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin Lee *et al.* (2009) yapmış oldukları bir çalışmada çalışmasında toprak işlemeden önce toprağın ilk 12 cm derinliğinde 1,29 g/cm$^3$ olan hacim ağırlığının toprak işleme yapıldıktan sonra 1,18 g/cm$^3$'e düştüğünü bildirmişlerdir. Chung *et al.* (2019) meralarda hacim ağrılığının (1,36 g/cm$^3$) çalılık alanlara göre (1,24 g/cm$^3$) % 10 daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Liacos (1962) otlatılmayan meralarda hacim ağırlığını ortalama 1,4 g/cm$^3$, ağır otlatma

yapılan meralarda ise 1,6 g/cm$^3$ olarak bulmuştur. Askari and Holden (2014) ise yirmi farklı merada toprak kalitesini belirlemeye çalıştıkları bir çalışmada hacim ağırlığının 0,97 g/cm$^3$ ile 0,56 g/cm$^3$ arasında değişken değerler aldığını belirtmiştir. Teksas'da hayvanlar tarafından otlanan %5 toprak su içeriğine sahip meranın hacim ağırlığının % 25 su içeriğine sahip meraya göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Warren *et al.* 1986). Wang *et al.* (2018) 10 farklı merada yürüttükleri çalışmada en düşük hacim ağırlığını 1,09 g/cm$^3$ ile *Astragalus melilotoides* Pall. bitkisinin baskın olduğu merada, en yüksek hacim ağırlığını ise 1,42 g/cm$^3$ ile *Leymus secalinus* bitkisinin baskın olduğu merada tespit etmişlerdir. Uruguay'da 0,1 ha büyüklüğünde yedi eşit parsele bölünerek oluşturulan otlak alanında, orta derecede otlatma yoğunluğuna (0,5 sığır/ha) sahip parsel ile otlanmayan parsellerdeki hacim ağırlığı arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olmadığı ($p<0,07$) belirtilmiştir (Altesor *et al.* 2006).

Birçok araştırmada hacim ağırlığının infiltrayon kapasitesi ile negatif, yüzey akışı ile pozitif korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir (Packer 1953, Liacos 1962, Rauzi and Hanson 1966, Erşahin 2001). Wu *et al.* (2016) tarım arazileri ve meraya dönüştürülen tarım arazilerinin fiziksel özelliklerini kıyasladıkları çalışmada 15 yılın sonunda artan derinliğe bağlı olarak hacim ağırlığının arttığını buna bağlı olarak da gözenkliliğin azaldığını belirtmişlerdir. Schwartz *et al.* (2003) farklı arazi kullanımı altında (tarla, doğal mera, yapay mera) 5 cm toprak derinliği için en yüksek hacim ağırlığını 1,40 g/cm$^3$ ile ıslah edilerek oluşturulan suni merada bulmuşlardır. Ayrıca bu araştırmacılar artan toprak derinliğene bağlı olarak hacim ağırlığı bakımından araziler arasında istatsitiki bakımdan ($p<0,05$) bir fark olmadığını belirtilmişlerdir. Greenwood *et al.* (1997) hacim ağırlığı ve doymamış hidrolik iletkenlik arasında otlatılan ve otlatılmayan meralardaki farkın önemli olduğunu vurgulamışlardır. Zhang *et al.* (2018a) bakı ve eğim pozisyonlarının istatistiksel anlamda hacim ağırlığını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar en yüksek hacim ağırlığının en düşük eğim pozisyonunda, en düşük hacim ağırlığının da orta eğim pozisyonunda olduğunu bildirmişlerdir.

Aşırı otlatma gibi yanlış amenajman uygulamaları ve ağır mekanizasyon nedeni ile toprağın sıkışması sadece hacim ağırlığını değil aynı zamanda toprağın penetrasyon

direncini de olumsuz etkiler (Medina *et al.* 2012). Penetrometre ile farklı toprak derinliklerinde toprak sıkışması eş zamanlı olarak kolayca belirlenebilmektedir (Busscher 1990). Toprağın su içeriği ve agregasyon durumu penetrometre ile yapılan ölçümleri etkilemektedir (Wheeler and Sivakumar 2000). Bu sebepten dolayı penetrometre sonuçlarının doğru yorumlanabilmesi için hesaplama yapılırken toprağın nem içeriğine göre gerekli düzeltmelerin yapılması gerekmektedir (Whiteley and Dexter 1981). Mirreh and Ketcheson (1972) penetrasyon direncini kontrol eden faktörler arasında toprağın hacim ağırlığı ve toprak suyunun matrik basıncının (MPa) oldukça önemli olduğuna dikkat çekmiştir. Buna bağlı olarak Şeker (1997) standart toprak nem içeriği olarak tarla kapasitesinin kullanılmasının toprakların penetrasyon dirençlerinin kıyaslanmasına imkân tanıdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Smith *et al.* (1997)'da su içeriğinin penetrasyon okumaları üzerindeki etkisini azaltmak için penetrasyon ölçümlerinin tarla kapasitesine yakın toprak su içeriğinde yapılmasını önermiştir. Vaz *et al.* (2011) farklı su içeriğinde ölçülen penetrasyon verilerinin ise tarla kapasitesi referans alarak düzeltilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bayat *et al.* (2017) yapmış oldukları modelleme çalışmasında toprağın ortalama hacimsel su içeriği % 8-18 olduğunda penetrasyon direncinin 10-11 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Toprağın hacim ağırlığı ve nem içeriğinin penetrasyon direnci üzerindeki etkisini bilmek, farklı toprak yönetimi koşullarında daha etkin örnekleme yapılmasına imkân sağlayacaktır (da Silva *et al.* 2016). da Silva *et al.* (2016) toprak profili boyunca düşük toprak su içeriğinin penetrasyon direncini artırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Koolen and Kuipers (2012)'de toprağın nem içeriği arttıkça toprağın hacim ağırlığının da artmasıyla birlikte toprak penetrasyon direncinin azalacağını ifade etmişlerdir. Askari and Holden (2014) bazı topraklarda, penetrasyon direnci ve toprağın hacim ağırlığı ile nem içeriği arasındaki değişimin doğrusal olmadığını belirtmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda penetrasyon ölçümlerinde okunan değerin %40-80'nin penetrometrenin metal ayağının toprakla olan sürtünmesinden kaynaklandığını göstermiştir (Whiteley *et al.* 1981).

Penetrasyon direncini ortalama 2-8 kat artmasına neden olan bu sürtünme faktörünü azaltmak için bir ucu yağlanmış bir ucuda dönebilen penetrometreler geliştirilmiştir

(Bengough *et al.* 1991). Bu bağlamda penetrasyon direncinin ölçülmesi için robotik cihazlar geliştirmek suretiyle (Lunne *et al.* 1999) her bir ölçüm noktasında toprağa eşit kuvvet uygulanarak ölçüm hataları minimize edilmiştir (Sadeghi *et al.* 2014). Toprak su içeriği dışında; toprağın tekstürü, organik madde içeriği, porozite, hacim ağırlığı ve kil minerolojisi de penetrasyon direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Vaz *et al.* 2013, Bayat *et al.* 2017). Da Silva and Kay (1997) penetrasyon direncinin toprağın kil içeriğine ve hacim ağırlığına göre değiştiğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde Şeker (1997) yapmış olduğu çalışmasında agregat stabilitesinin, kil içeriğinin ve ortalama ağırlık çap değerlerinin penetrasyon direncine olan etkisinin negatif olduğunu belirlemiştir. Penetrasyon direnci toprak içerisinde hava ve su haraketini sağlayan toplam toprak gözenekliliği ile ters orantılıdır (Cater *et al.* 2007).

Yüksek penetrasyon direncine sahip sıkışmış toprakta hava, su ve besin elementi dengesi bozuk olması nedeniyle yeterli bir kök ve vejetatif aksam gelişimi sağlanamaz ve bitki verimliliğinde düşüşler meydana gelir (Munsuz 1985). Toprak sıkışması ile verim azalmasını konu alan çalışma sonuçlarına göre şeker pancarında %1-26, kışlık arpada % kışlık buğdayda %15-34 ve patateste %17 verim azalmasının yanında kök miktarında da %87 azalmalar olduğu bildirilmiştir (Aksakal 2004). Genel olarak yüksek gözeneklilik zayıf toprak-kök teması ile ilişkilendirilirken, yüksek penetrasyon direnci havalandırmayı azaltan düşük gözenekliliğin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Unger *et al.* 1982). Benzer şekilde Klepper (1990) kök büyümesini etkileyen en önemli toprak fiziksel özelliklerinden birinin gözeneklilik olduğunu bildirmiştir. Atwell (1993) kök büyümesi azaldıkça penetrasyon direncinin arttığını ve bu ikili arasındaki ilişkinin doğrusal, ters veya üssel olabileceğini ifade etmiştir.

Örneğin Assis *et al.* (2009) farklı toprak tiplerinde penetrasyon direnci ile toprağın hacimsel su içeriği arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan istatistiksel parametrelerinin linear model ile elde edilebileceğini savunmuşlardır. Benzer şekilde Cunha *et al.* (2014) hacim ağırlığındaki artması ve toprak su içeriğindeki azalmaya bağlı olarak penetrasyon direncinde ki artışın doğrusal olduğunu belirtmişlerdir. Ancak hacim ağırlığı, toprak su içeriği ve penetrasyon direnci arasındaki bu ilişki herzaman doğrusal olmayabilir ve hacim ağırlığı 1,0 g/cm$^3$ olduğunda toprak neminin penetrasyon direnci üzerindeki

etkisi istatistiksel anlamda önemsiz hale gelmektedir (Junior *et al.* 2014). Örneğin Vaz *et al.* (2011) Brezilya'da bir oksisol'de dört çalışma alanında farklı toprak suyu içeriklerinde (solma noktasına yakın su içeriklerinde) elde edilen penetrometre okumalarını tarla kapasitesindeki penetrometre değerlerine göre düzeltmek için üssel (exponential) denklemleri kullanmışlardır. Araştırmacılar bu denklemler sayesinde farklı alanların kıyaslanmasının daha kolay ve yorumlanmasının daha doğru olduğunu belirtmişlerdir. Hacim ağırlığı toprak nem içeriğinden sonra penetrasyon direncini etkileyen en önemli faktördür (Grunwald *et al.* 2001). Yüksek hacim ağırlığına sahip topraklarda hacim ağırlığındaki küçük değişiklikler penetrasyon direncinde büyük farklılıklara neden olmaktadır (Junior *et al.* 2014).

Askari and Holden (2014) meralarda yapmış oldukları çalışmalarında 10 cm toprak derinliğindeki hacim ağırlığını 1,5 g/cm$^3$, penetrasyon direncini ise 2,5 MPa olarak bulmuş ve bu penetrasyon direncinin bitki kök gelişimini sınırlayan eşik değerinin çok üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Bengough *et al.* (2016) mısır tarımının yapıldığı alanda hacim ağırlığının 1,5 g cm$^{-3}$ olduğu parsellerde penetrasyon direncini 3,92 ±0,41 MPa olarak bulmuştur. Bowen *et al.* (1994) penetrasyon direnci 0,9-1,5 MPa arasında olan toprakların bitki kök gelişiminin olumsuz etkilendiği sınır olarak kabul etmişlerdir. Bunun tam tersine Bengough *et al.* (2011) bitki kök büyümesinin sınırlandıran penetrasyon direncini 2 MPa olarak kabul ederken, Atwell (1993) penetrasyon direncinin 2 MPa'dan daha fazla olduğunda bitki kök büyümesinin sınırlandığını ifade etmiştir.

Bowen and Goble (1967) ise penetrasyon direncinin 0,08 MPa ve daha fazla olduğu durumlarda yeni kök oluşumunun engellenmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Kumar *et al.* (2018) 5-10 MPa arasındaki penetrasyon direnci değerlerinin bitki kök gelişimi için kritik değer olarak kabul edilebileceği şeklinde görüş bildirmişlerdir. Ancak Valentine *et al.* (2012) toprağın dikey ve yatay yönlerdeki heterojenliğine bağlı olarak, kök gelişimini engelleyen penetrasyon direnci sınır değerinin aynı bitki türlerinde bile farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir. Birçok araştırmacı sıkışmış toprak içerisinde bitki köklerinin toprağın mekanik direncini aşınca büyümelerine devam edebildiklerini saptamışlardır (Aksakal 2004). Munsuz (1985)

tarafından penetrasyon direncinin kök gelişimi üzerine yapılan bir çalışmada, bitki köklerinin sıkışmış toprak gözeneklerinde büyümelerini devam ettirebilmek için 0,2 bar'lık bir basıncı yenebildiğini ancak kök uzamasının ise % 50 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar topraktaki basıncın 0,5 bar olduğu noktalarda kök uzamasının %80 azaldığını da rapor etmişlerdir. Bonnin *et al.* (2010) frenk soğanı ile kaplı ve dört yıl boyunca nadasa bırakılmış bir tarlada semivaryogram analizini kullanarak penetrasyon direncininin uzaysal yapısını incelemiştir. Araştırmacılar penetrasyon direncinin toprağın pH ve kil içeriğine kıyasla kısa mesafelerde (18,36m-100m) yüksek uzaysal değişkenliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir. Vaz *et al.* (2013) toprak su içeriği ve diğer toprak fiziksel özelliklerinin (hacim ağırlığı, gözeneklilik vb) uzaysal değişkenliği sebebiyle farklı zamanlarda ölçülen penetrasyon dirençlerinin karşılaştırılmasının zor olduğuna vurgu yapmıştır.

### 2.1.2 Toprak kimyasal özellikleri

Toprak kimyasal özellikleri merada bitki tür çeşitliliği ve dağılımını kontrol eden önemli faktörlerdendir (Rezaei and Gilkes 2005). Bunlardan en önemlisi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olan toprağın organik madde içeriğidir (Gregorich *et al.* 1994). Bu etkiler genellikle artan organik madde içeriğine bağlı olarak toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirme yönündegerçekleşmektedir (Dexter *et al.* 2008). Hatta Chabbi *et al.* (2017) ve Smith (2016) toprak organik maddesinin sera gazı etkisini bile etkisiz hale getirebileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca toprak organik madde içeriği toprak kalitesinin belirlenmesinde en çok kullanılan özelliktir (Liu *et al.* 2013).

Toprak yapısı bozulmamış, otlatma kapasitesine uygun şekilde otlatmanın yapıldığı ve zengin bitki vejetasyonuna sahip meraların organik madde içeriği yüksektir (Soussana *et al.* 2004). Organik madde, besin elementi alımı gibi kimyasal verimliliği kontrol etmesinin yanı sıra (Yao *et al.* 2013) agregat stabilitesi gibi fiziksel özellikler üzerinde de oldukça önemli bir etkiye sahiptir (Pérès *et al.* 2013). Wang *et al.* (2018) farklı bitki türlerinin baskın olduğu 10 farklı merada yürüttükleri çalışmasında en düşük organik

madde içeriğinin 5,06 g/kg ile *Leymus secalinus* bitkisinin baskın olduğu merada, en yüksek organik madde içeriğinin ise 25,56 g/kg ile *Artemisia argyi* Levl. et Vant. bitkisinin olduğu merada tespit etmişlerdir. Yalçın vd. (2018)'nin Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesinde 40 farklı merada yürüttükleri çalışmada, toprağın ilk 20 cm derinliğindeki en düşük organik madde içeriğini %0,58 en yüksek organik madde içeriğini ise %5,40 olduğunu belirtmişlerdir. Yıldız ve Özyazıcı (2017) Van'da toprak, topografya, bitki örtüsü ve diğer faktörler bakımından farklılıklar gösteren üç farklı mera kesiminde (kuzey, güney ve batı yöneyleri) 01 Mayıs-24 Haziran 2015 tarihleri arasında bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar toprak organik madde içeriğinin yöneylere göre % 2,76- 12,45 arasında değiştiğini ve organik madde içerikleri yönünden toprakların büyük çoğunluğunun iyi ve yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Şimşek (2018) Erzurum'da Merkez, Ilıca, Aşkale ve Çat ilçelerini içine alan meralarda yaptığı çalışmasında organik madde içeriğinin % 0,66-%14,88 arasında değiştiğini ayrıca ortalama organik madde içeriğinin (%4,47) yeterli düzeyde ve sorun teşkil etmediğini belirtmişlerdir. Huang *et al.* (2007) Çin' de 1986-2002 yılları arasında yaptıkları bir çalışmada merada 0-5 cm toprak derinliğinde 43,3 g/kg organik madde içeriğinin otlatmaya bağlı olarak 2,7 g/kg' a kadar düştüğünü, 5-10 cm derinlik için organik madde içeriğinin ise 32 g/kg'dan 3,4 g/kg'a düştüğünü belirtmişlerdir. Evrendilek *et al.* (2004) Toros dağlarında yıllık ortalama 850 mm yağışın düştüğü bölgede yaptıkları çalışmada 20 cm toprak derinliğindeki organik madde içeriğinin en fazla meralarda (37,90 g/kg), bunu sırasıyla orman (36,05 g/kg) ve tarım arazilerinde (18,84 g/kg) olduğunu ve bu alanlardaki organik madde içeriği bakımından farklılığın istatistiksel anlamda ($p<0,05$) önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Topraktaki organik madde içeriğinin artmasını sağlayan mekanizmalar aynı zamanda toprakta karbon içeriğinin artmasına da yardımcı olur (Ryals *et al.* 2014). Karbon; toprağın fiziksel durumunu korumada, toprağın mikrobiyal aktivitesini sürdürmede ve bitkisel verimliliğin artmasında önemli rol oynar (Liu *et al.* 2018). Batjes (2014). dünyadaki organik karbonun büyük bir kısmının toprakta tutulduğunu belirtmiştir.

Topraklar atmosferden yaklaşık 2 kat, karasal bitkilerden ise 3 kat daha fazla karbonu depolama özelliğine sahiptir (Lal 2004).

Erfanzadeh *et al.* (2014) mera ekosisteminin oldukça kapsamlı habitatları (savanna, çalılık, tundra) bünyesinde barındırmasından dolayı mera topraklarında karbon depolanmasının fazla olduğunu belirtmiştir. Dünya'da toplam 450.000 $km^2$ alan kapsayan Alpin çayırlarında (meadow) 0-100 cm toprak derinliğinde yaklaşık 8,99 $kg/m^2$ karbon depolanmaktadır (Yuan *et al.* 2019). Solomon *et al.* (1993) 1993 yılında Dünya'da toplam toprakta depo edilen karbonun içeriğinin %44'ünün mera topraklarında depolandığını tahmin etmiştir. Ancak Adams *et al.* (1990) meraların hem toprakta hem de bitki örtüsünde toplam küresel karbonun % 20'sini oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Scurlock and Hall (1998) ise mera topraklarında yıllık karbon tutulumunun yaklaşık 0,5 Pg ($5\times10^{-13}$ g) olduğunu belirtmiştir. Collins *et al.* (2000) mera topraklarının yüksek baz doygunluğuna sahip olmasından dolayı karbon stabilizasyonun ormanlara göre çok daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Akala and Lal (2001) Amerika'da yapmış olduğu çalışmasında yıllık ortalama yağışın 1020 mm, ortalama sıcaklığın 11 $^0C$ siltli killi tın tekstürüne sahip mera topraklarının karbon depolama miktarı 2,53 t/ha yıl, aynı özelliklere sahip orman topraklarının karbon depolama miktarını 1,58 t/ha yıl olduğunu belirtmişlerdir. Jafarian and Kavian (2013) İran'da yarı-kurak iklimin hüküm sürdüğü bir alanda farklı arazi kullanımları altındaki toprakların (orman, tarım, mera) organik karbon depolama bakımından incelemişlerdir. Araştırmacılar en azla toprak organik karbon miktarının ormanlık alanda (%4,73) olduğunu ancak Duncan testi sonuçlarına göre tarım (%1,37) ve mera (%1,76) topraklarının organik karbon içerikleri bakımından aralarında önemli farklılık ($p<0,01$) olmadığını belirtmişlerdir. Orman örtüsü altındaki topraklarda, çayır örtüsü altındaki topraklara göre karbonun daha yavaş biriktiği rapor edilmiştir (Akala and Lal 2001). Vindušková and Frouz (2013) suksesyonun ilk aşamasında karbon birikiminin iğne yapraklı orman topraklarında mera topraklarına göre önemli derecede düşük olduğunu ancak yapraklı ormanlar ile mera toprakları arasındaki farklılığın önemli olmadığını belirtmişlerdir. Frouz *et al.* (2009) ise ağaç

türleri arasında, yapraklı türlerin ibreli türlere göre daha fazla miktarda toprak C birikimini sağladıklarını belirtmişlerdir. Bunun aksine Amichev *et al.* (2008) yapraklı ormanlarda toprağın karbon depolama miktarı (1,3 t/ha yıl) aynı yaştaki ve aynı tekstüre sahip (siltli tın) yapraklı ormanlarda toprağın karbon depolama miktarından (0,48 t/ha yıl) daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Mera topraklarında depolanan karbon miktarının daha fazla olduğunu belirten tartışmalı görüşler olsa da Smith (2014) karbon depolanmasının iyi amenajman uygulamaları altındaki verimli meralarda bozulmuş meralara göre daha fazla olduğu belirtmiştir.

Bird *et al.* (2002) mera topraklarında karbon depolanmasını arttırmanın ve karbon depolanmasının zamansal olarak görüntülenmesinin en büyük zorluğunu, meralardaki bitki topluluklarının öbekleşmiş (patch) şekilde uzaysal ve zamansal değişkenlik göstermesine bağlamışlardır. Benzer şekilde Christensen (1996) bitki topluluklarının öbekleşerek heterojen bir yapı oluşturmasının yarı-kurak meralarda sıkça rastlanan bir durum olduğunu ve bu durumunda toprakta karbon depolanmasının zamansal olarak izlenmesini zorlaştırdığını belirtmiştir. Schlesinger *et al.* (1990) ve Gross *et al.* (1995) topraktaki besin maddelerinin uzaysal değişkenliğinin genellikle bitki dağılımındaki değişkenlikle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde birçok araştırmacı tarafından da meralarda toprak karbon içeriğinin uzaysal dağılımının vejetasyon toplulukları ve bitki komünitesi ile yüksek derecede ilişkili olduğu belirtilmiştir (Schlesinger *et al.* 1990, Smith *et al.* 1994, Schlesinger *et al.* 1996, Schlesinger and Pilmanis 1998). Genellikle toprak karbon içeriği toprak kalitesi ile ilişkilendirilir ve bu iki değişken aracındaki pozitif bir ilişki olduğu kabul edilir (Gibbens *et al.* 1983). Ancak yüksek karbon tutma eğiliminde olan çalı vejetasyonun baskın olduğu yarı-kurak meralarda bu durum geçerli değildir.

Toprak organik karbon miktarında küçük bir artış, atmosferik $CO_2$ konsantrasyonunun azalmasını sağlayarak küresel iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzlukları azaltmada etkili olabilir (Erfanzadeh *et al.* 2014). Ancak Wang *et al.* (2011) sürecin bu şekilde ilerleyebilmesi için en az yüz yıllık bir zamana ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir. Yang *et al.* (2019) mera vejetasyonundan oluşan bitki tür çeşitliliği 1, 2, 4, 8 ve 16 olan beş farklı ekim yapılmayan daha önceleri tarım arazisi olarak kullanılan arazide 22 yıl

boyunca toprak karbon içeriğini araştırmışlardır. Araştırmacılar ilk 13 yıl için 0-60 cm toprak derinliğinde depolanan en fazla karbon miktarının (0,54 mg ha/yıl) 16 bitki tür çeşitliliğine sahip parsellerde, en az karbon miktarının ise (0,08 mg ha/yıl) tek bitki tür çeşitliliğine sahip parselde olduğunu belirtmişlerdir.

Tian *et al.* (2016) Çin'de yarı-kurak bir merada yaptıkları çalışmada araştırmacılar 30 cm toprak derinliğindeki kök biomas miktarının toprak organik karbon içeriğiyle pozitif yönde ilişkili olduğunu da ifade etmişlerdir. Reynolds *et al.* (1997) Kaliforniya'da serpantin ana materyale sahip Akdeniz ikliminin hâkim olduğu tek yıllık *Calycadenia* (papatyagiller), Plantago (sinirliotugiller), *Lasthenia* (papatyagiller) bitki topluluklarından oluşan doğal bir merada, su kullanım etkinliğinin bitki gövdesinde depoladığı karbon miktarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar *Lasthenia* (papatyagiller) bitki topluluklarının oluşturduğu bitki öbeklerinde su kullanım etkinliğinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Ghimire *et al.* (2019) yapmış oldukları çalışmada üç farklı toprak derinliğindeki (20-40cm, 40-60cm, 60-80cm) toprak karbon içeriğinin tarım alanlarına göre merada %18 daha fazla olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığını belirtmişlerdir. Evrendilek *et al.* (2004) ortalama 850 mm yağışın düştüğü Toroslarda yapmış oldukları çalışmada 20 cm toprak derinliğindeki karbon içeriğinin en fazla merada (41,3 g/kg) bunu sırasıyla orman (38,8 g/kg) ve ekili alanların (21,1 g/kg) takip ettiğini belirtmişlerdir. Derner *et al.* (2006)'nin araştırma sonuçlarına göre; otlanan meralarda toprak ve bitki tarafından depolanan karbon miktarının otlatılmanın yapılmadığı kısa boylu buğdaygil yem bitkilerinin hâkim olduğu meralara göre %24 daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak araştırmacılar anız otlatmasının yapıldığı ve yapılmadığı tarım alanlarında böyle bir farklılığın olmadığını belirtmişlerdir.

Zhang *et al.* (2019a) Kanada'da yapmış oldukları çalışmasında en fazla toprak karbon içeriği otlatma yoğunluğunun 1,2 büyükbaş hayvan birimi (BBHB) olan meranın düzlük (bottom) kesiminde (98,2 g/kg), en az toprak karbon içeriğinin ise 4,8 BBHB ay/ha otlatma yoğunluğunun olduğu merada bulmuşlardır. Aynı zamanda araştırmacılar en fazla toprak karbon içeriğinin mayıs (89,8 g/kg) ve eylül (88,5 g/kg) aylarında otlatma yoğunluğu 1,2 BBHB ay/ha merada olduğunu tespit etmişlerdir. Tian *et al.* (2016)

Çin'de yarı-kurak bir merada yaptıkları çalışmada yıllık ortalama yağış ve toprak su içeriğinin meralarda toprak karbon içeriğini etkileyen en önemli abiyotik faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

Toprak karbon içeriği kadar önemli olan toprak pH'sı zamanla değişebilen ve toprak içerisinde fiziko-kimyasal reaksiyonlara yön veren önemli bir kimyasal özelliktir (Sposito 2008). Özellikle yarı-kurak meralarda toprak pH'sı bitki çeşitliliğini kontrol eden önemli bir özelliktir (Dingaan *et al.* 2017). von Uexküll and Mutert (1995) Dünya'da ki 3950 milyon ha toprağın asit karakterli olduğunu bildirmişlerdir. Bu belirtilen asit karakterli topraklarında %67'si orman, %18'i mera vejetasyonunu ve %4,5'i tarım alanlarında yer almaktadır (Čop 2014). Tarımsal bitkilerin çoğu 4,0 ile 8,5 pH aralığında farklı yoğunlukta gelişimlerini sürdürebilirler (Whitehead, 2000). Ancak meralar için optimum pH değeri mera bitkileri arasında farklılık göstermekle birlikte çok daha dar bir aralığa sahiptir (Čop, 2014). Parlak vd. (2015) Çanakkale'de bulunan farklı tipteki meraların yem kalitesi ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada toprak pH'sının 7,07-7,27 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Şimşek (2018) Erzurum 'da yapmış olduğu çalışmasında meralarda toprak pH'sının 5,03-7,84 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ulusal mera kullanım ve yönetim projesi (TÜBİTAK-106G017) dâhilinde Eskişehir ilinde vejetasyon çalışmaları yapılan 142 meranın 124'ünde toprağının hafif alkalin, 1'inde hafif asidik ve 17'inde nötr olduğu belirlenmiş olup, mera topraklarının ağırlıklı olarak hafif alkalin özellikte olduğu belirlenmiştir (Aygün vd. 2017).

Meralardaki optimum pH ülkeler arasında da farklılık gösterebildiği için pH'nın belirlenmesinde farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Čop 2014). Örneğin Čop (2014) KCI veya $CaCI_2$ solüsyonun da ölçülen pH değerlerinin Slovenya'da 5-5,5 (Leskošek 1987), Avusturya'da 5,0-6,0 (BMLFUW 2006), Almanya'da 4,7-6,1 (Wendland *et al.* 2012) olduğunu belirtmişlerdir. Čop (2014) toprak-su karışımı içerisinde ölçülen pH değerlerinin İsviçre'de 5,5-6,7 (Grudaf 2009), Birleşik Krallık'ta 6,0 (DEFRA 2010) , İrlanda'da 6,2 (Tunney *et al.* 2010) ve Yeni Zelanda'da 5,5-6,3 Sparling *et al.* (2008) arasında değişen değerler aldığını ifade etmiştir. Araştırmacıların bildirdiklerine göre yarı nemli bölgelerde mera topraklarının asit karakterli olduğunu

söyleyebiliriz. Bu toprakların asitliği sekonder kökenlidir ve esas olarak bazik katyonların toprak profili boyunca yıkanarak uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. İklimin yanında toprağın ana materyali pH üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Brady *et al.* 1996). Silikatlı anamateryalden oluşmuş topraklar karbonat içerikli anamateryalden oluşan topraklara göre daha asidiktir. Ayrıca Bolan *et al.* (1991) Yeni Zelanda ve Avustralya'da bulunan iki farklı tarım alanında asidifakasyon oranını inceledikleri çalışmalarda biyolojik azot fiksasyonunun toprağın asitleşmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bolan *et al.* (1991) yağışın evapotranspirasyondan fazla olduğu ılıman iklim koşulları altında, bitki, hayvan ve insan aktivitesiyle toprağın hızlı bir şekilde asitleştiğini ya da uygun amenajman yöntemleri ile toprağın asitleşmesinin yavaşlatılabileceğini belirtmişlerdir.

Hızlandırılmış toprak asitleşmesinin başlıca nedeni toprağa azot (N) girdilerinin artmasından kaynaklanmaktadır (Williams 1980). Örneğin Yeni Zelan'da da yoğun bir şekilde süt sığırcılığının yapıldığı meralarda gübre kullanımıyla ortaya çıkan düşük toprak pH sorununun önüne geçebilmek için toprağa her 6 yılda bir yaklaşık 2,5 ton kireç uygulaması yapılmaktadır (Pringle *et al.* 1985). Liu *et al.* (1989) baklagil kökleri tarafından gerçekleştirilen azot fiksasyonu sırasında toprağa bağlanan her bir mol azota karşılık toprak çözeltisine geçen 0,2-0,7 mol hidrojen iyonunun toprağın asitleşmesine neden olduğunu belirtmiştir. Bunun nedeni ise N'un iyon formunun bitkiler tarafından alınmadığından pH yı tamponlayabilmek için her bir H iyonu için bitki köklerinden toprak çözeltisine katyonlar salınması şeklinde açıklanmıştır (Bolan *et al.* 1991). Bu nedenle, $N_2$ fiksasyonu sırasında salınan H iyonlarının miktarı esas olarak bitki içerisinde sentezlenen amino asitlerin ve organik asitlerin formuna ve miktarına bağlıdır. Bununla birlikte, bazı tropik bölgeler özgü baklagil bitkileri toprağa $N_2$ bağlarken ılıman bölgelerdeki baklagiller kadar toprağın asitleşmesine neden olmazlar (Israel and Jackson 1978). Bundan dolayı da tropik bölgeye özgü baklagil yem bitkilerinin kökleri ılıman baklagil yem bitkileri köklerine göre topraktan daha az katyonu adsorbe edebilirler (Andrew and Johnson 1976).

Toprak çözeltisi içerisinde var olan besin elementlerinin kökler tarafından alınabilmesi için besin elementlerinin alınabilir formda olması gerekmektedir (Tisdale *et al.* 1993).

Bitki besin elementlerinin toprakta tutulması ve hareketliliğini kontrol eden faktörler arasında toprak pH' sı önemli bir yere sahiptir (Gobat *et al.* 2004, Herrick *et al.* 2006, Dong *et al.* 2012). Yüksek toprak pH'sında besin elementleri OH ve $HCO_3$ gibi iyonlarla bileşik oluşturarak bitkiler tarafından alınamaz formlara dönüşür (Dubuis *et al.* 2013). Örneğin pH 8,5 üzerinde olduğunda toprak çözeltisindeki bulunan P'un kalsiyum fosfat gibi çözünmeyen veya daha az çözünür P formuna dönmesiyle bitkiler tarafından alınamaz forma dönüştürülür (McLaren and Cameron 1996). Toprak pH'sının düşük olduğu meralarda kireçlemenin yapılmasıyla organik maddenin mineralizasyonu artırılarak organik maddeye bağlı olan fosforun az bir kısmı bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürülmesi sağlanabilir (Wheeler and Connor 1998). Su *et al.* (2004) Çin'de yarı-kurak bir merada yapmış oldukları çalışmasında toprak pH'sı ve alınabilir fosfor içeriği arasında %71 önemli negatif bir ilişki ($p<0,01$) olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda toprak pH'sı bitki dağılımını etkileyen önemli faktördür (Gobat *et al.* 2004). Dubuis *et al.* (2013) yapmış oldukları modelleme çalışmasında toprak pH'sının çalışma alanındaki bitki tür dağılımını tahmin etmede en önemli belirleyici faktör olarak kullanılabileceğini ancak azot ve fosfor içeriklerinin bitki tür dağılımını tahmin etmede zayıf kaldıklarını belirtmişlerdir. Basta *et al.* (1993) path analizi yöntemini kullanarak toprağın metal adsorbe edilmesinde önem sırasında göre pH, organik karbon ve katyon değişim kapasitesinin oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar korelasyon ve path analizi sonuçlarına göre Cd, Pb ve Cu elementlerinin toprak tarafından adsorbe edilmesinde pH'nın önemli etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Rezaei and Gilkes (2005) İran gibi yarı-kurak iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde topografyanın toprak pH'sı üzerinde önemli etkiye sahip olsada bitki gelişmesi üzerinde pH'nın etkisinin çok önemli olmadığını belirtmiştir. Zhang *et al.* (2018a) bakı ve eğim pozisyonlarının istatistiksel anlamda pH üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını belirtmişlerdir. Rezaei and Gilkes (2005) İran meralarında yaptıkları bir çalışmada pH'yı kuzey bakılarda 7,18, güney bakılardaki pH 7,49 olarak belirlemişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar 2500 m yükseklikten 2800 m yüksekliği doğru çıkıldıkça pH değerinde yaklaşık 0,22 birim düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Yang *et al.* (2012b) ve Bowman *et al.* (2008) temel olarak doğal meralardaki atmosferik kükürt dioksit ve azot oksit birikimine bağlı olarak toprak pH'sının düştüğünü belirtmişlerdir.

Kuzey İngiltere'de ormanlık bir alanda yürütülen çalışmada karaçam ve meşe ölü örtüsünün pH değerlerindeki aylık olarak farklılığın istatistiksel anlamda önemli olduğu ancak ölü örtü altındaki mineral toprakta herhangi bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (Frankland *et al.* 2006). Çoğu bitkilerde büyüme sezonları boyunca besin elementi konsantrasyonu bakımından farklılıklar gözlemlenebilir ve bu farklılıklarda pH'da değişikliklere yol açar (Farley and Fitter 1999). Pan *et al.* (2018) birim alanda 6 ve daha fazla koyunun otlatıldığı takdirde ortalama toprak pH'sının 7,62'den 7,23'e düştüğünü belirtmişlerdir. Ancak literatürde bazı tutarsızlıklar vardır. Örneğin bazı çalışmalarda da otlatma baskısının toprak pH'sını artırdığı (Paz-Kagan *et al.* 2016) veya otlatma baskısının toprak pH'sına etki etmediği şeklinde açıklamalar mevcuttur (Xie *et al.* 2014). Yüksek toprak pH'sının neden olduğu alkalinite sorunu ve toprak tuzluluğu meralarda bitkisel verimliliği sınırlandıran önemli faktörlerdir (Rezaei and Gilkes 2005). Temel vd. (2016) Iğdır ovasının tuzlu alkali özelliğe sahip doğu kesiminde yayılış gösteren doğal çayır alanlarında yürüttükleri bir çalışmada; toprak pH'sının düşük miktarlarda tuz içeren topraklarda (EC= 0,4 dS/m, ESP= %4,3) 7,89, orta düzeyde tuz içeren topraklarda (EC= 4,8 dS/m, ESP= %11,6) 8,32, alkali topraklarda (EC= 1,5 dS/m, ESP= %39,1) 9,69 ve tuzlu-alkali topraklarda (EC= 4,3 dS/m, ESP= %39,7) 8,8 olduğunu belirtmişlerdir. İran'da yapılan bir çalışmada *Agropyron repense* (Adi otlak ayrığı), *Chaerophyllum macrospermum* ve *Ferula galbanifulla* bitkilerinin baskın olduğu yarı-kurak bir merada EC değerini 1,10 ds/m olarak bulunmuştur (Rezaei and Gilkes 2005). Toprağın elektriksel iletkenliği (EC), bitkisel verimliliği doğrudan etkileyen diğer toprak özellikleri ile korelasyon gösteren özelliktir.

Yarı-kurak alan topraklarının büyük bir çoğunluğu tuzluluk ve alkalinite problemi ile karşı karşıyadır (Liu *et al.* 2013). Rezaei and Gilkes (2005) meralarda topografya, ana materyal ve yağış miktarının toprak tuzluluğu üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı eğim dereceleri için (%3, %10, %32, %56) bakı ve yüksekliğin, elektriksel iletkenlik ve SAR üzerine olan etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Tuzlu topraklar en fazla $NaHCO_3$ ve $Na_2CO_3$ tuzlarını, az da olsa NaCl ve $Na_2SO_4$ tuzlarını içerebilirler (Zheng and Li 1999). Tuzluluk toprağın su potanasiyelinin düşmesine neden olarak bitkilerin su ve besin elementi alımını sınırlandırır (Diabate *et al.* 2015). Aynı zamanda tuzluluk toprak çözeltisi içerisinde iyon dengesizliğine neden olur (Shi and Zhao 1997). Tuzluluğun yanısıra pH'nında yüksek olması $Mg^{+2}$, $Ca^{+2}$, $HPO_4^{-2}$ ve $H_2PO_4^-$ gibi iyonların toprakta çökelmesine neden olur (Shi and Zhao 1997). Alkali koşullar altında hayatta kalabilmek için bitkilerin su stresi, iyon toksisitesi ve yüksek pH'a dayanma kabiliyetini geliştirmeleri gerekmektedir (Diabate *et al.* 2015). Örneğin *Kochia scoparia* (süpürge çiçeği) ve *Centaurea virgata* (acı süpürge) bitkileri N, P, K gibi makro besin elementleri alınabilir olduğu koşullarda sadece Temmuz-Ağustos aylarında vejetasyon içerisinde yer alırlar (Zheng and Li 1999). Ayrıca örnek verilen bu bitki türleri yüksek tuzluluk (>1000 mS/cm) ve pH'ya (>10) töleranslı olup toprak suyundan besin elementlerini hızlıca alabilme kabiliyetine sahiptirler (Shi and Zhao 1997, Yang *et al.* 2007a). Munns (2002) ve Yang *et al.* (2007b) *Kochia scoparia* (süpürge çiçeği) ve *Centaurea virgata* (acı süpürge) bitki türlerinin olumsuz şartlara dayanabilmek için tuzları hücrede tutmak veya atmak için özel yapılar geliştirerek ozmotik dengeyi ayarlayan özel stratejiler geliştirdiğini belirtmişlerdir. Masters *et al.* (2001) tuzlu bölgelerde yaşayan ve halofitik olarak adlandırılan bitkilerin, aşırı toprak tuzu seviyelerine toleranslı hale geldiğini, sodyum iyonlarını sitoplazmadan çıkarıp bunları vakuollere hapsederek fazla tuzu yapraklarda depoladıklarını belirtmişlerdir. Yapraklarda depolanan bu tuzlar ise hayvanların bu bitkileri otlaması ile hayvanlara geçmektedir (Yoshihara *et al.* 2014).

Toprağın aşırı tuzlu olması yem bitkilerinin lezzetlilik ve sindirilme oranının azalmasına neden olur ve bu otları tüketen hayvanların bünyelerinde biriken aşırı tuz mineral dengesinin dengesinin bozulmasını sonuçlar (Yoshihara *et al.* 2014). Chuffa *et al.* (2011) ve Wilson (1966) yapmış oldukları çalışmalarında sadece % 0,9 NaCl içeren içme suyunun, koyunlarda yem alımında %50 düşmesine ve koyun vücut ağırlığının% 1,5-2,0 oranında azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar koyunlardaki vücut ağırlığının azalmasının nedenini sadece N alımından değil bunun yanısıra zayıf gelişen ve azalan bitki örtüsüs miktarından da ilerie geldiğini savunmuşlardır. Optimum hayvan sağlığı için, hem yem hem de içme suyunun Na

konsantrasyonlarının, hayvan üzerindeki etkileri bakımından dengelenmesi gerekir (Yoshihara *et al.* 2014). Tuzluluğa neden olan katyonların yanısıra Ca, Mg, K gibi bazik katyonlar kalkerli topraklardaki baskın değişebilir katyonlardır (Zhang *et al.* 2013).

Bazik katyonlardan Ca ve Mg'nin topraktan yıkanması toprağın asitleşmesine neden olur (Lu *et al.* 2018). Toprak çözeltisi içerisinde bulunan $Ca^{+2}$ ve $Mg^{+2}$ bitki köklerinin alüminyum (Al) toksisitesini azaltabilir (Sverdrup *et al.* 1992). Ayrıca bitki besin elementi olan bu bazik katyonların katyon değişim kapasitesi (Bowman *et al.* 2008) ile kolloidal yüzeylerden (organik madde, kil yüzeyleri) toprak çözeltisine geçmesi sağlanarak bu besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmaları sağlanır (Brady *et al.* 1996). Bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementi konsantrasyonu bitki türlerine göre farklılık göstermekle birlikte toprak çözeltisi içerisindeki $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $K^{+}$ ve $Na^{+}$ oranları ve bu katyonlardaki değişiklikler vejetasyonda çeşitliliğe yol açar (Chen *et al.* 2013). Katyon değişim kapasitesi sayesinde toprak asitliği tamponlanır ve karasal ekosistemin devamlılığı sağlanır (Bowman et al. 2008). Çünkü toprak pH'ının düşmesi biyolojik aktivite ve katyon talebini değiştirebilir ve karasal ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Kirk *et al.* 2010). Bu sebepten dolayı ekosistemin yapısı ve işleyişinin tepkilerini tahmin edebilmek için katyon değişim kapasitesinin zamansal dinamiklerini derinlemesine anlamak oldukça önemlidir (Fang *et al.* 2017).

Katyon değişim kapasitesinin (KDK) önemi göz önüne alındığında, çevresel değişikliklerin KDK üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar giderek artmıştır (Fissore *et al.* 2008, Xu *et al.* 2012, Lu *et al.* 2015). Katyon değişim kapasitesinin 2:1 tipi kil mineralleri (Xu *et al.* 2012) ve organik madde içeriği ile pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Ruiz Sinoga *et al.* 2012). Son otuz yıl boyunca, Çin'in kuzeyindeki meralarda toprağın katyon değişim kapasitesi'nde ciddi düşüşler meyadan gelmiştir (Fang *et al.* 2017). Benzer şekilde uzun yıllar sonra Kuzey Amerika (Watmough and Dillon 2003), Avrupa (Högberg *et al*. 2006), Asya (Lu *et al.* 2015) ve Afrika'da 'da (Jaiyeoba 2003) mera topraklarında katyon değişim kapasitesinin azaldığı belirtilmiştir.

Meralarda katyon değişim kapasitesinin başlıca azalma sebepleri arasında aşırı otlatmaya bağlı olarak toprak organik karbonun azalması gösterilebilir (Bridges and Oldeman 1999, Yang *et al.* 2007a, Yu *et al.* 2012). Topraktaki organik karbonun azalması karboksil ve fenolik hidroksil gibi fonksiyonel grupların ayrışmasının da azalmasına neden olur (Fang *et al.* 2017). Sonuç olarak, humusun sahip olduğu negatif yük miktarı azalır ve humusun değişebilir bazik katyonları ile kompleks oluşturması zayıflar (Chapin *et al.* 2002, Brady and Weil 2008). Fang *et al.* (2017) Tibet'te 5 farklı merada yapmış oldukları çalışmada son 20 yılda mera topraklarının toplam organik karbon miktarının 37,71 Pg'dan ($37{,}71\times10^{-12}$ g) 34,15 Pg'a ($34{,}15\times10^{-12}$ g) düştüğünü katyon değişim kapasitesinin ise 17,06 $cmol_c/kg$'dan 14,69 $cmol_c/kg$'a düştüğünü belirtmişlerdir. Zhang *et al.* (2015) Çin'de farklı koyun gübresi uygulamalarının (0, 50, 250, 750, 1,5 $g/m^2$) toprak katyon değişim kapasitesi üzerinde etkilerini araştırdıkları bir merada KDK ile pH arasında pozitif yönde (0,76) önemli ($p<0{,}001$) bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Murphy *et al.* (2006) İrlanda'da yüksek organik madde içeriğine (%4,25) sahip bir mera toprağında (Cambisol) domuz ve inek gübrelerini belirli oranlarda (50, 100, 200 $m^3$/ha yıl) düzenli olarak toprağa uygulamışlardır. Araştırmacılar en yüksek KDK değerini (27,16 $cmol_c/kg$) 200 $m^3$/ha yıl inek dışkısının uygulandığı otlak alanında olduğunu belirtmişlerdir.

### 2.1.3 Besin elementi kapsamı

Toprak çözeltisi içerisinde çözünmüş halde bulunan bitki besin elementleri (Ca, Mg, K, Na, P vb.) meradaki bitki topluluklarının oluşumunu ve gelişimini doğrudan etkiler (Dubuis *et al.* 2013). Arazide besin elementi konsantrasyonun düşük olması bitki gelişimini sınırlandırarak arazide lokalize olmuş bitki örtüsü topluluklarının oluşumunu hızlandırır (Cui and Caldwell 1997). Hayvancılıkta doğal olarak oluşan mineral eksikliklerinin çoğu hem toprak mineral konsantrasyonu hem de toprak özellikleri ile yakından ilgilidir (Singh and Bohra 2005). Süt sığırcılığında, laktasyon dönemlerinde besin elementi gereksiniminin artması nedeniyle hayvanlar mineral eksikliğine karşı daha hassastırlar (McDowell 1996). Hayvancılıkta doğal olarak oluşan besin elementi eksikliklerinin çoğu hem topraktaki besin elementi içeriğiyle hem de toprak özellikleri ile yakından ilgilidir (Kumaresan *et al.* 2010). Sağlıklı hayvansal ürün elde edebilmek

için meradaki ot kalitesinin bilinmesi oldukça önemlidir (Kumaresan *et al.* 2010). Çünkü hayvanlar besin ihtiyaçlarını meradaki yaş veya kuru bitkilerden karşılar (Singh and Bohra 2005). Otun kalitesi yetiştiği toprağın özelliklerine bağlı olarak değişmekle beraber bitkilerdeki besin elementi konsantrasyonu ve bu konsantrasyonu etkileyen faktörler de bulundukları bölgeye bağlı olarak farklılık gösterir (Abdelrahman *et al.* 1998). Örneğin Beeson and Matrone (1976) kireçli toprakta yetişen *Trifolium pratense* (çayır üçgülü) bitkisinin, killi bir toprakta yetişen *Trifolium pratense*'den daha fazla kalsiyum, fosfor ve kükürt içerdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Berendse *et al.* (1992) *Festuca rubra* (kırmızı yumak) bitkisinin *Arrhenatherum elatius* (yüksek çayır yulafı) bitkisine göre toprağın düşük bitki besin elementi konsantrasyonların da bile yaprak dökülmesini tolere edebildiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Mašková *et al.* (2009) gübreleme yapılmayan meralarda *Festuca rubra* (kırmızı yumak) bitkisinin toprakta düşük besin elementi konsantrasyonlarına karşı oldukça toleranslı olduğunu ve alanda baskın bitki türü haline geldiğini belirtmişlerdir. Hejcman *et al.* (2010b) ise yoğun otlatma yerine biçimin yapıldığı otlaklarda bu ve benzeri sonuçlarla karşılaşılabileceğini belirtmişlerdir. Gebremeskel and Pieterse (2007) Etiyopya'da yarı-kurak merada otlatmanın bazı besin elementi konsantrasyonları üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada otlatılan ve biçilen mera toprakları arasında K, P, N ve organik karbon içeriği bakımından fark olmadığını belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar yarı-kurak meralarda bitki ve topraktaki besin elementi konsantrasyonu arasında negatif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir (Crawley *et al.* 2005, Hejcman *et al*. 2007). Bunun arkasındaki nedenlerden biri, öncelikli olarak köklerin toprak içerisindeki besin elementi için rekabet etmesi daha sonra ise hızlı gelişim gösteren türlerin toprak üstü aksamlarını geliştirebilmek adına ışık için rekabet etmeye başlamasıdır (Tillman 1985). Böylece toprak üstü aksamını en fazla geliştirebilen bitki türleri diğer türleri baskılayarak alanda hâkim duruma geçmektedir (Hejcman *et al.* 2010a). Hayvanlar yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmek için makro ve mikro besin elementlerine gereksinim duyarlar (Gibson 2009). Hem bitkiler hem de hayvanlar için Ca, Mg, N, P, K, ve S makro elementler içerisinde yer alır (Whitehead 2000). Ancak Na ve CI bitkiler için mikro besin elementi iken hayvanlar için makro element olarak nitelendirilir (Whitehead 2009). Mera vejetasyonu içerisinde

yer alan bitkiler hayvanlar için gerekli olan besin elementlerini içerir (Schlegel *et al.* 2016). Her ne kadar bitkilerde besin elementi noksanlıklarına karşı semptomlar görülse de yem bitkilerinde bu belirtilerin karakteristik olması nadirdir (Whitehead 2000). Bu sebepten dolayı hayvan yemleri içerisindeki makro elementlerin oranlarının bilinmesi oldukça önemlidir (Hejcman *et al.* 2010a). Bu oranlarda ki en ufak bir dengesizlik söz konusu olduğunda hayvan sağlığında ciddi problemler meydana gelir (Pelletier *et al.* 2006). Ayrıca bitkilerdeki besin elementi noksanlıklarını gidermek için kaba yem kullanılması maliyetin artmasına ve antagonistik etkiler nedeniyle diğer minerallerin metabolik eksikliklerine yol açabilir (Suttle 2010). Bu nedenle verimli ve sürdürülebilir bir hayvancılığın yapılabilmesi için çayır ve mera vejetasyonu içerisindeki bitkilerin besin elementi konsantrasyonlarını etkileyen faktörlerin çok iyi anlaşılması gerekmektedir (Schlegel *et al.* 2016).

#### 2.1.3.1 Makro besin elementleri

**Kalsiyum:** Makro besin elementlerinden biri olan kalsiyum bitkilerde hücre bölünmesini ve kök uzamasını sağlayarak karbonhidrat metabolizmasını düzenler (Mclaughlin and Wimmer 1999). Bitkinin hücre sitoplazmasında kalsiyum için yeterli alan bulunmadığı takdirde kalsiyum hücre duvarına bağlanır (Kaçar ve Katkat 2009). Bitki dokularında Ca'nın fazlası hücre ozmatik dengesinin sağlanabilmesi için suda çözünmesi zor olan okzalatlar şeklinde depolanır. Ancak bitki dokularında suda çözünebilir kalsiyum ise vakuollerde organik anyonlara (malat) ya da inorganik anyonlarla (nitrat, klorür) kompleks oluşturur (Faust and Klein 1974). Bitkinin genetik faktörleri topraktan kalsiyumun alınmasında oldukça etkilidir (Kaçar ve Katkat 2009). Bitki besin elementlerinin alınmasında nasıl ki toprak katyon değişim kapasitesi kolloitlerin yüzeyindeki yük yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterirse, benzer şekilde bitkilerde de bitki köklerinin hücre duvarındaki değişim bölgelerindeki yük yoğunluğuna bağlı olarak kök katyon değişim kapasitesi değişkenlik gösterir (White 2000). Örneğin baklagil yem bitkileri diğer bitkilere göre uygun toprak koşullarında topraktan daha fazla kalsiyum alabilmektedir. Açıkgöz (2001) 1 g kurumadde (KM) içerisinde ortalama kalsiyum içeriğinin buğdaygil yem bitkilerinde 2-5 mg ve baklagil

yem bitkilerinde ise 2-14 mg arasında değiştiğini belirtmiştir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama kalsiyum içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 14,70 g/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 5,04 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. McDowell and Valle (2000) *Gliricidia sepium* baklagil ağacının kalsiyum içeriğinin Chadhokar (1982) tarafından 11,9 mg/g KM olarak belirtildiğini ifade etmişlerdir. Minson (1990) merada farklı bitki türlerinin kalsiyum içeriklerini karşılaştırdığı çalışmasında Ca içeriğinin en fazla *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 14,8 mg/g KM)'de olduğunu ve bunu sırasıyla *Trifolium repens* (ak üçgül 14,3 mg/g KM), *Medicago sativa* (yaygın yonca 13,6 mg/g KM), Lolium perenne (ingiliz çimi 5,9 mg/g KM), *Festuca pratensis* (çayır yumağı 5,2 mg/g KM), *Dactylis glomerata* (domuz ayrığı mg/g KM) ve *Phleum pratense* (çayır kelp kuyruğu 3,8 mg/g KM) bitkisinin takip ettiğini belirtmiştir.

Khalili *et al.* (1993) Etiyopya'da yürüttükleri çalışmada ortalama 5,4 pH değerinde kompozit bitki örneklerinde kalsiyum içeriğinin 3,1-7,1 mg/g KM arasında değiştiğini ve ortalama kalsiyum içeriğinin 5,1 mg/g KM olduğunu belirtmişlerdir. Bunun Aksine Kumaresan *et al.* (2010) Hindistan'da 8 farklı merada yaptıkları bir çalışmada biçilen bitki örneklerindeki ortalama kalsiyum içeriğini en yüksek 6,9 g/kg KM, en düşük ise 5,2 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir.

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda baklagil yem bitkilerinin kalsiyum içeriğine ilişkin farklı sonuçlar da elde edilmiştir. Örneğin Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da 850 mm yağış alan 500 ha'lık bir merada Mayıs-Haziran ayları arasında her ay bitki örneklemesi yaparak yem bitkilerinin kalsiyum içeriğini incelemişlerdir. Araştırmacılar en fazla kalsiyum içeriğinin *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 44,8 g/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 37,8 g/kg KM), *Lathyrus sativus* (mürdümük 35,7 g/kg KM), *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 26,3 g/kg KM) bitkilerinin takip ettiğini belirtmişlerdir. Ülkemizde merada bitkilerinin kalsiyum içeriğini inceleyen pek çok araştırma yapılmıştır. Örneğin Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum'da merlarda doğal olarak yetişen bazı baklagil-buğdaygil yem bitkilerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerini araştırdıkları çalışmada en yüksek kalsiyum içeriğinin, 16,1 mg/g KM ile *Coronilla orientatis* (doğu taç otu), en

düşük ise 5,6 mg/g KM ile *Trifolium montanum* (dağ üçgülü) bitkisinde olduğunu ifade etmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama kalsiyum içeriğinin en yüksek 2. dönemde (110,44 mg/g KM) en düşük 3. dönemde (77,81 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu iki çalışma arasındaki farkın yüksek olma nedeni Gürsoy ve Macit (2017) çalışmasında sadece yem bitkilerini, Küçük vd. (2016)'nin ise merada bulunan tüm bitkileri esas almasından kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca bitkilerde besin elementi depolanmasında amenajman, toprak ve iklim özellikleri oldukça önemlidir (Bengtsson *et al.* 2003). Bundan dolayı aynı koşullarda yetişen bitkilerin depoladıkları besin elementi konsantrasyonlarında farklılıklar görülebilir (Avcı vd. 2006). Polat ve Bayraklı (2019) Konya merkezde bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerde ortalama Ca içeriğinin 12,5 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Gökkuş vd. (2013) Çanakkale'nin Biga ilçesinde otlatılan ve otlatılmayan iki farklı merada bitkilerin kalsiyum içerklerinin araştırmışlardır. Araştırmacılar korunan merada yaz mevisimdeki ortalama kalsiyum içeriğinin (5,51 g/kg KM) kışa göre (13,43 g/kg KM) daha düşük olduğunu, otlatılan merada ise bu durumun tam tersi olduğunu ifade etmişlerdir.

Sera koşullarındaki bitkilerin kalsiyum içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada ise ortalama her bir saksıya 17,6 m.e. kalsiyum uygulanmış ve en yüksek kalsiyum içeriğinin *Onobrychis Sativa* (korunga 13,5 m.e. Ca) en düşük *Triticum aestivum* (buğday 5,6 m.e Ca) bitkisinde olduğu bildirilmiştir (Fox and Kacar 1965). Schlegel *et al.* (2016) *Phleum pratense* (çayır kelp kuyruğu), *Festuca ovina* (koyun yumağı), *Trifolium repens* (ak üçgül), *Trifolium pratense* (çayır üçgülü) bitkilerinin baskın olduğu Kambisol toprak üzerindeki bir merada çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar ortalama 6 cm yükseklikten biçilen bitki kompozisyonundaki kalsiyum içeriğinin 3,66-15,29 mg/g KM arasında değiştiğini ve ortalama kalsiyum içeriğinin 6,85 mg/g KM olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar bitki kompozisyonunda *Lolium perenne* (İngiliz çimi) gibi "ryegrass" olarak adlandırılan çim bitkilerinin artması ile bitki bünyelerindeki kalsiyum miktarının azaldığını ifade etmişlerdir. Bunun nedenini Haynes (1980) *Lolium perenne* gibi monokotiledon türlerin, dikotiledon türlere göre

bitki tarafından besin elementi alımı için gerekli olan katyon değişim bölgelerinin daha az olmasına bağlamıştır. Benzer şekilde Govasmark *et al.* (2005) yaptıkları çalışmada dikotiledon (çift çenekli) baklagil yem bitkilerinin besin elementi konsantrasyonlarının diğer bitkilere göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Mera vejetasyonundaki bitkiler olgunlaştıkça otların besin elementi konsantrasyonları (Ca, Na ve Cl hariç) zamanla kademeli olarak azalmaktadır (Brink *et al.* 2006). Örneğin Khan *et al.* (2007) Pakistan'da yarı-kurak iklime sahip 8 farklı merada yapmış oldukları çalışmada yem bitkilerindeki kalsiyum içeriğinin 3,1- 4,9 mg/g KM arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar Ca içeriğinin en yüksek Şubat (4,0 mg/g KM), en düşük Ocak ayında (3,66 mg/g KM) olduğunu ve aylara göre bitkideki kalsiyum içeriği değişiminin istatistiksel anlamda önemli ($p<0,0062^{***}$) olduğunu belirtmişlerdir.

Hayvanların gelişmesinde en fazla ihtiyaç duyulan makro besin elementi kalsiyum, hayvan vücudundaki kemik ve dişlerin yapısına katılmasının yanında süt ve yumurta gibi hayvansal ürünlerin kalitesinden de sorumludur (Kutlu ve Çelik 2010). Aynı zamanda kalsiyum elementi sinir ve kas fonksiyonlarının düzenlenmesinde (Kutlu ve Çelik 2010) ve vücuttaki sıvıların asit-baz dengesinin sağlanmasında hayati öneme sahiptir (Carafoli 1991). Kalsiyum, potasyum ve magnezyum ile beraber sinir uyarılarının iletimi ve enzimlerin aktivasyonunda görev alır (Whitehead 2000). Hayvan yemleri içerisindeki özellikle Ca/P ve K/(Ca+Mg) oranları da oldukça önemlidir (Hopkins *et al.* 1994). Yem bitkilerinde ideal Ca/P oranı 2,0 olarak kabul edilir (Açıkgöz 2001). Bazı durumlarda bitkilerde yüksek Ca, düşük P nedeni ile bu oran 3-5 arasında bir değer alabilir ve yüksek Ca/P oranına sahip bitkilerde beslenen hayvanların süt humması denilen hastalığa yakalanma riski artar (Açıkgöz 2001). Ancak, Fahey *et al.* (1994) yeterli miktarda D vitamini alındığı takdirde 7' ye kadar olan Ca/P oranını hayvanların tolere edebileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan yüksek oranda kalsiyum alımı fosfor ve magnezyum metabolizması üzerinde olumsuzluklara neden olabilir (Underwood and Suttle 1999). Hayvan vücudunda hem makro hem de mikro besin elementleri konsantrasyonlarında büyük farklılıklar vardır. Örneğin, ruminantlarda kalsiyum konsantrasyonu Mg'nin 25-35 katıdır (Whitehead 2000). Besin elementi konsantrasyonunda ki bu farklılıklarınnedeni besin elementlerinin hayvan vücudundaki fonksiyonların farklılığından ileri gelmektedir. McDowell and Valle (2000)

ruminantların kalsiyum ihtiyacının 1,8-8,2 g/kg KM arasında değiştiğini ancak Açıkgöz (2001) ise koyun ve sığırların ihtiyacı olan kalsiyum miktarının yaklaşık 3-4 mg/g KM arasında değiştiğini belirtmiştir. Grace *et al.* (2008) ise 30 kg canlı ağırlığa sahip koyunların kalsiyum ihtiyacının yaklaşık 10,5 g ve ortlama 300 kg canlı ağırlığa sahip ineklerin kalsiyum ihtiyacının ise 12,7 g olduğunu belirtmişlerdir. Ancak hayvanlarda laktasyon döneminde ihtiyaç duyulan kalsiyum miktarı daha fazla olmaktadır (Herdt and Hoff 2011). Bitki kompozisyonu içerisindeki kalsiyum ve magnezyum gibi besin elementi konsantrasyonları yüksek olmasına karşın hayvanlar bu besin elementlerinin yaklaşık %3 gibi küçük bir kısmından faydalanabilmektedir (Whitehead 2000).

Khalili *et al.* (1993) Etiyopya'da yapmış olduğu çalışmada yağışlı dönemde ortalama kalsiyum içeriğinin melez ineklerin kan plazmalarında 2,85 mmol/L ve yerli ırk ineklerde 2,95 mmol/L olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar hayvanların dışkılarındaki ortalama kalsiyum içeriğini analiz etmiş ve hem yerli hem de melez ineklerin dışkılarındaki ortalama kalsiyum içeriğinin içeriğinin aynı (%1,1) olduğunu ifade etmişlerdir. Bhat *et al.* (2011) Hindistan'da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama kalsiyum içeriğinin toprakta 131 ppm, yem bitkisinde 5,1 g/kg KM ve hayvan kan örneklerinde 2,21 mmol/l olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar ortalama kalsiyum içeriğinin yem bitkilerinin %10'nun da McDowell *et al.* (1983) tarafından belirtilen kritik değerinin (3 g/kg KM) altında ve hayvan kan örneklerinin %37,5'inde ise Radostits *et al.* (2000) tarafından belirtilen kritik değerinin (<2 mmol/l) altında olduğunu bildirmişlerdir.

**Magnezyum:** Magnezyum bitkide fotosentez reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi için gerekli olan klorofil molekülünde merkez atom olarak görev alır (Tisdale *et al.* 1993). Yapraklarda depolanan magnezyumun ne kadarının klorofil molekülüne bağlanacağı, bitkinin topraktan aldığı magnezyum miktarına bağlı olarak değişir (Fox and Kacar 1965). Örneğin Scott and Robson (1990) *Trifolium subterraneum* (yeraltı üçgülü) bitkisinde toprağın magnezyum konsantrasyonunun yeterli olduğu alanda bitkide toplam magnezyumun %6'sı klorofil molekülüne bağlanırken, toprak magnezyum içeriğinin düşük olduğu alanda magnezyumun klorofile bağlanma oranı %3 olduğunu

belirtmişlerdir. Bitkilerde bulunan toplam magnezyumun % 70'den fazlası inorganik anyonlar ile organik anyonlara (malat ve sitrat) bağlanarak suda çözünebilir şekilde difüzyonla kolayca alınabilir formda bulunurlar (Kaçar ve Katkat 2009). Ayrıca protein sentezinde magnezyum oldukça önemlidir ve bitki dokularında yeterli magnezyum olmadığı takdirde protein sentezi durma noktasına gelebilir (Sperrazza and Spremulli 1983). Toprakta Ca/Mg oranı yüksek olduğu zaman bitkilerde magnezyum noksanlığı oluşmaktadır (Kaçar ve Katkat 2009). Ebel and Günther (1980) bitki dokularında ortalama 0,2-1 mg/kg KM magnezyum bulunduğunu ve baklagil yem bitkilerinin magnezyum bakımından zengin olduğunu belirtmişlerdir. Açıkgöz (2001) ortalama magnezyum içeriğinin buğdaygil yem bitkilerinde 1-3 mg/g KM, baklagil yem bitkilerinde ise 2-5 mg/g KM arsında değiştiğini ifade etmiştir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama magnezyum içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 3,03 g/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 1,44 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Kumaresan *et al.* (2010) Hindistan'da 8 farklı merada yapmış oldukları çalışmada biçilen bitki örneklerindeki magnezyum içeriğinin en yüksek 4,3 g/kg KM, en düşük ise 1,4 g/kg KM olduğunu bildirmişlerdir.

Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum'da meralarda yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin makro-mikro besin elementi içeriklerini araştırdıkları çalışmada en yüksek Mg içeriğini 5,1g/kg ile *Trifolium ambiguum* (kafkas üçgülü), en düşük ise 1,1 g/kg KM ile *Trifolium montanum* (dağ üçgülü) bitkisinde olduğunu belirtmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama magnezyum içeriğinin en yüksek 2. dönemde (28,48 mg/g KM) en düşük 4. dönemde (6,94 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Polat ve Bayraklı (2019) Konya merkezde bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerde ortalama magnezyum içeriğinin 3 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da ortalama 850 mm yağış alan 500 ha'lık bir merada yapmış oldukları çalışmada en fazla magnezyum içeriğinin *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 1,4 g/kg KM) yem bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 1,1 g/kg KM), *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu

0,9 g/kg KM), *Lathyrus sativus* (mürdümük 0,8 g/kg KM) bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir.

Bhat *et al.* (2011) Hindistan'da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama magnezyum içeriğinin toprakta 9,93 ppm, yem bitkisinde 1,8 g/kg KM, hayvan kan örneklerinde 1,25 mmol/l olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar McDowell *et al.* (1983) tarafından belirtilen kritik magnezyum değerlerinin toprak (9,10 ppm) ve yem bitkisi (1,2 g/kg KM) için sorun oluşturmasada yeterli olmadığını ifade etmişlerdir. Khan *et al.* (2007) Pakistan'da 8 farklı yarı-kurak merada yapmış oldukları çalışmada yem bitkilerindeki magnezyum içeriğini en yüksek 2,91 mg/g KM, en düşük ise 2,31 mg/g KM olarak belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar magnezyum içeriğinin en yüksek Şubat (2,68 mg/g KM), en düşük Haziran ayında (2,35 mg/g KM) olduğunu ve aylara göre bitkideki magnezyum içeriği değişiminin istatistiksel anlamda önemli ($p>0,0036^{***}$) olduğunu belirtmişlerdir.

Magnezyum hayvanların iskelet gelişimi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir ve yaklaşık 300'den fazla enzimin kofaktörü olarak görev alır (Benzer *vd.* 2005). Bunun yanısıra magnezyum süt verimini etkileyen önemli bir faktördür (Gürsoy ve Macit 2017). Suttle (2010) kesimden önce magnezyum takviyesinin, stres altındaki domuzlar da et kalitesini artırabileceğini belirtmektedir. Kuzu ve buzağılar sütteki magnezyumdan yüksek oranda faydalanabilirler (Van Es 1982). Ancak magnezyum absorpsiyon (AMg) katsayısı buzağılarda 2-3 haftada 0,87'den 7-8 haftalıkken 0,32'ye düşer (Dillon and Scott 1979). Koyunların günlük alması gereken magnezyum konsantrasyonu 0,9-1,2 g/kg KM iken inekler için bu değer 1,3-2,2 g/kg KM olarak belirtilmiştir (Freer 2007). Khalili *et al.* (1993) Etiyopya'da yapmış olduğu çalışmada yağışlı dönemde melez ineklerde kan plazmalarından alınan örneklerde ortalama magnezyum içeriğinin 0,75 mmol/L, yerli ırk ineklerde ise 0,79 mmol/L olduğunu belirtmişlerdir.Sığır ve koyunlarda magnezyum eksikliğine bağlı olarak çayır tetanisi (grass tetany) veya hipomagnezemik (hipomagnezemi) olarak adlandırılan rahatsızlıklar oluşmaktadır (Ağaoğlu vd. 2011). Vallentine (2012) çayır tetanisi nedeninin sadece magnezyum eksikliğinden değil aynı zamanda magnezyumun sindirim sisteminde çözünmeyen bir

forma dönüşmesi ile hayvan vücudundaki yemin magnezyum miktarının azalmasından veya absorpsiyonundan da kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Ayrıca azotlu ve potasyumlu gübrelemenin kontrolsüz yapıldığı meralarda K/(Ca+Mg) oranının artması çayır tetanisi riskini artırmaktadır (Follett *et al.* 1977). Çayır tetanisi buzağı ve etçil ırk sığırlarda yavaş, sütçül ırk sığırlarda ise hızlı gelişir (Vallentine 2012). Mayland and Shewmaker (2001) laktasyon dönemindeki koyunların ve sığırların çayır tetanisine karşı oldukça hassas olduğunu belirtmişlerdir. Aydin and Uzun (2008) bulutlu ve yağmurlu gün sayısının fazla olduğu Karadeniz Bölgesi ve benzeri koşullarda, hayvanlarda çayır tetanisi hastalık riskinin daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Dünya'da yaygın olarak görülen çayır tetanisi meralarda otlayan hayvanlar için çok büyük bir tehdit oluşturmaktadır ve ABD'de çayır tetanisi nedeniyle ölen sığırların yıllık maliyetinin yaklaşık 300 milyon dolar olduğu hesaplanmıştır (Lock *et al.* 2000). Bu gibi riskli durumlarda bölgeye uygun gübreleme programları geliştirilerek besin elementi noksanlığı ya da dengesizliğinden kaynaklanan hastalıkların önüne geçilebilir (Mayland and Wilkinson 1989). Ancak baklagil yem bitkileri kalsiyum ve magnezyum açısından zengin oldukları için baklagil yem bitkilerinin baskın olduğu meralarda otlayan hayvanlarda çayır tetanisi riski azalmaktadır (Milchunas and Whitehead 1997).

**Potasyum:** Bitkide fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetler açısından potasyum önemli bir yere sahiptir (Whitehead 2000) ve bitki hücrelerinin su potansiyelini düzenler (John *et al.* 2014). Potasyum konsatrasyonu yemlerde % 0,65-%0,9 arasında farklılık gösterir (Milchunas and Whitehead 1997). Potasyum bitkilerde organik bileşikler şeklinde kompleks oluşturmaz (Kaçar ve Katkat 2009). Bitkilerde çoğu enzimlerin aktifleşmesi ve ATP sentezi için potasyum gereklidir (John *et al.* 2014). Örneğin nişasta sentezini gerçekleştiren enzimlerin aktivitesinde potasyum oldukça önemlidir (Preusser *et al.* 1981). Kuraklık stresinde fotosentezde meydana gelecek olumsuzluklar potasyum miktarına bağlı olarak azalmaktadır (Kaçar and Katkat 2009). Bitkilerin potasyum içeriği toprakta alınabilir formda bulunan potasyum miktarına, bitkinin gelişme durumuna, topraktaki diğer katyonların türü ve miktarına bağlı olarak değişir (Koch and Estes 1975).

Bitkiler en fazla potasyuma vejetatif dönemde ihtiyaç duyarlar (Chapman and Keay 1971). Açıkgöz (2001) buğdaygil yem bitkilerinin yaklaşık 10-30 mg/g KM, baklagil yem bitkilerinin 20-37 mg/g KM içerdiğini, koyun ve sığırlarında ihtiyacı olan potasyum miktarının yaklaşık 2-6 mg/g KM arasında değiştiğini belirtmiştir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama potasyum içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 16,5 g/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 18 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum'da meralarda yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerinin araştırdıkları çalışmada en yüksek potasyum içeriğini *Lotus corniculatus'*da **(**sarı çiçekli gazal boynuzu 26,9 g/kg KM) ve en düşük potasyum içeriğini ise *Hedysarum elegans* (dağ ispanyol korungası 7 g/kg KM) bitkisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama potasyum içeriğinin en yüksek 1. dönemde (118,23 mg/g KM) en düşük 3. dönemde (46,56 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Polat ve Bayraklı (2019) Konya merkezde bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerde ortalama potasyum içeriğinin 12,6 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir.

Askari and Holden (2014) yirmi farklı merada yürütmüş oldukları çalışmada toprak potasyum içeriğinin 34,78-596 ppm arasında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da 850 mm yağış alan 500 ha'lık bir merada yapmış oldukları çalışmada en fazla potasyum içeriğinin *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 17,2 g/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 11,3g/kg KM), *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 10,1 g/kg KM), *Lathyrus sativus* (mürdümük 9,7 g/kg KM) bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir. Onyango *et al.* (2019) Kenya'da yıllık ortalama yağışın 1200 mm olduğu bir merada yaptıkları

çalışmada yem bitkilerinin ortalama potasyum konsantrasyonunu 26,5 g/kg KM olarak belirtmişlerdir.

Khan *et al.* (2007) Pakistan'da yarı-kurak iklime sahip 8 farklı merada yapmış oldukları çalışmada yem bitkilerindeki potasyum içeriğini en yüksek 15,4 mg/g KM, en düşük ise 11,8 mg/g KM olarak belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar K içeriğinin en yüksek Şubat (16,4 mg/g KM), en düşük Haziran ayında (11 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Potasyum hayvanlarda sinir ve kasların uyarılmasından sorumlu olup aynı zamanda vücudun asit-baz dengesini korumaktadır (Suttle 2010). Potasyum yem rasyonlarında ve meralardaki bitkilerde yeterli miktarlarda bulunmasından dolayı hayvanlarda potasyum eksikliği nadir görülür (Thompson 1972).

Beslenme uzmanları da potasyumun genellikle yararlı fakat kritik olmayan bir besin elementi olarak kabul etmişlerdir (Suttle 2010). Ancak potasyum fazlalığı vücuttaki Na-Ca dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Thompson 1972, Preston and Linser 1985). Hayvanların alması gereken potasyum miktarı koyunlar için 5,0-8,0 g/kg KM (Freer 2007) ve sığırlar için 6,5-10,0 g/kg KM olarak belirtilmiştir (NRC 2001). Thompson (1972) 1 kg kuru madde içerisindeki gerekli potasyum miktarının koyunlarda 7-8 g, Telle *et al.* (1964) ise 6,2-7,8 g olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Khalili *et al.* (1993) Etiyopya'da yapmış oldukları çalışmada yağışlı dönemde melez ineklerde kan plazmalarından aldıkları örneklerde ortalama potasyum içeriğinin 3,38 mmol/L, yerli ırk ineklerde 3,74 mmol/L olduğunu belirtmişlerdir. Hayvanların laktasyon dönemlerinde potasyum ihtiyaçları artar ve potasyum eksikliği süt verimini önemli derecede etkiler. Günlük potasyum ihtiyacının ortalama 40 kg canlı ağrılığındaki bir koyun için 3g, günlük süt verimi 10 L olan 600 kg canlı ağırlığındaki inekler için 63,7 g ve günlük süt verimi 30L olan 600 kg ağrılığındaki inekler için 104,1 g olduğu belirtilmiştir (Suttle 2010).

**Sodyum:** Dünya'da meraların yarısında bitkilerin sodyum konsantrasyonu 1,5 g $kg^{-1}$ KM'den daha düşüktür (Minson 1990). Açıkgöz (2001) ortalama sodyum içeriğinin

buğdaygil yem bitkilerinde 0,1-3,0 mg/g KM ve baklagil yem bitkilerinde0,1-2,0 mg/g KM olduğunu belirtmiştir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama sodyum içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 0,44 g/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 0,58 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir.

Onyango *et al.* (2019) Kenya'da yıllık ortalama yağışın 1200 mm olduğu bir merada yaptıkları çalışmada yem bitkilerinin ortalama sodyum konsantrasyonunu 0,10 g/kg olarak belirtmişlerdir. Khan *et al.* (2007) Pakistan'da yarı-kurak iklime sahip 8 farklı merada yapmış oldukları çalışmada yem bitkilerindeki sodyum içeriğini en yüksek 0,23 mg/g KM, en düşük ise 0,13 mg/g KM olarak ifade etmişlerdir. Aynı zamanda bu araştırmacılar sodyum içeriğinin en yüksek Ocak (0,22 mg/g KM), en düşük Haziran ayında (0,12 mg/g KM) olduğunu ve aylara göre bitkideki sodyum içeriği değişiminin istatistiksel anlamda önemli ($p>0,00033^{***}$) olduğunu belirtmişlerdir.

Merada bitki yapraklarının sodyum konsantrasyonu bakımından önemli farklılıklar görülmektedir (Suttle 2010). Örneğin merada yaygın olarak otlatılan türlerin yapraklarındaki sodyum konsantrayonları *Holcus lanatus* (tüylü bal otu) >*Dactylis glomerata* (domuz ayrığı) > *Festuca pratensis* (çayır yumağı) >*Phleum pratense* (çayır kelp kuyruğu) şeklinde sıralanmıştır (Chiy and Phillips, 1995). Bitkilerin yaprak ve köklerinde depolanan sodyum konsantrasyonu bakımından türler arasında önemli farklılıklar mevcuttur (Smith *et al.* 1978). Örneğin *Lolium perenne* (İngiliz çimi) gibi gövde ve yapraklarında yüksek miktarlarda sodyum depolanan ancak köklerde çok az sodyum depolanan bitkiler "natrophilic" tür olarak adlandırılmıştır (Chiy and Phillips 1995). Bunun tam tersi olarak *Phleum pratense* (çayır kelp kuyruğu) gibi gövde ve yapraklarında düşük konsantrasyonlarda sodyum depolanan ancak köklerde çok fazla miktarlarda sodyum depolanan bitkiler "natrophobic" tür olarak tanımlanmıştır (Suttle 2010). Baklagil yem bitkileri dışındaki bitkiler olgunlaştıkça sodyum konsantrasyonları azalmaya başlar (Edmeades and O'Connor 2003). Örneğin Kaliforniya'da baklagil yem bitkileri dışındaki bitkilerin sodyum içeriği ilkbahar ayında 0,5 g/kg KM iken sonbaharda yaklaşık 0,1-0,2 g/kg KM olduğu belirtilmiştir (Morris 1980). Hücrelerdeki ozmotik dengeyi korumak için plazmadaki sodyum konsantrasyonları korunmalı ve sodyum miktarının sınır değerlere inmesi engellenmelidir (Seynaeve *et al.* 1996).

McDowell *et al.* (1977) ruminantlar için gerekli Na miktarının 0,6-1,8 g/kg KM arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Açıkgöz (2001) ise hayvanların ihtiyacı olan ortalama sodyum içeriğinin koyunlarda 1 mg/g KM ve sığırlarda ise 2 mg/g KM olduğunu belirtmiştir. Van Es (1982) 600 kg canlı ağırlığındaki sığır için günlük sodyum ihtiyacının 4,5 g ve süt veren inekler için ise 10,3 g olduğunu belirtmişlerdir.

Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama sodyum içeriğinin en yüksek 3. dönemde (3,27 mg/g KM) en düşük 2. dönemde (1,38 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Polat ve Bayraklı (2019) Konya merkezde bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerde ortalama sodyum içeriğinin 0,2 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. McClymont *et al.* (1957) ise merinos koyunlarının sodyum ihtiyacının 0,6 g'dan fazla olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Minson (1990) ruminatların ortalama sodyum içeriğinin kırkılan postlarında 1,1 (g/kg KM), doku örneklerinde 2,0 (g/kg KM) ve sütlerinde 4 (g/400 kg) olduğunu belirtmiştir. Edmeades and O'Connor (2003) otlayan kuzu ve koyunlarla yapılan arazi denemeleri sonucunda ihtiyaç duyulan sodyum miktarının 0,5- 1 g/kg KM ot olarak belirtmişlerdir. Murphy and Plasto (1972) sağlıklı hayvanların kanlarındaki sodyum içeriğinin 145 mmol/l iken sodyum eksikliği olan merada otlayan hayvanların kan örneklerinde ise sodyum içeriğinin 40 mmol/l olduğunu belirtmişlerdir.

**Fosfor:** Fosforun bitkilerde sayısız biyokimyasal işlevi üstlenmesinin yanında ADP ve ATP yoluyla enerji transferinde de oldukça önemli bir göreve sahiptir (Whitehead 2000). ADP enerjinin fotosentez ve aerobik solunumdan depolanması için bir mekanizma sağlar ve ATP iki yüksek enerjili fosfat bağına sahiptir (Underwood and Suttle 1999). Depolanan enerji daha sonra iyonların aktif alımı ve taşınması ve organik moleküllerin sentezi gibi süreçleri sağlamak için serbest bırakılır (Whitehead 2000).

Fosfor ekosistem üretkenliğinin değerlendirilmesinde göz ardı edilmemesi gereken en önemli faktördür (Doudill *et al.* 1998). Karasal ekosistemlerde gübreleme yapılmayan

çoğu merada $CO_2$ konsantrasyonun artması, vejetasyon mevsiminin uzaması ve yüksek azot birikmesi gibi faktörlerin bir araya gelmesi ile fosfor sınırlayıcı bitki besin elementi haline gelmektedir (Peñuelas *et al.* 2013). Liu *et al.* (2018) ise bitki örtüsü azalan alpin çayırlarında toprağın fosfor içeriğindeki değişiklikleri inceleyen çalışmaların eksikliğinden bahsetmiştir.

Yuan *et al.* (2019) toprak üstü biomas miktarı düşük olan (50 g $m^{-2}$) çayır topraklarının fosfor konsantrasyonun biomas miktarının yüksek olduğu (108,5 g $m^{-2}$) çayırlara göre daha fazla oluğunu belirtmişlerdir. Yem bitkilerinin kalitesi fosfor içeriği ile ilişkilendirilmiştir (Singer 2002). Hatta bitki bünyesindeki düşük fosfor konsantrasyonunun verimsiz meraların karakteristik özelliği olarak kabul edilir (Marini *et al.* 2007). Genel görüşün aksine Dong *et al.* (2012) bitki örtüsü bozulmamış alanlardan orta ve ağır derecede tahrip edilmiş alanlara doğru gidildikçe toprağın fosfor konsantrasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Bunun tam aksine Liu *et al.* (2018) yapmış oldukları analiz ile bitki örtüsü bozulmamış bölgelerden alpin çayırlarına doğru gidildikçe topraktaki toplam fosfor içeriğinde % 15 azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ancak bu iki farklı sonuç karşılaştırılırken topraktaki fosforun azalmasında sadece bitki örtüsünün etkili olmadığının unutulmaması gerekir. Ayrıca bu çalışmalarda bozulmamış vejetasyon olarak adlandırılan yüksek vejetasyon yoğunluğuna sahip bölgeler üst yamaçları temsil ederken, vejetasyon yoğunluğu düşük alanların alt yamaçları temsil ettiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Gizachew *et al.* (2002) Etiyopya'da ortalama 1200 mm yağış alan bir meranın tepe kısmında Eylül ayında toprağın ortalama fosfor içeriğinin 0,32 ppm Mart ayında ise 0,09 ppm olduğunu ve mart ayındaki ortalama toprak fosfor içeriğinin hayvanlar (0,17-0,59 ppm) ve bitkiler (0,32-0,35 ppm) için gerekli olan fosfor miktarından düşük olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar meranın alt yamaçlarında eylül ayı toprak fosfor içeriğinin (0,35 ppm) mart ayındaki fosfor (0,08 ppm) içeriğinden fazla olduğunu ancak, her iki dönem içinde de hayvanlardan alınan kan örneklerindeki fosfor konsantrasyonunun (141,25 ppm) aynı olduğunu belirtmişlerdir.

Bannink *et al.* (2010) ve Klop *et al.* (2014) bir inekten sağılan bir kg süt içerisindeki fosfor miktarının 0,7-1,2 g arasında değiştiğini ve protein ve laktoz miktarının da sütteki fosfor miktarını etkileyen faktörler arasında yer aldığını belirtmişlerdir. Özturan ve Atasever (2018) ise 100 gr inek sütü içerisindeki fosfor miktarının 0,84-0,95 g arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. İnsanlar günlük 1000 mg fosfora gereksinim duyar ve 1 litre süt ile bu ihtiyacın %94'ü karşılanabilir (Demirci 1981). İrlanda, Finlandiya ve İsviçre gibi gelişmiş ülkelerde insanların ihtiyacı olan fosforun yaklaşık % 60-90'ı süt ve süt ürünlerinden karşılanabilmektedir (Demirci 1981).

Yazıcı (2018) Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde 16 farklı köyde hayvanların ahırda kuru yemle beslendiği (Kasım-Aralık-Ocak) kış dönemi ve çayır ve meralarda otlatıldığı (Haziran-Temmuz-Ağustos) yaz döneminde alınan süt örneklerindeki mineral konsantrasyon farklılıklarını kıyaslamıştır. Araştırmacı süt içerisindeki fosfor konsantrasyonun yaz döneminde (67690 µg/L) kış dönemine göre (65970 µg/L) daha fazla olduğunu belirtmiştir. Fosforun toprak içerisindeki hareketi yavaştır ve fosfor alımı esas olarak bitki aktif köklerinin etrafındaki 2-3 mm çapındaki bir bölgede gerçekleşir (Barber 1980). Bu nedenle kök büyümesinin hızı ve birim kök başına düşen kök tüylerinin sayısı ve uzunluğu fosforun alınmasında etkili olan faktörler arasındadır (Whitehead 2000).

Gillingham (1987) buğdaygil yem bitkilerinin üçgül türlerine göre fosfor rekabetinde daha etkili olduğunu belirtmiştir. Örneğin Mouat (1983) Yeni Zelanda'da yapmış olduğu çalışmasında toprakta yeterli fosfor olmadığında buğdaygil familyasından olan *Agrostis tenuis* (tavus otu) bitkisinin diğer türlere göre fosfor için rekabet etmede daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama P içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 2,48 g/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 2,33 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum'da bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar ortalama en yüksek fosfor içeriğinin baklagil yem bitkilerinden *Medicago media* (melez yonca 12,4 g/kg KM)

bitkisinde buğdaygil yem bitkilerinden *Agropyron intermedium* (mavi ayrık 11,9 g/kg KM) ve *Agropyron cristatum* (adi otlak ayrığı 11,9 g/kg) bitkilerinde olduğunu belirtmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama fosfor içeriğinin en yüksek 1. dönemde (13,94 mg/g KM) en düşük 3. dönemde (8,23 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Polat ve Bayraklı (2019) Konya merkezde bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerde ortalama fosfor içeriğinin 1,2 g/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da 850 mm yağış alan 500 ha'lık bir merada yapmış oldukları çalışmada en fazla fosfor içeriğinin *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 1,3 g/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Lathyrus sativus* (mürdümük 1,1 g/kg KM), *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 0,9 g/kg KM), *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 0,8 g/kg KM) bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir.

Bitkilerin fosfor içeriği çok değişken olup, bitkideki fosfor miktarı toprağın fosfor içeriğinden, bitkinin olgunlaşma aşamasından ve iklimden önemli derecede etkilenmektedir (Underwood and Suttle 1999). Örneğin yarı-nemli meralarda yetişen yem bitkilerinin 1 kg kuru madde içerisindeki fosfor miktarı (3,5 g) tropik bölgede yetişen yem bitkilerine (2,3 g) göre daha fazladır (Minson 1990). Bunun aksine literatürde meradaki bitkilerin yaz mevsimindeki fosfor eksikliğinin (%21,2) kış mevsimine göre (%13,4) daha fazla olduğu şeklinde bilgilere de rastlamak mümkündür (Singh *et al.* 2018). Onyango *et al.* (2019) Kenya'da yıllık ortalama yağışın 1200 mm olduğu bir merada yaptıkları çalışmada yem bitkilerinin ortalama fosfor konsantrasyonunu 2,9 g/kg KM olarak belirtmişlerdir.

Bitki dokularındaki fosfor konsantrasyonu mevsimlere bağlı olarak farklılık gösterebileceği gibi bitkilerin farklı organlarındaki fosfor miktarlarında da farklılıklar söz konusudur. Örneğin Nguyen and Goh (1992) otlarda fosfor konsantrasyonun köklere göre sürgünlerde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ancak Macklon *et al.* (1994) bitkiler olgunlaşmaya başladıkça köklerdeki fosfor konsantrasyonun sürgünlere göre daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Kökler ile sürgünler arasındaki fosfor konsantrasyon oranını etkileyebilecek faktörler arasında yılın zamanı, fosfor gübresi

uygulama oranı ve herhangi bir fosforlu gübre uygulamasından sonra geçen zaman da gösterilebilir (Whitehead 2000). Örneğin Weinmann (1940) Güney Afrika otlak alanlarında bitki köklerindeki fosfor konsantrasyonunun ilkbahar-yaz döneminde azaldığını ve sonbahar-ilkbahar döneminde arttığını belirtmiştir. Nguyen and Goh (1992) 30 yıl boyunca ortalama 35 kg/ha fosforlu gübrelemenin yapıldığı otlak alanında *Trifolium repens* (ak üçgül) ve diğer buğdaygil bitkilerinin köklerindeki fosfor konsantrasyonunun ortalama %0,12'den %0,22'ye çıktığını belirtmişlerdir.

Hejcman *et al.* (2010a) Almanya'da 25 adet deneme parselinde 5 farklı gübre (Ca, CaN, CaNP, CaNPKCI, $CaNPK_2SO_4$) uygulayarak Haziran ve Ekim ayında bitkileri biçmek suretiyle bitkilerdeki besin elementi konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Haziran ayında biçilen parsellerdeki bitkilerin fosfor içeriği sırasıyla 1g/kg, 0,93 g/kg, 2,1 g/kg, 1,5 g/kg, 1,6 g/kg KM olarak bulunmuş ve bu değerlerin süt sığırcılığı için gerekli olan değerlerin çok altında olduğu belirtilmiştir. Bhat *et al.* (2011) Hindistan'da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama fosfor içeriğinin toprakta 19,43 ppm, yem bitkisinde 3,5 g/kg KM, hayvan kanında 1,8 mmol/l olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar örnek alınan yem bitkilerinin %35'inin fosfor içeriğinin McDowell *et al.* (1983) tarafından belirtilen kritik değerin (2,0 g/kg KM) altında olduğunu da ifade etmişlerdir. Hayvan vücudunda en fazla bulunan elementlerden biri olan fosfor %80 oranında kemik ve dişlerin yapısına katılır (Suttle 2010). Fosfor, hücre büyümesi ve farklılaşması için gerekli olan deoksi ve ribonükleik asitlerin bir bileşenidir (Grünberg 2014). Fosfor, fosfolipid olarak hücre zarı akışkanlığına ve bütünlüğüne katkıda bulunur. Ayrıca sinir hücrelerinin miyelin kılıfının oluşmasını sağlar ve fosfat olarak ($PO_4$) ozmotik ve asit-baz dengesinin korunmasına yardımcı olur (Singh *et al.* 2018).

Hayvanlarda fosfor noksanlığı süt verimini, süt kompozisyonunu, doğurganlığı ve vücut ağırlığını olumsuz yönde etkileyebileceğinden (Puggaard *et al.* 2014) merada ki bitkilerin fosfor içeriği hakkında güvenilir bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir (Humer and Zebeli 2015). İlkbahar ve yaz dönemlerinde yem bitkilerinin saplarındaki azot içeriği yapraklara göre daha fazladır ve bu dönemlerde toprağa azotlu gübrelerin

uygulanması bitki yapraklarının azot içeriğinde artış sağlar (Hejcman *et al.* 2010b). Biçilmek suretiyle faydalanılan otlak alanlarda biçim zamanının geciktirilmesi yem kalitesinin azalmasına neden olur (Hejcman *et al.* 2010b). Ayrıca fosfor yetersizliği sığırlarda iştah azalmasına ve süt verimi düşmesine neden olduğundan ileri aşamalarda hayvanlarda kemik çiğneme ve leş yeme (pika) hali görülmektedir (Benzer vd. 2005). Hayvan vücudunda fosfor sentezlenemediği için ihtiyaç duyulan fosforun besin kaynağı olan meralardan karşılanması gerekir (Rodehutscord 2008). Süt sığırları için yemdeki optimum P konsantrasyonu 2,3–3,7 mg/g KM arasında olmalıdır (Milchunas and Whitehead 1997). Günlük 20-55 kg süt veren inekler için gerekli fosfor miktarı 3,2-3,8 g/kg KM arasında değişmektedir (Ekelund *et al.* 2006). Singh *et al.* (2018) günlük 30 kg süt veren 600 kg canlı ağırlığındaki bir ineğin fosfor ihtiyacının 59-85 g/gün olduğunu ifade etmişlerdir Ancak hayvanlar için gerekli fosfor miktarları ülkeler arasında farklılık gösterdiğinden doğru tahminler için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Eastridge 2006).

Hayvanların fosfor gereksinimlerini doğru tahmin edebilen öneri sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Humer and Zebeli 2015). Kuzey Amerika'da oluşturulan öneri sistemlerine göre fosfor ihtiyacının %64'ünü yem bitkileri %70'ini ise fabrikasyon yemlerin karşılayabildiği belirtilmiştir (NRC 2001). Almanya için oluşturulan öneri sistemine göre ihtiyaç duyulan fosforun %70'inin yem bitkilerinden karşılanabildiği belirtilmiştir (GfE 2001). Fosfor süt verimi üzerinde oldukça etkilidir ve fosfor içeriği yüksek yemlerle beslenen hayvanların süt veriminin de fazla olacağı düşünülmektedir (Klop *et al.* 2013). Farklı ülkelerde aynı bitki türlerinin fosfor içerikleri farklı olabileceği gibi aynı teknolojide üretilmiş fabrikasyon yemlerin de fosfor içeriği büyük farklılıklar gösterebilir (Humer and Zebeli 2015).

Sonuç olarak, NRC (2001) ve GfE (2001) tarafından fosfor içeriği bakımından önerilen değerlerin uygun olup olmadığı sorgulanabilir. Örneğin Rodehutscord (2008) % 70'lik varsayımların kullanılabilirliğinin çok düşük olabileceğini ve ruminantlar için beslenme önerilerinin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ancak fosfor kullanılabilirliğini belirlemek için çeşitli yaklaşımların kullanımda olması nedeniyle, yayınlanan verilerin karşılaştırılarak hayvancılık sektöründe kullanımı için kapsamlı besleme tablolarının

derlenmesinde karmaşıklığa neden olmaktadır (NRC 2001). Bu nedenle, farklı yem bitkilerinin fosfor kullanılabilirliğini belirlemek, besleme maliyetlerinden tasarruf etmek ve sınırlı küresel fosfat rezervlerinin sürdürülebilir şekilde kullanılarak yeterli fosfor beslemesini sağlamak için standardize edilmiş yöntemlere ihtiyaç vardır (Humer and Zebeli 2015).

### 2.1.3.2 Mikro besin elementleri

Topraktaki toplam mikro besin elementi içeriği, anamateryal ve pedojenik süreçlerin karmaşık bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkar (Shukla *et al.* 2018). Mikro besin elementi alınabilirliği net birincil verimliliği (NPP) kısıtlayan önemli bir faktördür (Li *et al.* 2010) ve Fe, Mn, Cu ve Zn gibi besin elementlerinin eksikliği gıda üretimini tehdit eden önemli bir unsurdur (Jones *et al.* 2013).

**Bakır:** Genel olarak, bitki dokularında bakır ve molibden diğer besin elementlerine göre daha az miktarlarda bulunmaktadır (Kaiser *et al.* 2005). Underwood and Suttle (1999) Temmuz ayında hayvanların merada bulunan otlardan aldığı bakır miktarının ortalama 25 g/kg KM, Eylül-Ekim aylarında ise bu değerin 14 g/kg KM'a düştüğünü belirtmişlerdir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama bakır içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 6,29 mg/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 4,26 mg/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Kumaresan *et al.* (2010) 8 farklı merada yaptıkları çalışmada bitkilerde ortalama bakır içeriğinin en yüksek 28,87 ppm, en düşük 13,75 ppm olduğunu ve bitkilerdeki bakır içeriğinin kritik kabul edilen değerden (<8ppm) daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedenini asidik toprak koşullarında toprak kolloidleri tarafından tutulan bakır miktarının azalarak toprak çözeltisine geçtiğini ve toprak çözeltisindeki bakırın bitkiler tarafından alınabilir formda olduğunu belirtmişlerdir.

Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum'da doğal olarak yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerinin araştırmışlardır. Araştırmacılar en yüksek bakır miktarının baklagil yem bitkilerinde *Trifolium*

*ambiguum* (Kafkas üçgülü 12,36 ppm), buğdagil yem bitkilerinde ise *Poa pratensis* (çayır salkım otu 9,84 ppm) bitkisinde olduğunu belirtmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da 15 Mart-15 Mayıs arasında 15'er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama bakır içeriğinin en yüksek 4. dönemde (0,010 mg/g KM) en düşük 3. dönemde (0,085 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir.

Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da 850 mm yağış alan 500 ha'lık bir merada yapmış oldukları çalışmada en fazla bakır içeriğinin *Lathyrus sativus* (mürdümük 33 mg/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 31 mg/kg) *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 26 mg/kg KM), *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 25 mg/kg KM), bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir. Gizachew *et al.* (2002) Etiyopya'da ortalama 1200 mm yağış alan bir meranın tepe kısmında eylül ayında toprağın ortalama bakır içeriğinin 19,44 ppm Mart ayında ise 8,18 ppm olduğu sonucuna varmışlardır. Munyati (2018) merada besin elementi konsantrasyonlarını incelediği çalışmasında Afrika'ya özgü *Eragrostis lehmanniana* yem bitkisindeki bakır içeriğinin 15,7 mg/kg olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda araştırmacı belirtilen yem bitkisinin bakır içeriğine ait semivaryogram analizi yapmış ve range mesafesini 1449 m olarak bulmuştur.

Ma *et al.* (2015) Çin'de yarı-kurak bir merada yapmış oldukları çalışmada toprağın ortalama bakır içeriğini 2,06 mg/kg olduğunu ifade etmişlerdir. Bhat *et al.* (2011) Hindistan'da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama bakır içeriğini toprakta 1,57 ppm, yem bitkisinde 17,18 ppm ve hayvan kan örneklerinde 11,78 ppm olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar korelasyon analizi sonuçlarına göre topraktaki ve yem bitkilerinde bakır içeriği ($0,558^{**}$) ve yem bitkisi ile kan örneklerindeki bakır içeriği arasında ($0,463^{**}$) önemli pozitif bir ilişki olduğunu da rapor etmişlerdir. Yapılan birçok araştırma sonucuna göre ruminant hayvanlarda çok çeşitli klinik ve patolojik hastalıkların önlenmesinde bakır elementinin önemli olduğuna dair vurgu yapılmıştır (Underwood and Suttle 1999). Batı Avustralya'nın bazı bölgelerinde bakır eksikliğine bağlı olarak yeni doğan kuzularda kas hareketlerinin

koordinasyon eksikliğine sebep olan nörolojik bir hastalık olan “ataksi” hastalığı görülmüştür (Bennetts and Chapman 1937). Yem bitkilerinin ruminantların bakır gereksinimlerini karşılama veya bakır zehirlenmesi riski oluşturma potansiyeli bitkilerin içerdiği bakır konsantrasyonundan daha fazla bakırın alınabilirliğine ($A_{Cu}$) bağlıdır (Phillippo 1983). Ayrıca bitkide S ve Mo konsantrasyonlarındaki artışlar hayvanların bakır absorbe etme potansiyelini düşürmektedir (Underwood and Suttle 1999). Evans (1956) inorganik fosfat varlığında hayvandaki molibden'in bakır tutulmasını sınırlandırdığını belirtmiştir.

**Mangan:** Mangan enzim aktivitesinin bir kofaktörü olarak çok daha küçük miktarlarda gereklidir (Hänsch and Mendel 2009). Ancak mangan konsantrasyonu bitki metabolizma hızlarına bağlı olarak çok değişebilir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya’da yapmış oldukları çalışmada ortalama mangan içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 43,4 mg/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 21,8 mg/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum’da yapmış oldukları çalışmada en yüksek mangan miktarını 94,51 ppm ile *Poa pratensis* (çayır salkım otu) bitkisinde, en düşük ise 24,63 ppm ile *Festuca rubra* (kırmızı yumak) bitkisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Küçük vd. (2016) Şanlıurfa’da 15’er gün aralıklarla dört defa bitki örneklemesi yaparak merada yetişen bitkilerin makro besin elementi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitkilerdeki ortalama mangan içeriğinin en yüksek Mart ayında (0,063 mg/g KM) en düşük Nisan ayında (0,016 mg/g KM) olduğunu belirtmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) İtalya’da 850 mm yağış alan 500 ha’lık bir merada yapmış oldukları çalışmada mangan içeriğinin en yüksek *Lathyrus sativus* (mürdümük 171 mg/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 166 mg/kg KM), *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 151 mg/kg KM) *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 147 mg/kg) bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir. Wang *et al.* (2014b) Çin’de bir merada yaptıkları çalışmada ortalama mangan konsantrasyonunun toprak için 1690 µg/g, bitki için 99,21 µg/g KM ve merada otlayan koyunların kan örneklerinde 0,2 µg/ml olarak belirlemişlerdir. Bhat *et al.* (2011) Hindistan’da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını

karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama mangan içeriğini toprakta 4,41 ppm, yem bitkisinde 77,99 ppm, hayvan kan örneklerinde 3,48 µmol/l olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar bulmuş oldukları topraktaki mangan içeriğinin McDowell *et al.* (1983) tarafından belirtilen kritik değerden (5 ppm) düşük olduğunu ifade etmişlerdir.
Ma *et al.* (2015) Çin'de yarı-kurak bir merada yapmış oldukları çalışmada toprağın ortalama mangan içeriğini 14,78 mg/kg olarak bildirmişlerdir. Baranova *et al.* (2019) Çin'de ortalama yıllık yağışın 389 mm olduğu bir merada yürüttükleri çalışmada yem bitkilerinin ortalama mangan içeriği bakımından otlatılmayan parsel ile aşırı otlatmanın yapıldığı parselde (0,10 g/kg KM) fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Gwelo *et al.* (2015) Afrika'da yıllık ortalama yağışı 550 mm olan bir merada yaptıkları çalışmada toprağın mangan içeriğini meranın en alt yamacında (bottom) kışın 173 pmm iken yazın 289 ppm meranın en üst yamacında ise (top) kışın 172 ppm yazın ise 145 pmm olarak bulmuşlardır.

**Demir:** Önemli bir mikro besin elementi olan demir klorofil sentezinde ve bitkilerin solunumunda elektron taşınmasında görev alır (Kabata-Pendias and Mukherjee 2007). Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama demir içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 145 mg/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 81,1 mg/kg KM olduğunu ifade etmişlerdir. Gürsoy ve Macit (2017) demir içeriğinin en yüksek *Agropyron cristatum* (adi otlak ayrığı 630,6 ppm) en düşük ise *Phleum pratense* (çayır kelp kuyruğu 74,90 ppm) bitkisinde olduğunu belirtmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) en fazla demir içeriğinin *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 592 mg/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Lathyrus sativus* (mürdümük 522 mg/kg KM), *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 491 mg/kg KM), *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 487 mg/kg KM), bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir. Ma *et al.* (2015) Çin'de yarı-kurak bir merada toprağın ortalama demir içeriğinin 21,18 mg/kg olduğunu bildirmişlerdir. Bhat *et al.* (2011) ortalama demir içeriğinin toprakta 17,60 ppm, yem bitkisinde 426,39 ppm ve hayvan kan örneklerinde 41,80 µmol/l olduğunu belirmişlerdir. Baranova *et al.* (2019) Çin'de otlatılmayan parselde yem bitkilerinin ortalama demir içeriğini 0,9 g/kg KM, aşırı otlatmanın yapıldığı parselde ise 1,0 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da yaptıkları çalışmada

bitkilerdeki ortalama demir içeriğinin zamana bağlı olarak farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir.

**Çinko:** Genel olarak bitkilerdeki çinko konsantrasyonu 25-150 ppm arasında değişmektedir ve yapraklardaki çinko konsantrasyonu 400 ppm'i aştığında ise toksik etki oluşmaktadır (Tisdale *et al.* 1993). Shukla *et al.* (2018) baklagil bitkilerinde ortalama çinko konsantrasyonunun 7-20 mg/kg KM arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Juknevičius and Sabienė (2007) Litvanya'da yapmış oldukları çalışmada ortalama çinko içeriğinin baklagil yem bitkilerinde 20,64 mg/kg KM, buğdaygil yem bitkilerinde ise 14,73 mg/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Tufarelli *et al.* (2010) İtalya'da 850 mm yağış alan bir merada yapmış oldukları çalışmada en fazla çinko içeriğinin *Onobrychis viciaefolia* (adi korunga 103 mg/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırayla *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 101 mg/kg KM), *Lathyrus sativus* (mürdümük 95 mg/kg KM), *Trifolium pratense* (çayır üçgülü 91 mg/kg KM) bitkilerinin takip ettiğini ifade etmişlerdir.

Şanlıurfa'da bir merada yapılan çalışmada çinko içeriğinin en yüksek *Vicia palaestina Boiss* (27,8 mg/kg KM) bitkisinde olduğunu ve bunu sırasıyla *Trigonella mesopotamica* (18,2 mg/kg KM), *Trifolium campestre* (15,9 mg/kg KM), *Trifolium repens* (14,8 mg/kg KM), *Medicago sativa* (11,8 mg/kg KM) gibi bitkilerinin takip ettiği belirtilmiştir (Cevheri *et al.* 2013). Gürsoy ve Macit (2017) Erzurum ili Tortum ilçesinde 4 farklı meradan topladıkları bitki örneklerinde baklagil yem bitkilerinin çinko içeriğinin 14,11-195 ppm, buğdaygil yem bitkilerinin çinko içeriğinin ise 31,49-335,6 ppm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar en yüksek çinko içeriğinin baklagil yem bitkilerinde *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu 61,59 ppm) ve buğdaygil yem bitkilerinde ise *Festuca ovina* (koyun yumağı 335,6 ppm) bitkisinde tespit etmişlerdir. Temiz and Soylu (2012) Samsun'da 24 farklı bölgeden topladıkları süt örneklerindeki çinko içeriğinin 0,12-0,64 mg/kg arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Küçük vd. (2016) Şanlıurfa'da yapmış oldukları çalışmada yem bitkilerindeki ortalama çinko içeriğinin en yüksek Mayıs ayında (0,19 mg/g), en düşük Nisan ayında (0,14 mg/g) olduğunu ifade etmişlerdir.

Baranova *et al.* (2019) Çin'de ortalama yıllık yağışın 389 mm olduğu bir merada yürüttükleri çalışmada bitkilerinin ortalama çinko içeriğinin otlatılmayan parselde 0,1 g/kg KM, aşırı otlatmanın yapıldığı parselde ise 0,02 g/kg KM olduğunu belirtmişlerdir. Bhat *et al.* (2011) Hindistan'da 6 farklı köyde toprak, yem bitkisi ve hayvan kan örnekleri alarak besin elementi konsantrasyonlarını karşılaştırmışladır. Araştırmacılar ortalama çinko içeriğini toprakta 1,79 ppm, yem bitkisinde 29,74 ppm, hayvan kanında 19,91 µmol/l olduğunu belirmişlerdir. Aynı araştırmacılar yem bitkisindeki çinko konsantrasyonunun McDowell *et al.* (1983) tarafından belirtilen kritik değerden (30 ppm) düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Topraktaki çinko içeriği mevsimlere bağlı olarak da değişim gösterebilmektedir. Nitekim Gizachew *et al.* (2002) ortalama Zn içeriğinin hem mekânsal hem de zamansal olarak farklı değerler aldığını belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar ortalama toprak çinko içeriğinin hayvanlar (30 ppm) için yetersiz olduğunu ancak bitkiler (0,32-0,35 ppm) için yeterli olduğunu ifade etmişlerdir. Munyati (2018) yapmış olduğu çalışmasında Afrikaya'a özgü *Eragrostis lehmanniana* yem bitkisindeki çinko içeriğinin 50 mg/kg KM olduğunu belirtmiştir. Ma *et al.* (2015) Çin'de yarı-kurak bir merada yapmış oldukları çalışmada toprağın ortlama çinko içeriğini 3,18 mg/kg olarak ifade etmişlerdir.

Süt ve süt ürünleri insan beslenmesinde oldukça önemlidir (Kapila *et al.* 2013). Özellikle süt, büyük ölçüde bebekler ve çocuklar tarafından tüketildiği için içerisindeki çinko içeriği oldukça önemlidir (Temiz and Soylu 2012). Ayrıca çinko insanlarda hücre bölünmesi, DNA ve protein sentezi gibi hayati fonksiyonların yerine getirilmesinde önemli bir yere sahiptir (Shukla *et al.* 2016a). Yeterli çinko alamayan insanlarda bağışıklık sisteminin gerileyerek ölümle sonuçlanabilen hastalıkların görülme riski fazladır (Shukla *et al.* 2016a). Özturan ve Atasever (2018) sütün çinko içeriğinin kış mevsimine (12,58 mg/kg) göre yaz mevsiminde daha fazla (13,26 mg/kg) olduğunu ve bu dönemsel farkın istatistiksel anlamda önemli olmadığını ($p>0,05$) belirtmişlerdir. Paksoy *et al.* (2018). Konya, Mardin ve Şanlıurfa'daki üreticilerden topladıkları işlenmemiş koyun, keçi ve eşek sütlerinde elementel analiz yapmışlardır. Araştırmacılar

en fazla çinko içeriğinin koyun sütünde (5,03 mg/l) olduğunu bunu sırasıyla keçi sütü (3,17 mg/l) ve eşek sütünün (3,16 mg/l) takip ettiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Miedico *et al.* (2016) İtalya'da yapmış oldukları çalışmada keçi sütünün ortalama çinko içeriğini koyun sütünde 5,17 mg/l ve keçi sütünde ise 3,5 mg/l olarak bulmuşlardır. Ayrıca ağır metallerin, özellikle As, Cd, Cr ve Pb'nin hayvan yemindeki içeriğinin olabildiğince düşük olması gerekir, çünkü bu elementler insanlar için olduğu kadar hayvanlar için de toksiktir (Hejcman *et al.* 2010a). Kimyasal gübrelerin uzun süre kullanılması sonucu toprakta biriken bu metaller hayvan ve insan sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. (Chen *et al.* 2007b, Uprety *et al.* 2009). Bitkilerin bu zararlı elementleri topraktan alması bu metallerin gübre içerisindeki konsantrasyonları ile doğrudan ilişkilidir (Hejcman *et al.* 2010a). Ayrıca bu metallerin topraklarla etkileşim şeklinin anlaşılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Leps and Smilauer 2003). Hejcman *et al.* (2010a) çok değişkenli veri analiz tekniklerinden biri olan ve görselleştirilerek oluşturulan koordinasyon diyagramının, analiz edilen tüm veriler arasındaki ilişkilerin tanımlanmasını kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir.

### 2.1.4 İklim özellikleri

Yem bitkilerinin gelişmesini ve merada dağılımını etkileyen en önemli faktörlerin başında iklim özellikleri gelmektedir (Altın vd. 1999). İklim özelliklerinin mera vejatasyonu üzerindeki kalıcı etkileri uzun zaman ölçeklerinde belirgin hale gelir (Oomen *et al.* 2016). Vejetasyon üzerindeki bu etkiler ile beraber mera üzerindeki otlatma baskısının artması da meraların bozulmasını hızlandırmaktadır (Vetter 2013). Ayrıca iklim değişikliği bitki tür kompozisyonunu değişmesine neden olarak otlatma planlarının da değişmesine neden olur (Howden *et al.* 2008). Son yıllarda iklim değişikliğinin etkilerinin giderek artması yağış özelliklerinde ve atmosferik $CO_2$ konsantrasyonun artmasına neden olarak meraların verimliğini tehdit etmektedir (Cullen *et al.* 2009).

Yem bitkilerinin artan atmosferik $CO_2$ konsantrasyonuna karşı gösterecekleri tepkiler mera kesimi, toprak nemi ve topraktaki besin elementi içeriğine bağlı olarak farklılık

gösterir (McKeon *et al.* 2009). Bazı araştırmacılar atmosferde $CO_2$ yoğunluğunun artmasının yağışların artmasına (McKeon *et al.* 2009) diğerleri ise yağışların azalmasına neden olacağını belirtmişlerdir (Howden *et al.* 2008). Ancak gelecekteki iklim değişikliklerinin mera verimi üzerindeki genel etkisi belirsizdir (Harle *et al.* 2007), çünkü yağış ve sıcaklıktaki değişikliklere karşı bitkilerin gösterdiği tepkiler bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir (McKeon *et al.* 2009). Bu sebepten dolayı her ülke kendi ekosistemlerini esas alarak bölgesel olarak olası iklim değişikliğine karşı iklim senaryoları oluşturarak ortaya çıkacak ihtimaller karşısında izleyeceği politikaları belirlemelidir. Örneğin, Avustralya'da oluşturulan olası iklim değişiklikleri senaryolarına göre, sıcaklığın 2030 yılına kadar 0,4-1,8℃ ve 2070 yılına kadar ise 2,2-5℃ artacağı belirtilmiş olup (Cullen *et al.* 2009), öngörülen yağış şekillerinde ise önemli farklılıklar vardır.

#### 2.1.4.1 Yağış

Kurak ve yarı-kurak meralarda yağışın uzaysal ve zamansal değişimi yem bitkilerinin besleme değerini etkilemektedir (Ren *et al.* 2016). Knapp and Smith (2001) ve Huxman *et al.* (2004a) meraların vejetasyon dönemi boyunca yağış dağılımındaki değişkenliğe oldukça hassas olduklarını ifade etmişlerdir. Bu hassasiyetin sebebini Shen *et al* .(2009) mera vejetasyonu içerisindeki bitki köklerinin 50 cm'den daha düşük toprak derinliğinde yoğunlaşmasına bağlamışlardır. Ancak Li *et al.* (2019) doğal meraların sınırlı yağışla başa çıkmak için farklı mekanizmalara sahip olabileceği görüşünü savunmuşlardır. Buna en iyi örnek olarak Mollisol topraklara sahip meraları gösterebiliriz. Bu topraklar humus ve bazlarca zengin kalın bir üst toprak içerdikleri için (Brady and Weil 2008) yağmur suyunu geçici olarak depolayabilir ve kademeli olarak boşalmasına izin verirler (Wang *et al.* 2013). Böylelikle Mollisol toprakların bulunduğu meralarda kuru dönemlerde üst toprak katmanlarında bitki için gerekli olan suyun daha fazlası sağlanmış olur (Fu *et al.* 2011).

Tian *et al.* (2016) Çin'de yarı-kurak bir merada yaptıkları çalışmada bitki çeşitliliğinin, ortalama yıllık sıcaklık ile (8,15℃) negatif yönde (-0,42$^{**}$), ortalama yıllık yağış (285

mm) ile pozitif yönde (0,37**) önemli düzeyde korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Yağış miktarındaki ve desenindeki değişiklikler sadece toprak nem içeriğini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda toprak sıcaklığı ve toprak azot içeriği gibi diğer edafik faktörleri de etkiler (Zhang *et al.* 2017b). Değişen bu faktörlere karşı gösterilen tepkiler bakımından da bitki türleri arasında farklılıklar söz konusudur. Örneğin, Robertson *et al.* (2009) Amerika'nın Teksas eyaletinde bulunan Chihuahuan çöl ekosisteminde, *Dasylirion leiophyllum* (yeşil sotol) bitkisinin toprak üstü net birincil üretim miktarının yağışlı yıllarda azot eksikliğinden, kurak yıllarda ise su eksikliğinden etkilendiği belirtmişlerdir. Bunun nedeni ise *Dasylirion leiophyllum* (yeşil sotol) bitkisi hem derin hem de sığ köklere sahip bir çalı olmasından dolayı toprak üstü biomas miktarı toprağın su ve besin elementi içeriğinden etkilenmektedir (Fay 2009).

McCarthy and Enquist (2007) yeşil sotol bitkisinin toprak üstü biomas oluşturmasında, toprak su ve besin elementi içeriğinin sınırlayıcı faktörler olduğunu ifade etmişlerdir. Buna karşılık Güneybatı Amerika ve Meksika'da yaygın olan *Opuntia phaeacantha* (çöl inciri) bitkisi için toprak üstü biomas oluşumunda toprak özelliklerinden ziyade yağışın mevsimsel dağılımı sınırlayıcı faktördür (Robertson *et al.* 2009). Milchunas *et al.* (2007) yağışın fazla olduğu dönemlerde bitki aktivitesinin artmasına bağlı olarak net birincil üretimde artış gözleneceğini ve kurak dönemlere göre topraktan daha fazla su tüketileceğine dair görüş bildirmişlerdir. Bu görüşe benzer şekilde Joffre and Rambal (1993), vejetasyonun seyrek olduğu Akdeniz meralarında düşük bitki yoğunluğu ile yağış kayıplarındaki fazlalık arasında güçlü bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Kuzey Amerika'da erozyona oldukça dayanıklı uzun boylu otsu vejetasyondan oluşan çayırlık alanlarda mevsimsel olarak yağış değişkenliğinde görülen artış toprak üstü net birincil üretim miktarının azalmasına sebebiyet vermiştir (Fay *et al.* 2003, Harper *et al.* 2005). Bunun aksine kısa boylu otsu vejetasyonun hakim olduğu yarı-kurak step alanlarında yağış miktarında görülen değişkenliğe bağlı olarak toprak üstü net birincil üretim miktarında artışlar gözlemlenmiştir (Heisler-White *et al.* 2008). Mera verimliliği ile yıllık ortalama yağış arasında önemli bir ilişki söz konusudur (Lauenroth and Sala 1992). Ancak bazı araştırmacılar kurak ve yarı-kurak bölgelerde yağışın şiddeti ve

zamanının mera bitkilerinin gelişimi üzerinde yıllık ortalama yağışa göre çok daha fazla etkili olduğunu ileri sürmüştür (Huxman *et al.* 2004b, Reynolds *et al.* 2004, Susanne and Sala 2004). Gelecekte özellikle orta enlem iç karasal ekosistemlerde yağışlardaki dalgalanmaların artacağı tahmin edilmektedir (Westra *et al.* 2014). Karasal ekosistemlerde yapılan yağış manipülasyonu deneylerinde yağışlardaki dalganmaların artması ekosistem net birincil verimliliğinde önemli değişikliklere neden olabileceği sonucu rapor edilmiştir (Wu *et al.* 2011, Xu *et al.* 2013, Wilcox *et al.* 2015, Ren *et al.* 2017, Felton *et al.* Smith 2019). Ancak çalışmaların çoğu toprak altı net birincil üretim miktarını ihmal ederek toprak üstü biomas miktarına odaklanmıştır (Luo *et al.* 2017). Kurak ve yarı-kurak ekosistemlerde yağış rejimlerindeki mevsimsel değişiklikleri esas alan çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır (Ignace *et al.* 2007, Cable *et al.* 2008).

Küçük ölçekli alanlarda mera verimliliğini tanımlayan zamansal dinamikleri ve bunlar arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek oldukça zordur (Thomey *et al.* 2011). Bu sebepten dolayı bitkilerin iklime verdiği tepkileri anlayabilmek ve yorumlayabilmek için iklim-bitki-toprak parametrelerini kapsayacak şekilde modelleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Bradford *et al.* 2006). Bu sayede gelecekteki iklim değişikliği altında bitki topluluklarında meydana gelecek değişim önceden tahmin edilebilecek ve gerekli tedbirlerin alınması için avantaj sağlayacaktır (Elmendorf *et al.* 2015).

Kuraklıkla karşılaşan bitkiler su alımını en üst düzeye çıkarmak için köklerde daha fazla karbonhidrat depolar (Hui and Jackson 2006). Bundan dolayı kurak koşullara adapte olmuş bitkilerin toprak altı net birincil üretim miktarında (BNPP) artış beklenir (Mokany *et al.* 2006). Ancak su sıkıntısının yaşanmadığı bölgelerdeki bitkiler ışıktan daha iyi yararlanabilmek için toprak üstü net birincil üretim miktarını (NPP) artırma eğilimi gösterirler (Van Wijk 2011). Bu nedenle yağış ile BNPP/NPP oranı arasında negatif bir ilişki söz konusudur (Zhang *et al.* 2019b). Hui and Jackson (2006) küresel ölçekte yaklaşık 12 farklı lokasyonda yapmış oldukları analiz sonucuna göre 10 lokasyonda yağışın yıllar arasındaki değişiminin BNPP/NPP oranı üzerinde sürekli olarak önemli etkiye sahip olmadığını gözlemlemişlerdir.

Toprak altı ve toprak üstü net birincil üretim miktarı arasındaki ilişkinin, yağış etkisinin değil bunların uzaysal yapısının incelenerek elde edilecek sonuçların kullanılması ile en iyi şekilde açıklanabileceği belirtilmiştir (Hui and Jackson 2006). Bazı çalışmalarda yağış ile BNPP/NPP oranı arasındaki uzaysal ilişkinin vejetasyon kompozisyonundaki değişikliklerinden dolayı negatif yönlü olduğu da ifade edilmiştir (Hui and Jackson 2006, Mokany *et al.* 2006). Örneğin, xeric nem rejiminde bulunan bitki türlerinin kök/gövde oranı mesic nem rejiminde bulunan bitki türlerine göre daha fazladır (Jackson et al. 1996, Hui and Jackson 2006). Kurak ve yarı-kurak ekosistemlerdeki bitkiler büyük fırtınalara karşı güçlü tepki verirken, 5 mm gibi düşük yağışlar kuru dönemlerde bitkide oluşabilecek stresi hafifletebilir ve fizyolojik süreçleri koruyabilir (Huxman *et al.* 2004b). Gremer *et al.* (2015) en kurak dönemlerde gerçekleşen yağışların meradaki otlar için oldukça önemli olduğu belirtmiş ve bitkide fotosentetik aktivitenin tetiklenerek kuraklığa bağlı bitkide önceden oluşan zararların onarılmasında önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Yağışlar toprak su içeriğinin zamansal ve uzaysal değişkenlik göstermesine neden olur (Buttafuoco *et al.* 2005). Toprak su içeriğinin zamansal ve uzaysal değişimi yağış, iklim ve topografya gibi abiyotik faktörler tarafından kontrol edilir (Goovaerts and Sonnet 1993). Meralarda toprak su içeriği düşey ve yatay yönlerde değişkenlik gösterir. Yağmurlu sezonun başlarında yatay yöndeki toprak su içeriği uzun yıllar yağış ortalamasındaki artışa bağlı olarak artan bir eğilim gösterir ve bu eğilim yağışlı sezonun sonunda daha az belirgin hale gelir (Zhang *et al.* 2017b). Ancak vejetasyon tipinin toprak nem içeriği üzerinde önemli olabilmesi için yağışın şiddeti ve miktarı da önemlidir (Guo *et al.* 2002). Aronica and Candela (2004) toprak neminin uzaysal değişkenliğinin, yağışlardan hemen önceki durumuyla yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için küçük havzalarda uzaktan algılama verileri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır (Pietroniro *et al.* 2002). Örneğin çayırla kaplı bir yamaçta yağış miktarının artmasıyla önce otların arasından ve toprak yüzeyinden sular sızar, daha sonra yağışın devam etmesiyle toprak yüzeyini kaplar ve son olarak alandaki otları yatırarak yüzey akışa geçer (Atalay 2006). Yapılan birçok araştırma sonuçlarına göre aynı yağış şiddeti altındaki farklı bitki türlerinin yüzey

akışını farklı düzeyde engelleyerek suyun toprağa farklı oranlarda sızdığı (infiltre olduğu) görülmüştür (Aranda *et al.* 2012, Jost *et al.* 2012).

Düzensiz ve zamansız yağışlar toprak nemindeki önemli farklılıkların oluşmasına neden olur (Hobbs and Mooney 1985). Wang *et al.* (2014a) aynı yıl içinde gerçekleştirilen toprağın farklı katmanlarındaki su içeriğini konu olan çalışmaların yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Zhang *et al.* (2017a) yapay ve suni olmak üzere dört farklı yağış rejimi (300–370, 370–440, 440–510, 510–580 mm) altındaki 6 merada 8 farklı toprak derinliğini (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 ve 160 cm) esas alarak toprak nem içeriğini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Bu araştırmacılar toprak su içeriğinin derinlikle suni meralarda zayıf, doğal meralarda ise yüksek ve önemli derecede korele olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar toprak su içeriği ile diğer toprak özellikleri (hacim ağırlığı, tarla kapasitesi doymuş hidrolik iletkenlik) ve çevre koşullarını (yağış miktarı, eğim, rakım) dahil ederek bir korelasyon analizi yapmışlardır. Yapılan analiz sonuçlarına göre suni merada doymuş hidrolik iletkenlik ile hacim ağırlığı ($0,81^{**}$) pozitif yönde önemli derecede korele olurken doğal merada ($-0,36^{**}$) negatif yönde korele olmuştur.

### 2.1.4.2 Sıcaklık

Genellikle kurak ekosistemlerde araştırmacılar yağışa odaklı çalışmalar yürütmüş olsada sıcaklık bitkilerde fizyolojik süreçleri ve büyümeyi etkileyerek dolaylı olarak toprak suyu miktarını ve hareketini etkileyen en önemli faktördür (Berry and Bjorkman 1980, Comstock and Ehleringer 1992, Noy-Meir 2003). Sıcaklık bitkilerin fizyolojik süreçleri üzerinde doğrudan, su dengesi üzerinde ise dolaylı etkiye sahiptir (Allen and Ort 2001). Sıcaklığın etkileri ilk olarak bitkinin yapraklarında görülmektedir (Anyia and Herzog, 2004). Bundan dolayı Lloret *et al.* (2004) bitki yapraklarının indikatör olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Optimum bitki büyüme hızı için gerekli sıcaklık değerleri daha uzun bir vejetasyon süresini sağladığı için ılıman meralarda verimlilik artabilir (Thornley and Cannell 1997). Ancak bu alanlardaki en büyük dezavantaj eğer sıcaklıkla birlikte yağış miktarında bir artış gerçekleşmezse, artan evapotranspirasyon nedeniyle toprak su içeriği azalarak bitkisel verimliliğin düşmesidir (Eatherall 1997, Saleska *et al.* 1999). Son 20 yılda 40. ve 70. Kuzey enlemleri arasında ilkbaharın daha erken sonbaharın daha geç yaşanmasından ötürü vejetasyon dönemlerinde kaymalar meydana gelmektedir (Zhou *et al.* 2001). Yüksek tundra bölgelerinde yapılan bir araştırma sonucuna göre deneysel olarak küçük yamaçların ısıtılması sonucu yüksek sıcaklıkların hem vejetasyonun süresinin uzamasına hem de bitkilerin gelişmesine olumlu katkılar sağladığı belirtilmiştir (Marchand *et al.* 2004). Yüksek sıcaklığın bitkilerin gelişimi üzerindeki etkilerini araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır (Gielen *et al.* 2005). Buna örnek olarak yabancı ot niteliğindeki *Bellis perennis* (çayır papatyası) ile *Dactylis glomerata* (domuz ayrığı) ve *Poa annua* (salkım otu) yem bitkilerinin 20℃'de ki toplam kuru ağırlık ve yaprak alanı değerlerinin 16 °C'deki değerlerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Gunn and Farrar 1999). Amerika'nın Colorado eyaletinde kızılötesi ışınlar kullanılarak yapılan bir deneysel ısıtma çalışmasında herdem yeşil bir çalı için biyokütle birikiminde artış gözlenirken, otsu çok yıllık bitki türlerinin biyokütle miktarında azalmalar tespit edilmiştir (Harte and Shaw 1995).

İsviçre platosunun alçak bölgelerinde, artan sıcaklıkların değerli bir yem bitkisi olan *Lolium perenne* (ingiliz çimi) bitki türü için yıllık biyokütle üretiminde düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Nijs *et al.* 1996). Bunun tam tersi olarak Jones *et al.* (1996) Galler'in serin bölgelerinde bitki türlerinin yıllık biyokütle üretiminde artışlar tespit etmişler ve Riedo *et al.* (2000)'de modelleme çalışmaları yaparak benzer sonuçları tahmin etmişlerdir. Bu durumu Berry and Bjorkman (1980) tarafından optimum fotosentez sıcaklığının aşılmadığı takdirde yüksek sıcaklıkların hem vejetasyon süresini uzattığını hem de fotosentetik aktivititeyi artırarak biyokütle artışı sağladığı şeklinde yorumlanmıştır.

Medlyn *et al.* (2002) ise yüksek sıcaklığa karşı fotosentetik reaksiyonların hem büyüme ortamından hem de bitki türünden güçlü bir şekilde etkilendiği şeklinde bir açıklama getirmişlerdir. Ayrıca değişen iklim koşulları oluşacak stres olaylarının yoğunluğunu etkileyebilir (Loik *et al.* 2000). Buna, artan hava sıcaklıklarına karşı evopotranspirasyonunda artarak aynı anda toprağın nem içeriğinin azalarak daha hızlı kuruması örnek olarak verilebilir (Shah and Paulsen 2003). Gremer *et al.* (2015) çok yıllık yembitkilerinin baskın olduğu merada yaptıları çalışmada mevsimlere göre sıcaklık dağılımı ve aylık ortalama sıcaklık değişkenleri arasında negatif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucun nedenini değerlendirilmede dikkate alınan değişkenlerin her ikisinde de aşırı yüksek ve düşük sıcaklıkların olmasına bağlamışlardır. Kışın gerçekleşen düşük sıcaklıklar bitkilerin üretkenliği için oldukça önemli olan meristem hücrelerinin canlılıklarının azalmasına neden olarak sürgün oluşumunu azaltır (Reichmann *et al.* 2013). Bunun aksine yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar ise atmosferik su ihtiyacını artırarak toprak suyunun kullanılabilirliği ve bitki-su ilişkilerini olumsuz yönde etkilemesi yanında bitkisel solunumu artırarak ve fotosentetik verimliliği azaltarak birincil verimliliğin azalmasına neden olur (Amthor 2000, Bernacchi *et al.* 2002).

Reichmann *et al.* (2013) kurak bir merada yapmış oldukları bir çalışmada önceki yıllara göre toprak üstü net birincil üretim miktarında (NPP) azalmaların meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar da net birincil üretimdeki zamansal azalmanın sebebini yıllara göre yağışlarda meydana gelen farklılıkların stolon miktarı üzerinde etkili olması ve buna bağlı olarak da net birincil üretimde azalmalara sebebiyet vermesi şeklinde açıklamışlardır (Yahdjian and Sala 2006, Peters *et al.* 2014, Reichmann and Sala 2014). Noy-Meir (2003) kurak ve bitki örtüsünden yoksun bölgelerde çıplak toprak yüzeyinden buharlaşma ile toprak suyunda önemli kayıplar meydana geldiğine dikkat çekmiştir. Araştırmacı özellikle düşük su tutma kapasitesine sahip kumlu topraklarda suyun toprak içerisinde toprağın derinliklerine perkole olmasından dolayı bu bölge topraklarında toprak yüzeyinde gerçekleşen buharlaşmanın da minimum düzeyde gerçekleştiği şeklinde bir açıklama getirmiştir. Singh *et al.* (1998) ince bünyeli tınlı toprakların buharlaşmaya daha duyarlı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Seneviratne *et al.* (2010) yarı-kurak alanlarda toprak nemini sınırlandıran yağış faktörünün yanında evopotransprasyonun da oldukça dikkat edilmesi gereken bir husus olduğuna dikkat çekmişlerdir. Çalı vejetasyonun yoğun olduğu meralarda çalıların yüksek örtüleri (kanopileri) sayesinde evapotranspirasyon oranı düşürülerek toprak neminin muhafazası sağlanır (Monger *et al.* 2006). Bazı araştırmacılar buharlaşmanın azalması ve infiltrasyonun artmasına bağlı olarak vejetasyonda artış meydana geldiği ve bununla ilişkili olarak da toprak neminin arttığını bildirmişlerdir (Richards and Caldwell 1987, Gill and Marks 1991, Bradshaw and Goldberg 2006). Ancak kimi araştırmacılar ise artan vejetasyona bağlı olarak topraktan daha fazla su tüketiminin olacağını ve buna bağlı olarak da toprak neminin azalacağını ifade etmektedirler (Robberecht *et al.* 1983, Zutter *et al.* 1986, Richards and Caldwell 1987). Bunun yanı sıra sıcaklık da toprak nemini etkileyen başlıca faktörler arasında yer almaktadır (Flanagan and Johnson 2005). Knapp *et al.* (1993) bir mesic çayırda en düşük toprak su potansiyelinin buğdaygil bitkilerinin yapraklarında olmasına karşın, net birincil üretimin kurak yıllara göre önemli ölçüde yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar bunun sebebini bitkilerin sahip oldukları yüksek kanopileri sayesinde birbirleri üzerinde oluşturdukları gölgelemenin etkisi ile buharlaşmayı azaltıp mevcut toprak suyunu daha etkin kullanılmasını sağladığına bağlamışlardır.

Çalı vejetasyonu kanopisinin yüksek olduğu kurak ve yarı-kurak meralarda yapılan bazı çalışmalarda düşük evapotranspirasyon oranına rağmen toprak su içeriğinin oldukça düşük olduğu bildirilmiştir (Breshears *et al.* 1997, Breshears *et al.* 2007, Hennessy *et al.* 2018). Reynolds *et al.* (1999) tarafından ekolojik araştırma sahasında uuzn süreli yapılan bir çalışmada meralarda bulunan çalı vejetasyonunun kanopi büyüklüğünün toprak su içeriği üzerinde tutarlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Rosenbaum *et al.* (2012) ve Yang *et al.* (2014a) artan toprak derinliğine bağlı olarak evopotranspirasyonun toprak su içeriği üzerinde etkisinin azalarak son bulduğunu vejetasyon artışına bağlı olarak transpirasyon sürecinin baskın hale geldiğini belirtmişlerdir. Stocker *et al.* (1999) bitki tür zenginliğinin evapotranspirasyon ve toprak üstü biomas üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını bildirirlerken, bunun tam aksine

De Boeck *et al.* (2006) ve Verheyen *et al.* (2008) artan bitki çeşitliliğinin evapotranspirasyonu ve toprak üstü biomas miktarını artırdığını ifade etmişlerdir.

Marquard *et al.* (2009) ise tür zenginliği ve terleme (transpirasyon) arasında pozitif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Bunun aksine Spehn *et al.* (2000) merada bitki tür zenginliği arttıkça toprağın gölgeleme oranının artacağını ve toprak sıcaklığının düşerek toprak suyunun korunmasına katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. Leimer *et al.* (2014) yapmış oldukları çalışmada bitki tür çeşitliliği ile toprak nemi arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulamadıklarını ve bunun sebebinin ise merada türce zengin bitki karışımlarının evapotranspirasyonu azaltmasını sağladığını ancak artan yaprak alan indeksine bağlı olarak da bitkisel terlemenin artmasına bağlamışlardır.

### 2.1.4.3 Topografya

Topografya yem bitkilerinin mera vejetasyonu içerisinde dağılımını ve değişimini etkileyen önemli bir faktördür (Uzun vd. 2016). Yem bitkileri toprak, iklim ve topografya gibi faktörlerin etkileri ile uzun suksesyon süreçlerini tamamlarlar (Miller-Goodman 2002). Otlatmaya bağlı olarak yem bitkilerinin mera vejetasyonu içerisindeki değişimi olumlu ya da olumsuz yönde ilerleyebilir (Rinehart 2008). Topografyanın toprağın otlatmaya karşı verdiği tepkileri konu alan birçok araştırmaya rağmen, farklı otlatma yoğunluklarının yamaç boyunca toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini nasıl etkilediği hakkında çok az şey bilinmektedir (Zhang *et al.* 2019b).

Topografyadan kaynaklı mikro-iklim farklılıkları, meranın yapısını ve fonksiyonlarını büyük ölçüde etkileyerek bitki büyümesinde ve toprak özelliklerinde değişikliklere neden olur (Lozano-García *et al.* 2016). Kuzey yarımkürede kuzeye bakan yamaçlar genellikle güneşli yamaçlara göre daha az güneş ışığı alır ve bu da toprak fiziko-kimyasal özelliklerinde önemli farklılıklara neden olur (Bennie *et al.* 2006). Toprak fiziko-kimyasal özellikleri de değişen toprak suyu ve organik madde yoluyla farklı eğim pozisyonlarından büyük ölçüde etkilenebilir (Xu and Wan 2008). Ayrıca eğim derecesi, ve uzunluğu yüksek karbon ve azot içerikli ince toprak parçacıklarının erozyon ile kaybedilmesine neden olur (Carroll *et al.* 2000). Bu nedenle, topografik faktörlerin ihmal edilmesi, engebeli ve dağlık bölgelerdeki meraların C ve N havuzlarının tahmininde belirsizliği artırabilir (Zhang *et al.* 2018b).

Topografya toprak su içeriğini kontrol eden önemli bir çevresel faktördür (Wilson *et al.* 2003). Son yıllarda araştırmacılar toprak nem değişkenliği üzerinde etkili olduğunu düşündükleri mikro topografya üzerinde yoğunlaşmışlardır (Famiglietti *et al.* 1998, Western and Blöschl 1999, Kim 2012). Zhu *et al.* (2014) ve Huang *et al.* (2016) eğim, bakı ve yüksekliğin toprak nem içeriğindeki değişim üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Nyberg (1996) toprak neminin yükseklik ve eğim derecesi ile önemli derecede korele olduğunu bildirse de Ladson and Moore (1992) toprak nemi ile eğim derecesi arasında önemli bir korelasyon olmadığını ifade etmişlerdir. Kurak dönemdeki

toprak nem değişkenliğini etkileyen ana faktörlerin başında eğim pozisyonu gelmektedir (Zhu *et al.* 2014). Yapılan bazı araştırmalarda eğim pozisyonu ile toprak nemi arasında negatif korelasyon olduğu belirtilmiştir (Krumbach 1959, Hawley *et al.* 1983, Robinson and Dean 1993, Nyberg 1996, Qiu *et al.* 2001).

Konkav (içbükey) topografyada toprakların daha yüksek nem içeriğine sahip olması toprak yüzeyinden ve yer altı su akışının sapmasına bağlıdır (Fu *et al.* 2011). Bazı araştırmacılar eğim pozisyonu ile toprak nemi arasındaki ilişkinin pozitif yönde olduğunu bunun nedeninin de toprak neminin "top slope" olarak adlandırılan tepenin en üst kısmından en alt kısmına (down slope) doğru artmasından kaynaklandığı şeklinde açıklama getirmişlerdir (Nyberg 1996, Qiu *et al.* 2001). Bunun aksine Knapp *et al.* (1993) Kansas'ın doğusunda yer alan yarı-nemli bir otlak alanında yürüttükleri çalışmada tepe bölgesindeki su içeriğinin aşağı bölgedeki su içeriğinden istatistiksel anlamda önemli düzeyde fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Suyun konveks (dışbükey) şekilli yüzeylerden eğim yönünde aşağıya doğru hareketi, muhtemelen bu çalışmada konu olan bölgelerdeki toprak neminin azalmasına neden olmuştur (Zhu *et al.* 2014). Ancak ABD'nin Nebraska eyaletinde kumlu tepeliklerde yer alan düzlük çayırlıklarda yürütülen bir araştırmada yüzey akışının düşük olduğu alçak alanlarda yüksek alanlara göre daha fazla su stresinin yaşandığı gözlemlenmiştir (Barnes and Harrison 1982). Benzer tepe-eğim modeline sahip farklı bölgelerde yürütülen bu iki çalışma sonuçlarının farklı olması bizlere sonuçların o bölgenin koşullarına göre değerlendirmemizin daha doğru olacağını göstermektedir. Famiglietti *et al.* (1998) çevresel faktörlerin toprak nemi üzerindeki etkilerinin toprak nem düzeyine bağlı olarak farklılaşabileceğini belirtmişlerdir.

Toprak suyunun depolanması farklı eğim pozisyonlarında değişkenlik gösterebilir. Dağların arasındaki havzalarda veya daha düşük eğim pozisyonlarındaki topraklar hillslope pozisyonundaki topraklara göre daha yüksek su içeriğine sahiptir (Afyuni *et al.* 2010). Zhu *et al.* (2014) yapmış oldukları bir çalışmada toprak nem içeriğinin zamanla azalmasına karşın toprak nem içeriğinin uzaysal yapısında artan bir trend tespit

etmişlerdir. Araştırmacılar toprak nem içeriğinin uzaysal yapısını incelerken varyasyon katsayılarını kullanmış ve toprak nem içeriğinin ortalaması ile varyasyon katsayısı arasındaki ilişkinin negatif olmasından dolayı toprak nemindeki azalmanın toprak nem içeriğinin değişkenliğinde artışa sebebiyet verdiği şeklinde açıklama yapmışlardır. Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre ne toprak tekstürünün ne de toprak su içeriğinin farklı eğim pozisyonlarında değişkenlik göstermediği sonucuna varılmıştır.

Ağır otlatma faaliyeti altında, dik yamaçlarda daha fazla toprak kaybı meydana gelmektedir ve eğimi düşük alanlar ile düz çayırlıklar daha fazla otlatma baskısına dayanabilmektedir (Mwendera and Saleem 1997). Yapılan araştırmalar sonucunda topoğrafyanın, otlatma dağılımını etkileyen başlıca faktörler arasında yer aldığı ve bitki örtüsünün uzaysal heterojenliğine neden olduğu görülmüştür (Kölbl *et al.* 2011). Ayrıca eğim pozisyonlarına sahip meralarda yapılan çalışmalarda düzlük alanlarda yüzey akışının neden olduğu sediment birikimine olduğu tespit edilmiştir (Wilcox and Wood 1988, Mapfumo *et al.* 2002).

#### 2.1.4.4 Otlatma

Otlatma meralarda bitki toplulukları arasındaki değişikliklere neden olur (Altesor *et al.* 2006). Otlatma yoğunluğuna bağlı olarak toprağın biyolojik ve kimyasal özellikleri de etkilenir (Altesor *et al.* 2006). Örneğin otlatma, topraktaki organik madde içeriğini artırıcı veya azaltıcı yönde etkileyebilir (Milchunas and Lauenroth 1993). Meraların bozulmaya başlaması ile birlikte hem bitkiyle kaplı alanda hem de toprağın organik madde içeriğinde önemli ölçüde düşüşler meydana gelmektedir (Liu *et al.* 2017). Örneğin, Yates *et al.* (2000) toprağın organik maddesini bünyesine katan bitkilerin otlanması ile toprağın organik madde reservinin azaldığını ve otlatmanın kontrolsüz ve aşırı şekilde yapılması sonucunda merada çıplak toprak yüzeyinin arttığını belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar otlatmanın merada bitki tür çeşitliliğini artırdığını (McNaughton 1994, Welch and Scott 1995, Perevolotsky and Seligman 1998, Grace 1999) bazı araştırmacılar ise azalttığını savunmaktadırlar (Bosch and Theunissen 1992, Perelman *et al.* 1997). Yüksek verimli toprakların daha fazla bitki örtüsü ve biyolojik

çeşitlilik nedeniyle otlatma etkilerine karşı daha kararlı ve dirençli olması beklenir (Loreau 2010). Ancak bu yüksek verimli alanların fazla sayıda hayvan ile otlanması toprak özelliklerinin kötüleşmesine neden olur (Zhang *et al.* 2019b).

Hafif otlatma yoğunluğu ile bitkilerin otlanan kısımlarının onarımına ve köklerinin büyümesine gerekli zaman tanınarak, bitkinin eski verimli haline gelmesi için imkân verilebilir (Kay 1990). Örneğin *Medicago sativa* (yaygın yonca) gibi otlatmaya dayanıklı olmayan yem bitkileri bir kere otlandıktan sonra dinlenme süresi en az 4 hafta olması gerekirken, *Lotus corniculatus* (gazal boynuzu) ve *Trifolium repens* (ak üçgül) gibi otlatmaya dayanıklı türler için bu süre 3 hafta olması gerekmektedir (Bakır 1987). Ayrıca aşırı otlatma sonucunda toprak erozyonunun tetiklenmesi nedeniyle toprak besin maddelerinin kaybı, besin döngülerinde değişikliklere neden olur ve bu da otsu vejetasyon yerine baskın çalı bitkilerinin çoğalmasına neden olabilir (Schlesinger *et al.* 1999).

Aşırı otlatma vejetasyon verimliliğinin (Zhang *et al.* 2018a) ve toprağın Ah horizon kalınlığının azalmasına neden olmaktadır (Villamil *et al.* 2001). Örneğin Dormaar and Willms (1998) Kanada'da bir merada otlatma yapılmadan önce Ah horizon kalınlığının 22 cm olduğunu ve otlatma yapıldıktan tam 43 yıl sonra kalınlığın 7,5 cm'ye düştüğünü belirtmişlerdir. Aşırı otlatmaya bağlı olarak toprak kalınlığının azalması bitki örtüsünün azalmasına neden olur. Bitki örtüsü yalnızca topraktaki organik madde kaynağı değil aynı zamanda toprağın nem ve sıcaklıktaki dalgalanmalarına karşı tamponlanmasında ve toprağın mikro iklimlendirilmesinde de önemli rol oynar (Sayer 2006). Otlatmadan kaynaklanan bitki örtüsünün azalmasına bağlı olarak da yüzey toprağının sıcaklığı artma eğilimi göstermektedir (Yates *et al.* 2000). Artan sıcaklıklara bağlı olarak toprağın su tutuma kapasitesi ve bitki besin elementi yarayışlılığında aktif olarak rol oynayan (Teague *et al.* 2011) mikroorganizmaların faaliyetleri büyük ölçüde olumsuz yönde etkilenir (Classen *et al.* 2007). Aşırı ve kontrolsüz otlatma ile meraların tahrip edilmesi küresel bir sorun haline gelmiştir (Zhang *et al.* 2019b). Dünya'da ki meraların yaklaşık %20-35'i (Mchunu and Chaplot 2012) ülkemizde ise %87,6'sı (Parlak vd. 2018) bozulmaya başlamıştır. Meraların bu şekilde bozulmasına neden olan başlıca faktör aşırı

ve zamansız otlatmalardır (Hargreaves *et al.* 2019). Otlatmanın zamanı ve şiddeti kontrollü olarak yapılmadığı takdirde, özellikle toprak ıslak iken yapılan otlatmanın neden olduğu toprak sıkışması daha büyük bir sorun haline gelmektedir (Parlak vd. 2018). Aşırı otlatma yüzey toprağının strüktürünün bozulmasına neden olmaktadır (Duchicela *et al.* 2012). Merada otlayan hayvanlar toynakları ile toprağın sıkışmasına neden olabilmektedir.

Yetişkin bir inek toprağa 144 kPa basınç uygular ve merada hareket ederken bu basıncın 2-4 kat artabileceği tahmin edilmektedir (Abdel-Magid *et al.* 1987). Hayvanların mera toprağı üzerinde oluşturduğu bu basınç toprak strüktürünü bozar, toprağın sıkışmasına neden olur ve toprak hidrolojik özelliklerinin kötüleşmesine neden olur (Zhang *et al.* 2019a). Merada bitki örtüsünün varlığı hayvanların toynakları tarafından oluşturan basınç etkisini azaltmada etkili olup arazide malç etkisi oluşturarak erozyona karşı da toprağı koruduğu düşünülmektedir (Bilotta *et al.* 2007).

Wang *et al.* (2004) aşırı otlatmaya bağlı olarak toprak gözenekliliğinin azalması ve hacim ağırlığının artması meraların çölleşme sürecinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Altesor *et al.* (2006) yoğun otlatma yapılan meralarda toprağın hacim ağırlığının arttığını ve su tutma kapasitesinin azaldığını belirtmişlerdir. Örneğin Abaye *et al.* (1997) Virginia'da bir merada koyunların üç yıl boyunca otlatılmasının hacim ağırlığının 1,23 g/cm$^3$'ten 1,47 g/cm$^3$'e yükselmesine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise otlatma yoğunluğu ile hacim ağırlığı arasında pozitif yönde kuvvetli (0,99$^{**}$), pH ile negatif yönde orta düzeyde (-0,65$^{**}$) önemli ilişkili olduğu belirtilmiştir (Pan *et al.* 2018). Zhang *et al.* (2019b) otlatmaya bağlı olarak pH'da ki artışın azalan horizon derinliğine bağlı olarak toprağın üst kısımlarında birikim gösteren karbonatlardan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Tek tür hayvanla otlatma meraların verimsizleşmesi ve bitki tür kompozisyonundaki değişikliklerin en önemli nedenleri arasında gösterilmektedir (Uzun vd. 2015). Tek tür hayvan ile yapılan otlatmalarda merada belli bitki türlerinin daha fazla otlanmasına

neden olur (Yunusbaev *et al.* 2003). Otlatma yoğunluğu ve şiddeti arttıkça bitkiye otlanan kısımlarını onarmak ve yeni sürgün oluşturmaları için fırsat verilmez ve böylece bitki köklerinde depo edilen yedek besin maddeleri yeni sürgün oluşturmak için yetersiz duruma gelerek bitki vejetasyondan çekilmek zorunda kalır (Bakır 1987). Vejetasyondan çekilen yem değeri yüksek bitkiler yerine yem değeri düşük bitkiler vejetasyonda yer almaya başlar (Altın vd. 1999). Kaliteli yem bitkilerinin mera vejetasyonunda kaybolmaması için rotasyonlu otlatma yapılmalıdır (Açıkgöz 2001).

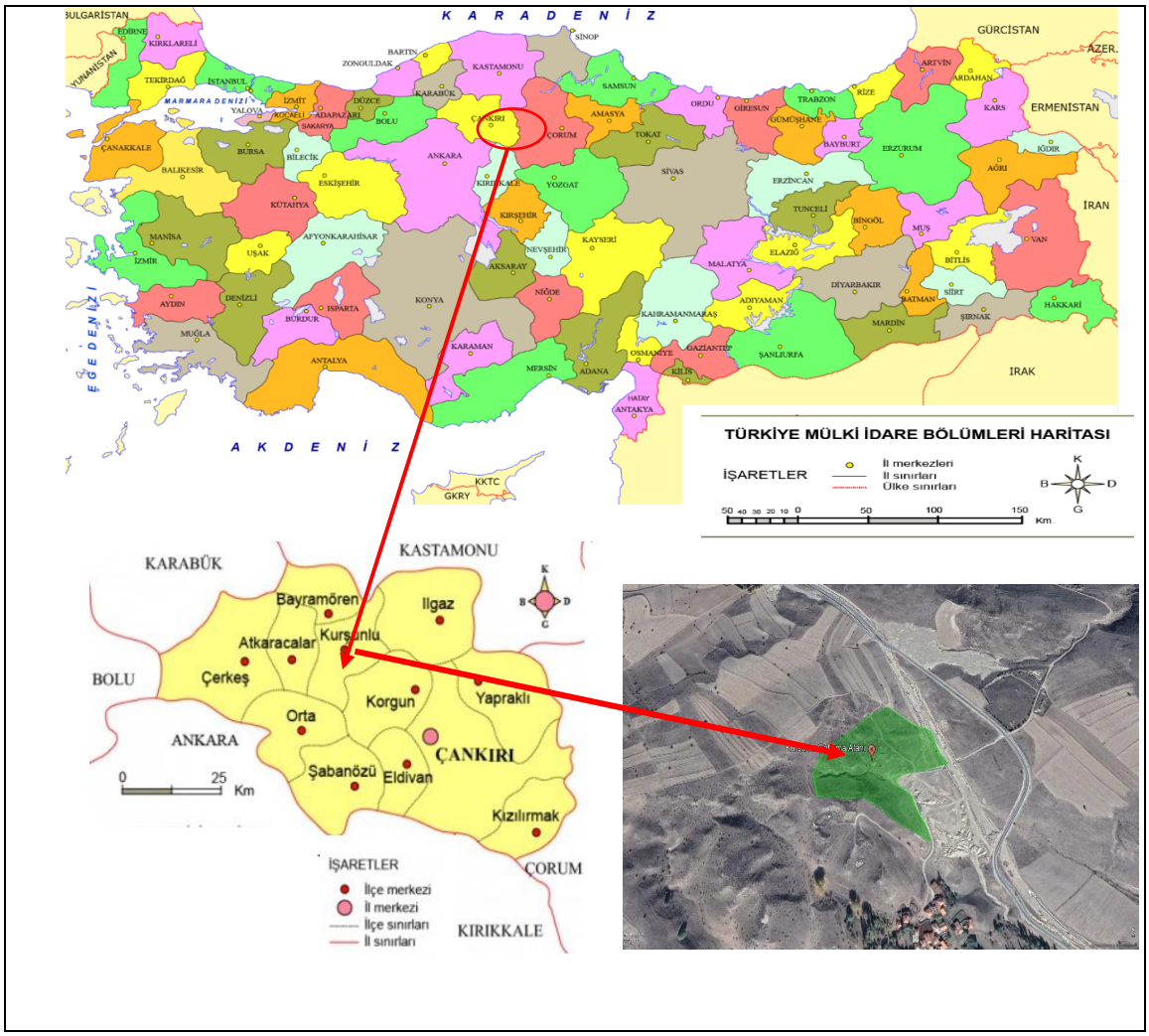
# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1 Materyal

Yarı-kurak ve yarı nemli meralarda bitki ve toprak özellikleri arasındaki uzaysal ilişkilerin modellenmesi ve jeoistatistiksel analizi isimli bu tez kapsamında öncelikle kurak ve yarı nemli iklim bölgelerinin belirlenmesi için (İyigün *et al.* 2013) iklim bölgeleri haritaları rektifiye edilmiştir (Atalay 1999). Bu alanlar Orman ve Su İşleri Bakanlığının 2006 yılı CORINE arazi örtüsüyle çakıştırılarak, kurak ve yarı nemli iklim bölgelerinde yer alan meralar belirlenmiştir. Bu kapsamda meraların güncel durumları Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü'nün sayfasından kontrol edilerek Çankırı'nın Kurşunlu ilçesindeki Çukurca köyünde 232 ada 9 parsel nolu merada ve Çankırı Ilgaz Kadın Çayırı mevkiinde bulunan merada çalışılmaya karar verilmiştir.

### 3.1.1 Kurşunlu

Kurşunlu ilçesinin Çankırı merkeze uzaklığı 98 km ve yüzölçümü 630 $km^{2'}$dir. Kurşunlu'nun ortalama rakımı 1158 m olup dağlık ve engebeli bir topografyaya sahiptir. İlçenin kıraç alanları mera yönünden zengindir. Kurşunlu'nun doğal bitki örtüsü otsu vejetasyon ile çalılardan oluşur ve seyrek de olsa meşeliklere rastlamak mümkündür. İlçenin kuzeyinde doğu-batı yönünden uzanan Ulusu Çayı vadileri ile bu vadileri çevreleyen 1.935 metre yükseltili Dumanlı dağı yer almaktadır. İlçenin kuzeydoğu bölgesi volkanik özellikte ve engebeli olduğu için tarıma elverişli değildir. Çalışma alanı jeolojisine bakıldığında ise alan akarsu birikintilerinden oluşmuş bir saha üzerinde neojen dönemine ait kil ve marnlardan oluşmuştur (Arslan ve Keser 2013).




**Şekil 3. 1** Kurşunlu Çukurca köy merasının konumu

Çalışma Çukurca köyü merasının 4,66 ha kısmında yürütüldü ve alanın ortalama rakımı 1000 m olup ortalama eğim %10 civarındadır (Şekil 3.2). Araştırma alanın genel bakısı güneybatı ve güney yönleridir. Bu mera köye yakın olduğu için geleneksel otlatma uygulamasıyla büyükbaş hayvan otlatılmak üzere değerlendirilmektedir.

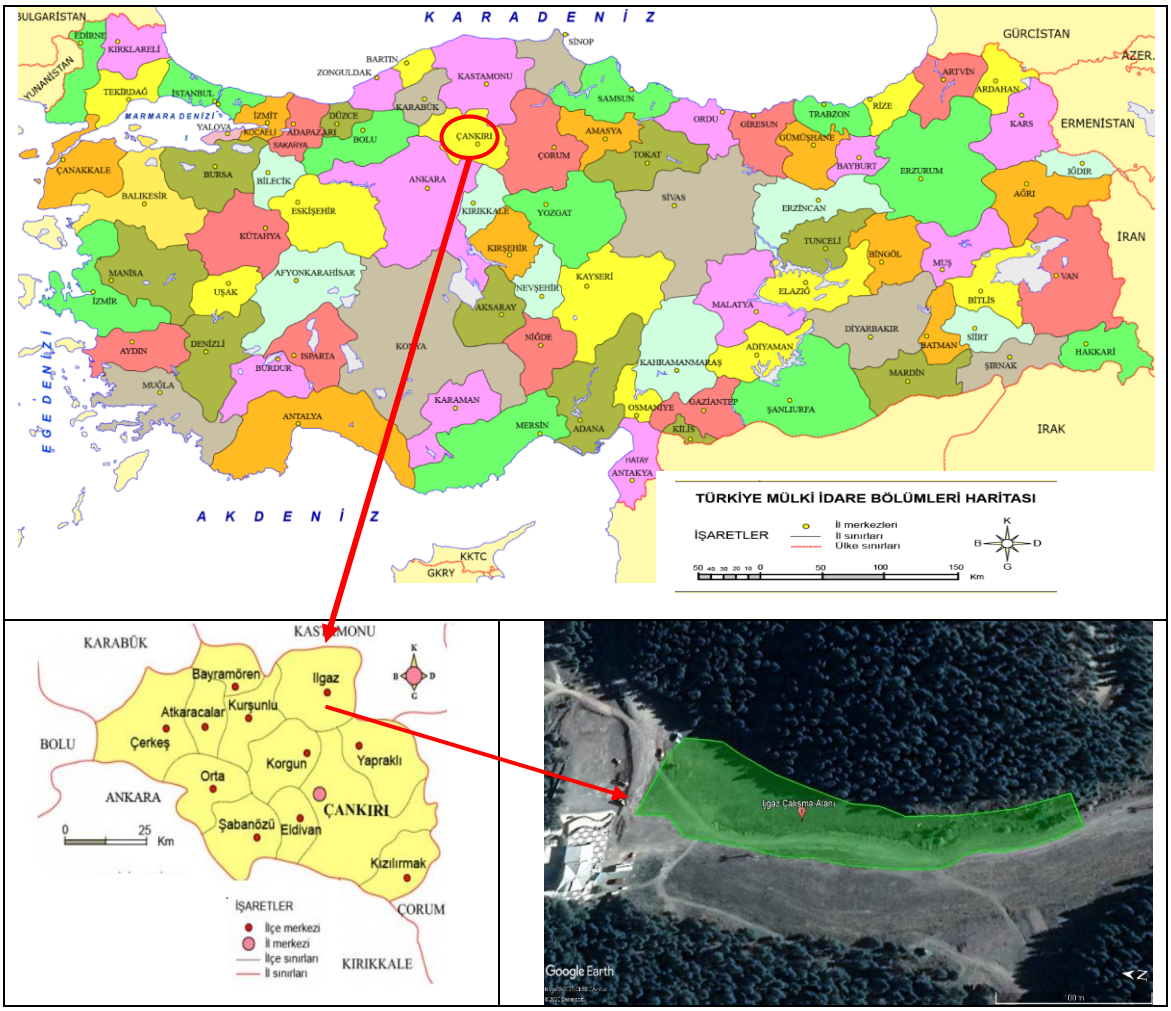


**Şekil 3. 2** Kurşunlu'da ki çalışma alanından bazı görüntüler

### 3.1.2 Ilgaz

Ilgaz'ın doğu ve kuzeydoğu bölgesi metamorfik kayaçların yayılım alanlarıdır ve bu kayaçlar genellikle paleozoik, kretase ya da jura yaşlı oluşumlardır (URL2 2020). İlçenin en önemli dağlarından biri olan Ilgaz dağı Devrez çayı vadisinin kuzeyinde yükselir. İlçe sınırları içerisinde kuzeye bakan yamaçların daha eğimli olduğu belirtilmiştir (Gül 2013). Ilgaz ilçesinde plato olarak tanımlanabilecek alanların sayısı oldukça azdır ve Ilgaz dağı çevresinin arazi yapısı serpantin, şist ve volkanik kayaçlardan meydana gelmiştir (URL3 2020). Ilgaz dağının en yüksek zirvesi Büyükhacet tepesi 2587 m, ikinci zirvesi Küçükhacet tepesi ise 2546 m yüksekliktedir.

Çalışma alanı Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Kastamonu ve Çankırı illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Alan 526011- 4517723 doğu boylamları ile 526089- 4517432 kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 3.3). Çalışma 0,93 ha bir alanda yürütüldü ve alanın Çankırı merkeze uzaklığı 54 km ve ortalama eğim %5civarındadır (Şekil 3.3). Çalışmanın yürütüldüğü alan zengin bitki örtüsü ve yüksek yaban hayatı potansiyeline sahiptir (Şekil 3.4).




**Şekil 3. 3** Ilgaz merasının konumu



**Şekil 3. 4** Çalışma alanı Ilgaz'dan bazı görüntüler

### 3.1.3 Çalışma alanlarının iklimi

**Kurşunlu:** Çalışma alanı tipik karasal iklim özelliği göstermektedir. Çalışma alanına ait iklim verileri 40.8328 enlem, 33.2691 boylamında bulunan 17643 nolu Kurşunlu meteoroloji istasyonundan (1075 m) alınan 2007-2019 yılları arasındaki iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Örneklemenin yapıldığı 2016 yılı ortalama sıcaklığı 8,9℃ olup en yüksek sıcaklık 37,1℃ ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık -19,1℃ Aralık ayında gerçekleşmiştir. Örneklemenin yapıldığı 2016 yılı ortalama yağış miktarı 440,38 mm olup vejetasyon süresi (Nisan-Ekim) içindeki yağış miktarı ise 293,82 mm'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 74,7 ve en hızlı rüzgâr yönü doğu olup, 35,4 m/sn ile Şubat ayındadır (URL3 2020).

**Çizelge 3. 1** Çalışma alanına ait 2007-2019 yılları arasındaki iklimsel veriler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır)

| | **O** | **Ş** | **M** | **N** | **My** | **H** | **T** | **A** | **Ey** | **Ek** | **K** | **Ar** | **Y** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ortalama Sıcaklık (°C) | -2,5 | 0,2 | 3,9 | 8,5 | 13,4 | 17,3 | 20,5 | 20,8 | 16 | 10 | 4,3 | -0,3 | 9,4 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 2,1 | 6,1 | 10,7 | 16,3 | 21,2 | 25,3 | 29,2 | 29,9 | 25 | 18 | 11,7 | 4,5 | 16 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | -6,6 | -4,4 | -1,8 | 1,4 | 6,3 | 10 | 12,0 | 12,2 | 8,1 | 4,0 | -1,3 | -4,3 | 3,0 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 11.3 | 10,6 | 12,8 | 12,4 | 14,6 | 13,2 | 6,15 | 5.38 | 5,2 | 9 | 7,6 | 12,9 | 121 |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) | 24,2 | 28,8 | 42 | 41,9 | 64,8 | 78 | 25,69 | 27 | 24 | 32 | 18,7 | 32,7 | 44 |
| Aylık Ortalama Su Buharı Basıncı (hPa) | 4,9 | 5,4 | 6 | 7,3 | 10,6 | 13,4 | 13,5 | 13,3 | 10 | 9 | 6,6 | 5,6 | 8,9 |
| Aylık Ortalama Nispi Nem (%) | 89,2 | 83,9 | 76,5 | 70,6 | 73,3 | 71,8 | 62,2 | 59,8 | 63 | 74 | 80,5 | 90,2 | 74 |
| Aylık Maksimum Rüzgar Yönü ve Hızı (m/sn) | B | D | KB | B | G-GB | B-GB | B | B-GB | B-KB | K | G-GB | B-KB | D |
| | 17,5 | 35,4 | 22,6 | 22,4 | 24,6 | 25,7 | 20,5 | 23,5 | 23 | 30 | 19,2 | 17,5 | 35 |

O: Ocak, Ş: Şubat, M: Mart, N: Nisan, My: Mayıs, H: Haziran, T: Temmuz, Ağustos, Ey: Eylül, Ek: Ekim, K: Kasım, Ar: Aralık, Y: Yıllık, B: Batı, D: Doğu, G: Güney, K: kuzey, KB: Kuzeybatı, GB: Güneybatı

**Ilgaz:** Çalışma alanı yarı nemli iklim özelliği göstermektedir. Çalışma alanına ait iklim verileri 41.0371 enlem, 33.7899 boylamında bulunan 17982 nolu Ilgaz Yıldıztepe

meteoroloji istasyonundan (1488,0 m) alınan 2007-2019 yılları arasındaki iklim verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Örneklemenin yapıldığı 2017 yılı ortalama sıcaklığı 10,6℃ olup en yüksek sıcaklık 38,1℃ ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık -17,3℃ ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 596,72 mm olup vejetasyon süresi (Nisan-Ekim) içindeki yağış miktarı ise 321,82 mm'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 78,9 ve en hızlı rüzgâr yönü doğu olup, 13,4 m/sn ile Aralık ayındadır (URL3 2020).

**Çizelge 3. 2** Çalışma alanına ait 2015-2019 yılları arasındaki iklimsel veriler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır)

| | **O** | **Ş** | **M** | **N** | **My** | **H** | **T** | **A** | **Ey** | **Ek** | **K** | **Ar** | **Y** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ortalama Sıcaklık (°C) | -4,3 | -1,4 | 1,5 | 5,3 | 9,9 | 14,0 | 15,8 | 16,3 | 13,1 | 7,8 | 2,5 | -2,7 | 6,5 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | -0,9 | 3,2 | 7,1 | 11,6 | 15,5 | 19,7 | 22,5 | 23,2 | 20,5 | 14,1 | 8,0 | 0,9 | 12 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | -7,4 | -4,8 | -2,5 | -0,1 | 4,9 | 8,5 | 9,2 | 10,0 | 7,1 | 3,3 | -1,1 | -5,5 | 1,8 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 10,60 | 10 | 13 | 13,60 | 19,40 | 17,20 | 9,80 | 11,80 | 10,80 | 11,80 | 7,80 | 9,60 | 145 |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) | 67,38 | 58 | 70 | 49,12 | 86,06 | 53,72 | 26,58 | 43,70 | 24,16 | 38,48 | 42,98 | 35,52 | 596 |
| Aylık Ortalama Su Buharı Basıncı (hPa) | 4,5 | 5,1 | 5,4 | 5,9 | 9,1 | 11,7 | 11,5 | 11,8 | 9,4 | 8,1 | 5,9 | 4,8 | 7,8 |
| Aylık Ortalama Nispi Nem (%) | 92,9 | 89 | 80 | 70,4 | 78,4 | 77,3 | 69,2 | 68,1 | 67,6 | 80,2 | 81,4 | 91,1 | 78 |
| Aylık Maksimum Rüzgar Yönü ve Hızı (m/sn) | D-GD 11,8 | B-KB 11 | K-KB 12 | B 12,5 | KB 12,2 | K-KB 13,2 | B-KB1 0,6 | B 10,7 | KB 10,4 | B 10,5 | KB 9,8 | D 13,4 | D 13 |

O: Ocak, Ş: Şubat, M: Mart, N: Nisan, My: Mayıs, H: Haziran, T: Temmuz, Ağustos, Ey: Eylül, Ek: Ekim, K: Kasım, Ar: Aralık, Y: Yıllık, B: Batı, D: Doğu, G: Güney, K: kuzey, KB: Kuzeybatı, GB: Güneybatı

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Örnek sayısının belirlenmesi

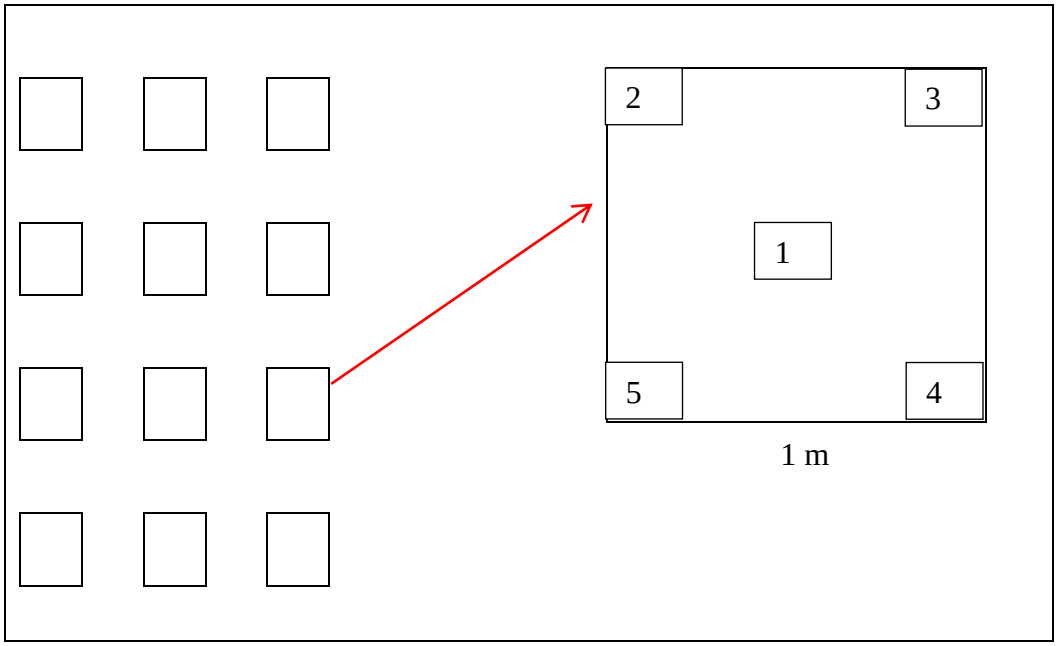
İklim hem toprak organik maddesi miktarı hem de niteliğini etkileyen faktörlerden biri olmasından dolayı (Jenny 1984, Wilding 1994) örnek büyüklüğünün belirlenmesinde toprak organik madde içeriği esas alınmıştır. Bu bağlamda, daha önce Çankırı Eldivan ilçesinde "Bitki Tür Zenginliği ve Çeşitliliği ile Çölleşme Eğilimi Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi" isimli çalışmada (Dölarslan vd. 2005) elde edilen organik maddeye ilişkin istatistiksel veriler Eşitlik (1) ile kullanılarak alınması gereken yaklaşık örnek sayısı hesaplanmıştır.

$$n = \frac{s^2 t^2}{d^2} \qquad (1)$$

Eşitlik (1)'de *s* Dölarslan vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada elde edilen organik madde içeriği için hesaplanan standart sapma, tahmini örnek sayısı için %5 önem seviyesinde *t*-tablo değeri ve *d* ise popülasyon ortalaması ile örnek ortalaması arasında izin verilebilir fark (sapma) olarak eşitlikte yerine koyularak hesaplamalar yapılmıştır. Dölarslan vd. (2005)'nin daha önce yaklaşık 4 ha alanda yapmış oldukları çalışmada organik madde için aritmetik ortalama 4,06 ve $s^2$=3,02 olarak bulunmuştur. Başlangıçta yaklaşık 100 örneğin yeterli olduğu ve d=%10 alınarak bu değerler Eşitlik (1) ile kullanıldığında, yaklaşık örnek sayısı 217 olarak hesaplanmıştır. Buradan elde edilen 217 sayısı için *t*-tablo değeri ($\alpha/2$ = 0,05/2 = 0,025 önem seviyesi ve n=217 serbestlik derecesinde) alınıp Eşitlik (1) ile tekrar kullanıldığında gerekli örnek sayısı daha kesin olarak 209 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu örnek sayısı, örnek büyüklüğü ile arazinin yüzey alanı arasında fraktal ilişkinin olduğu varsayılarak, alansal büyüklük dikkate alınmış ve çalışmada değişkenlerin uzaysal yapısı da analiz edileceğinden (jeoistatistiksel analiz), örneklerin otokorele olmasından emin olmak için belirlenen sayının %40 fazlası sayıda, mera başına 400 toprak örneği alınmasına karar verilmiştir.

### 3.2.2 Örnekleme planı ve toprak örneklerinin alınması

Her bir çalışma alanında 400 noktada aralarında 1 m mesafe olacak şekilde 1×1 m'lik temsili alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bu temsili alanların köşeleri ile tam ortasından olmak üzere beş noktadan iki farklı derinlikten (0-10 ve 10-20 cm olmak üzere) bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.5).




**Şekil 3. 5** Çalışma alanında yapılan toprak örnekleme şekli

Bozulmuş toprak örnekleri karıştırılarak, karışımdan yaklaşık 1 kg örnek alınmış ve bu örnekler polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Örnekleme esnasında her bir noktadan 0-10 ve 10-20 cm toprak derinliklerinden toplam 10 noktada penetrasyon direnci ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Örnekleme esnasında jeoistatistiksel analizde kullanılmak üzere, her bir örnekleme noktasının koordinatlarını bir GPS ile kaydedilmiştir. Laboratuvara getirilen toprak örneklerinin gün ışığı geçirmeyen bir odada kuruması sağlanmış daha sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



**Şekil 3. 6** Penetrasyon ölçümü (solda) ve hacim ağırlığı örneklemesi (sağda)

### 3.2.3 Vejetasyon ölçümü ve bitki örneklemesi

Çalışmada mera vejetasyonun nicel özelliklerini belirlemede kuadrat yönteminin değişik bir şekli olan ve yarı-kurak mera vejetasyonlarındaki değişimlerin izlenmesinde tercih edilen "lup" yöntemi kullanılmıştır. Lup ölçümleri Kurşunlu'daki çalışma alanında 2016 yılında, Ilgaz'daki çalışma alanında ise 2017 yılında hâkim bitki türlerinin çiçeklendiği dönemde yapılmıştır. Lup ölçümleri; her bir merada bitki örtüsünün değişim gösterdiği 70 noktada yapılmıştır. Lup yöntemi için 20 m uzunluğunda bir tel kullanılmış ve bu tel her 20 cm'de bir işaretlenerek 100 adet nokta elde edilmiştir (Şekil 3.7). İşaretlenen bu tel toprak yüzeyinden 20-25 cm yukarıdan gerilerek iki ucundan sivri çubuklarla toprağa sabitlenmiştir (Şekiil 3.7). Bitki örtüsü üzerine gerilen hat üzerindeki noktalardan toprak yüzeyine dik olarak 2 cm çapındaki lup indirilerek lup çemberinin içine düşen bitki türleri kaydedilmiştir. Ölçümler esnasında 2 cm çapındaki lup içerisine birden fazla bitki türü denk geldiğinde ise genel olarak 2 cm çapındaki bir alanda 1 adet bitki yaşayacağı kabul edilerek (Babalık 2004) en kuvvetli gelişim gösteren bitki türü dikkate alınmıştır. Bitkiye rastlanmayan noktalar boş alan olarak

kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda bitki ile kaplı alan (%) ve kaplama alanına göre botanik kompozisyon (%) hesaplanmıştır.



**Şekil 3. 7** Çalışmada kullanılan Lup (solda) ve her 20 cm'de işaretlenmiş lup hattı (sağda)

Arazi çalışması sırasında teşhisi yapılamayan bitki türleri uygun herbaryum teknikleri ile alınarak kurutulmuştur. Alınan bu bitki örnekleri daha sonra birçok araştırmacı ve kuruluşların eserlerinden yararlanılarak teşhis edilmiştir (Harley *et al.* 1984, Öztan ve Okatan 1985, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı 2008).



**Şekil 3. 8** Merada yapılan bitki örneklemesi

Aynı zamanda lup ölçümlerinin yapıldığı noktalarda 1 $m^2$'lik alandaki bitkiler toprak yüzeyinden köklerine zarar verilmeden budama makası yardımı ile biçilmiştir (Şekil

3.8). Biçilen bitki örnekleri kese kağıdına konulmuş ve daha sonra ağzı kapatılarak nem kaybını önleyecek şekilde poşetlere içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra laboratuvara getirilen bitki örneklerinin yaş ağırlıkları alınarak etüvde 60℃'de 3 gün kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan bitki örneklerinin kuru ağırlıkları alındıktan sonra öğütülerek makro ve mikro besin elementleri analizleri için hazır hale getirilmiştir.

### 3.2.3.1 Bitki ile kaplı alanın (%) hesaplanması

Ülkemiz gibi bitki örtüsünün yaz sıcaklarından aşırı etkilendiği ve otlatmanın kontrolsüz yapıldığı yerlerde vejetasyon etüdü yaparken bitkiyle kaplı alanın tespitinde dip kaplamanın (bazal alanın) esas alınması önerilmektedir (Gökkuş vd. 1993). Bir lup hattı 100 ölçümden oluştuğu için bir lup hattındaki bitkiye rastlanan nokta sayısı, söz konusu lup hattında bitki ile kaplı alan yüzdesini verecektir. Bitki ile kaplı alan yüzdesi Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Bitkiyle Kaplı Alan Oranı (\%)} = \frac{\textit{Bitki Rastlanan Lup Sayısı}}{\textit{İncelenen Toplam Lup Sayısı}} \times 100 \qquad (2)$$

### 3.2.3.2 Kaplama alanına göre botanik kompozisyon (%)

Her lup hattında bir bitki grubu için saptanan dip kaplama oranı toplam bitki ile kaplı alana oranlanarak, söz konusu bitki grubunun (buğdaygil, baklagil ve diğer familya) bitki ile kaplı alandaki oranı yüzde olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.4 Temel toprak analizleri

#### 3.2.4.1 Fiziksel analizler

**Hacim ağırlığı:** Hacmi belli (100 $cm^3$) çelik silindirler ile alınan bozulmamış toprak örnekleri etüvde 105 $^oC$'de 24 saat bekletildikten sonra tartılarak belirlenmiştir (Blake and Hartge 1986).

**Örnekleme esnasında toprak su içeriği:** Çelik silindirlerle alınan bozulmamış toprak örneklerinde, örnekler 105°C'de ağırlık kaybı durduktan sonra örneklerin nem kayıplarına göre ağırlık üzerinden nem hesabı yapılmıştır.

**Penetrasyon direnci:** Çalışmaların yürütüldüğü mera topraklarının sıkışma durumunu belirlemek amacıyla, nem ölçümleri ile birlikte Penetrasyon direnci ölçümleri de yapılmıştır. Penetrasyon direnci ölçümleri Mayıs-Eylül aylarında Kurşunlu'da 2016 yılında, Ilgaz'da ise 2017 yılında yapılmıştır. Ölçülen penetrometre değerleri MPa birimine dönüştürüldükten sonra %10 neme göre düzeltilmiştir (Aksakal *et al.* 2011).

$$PRa = PRO \times e^{\left(\frac{x-0,1}{0,716}\right)} \qquad (3)$$

Eşitlik (3)'te;

PRa :Düzeltilmiş penetrasyon direnci (MPa)
PRo : Ölçülen penetrasyon direnci, (MPa)
X : Örnekleme anındaki nem içeriği, (kg/kg)
0,1: Standardizasyon için kullanılan nem içeriği, (kg/kg)

**Toprak tekstürü:** Toprakların kil, silt ve kum içeriklerini belirlemek için Bouyocous Hidrometre metodu kullanılarak gerekli ölçümler yapılmış ve tekstürü üçgeni yardımı ile tekstür sınıfları belirlenmiştir (Gee and Bauder 1986).

**Toplam gözeneklilik:** Toplam gözeneklilik hacim ağrılığının toprağın özgül ağırlığına (2,65 g/cm$^3$) bölünmesi ile hesaplanmıştır.

**Tarla kapasitesi:** Tarla kapasitesini belirleyebilmek için araziden bozulmamış toprak örnekleri bilezik halklar aracılığı ile alınmıştır. Alınan bu örnekler laboratuvarda 1 bar basınca dayanıklı gözenekli seramik levha üzerine yerleştirilerek 1 gece saf su ile doygun hale getirilmiştir. Doygun hale getirilen toprak örnekleri pF setine yerleştirildi ve 0,33 bar basınç altında tuttuğu nem miktarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986).

**Daimi solma noktası:** Önce seramik levhalar üzerine plastik halkalar yerleştirildi ve bu halkalar içerisine araziden bozulmuş olarak alınmış 2 mm elekten elenmiş toprak örnekleri yerleştirildi. Gözenekli seramik levha üzerindeki plastik halka içerisindeki örnekler 1 gece saf su ile doygun hale getirildi. Doygun hale gelen seramik levha üzerinde halkalar içerisindeki toprak örneklerinin 15 bar basınç altında tuttuğu su miktarının hesaplanmasıyla daimi solma noktası hesaplanmıştır (Cassel and Nielsen 1986).

**Yarayışlı su içeriği:** Tarla kapasitesindeki hacimsel su içeriğinde daimi solma noktasındaki hacimsel su içeriğinden çıkarılması ile hesaplanmıştır.

**Agregat Stabilitesi:** Araziden alınan bozulmuş toprak örneklerinden 4 g tartılarak 0,25 mm elek açıklığında ıslak eleme metoduna göre 3 dk saf su ile karıştırılmış ve daha sonra % 0,2'lik kalgon çözeltisiyle toprağın tamamen disperse olması sağlanmıştır. Saf su ve kalgon çözltileriyle muamele edilen kaplar etüvde 105 $^0$C'de bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan örneklerde saf su ve kalgon ile disperse edilen toprağın ağırlığı

belirlenerek ikisinin arasındaki farkın bulunması ile agregat stabilitesi hesaplanmıştır (Kemper and Rosenau 1986).

### 3.2.4.2 Kimyasal analizler

**Organik Madde:** Organik madde içeriği "Modifiye Walkley – Black" yöntemine göre analiz edilmiştir (Nelson and Sommers 1982).

**Kireç (%):** Toprak örneklerinin kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Kacar 1994).

**Toprak Reaksiyonu (pH) ve Elektriksel İletkenlik (EC):** Toprakların pH ve EC'leri 1:2,5 toprak-su karışımında pH ve EC algılayıcıları ile belirlenmiştir (Hendershot *et al.* 2007).

**Katyon Değişim Kapasitesi:** Toprak örneklerinde katyon değişim kapasitesinin belirlenmesi 1 N Sodyum asetat ekstraksiyonu kullanılarak yapılmıştır (Chapman and Pratt 1982).

**Bitkiye Yarayışlı Fosfor ($P_2O_5$):** Numune kapları içerisine tartılan 5 g toprak örneği 100 ml 0,5 M Sodyum Bikarbonat ($NaHCO_3$) ile ekstrakte edildi. Daha sonra askorbik asit ile mavi renk elde edilerek ve ışık absorbsiyonu 660 nm dalga boyuna ayarlı spektro kullanılarak yarayışlı fosfor içeriği belirlendi (Olsen *et al.* 1954).

**Alınabilir Ca, Mg, Na ve K:** Toprak örnekleri 1 N amonyum asetat (pH=7) çözeltisi ile ekstrakte edildikten sonra atomik absorpsiyon spektrofotometrede okumaları yapılmıştır (Richards *et al.* 1954).

**Alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn:** Lindsay *et al.* (1989) tarafından bildirildiği şekilde DTPA ile ekstrakt çıkarılmış ve bu ekstraktta Fe, Zn, Cu ile Mn atomik absorpsiyon spektrofotometresinde okumalar yapılmıştır.

### 3.2.5 Bitki analizleri

Öğütülmüş bitki örnekleri yaş yakma yöntemi ile yakılarak atomik absorpsiyon spektrofotometrede Na, Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri belirlenmiştir (Kaçar ve İnal 2008). Bitkide fosfor içeriği ise vanadomolibdofosforik sarı renk metoduna göre 430 nm'ye ayarlanmış spektrofotometrede ölçülmüştür.

### 3.2.6 İstatistiksel analizler

Laboratuvarda analizleri yapılan toprak ve bitki özelliklerine ilişkin veriler kullanılarak tanımlayıcı istatistikler (çarpıklık, basıklık, aritmetik ortalama, en küçük, en büyük, standart sapma, varyasyon katsayısı) SPSS 23 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Webster (2001), mutlak değer olarak çarpıklık değerinin 0,5-1 aralığında olduğunda herhangi bir dönüşüme (transformasyon) gerek olmadığını, 0,5 ile 1,0 arasında karekök transformasyonunun yapılmasını ve 1,0'den yüksek olduğu takdirde logaritmik transformasyon yapılmasını önermiştir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada çarpıklık katsayısı dikkate alınarak verilerin normal dağılıma uygunluğu belirlenmiştir. Tanımlayıcı istatistik analizinden sonra analizi yapılan toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri ile incelenen bitkisel özellikler arasında çoklu korelasyon analizleri yapılmıştır. Daha sonra çift yönlü varyans analizi (MANOVA) kullanılarak bitki ve toprak özelliklerinin toprak derinliği ve iklim ile olan ilişkileri analiz edilmiştir.

### 3.2.7 Jeoistatistiksel analizler

Klasik istatistikte, ilgili özelliğe ait aritmetik ortalamanın popülasyonu temsil ettiği kabul edilir (Webster 2001). Ancak aritmetik ortalamanın popülasyonun tamamını temsil ettiğini varsaymak gerçekçi bir yaklaşım değildir (Hamlett *et al.* 1986, Burgess and Webster 1980). Çünkü arazide yüksek değişkenliğe sahip özelliklerin aritmetik ortalama değerlerinin kullanılması örneklenmeyen noktaların tahmininde taraflı bir yaklaşım sergilenmesine neden olarak tahmin başarısını düşürmektedir (Zar 1984, Mulla and McBratney 2001).

Klasik istatistik ile popülasyonlar kıyaslanırken örneklerin mesafe ve zaman içinde birbirinden bağımsız olduğu kabul edildiği için (Mulla 1998) arazide konumsal olarak bağımlılık gösteren toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır (Hamlett *et al.* 1986). Toprak özellikleri için hesaplanan varyans, örnekleme noktalarının arasındaki mesafeye bağlı olarak farklılık gösterdiği için uzaysal değişkenlik sergileyen değişkenlerin analizinde klasik istatistik yerine jeoistatistiksel yöntemlerin kullanılması önerilmiştir (Burrough 1983).

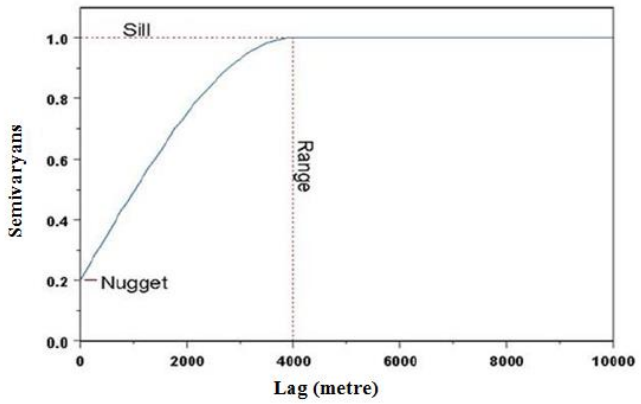
Jeoistatistik arazide herhangi bir toprak özelliğinin birbirlerine yakın noktalardaki değerlerinin birbirlerine uzak noktalardakine nazaran daha benzer olduğunu ve örnekler arasındaki artan mesafe ile benzemezliğin arttığını varsayar (Isaaks and Srivastava 1989). Ongun (2008) jeoistatistiğin temelini Mercer and Hall (1911) tarafından yapılan çalışmaların oluşturduğunu ifade etmiştir. Webster and Oliver (2004)'in çalışmalarında da otokeralasyon mesafesi ve nugget etkisi gibi kavramlardan bahsettikleri görülmüştür. Genel olarak jeoistatistik, Matheron (1963) ve Krige (1966) tarafından ifade edilen bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisine dayanmaktadır. Bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisinde uzayda herhangi bir değişken X noktasında Z gibi bir değere sahiptir ve X noktasındaki bu değişkenin kendine olan benzerliği mesafeye bağlı olarak $Z(X_2)$, $Z(X_3)$….$Z(X_n)$ gibi değerler alır (Trangmar *et al.* 1986).

Kendine benzerlik uzay parçasının bütün noktalarında bir fonksiyon tarafından tanımlanır ve süreklilik gösterir (Warrick *et al.* 1986). Bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisinin ikinci önemli varsayımı ise durağanlıktır (Trangmar *et al.* 1987). Durağanlık (stationarity) kavramında herhangi bir değişkenin bir uzay parçasının her bir noktasında sonsuz değeri olduğu kabul edilir (Isaaks and Srivastava 1989). Durağanlık kavramı da kendi içerisinde birincil, ikincil durağanlık ve içsel varsayım olmak üzere 3 şekilde tanımlanmıştır (Ugarte 2007).

Uzayda ilgili özelliğin bütün noktalardaki ortalama ve varyans değerleri eşit ise bu durum birincil durağanlık olarak tanımlanır. Eğer uzaydaki ilgili özelliğin bütün noktalardaki aritmetik ortalaması farklı ancak varyans değeri aynı ise bu durum da ikincil durağanlık olarak ifade edilir (Gneiting *et al.* 2007). Ancak doğada birincil ve ikincil durağanlık durumunu yakalamak hemen hemen imkânsızdır (Bancroft and Hobbs 1986). Bu yüzden genellikle, ilgili özelliğin mesafe ile otokorele olduğu ve bu otokeralasyonun belirli bir mesafeden sonra son bulduğu şeklindeki içsel varsayım (intrinsick hypothesis) kullanılır (Gneiting *et al.* 2007).

Jeoistatistiksel analiz; tanımsal istatistik, uzaysal yapının modellenmesi (semivaryogram) ve uzaysal entorpolasyon (krigleme) olmak üzere üç aşamadan oluşur. Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak toprak ve bitki özelliklerine ait tanımsal istatistik analizi yapılarak verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. Verilerin normal dağılımdan uzaklaşma derecesi uzaysal yapının modellenme başarısını düşüren önemli bir faktördür. Bu bağlamda Lark (2000) başarılı bir jeoistatistiksel modellemenin yapılabilmesi için normal dağılım göstermeyen veri setlerinde gerekli dönüşümlerinin yapılmasını gerektiğini ifade etmiştir. Ancak Webster and Oliver (2008) veri dönüşümün önemli olmadığını ve bir semivaryogramın karakteristik formunun dönüşümden sonra çok az değişebileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde normal dağılım göstermeyen verilerin daha iyi modellenebilmesi için Webster (2001)'in kriterlerine göre gerekli dönüşümler yapıldığı halde semivaryogram modelinin etkilenmediği görülmüştür. Bu sebepten dolayı veri setlerinde dönüşüm yapılmaksızın jeoistatistiksel modellemeye devam edilmiştir.

Her bir toprak özelliğine ilişkin hesaplanan semivaryans değerleri bağımlı değişken olarak *y* ekseninde ve örnek çiftleri arasındaki uzaklıklar da (lag) bağımsız değişken olarak *x* ekseninde yerleştirilerek ilgili toprak özelliklerine ilişkin semivaryogramlar elde edilmiştir. Semivaryogram modellemesinde, iki nokta arasındaki uzaklık lag olarak adlandırılır ve lag sınıfları 1,2,3,4 gibi değerler alarak örneklenen iki nokta (çift) arasındaki mesafeyi (30, 60, 90, 120 m) gösterirler (Mulla and McBratney 2001). Teoride lagların oluşturulmasında çalışma alanındaki iki örnek arasındaki en büyük mesafenin belirli sayıda eşit aralıklarla bölünmesi esas alınır. Ancak bu yaklaşım genelde istenen sonucu vermez. Çünkü kısa mesafelerde uzaysal bağımlılık bu yaklaşım ile yakalanamaz. Bu sebepten dolayı deneysel semivaryogramın modelleme başarısını artırmak için değişken lag uzunlukları kullanılarak ve her lag sınıfında en az 30 adet veri çifti oluşturularak değişken lag aralıkları oluşturulmuştur (Isaaks and Srivastava 1989).




**Şekil 3 9** Tipik bir semivaryogram ve bileşenleri

Semivaryogram modellenmesinde hangi modellerin kullanılacağı ve hangi kriterlerin bilinmesi gerektiği modellemenin doğru yapılması açısından oldukça önemlidir. Semivaryogramın modellenmesi için farklı modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, küresel (spherical), gaussian, üssel, (exponantial), linear ve silli linear model olarak bilinir. Bu modeller hakkında daha ayrıntılı bilgi için Isaaks and Srivastava (1989)'ya başvurulabilir. Bu bağlamda en uygun semivaryogram belirlenmesinde determinasyon katsayısının ($R^2$) 1'e yakın, en küçük kareler toplamı (RSS) ve nugget etkisi değerinin

ise 0'a yakın olmasına bakılarak karar verilmiştir (Robertson 2000). Nugget (Co) varyans değerinin yüksek olmasının başlıca nedenleri arasında yanlış örnekleme deseni, analizlerde yapılan hatalar, lag sınıflarının yetersiz olması, laboratuvar analizlerinde yapılan hatalar ve ilgili özelliğin yüksek varyasyona sahip olması gösterilebilir.

Range mesafesi ($A_o$), uzaysal bağımlılığın son bulduğu mesafedir ve bu mesafeden sonra değişkenlerin uzaysal bağımlılığı son bulduğu kabul edilir (Mulla and McBratney 1991). Ayrıca uygun semivaryogram modeli belirlenirken deneysel semivaryans değerlerinin Şekil 3.8'de belirtildiği gibi sabit bir sill değerine ulaşmasına dikkat edilmiş ve bu sill değerinin belirli bir mesafede devam etmesini sağlamak için aktif lag mesafesi artırılıp azaltılarak ayarlama yapılmıştır. Semivaryans eşitlik (4)' te görüldüğü gibi kolayca hesaplanabilir (Isaaks and Srivastava 1989).

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}+\sum_{i=1}^{N(h)}[z(x_i+h)-zx_i]^2 \qquad (4)$$

Eşitlik (4)'te

*h:* xi ile xi+h arasındaki ayırma mesafesi (lag)

*N(h);* h mesafesi (lag) ile birbirinden ayrılan örnek çifti sayısı

z(xi), z(xi + h); h mesafesi ile ayrılmış iki noktanın örnek değeri

Semivaryogram model seçiminde minimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki etki aralığının, maksimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki etki aralığına oranı dikkate alınarak yersel değişkenliğin isotropik veya anisotropik olup-olmadığına karar verilmiştir. Eğer söz konusu oran 1,3' den daha düşük ise değişimin isotropik, 1,3' den daha büyük olduğu durumda ise anisotropi olduğu varsayılmaktadır. Buna göre çalışma alanında incelenen özelliklerin tamamında değişimin isotropik olduğu tespit edilmiştir.

İlgili özellik için en iyi semivaryogram model seçiminde ise en yüksek regresyon katsayısına ($R^2$) veya en düşük hata kareler toplamına (RSS) sahip olan model en uygun model olarak seçilmiştir. Oluşturulan semivaryogram model parametreleri kullanılarak her bir toprak özelliği için nugget etkisi hesaplanarak uzaysal bağımlılık derecesi belirlenmiştir.

Nugget etkisi, nugget değerinin sill değerine oranlanıp 100 ile çarpılması ile elde edilir. Eğer bu oran % 25 değerinin altında ise uzaysal bağımlılığın kuvvetli, %25-75 orta düzeyde, >%75 ise zayıf olarak sınıflandırılır (Cambardella *et al* 1994). Çalışma alanı içerisinde maksimum etki aralığı (range mesafesi) Kurşunlu'da 200 m, Ilgaz'da ise 150 m alınmıştır. Jeoistatistiğin son aşaması olan kriglemenin bir çok tipi (ordinary, blok ve indikatör krigleme, vs) vardır. Bu çalışmada, toprak ve yerbilimleri çalışmalarında doğruluğu yüksek ve iyi sonuçlar verdiği için bayağı (ordinary) krigleme kullanılmıştır (Chang 2004). Krigleme tekniği ile bir değişkenin herhangi bir noktadaki bilinmeyen değeri, bu noktanın çevresindeki noktalardaki bilinen değerlerinin kullanılmasıyla tahmin edilir (Trangmar *et al.* 1986). Kriglemede değeri bilinmeyen bir örnek noktası eşitlik (5)'de görüldüğü gibi hesaplanır (Isaaks and Srivastava 1989).

$$z_0=\sum z_i \times w \qquad (5)$$

Eşitlik (5)'te

$z_0$*:* tahmin edilen değer

$z_i$*:* ölçülmüş değer

*w:* ağırlık

Eşitlik 5 matris formunda eşitlik 6'da görüldüğü ifade edilebilir

$C$ = W x D (6)

Eşitlik 6'da C matrisi ölçülmüş değerler arasındaki mesafeler ilgili semivaryogram kullanılarak hesaplanan semivaryans değerleri. D matrisi tahmin yapılacak nokta ile ölçülmüş değerler arasındaki mesafeler ilgili semivaryogram kullanılarak hesaplanan semivaryans değerleri ve w matrisi ise ilgili değişkenin tahmin yapılacak noktadaki değerinin hesaplanmasında her bir komşu değere verilecek ağırlıktır. W marisi elemanlarının hesaplanması ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla kolayca yapılabilir.

$$W = C^{-1}xD \quad (7)$$

Konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgiye Isaaka and Srivastava (1989)'da ulaşılabilir. Komşu noktalara verilecek ağırlıkların hesaplanmasında semivaryogram veya onun eşdeğeri olan kovaryans fonksiyonunun kullanılması ile tahminin optimum ve tarafsız olması sağlanır. Krigleme yöntemlerini diğer tahmin yöntemlerinden ayıran en önemli özellik noktalar arasındaki değişkenliğin fonksiyonu olan semivaryogramın kullanarak tahmin varyansını minimize etmesidir. Krigleme işleminin hemen öncesinde çapraz değerlendirme yapılır.

Çapraz değerlendirme yönteminde ölçülen noktalardaki değerler, çevrelerindeki diğer ölçülmüş değerlerin kullanılmasıyla tahmin edilir (Vieira *et al.* 1983). Bu şekilde ölçülen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması sağlanır ve modelin ölçüm yapılmayan noktalardaki tahmin güvenirliliği test edilir. Tahmin başarısını test ederken ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında 1:1 doğru etrafındaki oluşturulan saçılmalara bakılır. Çapraz değerlendirmede ölçülen ve tahmin edilen değerlerin mümkün olduğunca $45^0$'lik açı oluşturan doğruya yakın durması istenir.

Ölçülen ve tahmin edilen değerler bu doğrudan ne kadar uzaklaşırsa tahmin başarısı o kadar düşük demektir. Saçılma grafikleri yanında tahmin edilen ve ölçülen değerler arasındaki benzerliğin bir ölçütü olan çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) da yaygın olarak kullanılır. Ancak r'nin kullanımında temkinli olunmalıdır. Çünkü r değerler arasındaki benzerlikten ziyade tutarlılığı ölçmektedir. Yani r yüksek değerler ile yüksek, düşük değerler ile de düşük değerlerin birlikte olma eğiliminin bir ölçüsüdür. Bu durumda ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon analizinin yüksek çıkması herzaman tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlere benzediği anlamına gelmez. Bu yüzden ölçülen değerlerden tahmin edilen değerler çıkartılarak hatalar hesaplanır.

Hesaplanan hataların sıfıra yakın olması yapılan tahminin başarısının yüksek olduğunu belirtir. Bu çalışmada çapraz değerlendirme sonuçlarının analizinde hem 1:1-doğru hem de çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) ile birlikte kullanılmıştır. Belirlenen uygun semivaryogram modeline ilişkin parametreler kullanılarak (sill, nugget, range) ordinary kriging yapılmıştır. Krigleme başarısının değerlendirilmesinde çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) ve nispi hata kareler karekökü ortalaması (RRMSE) kullanılmıştır. Krigelemede hesaba katılan komşu sayısı en az 10 en fazla 16 ile sınırlandırılarak krigleme yüzey haritaları GS+7.0 ile elde edilen semivaryogram model parametreleri kullanılarak ArcMAP 10.2 paket programında üretilmiştir.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1 Kurşunlu Merasının Toprak Özelliklerine İlişkin Tanımsal İstatistikler

Kurak bir iklime sahip Kurşunlu mera topraklarına ilişkin toprak özelliklerinin tanımsal istatistikleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir. Kurşunlu merasında 0-10 cm toprak derinliğinde hacim ağırlığı 1,00-1,65 g/cm$^3$ ve 10-20 cm derinlikte ise 1,00-1,43 g/cm$^3$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.1 ve 4.2). Büyükbaş otlatmasının Kurşunlu'da, küçükbaş otlatmasının ise Ilgaz'da toprak sıkışmasında daha etkili olduğu söylenebilir. Wei *et al.* (2008) (1,23 g/cm$^3$), Acir (2014) (1,30 g/cm$^3$), van den Pol-van Dasselaar *et al.* (1998) (1,20 g/cm$^3$) ve Flanagan and Johnson (2005) (1,24 g/cm$^3$) benzer sonuçlar rapor etmişlerdir. Diğer bazı çalışmalarda ise daha yüksek değerler rapor edilmiştir (Bird *et al.* 2002, Wei *et al.* 2008, Jabro *et al.* 2010).

Hacim ağırlığı kök gelişimini sınırlayan önemli bir faktördür ve kök gelişimini etkileyen kritik hacim ağırlığı değerleri toprak tekstür sınıflarına göre farklılık göstermektedir (Pierce *et al.* 1983). Kil içeriği %45'ten fazla olan topraklarda ise ortalama hacim ağırlığının <1,1 g/cm$^3$ olduğu ve bu topraklarda hacim ağırlığının 1,39 g/cm$^3$'ten yüksek olduğu koşullarda kök gelişiminin olumsuz etkilendiği 1,47 g/cm$^3$ 'ten yüksek olduğunda ise kök gelişiminin sınırlandığı ifade edilmiştir (Pierce *et al.* 1983).

**Çizelge 4. 1** Kurşunlu merası 0-10 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400)

| Değişkenler | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HA (g/cm$^3$)** | 1,00 | 1,65 | 1,24 | 0,09 | -0,46 | 2,11 | 7,25 |
| ***Nem (%)** | 1,09 | 33,74 | 11,21 | 6,06 | 0,84 | 0,95 | 54,05 |
| **f (%)** | 37,61 | 62,38 | 52,00 | 3,47 | 0,46 | 2,11 | 6,67 |
| **TK (%)** | 11,72 | 44,16 | 25,07 | 6,77 | 0,38 | -0,67 | 27,00 |
| **SN (%)** | 3,66 | 33,84 | 14,21 | 4,68 | 1,04 | 0,91 | 32,93 |
| **BYSİ (%)** | 1,08 | 27,31 | 10,86 | 4,89 | 0,63 | 0,40 | 45,02 |
| **AS (%)** | 34,86 | 56,17 | 48,70 | 3,39 | -1,31 | 2,99 | 6,96 |
| **Kum (%)** | 13,90 | 82,30 | 56,80 | 13,74 | -0,98 | 0,67 | 24,00 |
| **Kil (%)** | 13,40 | 66,10 | 27,75 | 9,59 | 1,45 | 2,45 | 35,00 |
| **Silt (%)** | 2,50 | 57,50 | 15,44 | 6,99 | 1,35 | 4,35 | 45,00 |
| **$CaCO_3$ (%)** | 0,29 | 7,08 | 2,26 | 1,02 | 1,13 | 3,22 | 45,13 |
| **TOM (%)** | 0,12 | 3,02 | 1,30 | 0,55 | -0,007 | -0,98 | 42,30 |
| **Na (mg/kg)** | 0,20 | 990,00 | 158,60 | 197,90 | 1,55 | 2,70 | 124,77 |
| **K (mg/kg)** | 11,20 | 602,00 | 102,81 | 68,20 | 2,85 | 14,44 | 66,33 |
| **Ca (mg/kg)** | 1,34 | 493,21 | 279,02 | 63,38 | 0,19 | 1,66 | 22,71 |
| **Mg (mg/kg)** | 16,56 | 113,44 | 40,70 | 10,62 | 1,01 | 5,40 | 26,00 |
| **P (mg/kg)** | 0,08 | 0,80 | 0,22 | 0,09 | 1,70 | 5,22 | 40,90 |
| **Fe (mg/kg)** | 0,01 | 7,63 | 1,73 | 1,34 | 1,30 | 1,68 | 77,00 |
| **Cu (mg/kg)** | 0,01 | 5,44 | 0,80 | 0,76 | 2,39 | 7,91 | 95,00 |
| **Mn (mg/kg)** | 0,05 | 39,87 | 10,62 | 11,53 | 1,36 | 0,47 | 109,00 |
| **Zn (mg/kg)** | 0,03 | 44,37 | 2,85 | 7,18 | 3,65 | 13,00 | 251,92 |
| **pH** | 7,01 | 8,25 | 7,55 | 0,34 | -0,12 | -1,47 | 4,50 |
| **EC (µS/cm)** | 19,40 | 1104 | 145,87 | 136,63 | 3,71 | 17,72 | 93,66 |
| **Tuz %** | 0,01 | 0,64 | 0,07 | 0,07 | 3,84 | 18,72 | 100,00 |
| **KDK (cMol/kg)** | 12,76 | 39,11 | 19,93 | 4,84 | 1,43 | 2,34 | 24,28 |
| **PR (MPa)** | 1,60 | 3,21 | 2,83 | 0,41 | -1,48 | 1,15 | 14,48 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, *: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Blake and Hartge (1986), hacim ağırlığının değişiminde etkili toprak özelliklerini kum, silt, kil, organik madde içeriği ve agregatlaşma olarak sıralamışlardır. Toprak özellikleri dışında hacim ağırlığını etkileyen faktörler arasında otlatma yoğunluğunun önemli olduğu da belirtilmiştir (Arshad *et al.* 1996). Kölbl *et al.* (2011) toprağın hacim ağırlığını, ağır otlatma yapılan (2 koyun birimi ha/yıl) bir merada 1,28 g/cm$^3$, orta

düzeyde otlatmanın yapılan merada ise (0,5 koyun birimi ha/yıl) 1,09 g/cm$^3$ olarak belirlemişlerdir.

**Çizelge 4. 2** Kurşunlu merası 10-20 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400)

| Değişkenler | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HA (g/cm$^3$)** | 1,00 | 1,40 | 1,24 | 0,09 | -1,26 | 1,09 | 7,00 |
| ***Nem (%)** | 1,60 | 44,50 | 12,40 | 6,10 | 1,30 | 3,50 | 49,00 |
| **f (%)** | 38,40 | 62,40 | 53,00 | 3,60 | 0,50 | 1,90 | 7,00 |
| **TK (%)** | 9,30 | 45,68 | 24,84 | 6,91 | 0,42 | -0,37 | 27,82 |
| **SN (%)** | 4,97 | 33,73 | 13,95 | 4,85 | 1,21 | 1,60 | 34,77 |
| **BYSİ (%)** | 1,17 | 32,93 | 10,89 | 5,02 | 0,68 | 0,77 | 46,16 |
| **AS (%)** | 35,17 | 56,76 | 48,44 | 3,44 | -0,97 | 2,01 | 7,11 |
| **Kum (%)** | 16,00 | 82,30 | 57,80 | 13,70 | -0,80 | 0,40 | 24,00 |
| **Kil (%)** | 11,00 | 63,60 | 27,40 | 9,40 | 1,20 | 1,70 | 35,00 |
| **Silt (%)** | 2,00 | 45,00 | 14,60 | 6,90 | 1,08 | 2,01 | 47,00 |
| **CaCO3 (%)** | 0,30 | 6,90 | 2,37 | 1,12 | 1,14 | 2,20 | 47,00 |
| **TOM (%)** | 0,14 | 3,03 | 1,17 | 0,57 | 0,24 | -0,90 | 49,00 |
| **Na (mg/kg)** | 0,20 | 491,00 | 107,48 | 142,47 | 1,18 | -0,02 | 133,0 |
| **K (mg/kg)** | 21,50 | 550,00 | 90,68 | 66,60 | 2,70 | 10,84 | 73,00 |
| **Ca (mg/kg)** | 20,23 | 466,01 | 275,10 | 60,90 | -0,02 | 1,70 | 22,00 |
| **Mg (mg/kg)** | 10,63 | 112,43 | 40,79 | 10,84 | 0,79 | 4,54 | 27,00 |
| **P (mg/kg)** | 0,08 | 0,94 | 0,21 | 0,11 | 2,79 | 11,47 | 52,00 |
| **Fe (mg/kg)** | 0,02 | 15,36 | 1,70 | 1,47 | 3,38 | 22,99 | 86,00 |
| **Cu (mg/kg)** | 0,02 | 9,07 | 0,84 | 0,93 | 3,52 | 19,76 | 111,00 |
| **Mn (mg/kg)** | 0,01 | 50,31 | 9,03 | 11,61 | 1,65 | 1,27 | 129,0 |
| **Zn (mg/kg)** | 0,004 | 50,44 | 2,48 | 6,77 | 4,30 | 20,09 | 273,0 |
| **pH** | 7,01 | 8,21 | 7,52 | 0,35 | 0,11 | -1,41 | 5,00 |
| **EC (µS/cm)** | 28,70 | 912,0 | 126,21 | 112,95 | 3,57 | 16,10 | 89,00 |
| **Tuz %** | 0,01 | 0,49 | 0,06 | 0,06 | 3,68 | 16,87 | 100,00 |
| **KDK (cMol/kg)** | 11,61 | 37,86 | 19,79 | 4,74 | 1,27 | 1,78 | 24,00 |
| **PR (MPa)** | 1,19 | 3,35 | 2,84 | 0,43 | -1,56 | 1,49 | 15,00 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, *: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Otlatma yoğunluğu yanında zamansız otlatma da hacim ağırlığının artmasında etkili bir faktör olabilir. Örneğin mera toprakları ıslak iken otlatıldığında bu sorun özellikle killi topraklarda öne çıkar (Li *et al.* 2008). Varyasyon katsayısı toprak özelliklerinin değişkenliğinin önemli bir göstergesidir ve farklı toprak özelliklerine ilişkin

değişkenliğin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Cambardella *et al.* (1994) varyasyon katsayısını 3 gruba ayırarak; %15'den küçük olanlar az değişken, %16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve %36'dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak gruplandırmışlardır. Bu değerlendirme dikkate alındığında Kurşunlu'da her iki toprak derinliği için hacim ağırlığının düşük değişkenliğe sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1-4.2). Yapılan birçok çalışmada hacim ağırlığının varyasyon katsayısının %3-26 arasında değiştiği belirtilmiştir (Mulla and McBratney 2001). Benzer şekilde Askari and Holden (2014) (%14,81), Weber and Biskupski (2008) (%0,14) ve Birol (2011) (%3,64) hacim ağırlığı değişkenliğinin düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Çarpıklık katsayısı veri setlerinin dağılımının normal dağılıma göre ne kadar asimetrik yani sağa ya da sola çarpık olduğunun bir göstergesidir. Çarpıklık katsayısı (mutlak değer olarak) 0-0,5 arasında ise dağılımın hafif çarpık, 0,5-1,0 arasında ise orta düzeyde çarpık ve 1,0< ise şiddetli çarpık olduğu varsayılır (Webster 2001). Bu kriterlere göre toprak hacim ağırlığı 10 cm'de hafif, 20 cm'de ise şiddetli sola çarpık bir dağılım göstermektedir (Çizelgeler 4.1-4.2). Buradan, 20 cm toprak derinliğinde hacim ağırlığının bazı noktalarda ortalamaya göre aşırı düşük değerler aldığı anlaşılmaktadır. Hacim ağırlığı değerleri kullanılarak toprağın toprak gözenekliliği hesaplanabilmektedir (Blake and Hartge 1986). Toprakların toplam gözenekliliğinin yüksek olması havalanmanın iyi olduğuna ve bitki kök gelişmesini teşvik ettiğine işaret eder (Cannel 1977). Çalışma alanında ortalama toprak gözenekliliği her iki derinlik için de aynıdır ve düşük (VK=%7) değişkenliğe sahiptir. Mulla and McBratney (2000) genel olarak toprakların toplam gözenekliliği için varyasyon katsayısının %7-11 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Kurşunlu'da örnekleme anındaki ortalama toprak nemi 0-10 cm'de %11,2, 10-20 cm'de ise %12,4 olarak bulunmuştur (Çizelgeler 4.1-4.2). Webster (2001)'e göre toprak nemi 0-10 cm için orta düzeyde 10-20 cm'de ise şiddetli düzeyde sağa çarpıktır. Famiglietti *et al.* (1999) kuru koşullarda yapılan örneklemelerde toprak neminin sola çarpık bir dağılım gösterebileceğini belirtmişlerdir. Toprak nemi dağılımında örnekleme deseni önemli olup birçok araştırmacı tarafından ızgara (grid) ve hat (transekt) örnekleme yöntemlerinde toprak neminin normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. (Munoz-Pardo *et al.* 1990, Nyberg 1996, Anctil *et al.* 2002, Buttafuoco *et*

*al.* 2005). Loague and Gander (1990) grid örnekleme deseninin aksine transekt örneklemelerde toprak neminin normal dağılım gösterdiğini ifade etmişlerdir. Kurşunlu'da toprak nem değişkenliğinin yüksek (%54) olduğu görülmüştür. Benzer bir çalışmada (Famiglietti *et al.* 1999) toprak nem değişkenliğinin yüksek (%58) olduğu rapor edilmiştir.

Toprak su içeriği miktarı kavramı bitkilerin topraktan suyu alabilmelerini açıklamada yetersiz kalır (Aydın *et al.* 2015). Bu sebepten dolayı toprak su potansiyeli kavramının kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Erşahin 2001). Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'ye göre ortalama tarla kapasitesi 0-10 cm'de %25, 10-20cm'de %24,8 olduğu görülmüştür. Solma noktası her iki toprak derinliğinde şiddetli düzeyde sağa çarpık dağılım göstermektedir. Başka bir deyişle arazi üzerinde bu değişkene ait verilerin büyük bir çoğunluğu ortalamanın solundadır ve az sayıda aşırı büyük değer vardır ve bu değerler ortalamayı sağa doğru çekmektedir. Toprağın 0-10 cm derinliğindeki solma noktası %3,6-33,8 ve 20 cm de ise % 4,9-33,7 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1-4.2). Bitkiye yarayışlı su içeriğinin her iki toprak derinliğinde benzer olduğu görülmüştür. Zhang *et al.* (2019b) Kanada'da 1,2 BBHB ay/ha olan bir merada tarla kapasitesini %33,22 olarak hesaplarken, 4,8 BBHB ay/ha diğer %31,29 olarak saptamıştır.

Tekstür, toprak suyunun tutulmasında önemli rol oynar (Brady and Weil 2008). Kurşunlu'da 0-10 cm derinlik için ortalama kum içeriği %56,8, 10-20 cm derinlikte ise 57,8'dir. Kum içeriği her iki derinlikte de orta derecede değişkenlik (VK=%24) göstermektedir. Kum içeriğinin aksine kil ve silt içerikleri yüksek değişkenlik göstermiştir. Zhang *et al.* (2019b) meralarda kum içeriğinin yüksek olmasını aşırı otlatmaya bağlı olarak artan hacim ağırlığı ve toprak yapısının tahrip olması ile birlikte azalan bitki örtüsü ile ince toprak taneciklerinin öncelikli olarak kaybedilmesine ve nispi olarak kaba toprak parçacıklarının birikmesine bağlamaktadırlar. Neff *et al.* (2005) meralarda otlatmanın ince toprak parçacıklarını önemli ölçüde azalttığını uzunca bir süre (30 yıl gibi) otlatılmasa dahi bu meralarda silt içeriğinin hiç otlanmayan meralara göre %38-%43 daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Huang *et al.* (2007) otlatmaya bağlı olarak azalan silt içeriğinin mera çölleşmesinde önemi bir kriter olarak

kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma alanı topraklarının tekstürü orta bünyeli olduğu için bitki köklerinin geçirgenlik ve buna bağlı olarak havalanma bakımından sıkıntı yaşamayacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan toprakların bitkiye yarayışlı suyu depolama kapasitesi orta bünyeli topraklarda optimumdur, ancak toprak derinliğinin birim alanda depolanan su hacmi açısından önemli bir faktör olduğu da unutulmamalıdır (Brady and Weil 2008).

Kurak ve yarı-kurak bölgelerde agregat stabilitesinin yüksek olması, toprakların rüzgâr erozyonuna karşı dirençli olmasını sağlar (Budak 2012). Kurşunlu merasında ortalama agregat stabilitesi %48 olup, %34-56 arasında değişmektedir. Duchicela *et al.* (2012) (%54) ve Haydu-Houdeshell *et al.* (2018) (%50,7) tarafından yapılan çalışmalarda benzer agregat stabilitesi sonuçlarına rastlanmıştır. Ancak literatürde Zhi-yuan *et al.* (2016) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi düşük (%23) agregat stabilitesi değerlerine de rastlamak mümkündür. Bird *et al.* (2002) agregat stabilitesinin toprak derinliği ile azalma eğilimi gösterdiğini belirtse de bizim çalışmamızda ortalama agregat stabilitesinin her iki toprak derinliği için de hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Çalışma alanında agregat stabilitesi %56 gibi değerlere kadar ulaşsa da genel olarak verilerin sola çarpıklık göstermesinden dolayı %34 gibi düşük değerlerin olduğu örnekleme noktalarının sayısı da azımsanmayacak kadar çoktur. Meralarda yüksek agregat stabilitesinin elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Örneğin ortalama agregat stabilitesini Gardi *et al.* (2002) %73,74, Acir (2014) %89,63, Memiş (2016) %91,38 ve Zhang *et al.* (2019b) %93,79 olarak belirtmişlerdir. Çalışma alanında agregat stabilitesinin düşük olma sebepleri arasında aşırı ve zamansız otlatmanın yanı sıra agregatların oluşmasında çimentolayıcı olarak görev alan toprak organik madde ve kireç içeriklerinin düşük olması da gösterilebilir.

Agregatlaşmayı etkileyen önemli faktörlerden biri de toprak organik maddesidir (Brady and Weil 2008). Çizelge 4.1 ve 4.2 incelendiğinde Kurşunlu'da ortalama toprak organik maddesinin her iki toprak derinliği için düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ülgen ve Yurtsever (1974)'in yaptığı çalışmada Walkey-Black metoduna göre topraklarının ortalama organik madde içeriği (%1,3) düşük olarak değerlendirilmiştir. Yarı-kurak

mera özelliği taşıyan Kurşunlu'da uzun yıllar boyunca plansız yapılan otlatma sonucunda bitki örtüsü tahrip olmuş ve toprakların Ah horizonu erozyonla taşındığından organik madde içeriği düşmüştür.

Organik madde içeriği %0,12-3,03 gibi geniş bir aralıkta değişim göstermekte olup, ana materyal ve mikro topografyadaki farklılıklar buna neden olarak gösterilebilir. Benzer koşullarda Siirt'te yapılan bir çalışmada ortalama toprak organik madde içeriğinin düşük (%1,57) olduğu ifade edilmiştir (Demircan 2019). Ayrıca Wang *et al.* (2019) yapmış oldukları çalışmalarında artan otlatma yoğunluğuna bağlı olarak toprak organik maddesinin azaldığını belirtmişlerdir. Kurşunlu'da toprak organik maddesinin düşük olma sebepleri arasında iklim koşullarının yanı sıra alanın uzun yıllar boyunca kontrolsüz olarak otlatılması da gösterilebilir ve literatürde buna benzer sonuçlara rastlamak mümkündür. Örneğin Liu *et al.* (2020) kısa süre otlatılmayan (3 yıl) bir merada toprak organik maddesinin (%1,93) uzun süre otlatılmayana (22 yıl) göre (%6,3) daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Wang *et al.* 2019). Meralarda kontrolsüz otlatmanın dışında toprak organik madde içeriğini etkileyen faktörler arasında iklim, kil tipi ve kil miktarı gösterilebilir (Parfitt and Kimble 1989).

Toprakların kireç ($CaCO_3$) içeriği sadece oluştukları ana materyale bağlı olarak değil aynı zamanda rüzgârın şiddetine bağlı olarak tozlarla da taşınmak suretiyle değişkenlik gösterir (Brady *et al.* 1996). Çalışma alanında kireç içeriği %0,29-7,08 arasında değişmekte olup, toprakların %70'i az kireçlidir. Agregat yapısında çimentolayıcı olarak görev olan kireç miktarının %2,2 gibi düşük düzeyde olması agregat dayanıklılığını olumsuz etkileyebilir. Meralarda yapılan birçok çalışmada (Uslu 2005, Şengönül vd. 2009, Ağin ve Kökten 2016, Taşdemir 2015) toprakların kireç içeriğinin düşük olduğu rapor edilmiştir. Yapılan bazı çalışmada ortalama kireç içeriğini Memiş (2016) %7,5, Acir (2014) %8,5, Ongun (2008) %11,5 ve Budak (2012) %31,4 olarak belirtmişlerdir. Arazide kireç içeriğinin değişkenliği yüksek (VK=%45) bulunmuştur.

Toprakların bitki besin elementi içeriği yem bitkilerinin dağılımında önemli rol oynar. Lindsay and Norvell (1978) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre toprakların Fe,

Cu, Mn ve Zn içerikleri yetersizdir. Çinko noksanlığı küresel anlamda önemli bir sorun olup, özellikle insan ve hayvanlarda ciddi problemlere neden olmaktadır. Tahılların temel besin kaynağı olduğu toplumlarda tahıllar insanların çinko ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu toplumlarda insanların çinko ihtiyacının karşılanmasında hayvansal gıdalar önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Ancak hayvansal gıdalardan beklenen çinko takviyesinin sağlanması büyük oranda mera topraklarının çinko içeriğinin yeterli olmasına bağlıdır. Cakmak *et al.* (1999) kurak ve yarı-kurak bölgelerde kalkerli topraklarda çinko noksanlığının yaygın bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar literatür çalışmaları ile karşılaştırıldığında, bazı araştırmacıların bulguları ile uyum içerisinde (Augustine *et al.* 2003, Bhat *et al.* 2011, Yalçın vd. 2018, Özen 2019) olmasına rağmen diğer bazı araştırmacılar tarafından rapor edilen değerlerden (Augustine *et al.* 2003, Ongun 2008, Ma *et al.* 2015, Gulwa *et al.* 2017, Vejnovic *et al.* 2018, Yalçın ve Çimrin 2019) daha düşüktür.

Bitkisel verimlilikte önemli rol oynayan makro besin elementi konsantrasyonları incelendiğinde Kurşunlu'da toprakların ortalama fosfor 0,22 mg/kg, magnezyum 40,70 mg/kg, kalsiyum 279 mg/kg ve potasyum içeriğinin 102,8 mg/kg olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan birçok çalışmaya benzer şekilde (Sun *et al.* 2019) Kurşunlu'da kalsiyum dışında ölçülen tüm makro besin elementi içeriklerinin şiddetli sağa çarpık dağılım sergilediği ve mikro besin elementi konsantrasyonlarının (Fe, Cu, Mn, Zn) makro besin elementlerine göre daha fazla değişken olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1-4.2). McDowell *et al.* (1983)'in mera topraklarında besin elementleri için belirlediği kritik seviyelere göre Kurşunlu'da toprakların kalsiyum ve magnezyum içeriği kritik seviyenin üzerinde fosforun ise kritik seviyenin altında olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu tür sınıflandırmalara göre kesin bir değerlendirme yapılırken dikkat edilmelidir, çünkü belirtilen sınır değerler çalışmanın yapıldığı ülke ve bitki türüne (tahıl-yembitkisi) özgüdür. FAO (1990)'nun buğday ve mısırı indikatör bitki olarak kullandığı çalışmalarında Türkiye'de $NaHCO_3$ ile ekstrakte edilebilir toprak fosfor içeriği düşük çıkmış ve bu bitkiler için belirli dozlarda gübre verilmesine karşılık bitkilerin ortalama fosfor içerikleri diğer çoğu ülkelere göre düşük düzeyde kalmıştır. Benzer şekilde kurak koşullarda yapılan bazı çalışmalarda da toprak fosfor içeriğinin düşük olduğu

belirtilmiştir (Türker 2006, Khan *et al.* 2007, Çomaklı vd. 2012, Assmann *et al.* 2014, Ağin ve Kökten 2016, Polat ve Bayraklı 2019). Yarı-kurak mera toprakları fosfor içerikleri bakımından genelde yetersizdir (Macklon *et al.* 1994, Yıldız 2016). Toprakların düşük fosfor konsantrasyonu verimsiz meraların karakteristik özelliği olarak kabul edilir (Marini *et al.* 2007). Stevenson and Cole (1999) toprağın kil tipi, pH, KDK, organik madde ve kireç miktarı gibi faktörlerin yarayışlı fosfor üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Toprak verimliliği ve bitkisel gelişimin önemli göstergelerinden birisi de katyon değişim kapasitesidir (Belachew and Abera 2010). Çalışılan merada toprakların ortalama katyon değişim kapasitesi (KDK) 19,93 cMol/kg olup 11,61-39,11 cMol/kg arasında değişmektedir. KDK'sı düşük topraklara gübre uygulansa dahi bu topraklar katyonların çok az bir kısmını tutabilirler (Molloy 2007). Besin elementi yarayışlılığında toprağın KDK'sı dışında söz konusu besin elementi katyonunun değişim kompleksi üzerindeki yüzde doygunluk oranı da oldukça önemlidir. Bu sebepten dolayı ekonomik ve etkin bir gübreleme yapılabilmesi için gübreleme programlarında toprağın katyon değişim kapasitesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada KDK'nın değişkenliği düşük olup Acir ve Günal (2019) tarafından rapor edilen (%24,94) değerlere oldukça benzerdir. Literatürde Yalçın vd. (2018) tarafından rapor edildiği gibi oldukça yüksek (84,29 meq/100g) KDK değerlerine rastlamak mümkündür. Toprak pH'sı besin elementlerinin bitkilere yarayışlılığı üzerinde etkili olarak merada bitki tür sayısı ve dağılımında rol oynar (Dingaan *et al.* 2017).

Çalışma alanında toprak pH'sı 7,01-8,25 arasında değişmekte olup hafif alkalin karakterlidir. Ancak bazı noktalarda toprak pH değerlerinin yer yer bitkilerin gelişimi için sorun oluşturacak seviyeye (pH=8,25) ulaştığı görülmüştür. Çalışma alanında ortalama yağışın düşük olması sebebi ile toprak içerisindeki çözünebilir alkali katyon konsatrasyonu artmakta ve bu katyonlar H aktivitesini azaltarak pH değerinin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Çalışma alanında toprak pH'ına ilişkin değişkenlik düşük bulunmuştur. Mulla and McBratney (2000) toprak pH'sının diğer toprak özelliklerine göre daha az değişken olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde literatürde

yapılan birçok çalışmada toprak pH'sının değişkenliğinin düşük olduğu belirtilmiştir (Evrendilek *et al.* 2004, Maestre *et al.* 2009, Budak 2012, Jafarian *et al.* 2013, Acir 2014, Memiş 2016, Dingaan *et al.* 2016). Çalışma alanında toprak pH'sının yer yer 8 ve üzerine çıktığı örnekleme noktalarında bitki tür çeşitliliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yuan *et al.* (2019)'nin yapmış oldukları çalışmada da benzer gözlemler rapor edilmiştir. Bestelmeyer *et al.* (2006) tarafından merada yürütülen bir çalışmada agregat stabilitesinin azaldığı noktalarda pH'nın artma eğiliminde olduğu belirlenmiş ve bunun nedenini azalan bitki örtüsüne bağlı olarak organik madde girdilerinin düşmesine bağlamışlardır.

Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenliği 19,4-1104µS/cm arasında değişmekte olup bitki büyümesi için herhangi bir sorun teşkil edebilecek düzeyde değildir. Ortalama elektriksel iletkenlik değeri 145,87 µS/cm (0,145 ds/m) olup Yalçın vd. (2018)'nin çalışmasındaki gibi 4 dS/m'den küçük olduğundan topraklar tuzsuz olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak toprak profilinde pH'nın 8 üzerine çıktığı bazı noktalarda elektriksel iletkenliğinde arttığı tespit edilmiştir. Merada elektriksel iletkenliğe ilişkin değişkenlik yüksek (VK=%94) olup benzer sonuçlar Saleh (2018) tarafından da (VK=%102,66) belirlenmiştir.

Çalışma alanında ortalama penetrasyon direnç değeri 0-10 cm için 2,83 MPa iken 10-20 cm için 2,84 MPa olarak belirlenmiştir. Öner (2016) ve Medina *et al.* (2012) penetrasyon direnci için benzer sonuçlar bulmuşlardır. Yapılan analiz sonuçlarına göre her iki toprak derinliği içinde penetrasyon direncinin şiddetli düzeyde sola çarpık olduğu görülmüştür.

## 4.2 Ilgaz Merasının Toprak Özelliklerine İlişkin Tanımsal İstatistikler

Yarı nemli bir iklime sahip çalışma alanında tıpkı Kurşunlu'da olduğu gibi kontrolsüz otlatma yapılmaktadır. Genel olarak toprakların organik madde içeriği yüksek (%4,34), az kireçli (%1,35) ve tuz içeriği düşüktür (%0,17) (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4. 3** Ilgaz merası 0-10 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400)

| Değişkenler | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HA (g/cm$^3$)** | 1,00 | 1,30 | 1,19 | 0,10 | -0,70 | -0,90 | 8,30 |
| ***Nem (%)** | 1,45 | 48,04 | 16,04 | 9,50 | 0,80 | 0,003 | 59,0 |
| **f (%)** | 50,76 | 62,45 | 55,00 | 3,70 | 0,70 | -0,90 | 6,80 |
| **TK (%)** | 11,27 | 48,70 | 32,83 | 4,89 | -0,42 | 0,67 | 14,90 |
| **SN (%)** | 3,16 | 28,26 | 15,51 | 4,57 | -0,08 | 0,17 | 29,47 |
| **BYSİ (%)** | 1,49 | 39,14 | 17,32 | 6,52 | 0,18 | -0,27 | 37,66 |
| **AS (%)** | 36,29 | 59,43 | 48,69 | 4,16 | -0,57 | 0,75 | 8,54 |
| **Kum (%)** | 34,10 | 80,00 | 53,53 | 6,70 | 0,30 | 0,70 | 12,5 |
| **Kil (%)** | 10,90 | 50,90 | 26,69 | 4,9 | 0,40 | 2,0 | 18,6 |
| **Silt (%)** | 4,10 | 35,0 | 19,82 | 4,7 | -0,06 | 0,4 | 23,7 |
| **CaCO3 (%)** | 0,15 | 8,86 | 1,35 | 1,10 | 2,80 | 11,20 | 78,8 |
| **TOM (%)** | 2,17 | 6,23 | 4,34 | 1,01 | 0,02 | -1,1 | 23,3 |
| **Na (mg/kg)** | 0,20 | 19,50 | 1,05 | 1,30 | 7,40 | 86,10 | 130,9 |
| **K (mg/kg)** | 2,80 | 232,10 | 85,15 | 52,1 | 0,6 | -1,0 | 61,2 |
| **Ca (mg/kg)** | 0,50 | 666,82 | 192,12 | 135,1 | -0,01 | -0,9 | 70,3 |
| **Mg (mg/kg)** | 1,77 | 338,84 | 47,41 | 31,80 | 2,80 | 18,60 | 67,1 |
| **P (mg/kg)** | 0,09 | 1,52 | 0,21 | 0,09 | 7,7 | 102,5 | 43,8 |
| **Fe (mg/kg)** | 0,14 | 91,80 | 25,23 | 19,8 | 1,0 | -0,1 | 78,5 |
| **Cu (mg/kg)** | 0,07 | 4,59 | 1,14 | 0,6 | 1,3 | 2,1 | 60,4 |
| **Mn (mg/kg)** | 0,38 | 100,65 | 13,36 | 11,94 | 3,00 | 15,80 | 89,40 |
| **Zn (mg/kg)** | 0,02 | 31,83 | 11,74 | 6,56 | 0,37 | 0,12 | 55,91 |
| **pH** | 4,99 | 7,86 | 6,41 | 0,52 | 0,37 | -0,26 | 8,13 |
| **EC (µS/cm)** | 51,90 | 1036 | 321,40 | 160,28 | 0,92 | 1,17 | 49,87 |
| **Tuz %** | 0,01 | 0,55 | 0,17 | 0,09 | 0,86 | 1,01 | 51,03 |
| **KDK (cMol/kg)** | 11,51 | 31,51 | 19,41 | 2,49 | 0,42 | 2,04 | 12,82 |
| **PR (MPa)** | 1,55 | 3,21 | 2,61 | 0,52 | -0,73 | -0,95 | 19,88 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, *: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Ilgaz'da ki merada hacim ağırlığı Kurşunlu'dakine göre daha düşük bulunmuştur. Bunun sebebi de Ilgaz'da toprak organik madde içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.3-4.4). Benzer iklim koşullarında yapılan birçok çalışmada toprakların organik madde içeriğinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Türker 2006, Bilgin 2010, Çomaklı vd. 2012, Babalık ve Sarıkaya 2015).

**Çizelge 4. 4** Ilgaz merası 10-20 cm derinliğinde toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (N=400)

| Değişkenler | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HA (g/cm$^3$)** | 0,97 | 1,39 | 1,19 | 0,10 | -0,74 | -0,93 | 8,5 |
| ***Nem (%)** | 1,37 | 71,17 | 15,18 | 9,5 | 1,28 | 2,82 | 62,7 |
| **f (%)** | 47,63 | 63,29 | 55,01 | 3,8 | 0,74 | -0,93 | 6,9 |
| **TK (%)** | 17,68 | 56,30 | 32,88 | 5,06 | -0,19 | 0,95 | 15,37 |
| **SN (%)** | 2,95 | 26,66 | 15,46 | 4,40 | -0,06 | 0,15 | 28,46 |
| **BYSİ (%)** | 2,67 | 35,47 | 17,42 | 6,22 | -0,04 | -0,40 | 35,70 |
| **AS (%)** | 32,25 | 59,97 | 48,46 | 4,61 | -0,96 | 1,92 | 9,51 |
| **Kum (%)** | 31,00 | 83,40 | 53,18 | 6,90 | 0,28 | 1,61 | 13,0 |
| **Kil (%)** | 11,60 | 45,90 | 27,62 | 4,9 | 0,26 | 0,76 | 18,0 |
| **Silt (%)** | 2,05 | 35,60 | 19,23 | 4,5 | -0,38 | 1,65 | 23,7 |
| **CaCO3 (%)** | 0,15 | 8,42 | 1,25 | 0,9 | 3,23 | 15,83 | 75,9 |
| **TOM (%)** | 2,0 | 6,35 | 4,09 | 1,23 | -0,04 | -1,26 | 30,0 |
| **Na (mg/kg)** | 0,10 | 90,00 | 1,21 | 4,5 | 18,81 | 364,95 | 378,1 |
| **K (mg/kg)** | 2,80 | 219,70 | 76,56 | 47,8 | 0,92 | -0,49 | 62,5 |
| **Ca (mg/kg)** | 0,22 | 554,70 | 183,40 | 134,5 | -0,02 | -1,30 | 73,3 |
| **Mg (mg/kg)** | 6,01 | 413,07 | 48,99 | 35,8 | 4,33 | 35,64 | 73,0 |
| **P (mg/kg)** | 0,08 | 1,02 | 0,19 | 0,07 | 4,58 | 44,18 | 37,2 |
| **Fe (mg/kg)** | 0,11 | 89,02 | 27,33 | 19,7 | 0,79 | -0,46 | 72,1 |
| **Cu (mg/kg)** | 0,01 | 3,44 | 1,15 | 0,60 | 1,03 | 0,99 | 56,8 |
| **Mn (mg/kg)** | 0,80 | 202,21 | 14,14 | 21,2 | 6,20 | 45,97 | 150 |
| **Zn (mg/kg)** | 0,12 | 33,67 | 10,47 | 6,1 | 0,65 | 0,52 | 58,3 |
| **pH** | 5,32 | 8,22 | 6,45 | 0,4 | 0,49 | -0,08 | 7,5 |
| **EC (µS/cm)** | 21,20 | 2654 | 268,92 | 172,4 | 7,17 | 93,98 | 64,1 |
| **Tuz %** | 0,01 | 0,54 | 0,14 | 0,07 | 1,16 | 3,37 | 47,9 |
| **KDK (cMol/kg)** | 11,86 | 29,01 | 19,87 | 2,49 | 0,26 | 0,76 | 12,5 |
| **PR (MPa)** | 1,45 | 3,65 | 2,61 | 0,53 | -0,71 | -0,95 | 20,5 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, *: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Toprak özelliklerinden $CaCO_3$, sodyum ve mangan içeriğinin yüksek düzeyde değişkenlik gösterdiği, pH ve penetrasyon direncinin ise düşük düzeyde değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da pH'nın değişkenliğinin düşük olduğu rapor edilmiştir (Erşahin 1999, Mulla and McBratney 2001). İncelenen toprak özelliklerinden her iki toprak derinliği içinde kalsiyum içeriği ve pH haricindeki özelliklerin tamamının çarpıklık değerinin orta ya da yüksek olduğu görülmüştür. Ilgaz'da ki toprak pH'sı Kurşunlu'ya göre çok daha düşüktür (Çizelge 4.1-4.3). Bunun nedeninin yağışın artmasına bağlı olarak bazik katyonların yıkanması yanında organik madde miktarının da yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanındaki pH bazı çalışmalarda elde edilen değerlerle uyumludur (Ağin ve Kökten 2016, Parlak vd. 2015, Taşdemir 2015). Ilgaz'da bitki besin elementlerinin yarayışlılığı bakımından toprak pH'sı incelendiğinde herhangi bir olumsuzluk gözükmemektedir. Toprak elektriksel iletkenliği 21,2-2654 µS/cm arasında değişmekte olup Kurşunlu'da ki meraya göre daha yüksektir. Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 incelendiğinde EC'nin bitki gelişimi açısından problem oluşturacak düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır. Benzer çalışmalarda EC'nin düşük olduğu rapor edilmiştir (Türker 2006, Şengönül vd. 2009, Ağin ve Kökten 2016, Çaçan ve Kökten 2014, Parlak vd. 2015). Ancak çalışma alanında 10-20 cm toprak derinliğindeki bazı örnekleme noktalarında 2654 µS/cm gibi yüksek değerler sorun oluşturabilir.

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.4'e göre ortalama toprak kireç içeriğinin Ilgaz'daki merada % 1,35 iken Kurşunlu'da %2,26 olduğu görülmüştür. Bu farkın, bitki örtüsü, topografya, ana materyal ve iklim özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde Duman (2008) 0-15 cm toprak derinliğindeki kireç içeriğinin yarı-kurak ve yarı- nemli iklim kuşaklarında önemli derecede farklılık gösterdiğini ifade etmiştir. Ilgaz'daki toprak fosfor içeriği (0,21 mg/kg) tıpkı Kurşunlu'da olduğu gibi oldukça düşüktür. Genel olarak topraktaki fosfor içeriğinin düşük olma sebepleri arasında düşük toprak organik madde içeriği ve elverişsiz toprak pH aralığı gösterilir (Brady *et al.* 1996). Ilgaz'da yüksek organik madde içeriği ve uygun toprak pH'sına rağmen toprak fosfor içeriğinin düşük olması toprağın ana materyalinden kaynaklanıyor olabilir. FAO (1990)'nun sınıflamasına göre Ilgaz merasında toprakların fosfor içeriği çok düşük, kalsiyum ve magnezyum düşük,

potasyum içeriği ise fazladır. Yarayışlı potasyum 2,8-232,10 mg/kg arasında değişmekte ve ortalama olarak 85,15 mg/kg dir. Ancak ortalama değere göre yapılan bu değerlendirme yanılgılara sebep olabilir çünkü bazı örnekleme noktalarında potasyum içeriğinin oldukça düşük olduğu görülmüştür.

Toprakta yeterli fosfor bulunmadığı takdirde bitki kök gelişimi geriler ve bitki gelişimi olumsuz etkilenir (Akbaş 2012). Ilgaz ve Kurşunlu'da bazik katyonlar (Ca, Mg, K, Na) arasındaki farklılığın büyük ölçüde abiyotik şartlar ve toprak oluşum faktörleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı söylenebilir (Tian *et al.* 2017). Bitki kompozisyonu dağılımında etkili olan fosfor meralarda en çok eksikliği görülen makro besin elementlerinden biridir. Baklagil yem bitkilerinin fosfor ihtiyacı diğer bitkilere göre daha fazladır (Altın vd. 1999).

Ilgaz merasında genel olarak mikro besin elementi (Fe, Cu, Mn, Zn) konsantrasyonlarının Kurşunlu'daki meraya göre daha fazla olduğu görülse de mangan içeriğinin yeterli seviyede olmadığı görülmüştür. Çalışma alanında her iki toprak derinliği için de çinko konsantrasyonu yüksek olsa da bazı örnekleme noktalarında 0,02 mg/kg gibi düşük değerlere rastlamak mümkündür. Arazideki değişkenliğin göstergesi olan varyasyon katsayılarına bakıldığında ise mikro besin elementi konsantrasyonlarının (Fe, Cu, Zn, Mn) %36'dan büyük varyasyon katsayılarına sahip olması bu elementlerin arazide fazla değişken olduğunu göstermektedir.

### 4.3 Toprak Özelliklerine İlişkin Korelasyon Analiz Sonuçları

Meralarda incelenen toprak özelliklerinin birbirleri arasındaki ilişkinin yönü ve derecesini belirleyebilmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Kurşunlu'da kil içeriği ile Na, K, Ca, Mg, Cu, $CaCO_3$, EC, Tuz, KDK, PR arasında 0,01 önem seviyesinde pozitif ilişkili bulunmuştur. Ilgazda'ki merada ise kil içeriği ile organik madde, Fe, Cu, Zn ve PR 0,01 önem seviyesinde pozitif ilişkilidir. Ilgaz'da yağış fazlalığı sebebiyle Ca ve Mg gibi bazik katyonlar yıkanarak kaybolabilir.

Kurşunlu'da KDK ile nem, TK, SN, YSİ, kum ve EC arasında, YSİ ile Na, Mn ve KDK arasında, pH ile Na, K, Ca, Mg, Cu ve PR arasında $P<0,01$ düzeyinde önemli negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Ilgazda ise KDK ile TK, SN, YSİ, kum, OM, P, Zn, pH, EC ve tuz arasındaki ilişkiler önemlidir. Topraktaki kireç miktarının agregatlaşmayı artırdığı bilinmektedir. Ancak her iki merada toprak kireç miktarının düşük olması sebebi ile kireç miktarı ile agregat stabilitesi arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Her iki merada da toprakların kireç içeriği ile pH arasında beklenildiği gibi pozitif önemli ilişki bulunmuştur. Çünkü toprakların kireç içeriğine bağlı olarak pH'da artmaktadır (İbrikçi 2005).

Her iki merada da makro besin elementleri ile toprak kireç miktarı arasındaki ilişkilerin önemli olduğu görülmüştür. Toprak verimliliğindeki kirecin rolü pH üzerine olan etkisinden ileri gelmektedir (İbrikçi 2005). Budak (2012)'ın yapmış olduğu çalışma sonucuna benzer şekilde kum içeriği ile Ca arasında önemli negatif bir ilişki bulunmuştur. Kurşunlu'da Ca beslenmesi üzerinde toprağın tekstürü, hacim ağrılığı ve gözenekliliğinin önemli olduğu anlaşılmıştır. Kil miktarı ile besin elementleri arasındaki ilişki incelendiğinde Ilgaz'da Fe, Cu, Zn, Kurşunlu'da Na, K, Ca, Mg ve Cu kil miktarı ile pozitif ilişkili olduğu görülmüştür. Tian *et al.* (2017) kil miktarı ile Ca arasında önemli düzeyde negatif Mg arasında ise pozitif ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmanın yürütüldüğü her iki alanda da toprak pH'sı ile kireç içeriği arasında önemli pozitif ($p<0,001$) ilişkinin olduğu görülmüştür.

Yapılan bazı çalışmalarda da pH ve kireç arasında önemli pozitif ilişkiler elde edilmiş ve yüksek kireç içeriğine sahip topraklarda yüksek pH değerlerinin görüldüğü belirtilmiştir (Duman 2008, Hızal 1984). Kurşunlu'da potasyum ile yarayışlı fosfor, organik madde ve kil içeriği %1 düzeyinde pozitif, Ca ve kum negatif ilişkilidir. Kurşunlu'da EC ile potasyum içeriği arasındaki ilişki diğer özelliklere göre daha zayıftır. Kurşunlu'da toprak organik maddesi TK ve SN ile önemli negatif ilişkilidir ($p<0,001$). Nyberg (1996)'in benzer koşullarda yaptığı çalışmasında da toprak organik maddesi ile SN arasında önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Liu *et al.* (2014) bitki besin elementi içerikleri üzerinde toprağın nemi, kil ve silt içeriğinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Tian *et al.* (2017) yapmış oldukları çalışma sonucuna göre toprak nem içeriğinin bitki besin elementlerini önemli derecede etkilediğini ifade etmişlerdir. Mariotte *et al.* (2020) ise artan toprak nem içeriğine bağlı olarak alınabilir fosfor miktarının arttığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 4. 5** Kurşunlu merası topraklarının bazı özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları (0-20 cm, N= 400)

| | HA | Nem | f | TK | SN | BYSİ | AS | Kum | Kil | Silt | $CaCO_3$ | TOM | Na | K | Ca | Mg | P | Fe | Cu | Mn | Zn | pH | EC | Tuz | KDK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nem**$^{\neq}$ | -0,06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **f** | **-0,98**$^{**}$ | 0,07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **TK** | -0,026 | **0,09**$^{**}$ | 0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **SN** | -0,02 | **0,07**$^{*}$ | -0,01 | **0,76**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **BYSİ** | -0,024 | **0,08**$^{*}$ | 0,02 | **0,87**$^{**}$ | 0,**34**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **AS** | **-0,08**$^{*}$ | 0,04 | **0,10**$^{*}$ | -0,03 | -0,01 | -0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Kum** | 0,05 | -0,07 | -0,05 | **-0,31**$^{**}$ | **-0,46**$^{**}$ | **-0,11**$^{**}$ | -0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Kil** | **-0,11**$^{**}$ | **0,10**$^{**}$ | **0,09**$^{**}$ | **0,28**$^{**}$ | **0,46**$^{**}$ | 0,06 | 0,07 | **-0,89**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Silt** | 0,04 | -0,001 | -0,04 | **0,24**$^{**}$ | **0,29**$^{**}$ | **0,13**$^{**}$ | 0,003 | **-0,77**$^{**}$ | **0,37**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **$CaCO_3$** | 0,02 | **0,17**$^{**}$ | -0,02 | -0,05 | **0,08**$^{*}$ | **-0,12**$^{**}$ | 0,03 | **-0,19**$^{**}$ | **0,21**$^{**}$ | **0,10**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| **TOM** | -0,04 | **-0,07**$^{*}$ | 0,05 | **-0,15**$^{**}$ | **-0,24**$^{**}$ | -0,03 | 0,05 | **0,23**$^{**}$ | **-0,19**$^{**}$ | **-0,19**$^{**}$ | **-0,21**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| **Na** | **-0,13**$^{**}$ | **0,18**$^{**}$ | **0,12**$^{**}$ | **-0,15**$^{**}$ | -0,02 | **-0,19**$^{**}$ | **0,09**$^{**}$ | **-0,11**$^{**}$ | **0,14**$^{**}$ | 0,02 | **0,28**$^{**}$ | **-0,17**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | |
| **K** | -0,**16**$^{**}$ | 0,06 | **0,14**$^{**}$ | **0,09**$^{*}$ | **0,16**$^{**}$ | 0,01 | **0,09**$^{**}$ | **-0,23**$^{**}$ | **0,31**$^{**}$ | 0,03 | **0,08**$^{*}$ | **-0,11**$^{**}$ | **0,20**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | |
| **Ca** | **-0,14**$^{**}$ | **0,12**$^{**}$ | **0,13**$^{**}$ | **0,09**$^{**}$ | **0,17**$^{**}$ | 0,01 | -0,01 | **-0,26**$^{**}$ | **0,26**$^{**}$ | **0,16**$^{**}$ | **0,15**$^{**}$ | **-0,11**$^{**}$ | **0,19**$^{**}$ | **0,24**$^{**}$ | | | | | | | | | | | |
| **Mg** | 0,02 | -0,002 | -0,01 | **0,16**$^{**}$ | **0,18**$^{**}$ | **0,09**$^{**}$ | 0,04 | **-0,35**$^{**}$ | **0,30**$^{**}$ | **0,28**$^{**}$ | **0,07**$^{*}$ | **-0,17**$^{**}$ | 0,02 | -0,02 | **-0,22**$^{**}$ | | | | | | | | | | |
| **P** | -0,04 | **-0,07**$^{*}$ | 0,04 | -0,06 | -0,**09**$^{**}$ | -0,02 | 0,05 | 0,07 | -0,01 | **-0,11**$^{**}$ | **-0,09**$^{**}$ | **0,14**$^{**}$ | -0,06 | **0,16**$^{**}$ | -0,06 | -0,06 | | | | | | | | | |
| **Fe** | **0,09**$^{**}$ | **-0,10**$^{**}$ | **-0,10**$^{**}$ | **0,17**$^{**}$ | 0,03 | **0,21**$^{**}$ | -0,02 | -0,04 | 0,04 | 0,02 | **-0,18**$^{**}$ | 0,05 | **-0,33**$^{**}$ | **-0,09**$^{**}$ | **-0,16**$^{**}$ | 0,03 | -0,03 | | | | | | | | |
| **Cu** | 0,05 | **-0,08**$^{*}$ | -0,05 | **0,23**$^{**}$ | **0,13**$^{**}$ | **0,24**$^{**}$ | -0,03 | **-0,21**$^{**}$ | **0,23**$^{**}$ | **0,10**$^{**}$ | -0,06 | **-0,12**$^{**}$ | **-0,20**$^{**}$ | 0,053 | -0,015 | 0,016 | 0,020 | **0,35**$^{**}$ | | | | | | | |
| **Mn** | **-0,27**$^{**}$ | 0,05 | **0,27**$^{**}$ | **-0,24**$^{**}$ | **-0,25**$^{**}$ | **-0,17**$^{**}$ | **0,11**$^{**}$ | **0,17**$^{**}$ | **-0,11**$^{**}$ | **-0,17**$^{**}$ | **0,16**$^{**}$ | **0,11**$^{**}$ | **0,35**$^{**}$ | **0,214**$^{**}$ | -0,01 | -0,012 | **0,08**$^{*}$ | **-0,22**$^{**}$ | **-0,25**$^{**}$ | | | | | | |
| **Zn** | **-0,07*** | 0,02 | 0,06 | **0,20**$^{**}$ | **0,35**$^{*}$**** | -0,06 | -0,02 | **-0,28**$^{**}$ | **0,28**$^{**}$ | **0,17**$^{**}$ | 0,01 | **-0,26**$^{**}$ | **0,18**$^{**}$ | **0,14**$^{**}$ | 0,01 | **0,30**$^{**}$ | -0,01 | **-0,12**$^{**}$ | 0,01 | **-0,09**$^{*}$ | | | | | |
| **pH** | **0,08**$^{*}$ | 0,04 | **-0,08**$^{*}$ | -0,06 | -0,06 | -0,04 | -0,01 | -0,03 | 0,05 | -0,01 | **0,11**$^{**}$ | **-0,07**$^{*}$ | 0,04 | 0,01 | -0,02 | 0,02 | -0,07 | 0,05 | -0,03 | 0,01 | -0,04 | | | | |
| **EC** | -0,01 | 0,001 | 0,01 | **0,09**$^{*}$ | **0,17**$^{**}$ | 0,01 | 0,03 | **-0,23**$^{**}$ | **0,27**$^{**}$ | 0,07 | 0,**10**$^{**}$ | 0,02 | **-0,07**$^{*}$ | **0,35**$^{**}$ | **0,16**$^{**}$ | -0,06 | **0,09**$^{**}$ | **0,14**$^{**}$ | 0,06 | -0,03 | -0,12 | -0,04 | | | |
| **Tuz** | -0,01 | -0,01 | 0,01 | **0,08**$^{*}$ | **0,16**$^{**}$ | -0,01 | 0,03 | **-0,21**$^{**}$ | **0,26**$^{**}$ | 0,06 | 0,**10**$^{**}$ | 0,02 | **-0,07**$^{*}$ | **0,33**$^{**}$ | **0,16**$^{**}$ | -0,07 | **0,09**$^{*}$ | **0,14**$^{**}$ | 0,05 | -0,02 | -0,02 | -0,05 | **0,99**$^{**}$ | | |
| **KDK** | 0,01 | **-0,10**$^{*}$ | 0,01 | **-0,55**$^{**}$ | **-0,52**$^{**}$ | **-,040**$^{**}$ | 0,05 | **-0,26**$^{**}$ | **0,26**$^{**}$ | **0,13**$^{**}$ | -0,01 | 0,07 | **0,15**$^{**}$ | **0,15**$^{**}$ | **0,09**$^{*}$ | **0,08**$^{*}$ | **0,081**$^{*}$ | 0,02 | 0,05 | 0,02 | **-0,11**$^{**}$ | 0,06 | **0,15**$^{**}$ | **0,14**$^{**}$ | |
| **PR** | -0,04 | **0,14**$^{**}$ | 0,01 | **0,70**$^{**}$ | **0,76**$^{**}$ | **0,44**$^{**}$ | -0,02 | **-0,20**$^{**}$ | 0,**25**$^{**}$ | 0,06 | **0,12**$^{**}$ | **-0,17**$^{**}$ | **-0,09**$^{*}$ | 0,01 | 0,04 | **0,08**$^{*}$ | **-0,09**$^{**}$ | 0,01 | **0,08**$^{*}$ | **-0,09**$^{**}$ | **0,28**$^{**}$ | -0,03 | -0,01 | -0,02 | **-0,87**$^{**}$ |

** P<0,01 seviyesinde önemli *P<0.05 seviyesinde önemli. N: Örnek sayısı, HA: Hacim ağırlığı, $^{\neq}$: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

**Çizelge 4. 6** Ilgaz merası toprakların topraklarının bazı özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları (0-20 cm, N= 400)

| | HA | Nem | f | TK | SN | BYSİ | AS | Kum | Kil | Silt | $CaCO_3$ | OM | Na | K | Ca | Mg | P | Fe | Cu | Mn | Zn | pH | EC | Tuz | KDK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nem$^{\neq}$** | **-,29$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **f** | **-1,0$^{**}$** | **0,29$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **TK** | -0,05 | 0,01 | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **SN** | **0,08$^{*}$** | **-0,10$^{**}$** | **-0,08$^{*}$** | **0,47$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **BYSİ** | **-0,08$^{*}$** | 0,06 | **0,08$^{*}$** | 0,96$^{**}$ | **0,20$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **AS** | 0,01 | -0,003 | -0,02 | -0,002 | 0,02 | -0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Kum** | 0,014 | -0,07 | -0,01 | -0,07 | **-0,07$^{*}$** | -0,05 | **-0,12$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Kil** | -0,05 | **0,15$^{**}$** | 0,05 | **0,80$^{*}$** | **0,08$^{*}$** | 0,06 | 0,07 | **-0,71$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Silt** | 0,03 | -0,05 | -0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | **0,09$^{**}$** | **-0,69$^{**}$** | -0,01 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **$CaCO_3$** | **-0,14$^{**}$** | 0,07 | **0,14$^{**}$** | -0,06 | **-0,09$^{**}$** | -0,04 | -0,05 | **0,17$^{**}$** | **-0,11$^{**}$** | **-0,13$^{**}$** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **OM** | **-0,12$^{**}$** | **0,10$^{**}$** | **0,13$^{**}$** | -0,01 | -0,04 | 0,01 | 0,10$^{**}$ | **-0,08$^{*}$** | **0,09$^{*}$** | 0,03 | -0,03 | | | | | | | | | | | | | | |
| **Na** | 0,03 | -0,05 | -0,03 | 0,03 | **0,07$^{*}$** | 0,01 | 0,03 | -0,004 | -0,02 | 0,03 | -0,02 | -0,07 | | | | | | | | | | | | | |
| **K** | **-0,14$^{**}$** | 0,03 | **0,14$^{**}$** | -0,04 | -0,06 | -0,03 | 0,06 | **0,11$^{**}$** | **-0,19$^{**}$** | 0,04 | **-0,09$^{*}$** | **0,19$^{**}$** | -0,01 | | | | | | | | | | | | |
| **Ca** | 0,01 | -0,05 | -0,01 | -0,01 | -0,06 | 0,01 | -0,002 | 0,03 | -0,04 | 0,01 | 0,03 | -0,02 | **0,19$^{**}$** | **0,24$^{**}$** | | | | | | | | | | | |
| **Mg** | 0,01 | -0,04 | -0,004 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | -0,03 | 0,06 | -0,02 | **-0,08$^{*}$** | 0,06 | 0,002 | 0,01 | **-0,35$^{**}$** | | | | | | | | | | |
| **P** | **-0,15$^{**}$** | 0,07 | 0,**15$^{**}$** | -0,05 | **-0,09$^{*}$** | -0,03 | -0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | **0,12$^{**}$** | **0,10$^{**}$** | 0,04 | **0,12$^{**}$** | **0,082$^{*}$** | -0,05 | | | | | | | | | |
| **Fe** | 0,04 | -0,02 | -0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | **-0,16$^{**}$** | **0,13$^{**}$** | **0,10$^{**}$** | **-0,28$^{**}$** | **0,133$^{**}$** | -0,04 | **0,12$^{**}$** | -0,04 | 0,02 | -0,05 | | | | | | | | |
| **Cu** | 0,04 | -,0005 | -0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | **-0,21$^{**}$** | **0,23$^{**}$** | 0,07 | **-0,18$^{**}$** | 0,04 | -0,04 | **-0,20$^{**}$** | -0,03 | 0,01 | **-0,09$^{**}$** | **0,33$^{**}$** | | | | | | | |
| **Mn** | 0,03 | -0,05 | -0,03 | 0,01 | 0,06 | -0,01 | 0,01 | 0,01 | -0,06 | 0,04 | 0,03 | **-0,09$^{*}$** | 0,05 | -0,01 | -0,01 | 0,04 | -0,001 | -0,034 | **0,12$^{**}$** | | | | | | |
| **Zn** | **-0,17$^{**}$** | **0,10$^{**}$** | **0,17$^{**}$** | 0,004 | 0,001 | 0,04 | **0,08$^{*}$** | **-0,19$^{**}$** | **0,18$^{**}$** | **0,09$^{*}$** | **-0,15$^{**}$** | **0,23$^{**}$** | -0,07 | **0,16$^{**}$** | -0,03 | 0,07 | **0,10$^{**}$** | **0,19$^{**}$** | **0,22$^{**}$** | 0,01 | | | | | |
| **pH** | -0,07 | 0,02 | 0,07 | -0,003 | -0,07 | 0,02 | 0,07 | **0,29$^{**}$** | **-0,19$^{**}$** | **-0,23$^{**}$** | **0,40$^{**}$** | **-0,17$^{**}$** | -0,01 | **-0,23$^{**}$** | 0,04 | **-0,08$^{*}$** | **0,12$^{**}$** | **-0,41$^{**}$** | **-0,25$^{**}$** | **-0,10$^{**}$** | **-0,27$^{**}$** | | | | |
| **EC** | **-0,21$^{**}$** | **0,22$^{**}$** | **0,21$^{**}$** | -0,05 | **-0,08$^{*}$** | -0,03 | 0,01 | 0,04 | **-0,07$^{*}$** | 0,01 | **0,07$^{*}$** | **0,23$^{**}$** | -0,04 | **0,21$^{**}$** | 0,05 | 0,02 | **0,17$^{**}$** | -0,03 | **-0,09$^{**}$** | -0,06 | **0,24$^{**}$** | 0,06 | | | |
| **Tuz** | **-0,26$^{**}$** | 0,**23$^{**}$** | **0,26$^{**}$** | **-0,07$^{*}$** | **-0,10$^{**}$** | -0,05 | 0,02 | -0,03 | -0,03 | 0,06 | **0,09$^{*}$** | **0,24$^{**}$** | -0,04 | **0,26$^{**}$** | 0,02 | 0,03 | **0,20$^{**}$** | -0,01 | **-0,11$^{**}$** | -0,06 | **0,27$^{**}$** | -0,07 | **0,85$^{**}$** | | |
| **KDK** | 0,02 | 0,06 | -0,02 | **-0,61$^{**}$** | **-0,68$^{**}$** | **-0,46$^{**}$** | 0,05 | **-0,08$^{*}$** | 0,05 | 0,03 | 0,04 | **0,13$^{**}$** | -0,03 | 0,05 | 0,03 | -0,02 | **0,09$^{*}$** | -0,03 | 0,03 | 0,02 | **0,13$^{**}$** | **-0,07$^{*}$** | **0,15$^{**}$** | **0,19$^{**}$** | |
| **PR** | 0,01 | -0,03 | -0,01 | **0,61**** | **0,69$^{**}$** | **0,46$^{**}$** | 0,02 | **-0,12$^{**}$** | **0,23$^{**}$** | -0,04 | **-0,07$^{*}$** | **-0,11$^{**}$** | 0,03 | **-0,12$^{**}$** | -0,04 | 0,04 | **-0,11$^{**}$** | 0,06 | 0,04 | 0,01 | **-0,08$^{*}$** | 0,01 | **-0,18$^{**}$** | **-0,21$^{**}$** | **-0,96$^{**}$** |

** P<0,01 seviyesinde önemli *P<0.05 seviyesinde önemli. N: Örnek sayısı, HA: Hacim ağırlığı, $^{\neq}$: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Kurşunlu'daki merada çoğu besin elementi içeriği üzerinde toprak neminin önemli olduğu görülmüştür. Yağışın kısıtlayıcı faktör olduğu bu merada fosfor ve potasyumun köklere doğru hareketi ancak difüzyonla sağlanabilir (Mariotte *et al.* 2020). Difüzyonla kök etki alanına besin elementi taşınması kitle akımına göre çok az olsa da fosfor ve potasyumun kök yüzeyine taşınmasında ana mekanizma olarak görev alır (Kaçar ve Katkat 2009). Yağışın daha fazla olduğu Ilgaz'da toprak nemi ile besin elementleri arasında bir ilişki bulunmaması ise ana materyalden kaynaklanıyor olabilir.

Ilgaz'da hacim ağırlığının Kurşunlu'ya göre daha düşük olma sebeplerinden birisi toprak organik maddesi olabilir. Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre de hacim ağırlığı ile organik madde arasında önemli negatif ($P<0,001$) bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde Duman (2008)'nın çalışmasında 0-15 cm toprak derinliğindeki hacim ağırlığı ile organik madde miktarı arasında 0,001 düzeyinde önemli negatif bir ilişki belirlenmiştir. Her iki çalışma alanında da organik madde ile pH arasında önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Çalışma alanlarında toprak pH'sı her ne kadar çok fazla değişkenlik göstermese de organik madde içeriğinin yüksek olduğu noktalarda toprak pH'sının biraz daha düşük olduğu görülmektedir.

Kurşunlu'da kireç içeriği ile organik madde arasındaki önemli negatif ilişki ($-0,21^{**}$) kireç içeriğinin düşük olduğu noktalarda organik maddenin daha yüksek ve kireç içeriğinin yüksek olduğu yerlerde ise organik maddenin daha düşük olduğunu göstermektedir. Bitki beslemesinde önemli olan fosfora bakıldığında, P içeriğinin her iki merada beklenildiği gibi organik madde ile pozitif kil içeriği ile negatif ilişkili olduğu görülmüştür. Çünkü toprakta organik madde fosforun kaynaklarından birisidir. Ilgaz'da olduğu gibi organik maddenin yüksek olduğu bölgelerde fosfor içeriğinin düşük olmasının bazı nedenleri vardır. Bunlardan ilki büyük hümik moleküllerin killer ve metal hidros-oksit parçacıklarının yüzeylerine yapışarak fosfor fiksasyon noktaları oluşturmasıdır (Brady and Weil 2008). İkinci neden ise fosforun, bitki kökleri ve mikrobiyal ayrışma sonunda açığa çıkan organik asitler ve killerin yüzeylerinde tutunması ile yarayışsız hale gelmesidir (Gérard 2016). Ilgaz merasında Ca dışındaki tüm besin elementlerinin toprak pH'sı ile önemli derecede ilişkili olduğu görülmüştür.

Çünkü düşük pH'lı topraklarda aşırı yağış ve ana materyalin etkisiyle kil minerallerinin ayrışması sonucu toprak çözeltisi içerisindeki Fe, Al, Mn gibi iyonların konsantrasyonları artarken P, Ca, Mg, ve K gibi makro elementlerin de yarayışlılığı düşmektedir (Brady *et al.* 1996). Kurşunlu'da toprak organik maddesi ile bakır içeriği arasında önemli negatif bir ilişki bulunmuştur. Bunun nedeni organik maddenin $Cu^{+2}$ iyon ile kalıcı şelatlar oluşturması gösterilebilir (İbrikçi 2005). Her iki merada K,Ca ve Mg'un kum ve organik madde ile negatif kil ile pozitif ilişkili olduğu görülmüştür.

## 4.4 Toprak Özelliklerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testleri

İncelenen toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iklim ve derinlik gruplarına bağlı olarak değişimini belirleyebilmek amacıyla iki yönlü çok değişkenli varyans analizi (iki yönlü MANOVA) kullanılmıştır. Çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) birden fazla bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler üzerinde önemli bir farklılık oluşturup oluşturmadığını test etmeye yardımcı olur (Kalaycı 2013).

**Çizelge 4. 7** Çalışma alanında toprak özelliklerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Faktör | F | SD | P | Kısmi Kareler (ETA) |
|---|---|---|---|---|
| **İklim** | 174,432 | 26 | **0,000** | 0,743 |
| **Derinlik** | 189,408 | 26 | **0,000** | 0,758 |
| **İklim ×Derinlik** | 149,869 | 26 | **0,000** | 0,713 |

SD: Serbestlik derecesi, Derinlik:0-10 cm ve 10-20 cm, İklim: Yarı-kurak ve Yarı-Nemli, P<0,005

MANOVA analizi ile incelenen bağımsız değişkenler (iklim, derinlik) gruplandırılarak gruplar arasında fark olup olmadığına bakılmıştır (Pallant 2007). Her iki çalışma alanında analiz edilen toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri iklim ve derinlik gibi çok sayıda değişken tarafından etkilendiği için güvenilir sonuçların elde edilebilmek adına varyasyonu oluşturan tüm faktörlerin dikkate alınması gerekir.

Çizelge 4.7'de derinlik ve iklim değişkenleri ile Derinlik×İklim etkileşiminin toprak değişkenleri üzerindeki etkileri test edilmiştir.

**Çizelge 4. 8** Çoklu karşılaştırma test sonuçları

| Değişkenler | İklim | | Derinlik | | Derinlik × İklim | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P | ETA | P | ETA | P | ETA |
| HA | **0,000** | **0,019** | **0,000** | **0,010** | **0,000** | **0,018** |
| Nem* | **0,000** | **0,024** | 0,875 | 0,000 | **0,000** | **0,025** |
| f | **0,000** | **0,018** | **0,001** | **0,007** | **0,000** | **0,017** |
| TK | **0,000** | **0,304** | 0,763 | 0,000 | 0,624 | 0,000 |
| SN | **0,000** | **0,022** | 0,507 | 0,000 | 0,652 | 0,000 |
| BYSİ | **0,000** | **0,245** | 0,824 | 0,000 | 0,883 | 0,000 |
| AS | 0,959 | 0,000 | 0,218 | 0,001 | 0,952 | 0,000 |
| Kum | **0,001** | **0,007** | **0,000** | **0,141** | **0,001** | **0,007** |
| Kil | 0,102 | 0,002 | **0,000** | **0,028** | 0,106 | 0,002 |
| Silt | **0,000** | **0,039** | **0,000** | **0,213** | **0,000** | **0,039** |
| $CaCO_3$ | **0,000** | **0,041** | **0,000** | **0,144** | **0,000** | **0,042** |
| TOM | **0,000** | **0,544** | **0,000** | **0,558** | **0,000** | **0,545** |
| Na | **0,000** | **0,061** | **0,000** | **0,073** | **0,000** | **0,061** |
| K | 0,006 | 0,005 | **0,031** | **0,003** | 0,005 | 0,005 |
| Ca | **0,000** | **0,062** | **0,000** | **0,088** | **0,000** | **0,062** |
| Mg | **0,000** | **0,008** | **0,000** | **0,038** | **0,000** | **0,008** |
| P | 0,110 | 0,002 | 0,242 | 0,001 | 0,118 | 0,002 |
| Fe | **0,000** | **0,259** | **0,000** | **0,282** | **0,000** | **0,259** |
| Cu | **0,000** | **0,014** | **0,000** | **0,088** | **0,000** | **0,014** |
| Mn | **0,031** | **0,003** | **0,000** | **0,091** | **0,032** | **0,003** |
| Zn | **0,000** | **0,148** | **0,000** | **0,264** | **0,000** | **0,148** |
| pH | **0,000** | **0,335** | **0,000** | **0,302** | **0,000** | **0,335** |
| EC | **0,000** | **0,130** | **0,000** | **0,258** | **0,000** | **0,132** |
| Tuz | **0,000** | **0,127** | **0,000** | **,249** | **0,000** | **0,128** |
| PR | **0,000** | **0,060** | 0,882 | 0,000 | 0,864 | 0,000 |
| KDK | 0,172 | 0,001 | 0,286 | 0,001 | 0,123 | 0,001 |

HA: Hacim ağırlığı,*: örnekleme anındaki toprağın su içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etki düzeyini anlayabilmek için ETA değerlerine bakılmıştır. Bu değer 1'e yaklaştıkça etkininde arttığı varsayılmaktadır (Sağlam 2013). Çizelge 4.7'de verilen ETA değerlerine bakıldığında iklim × derinlik (0,71), derinlik (0,75) ve iklimin (0,74) toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde etkisinin oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre agregat stabilitesi, KDK ve fosfor içeriğinin hiçbir faktör ve etkileşimlerinden etkilenmediği görülmüştür. Bitki besin elementleri incelendiğinde, toprakların Ca, Mg, Fe, Cu ve Zn içeriğinin faktörler ve bu faktörler arasındaki etkileşiminden etkilendiği anlaşılmaktadır ($P<0,05$). ETA değerlerine bakıldığında ise tüm bağımsız değişkenlerin (Derinlik, İklim) ve değişkenler arasındaki etkileşimlerin (DerinlikxİklimI) toprak özelliklerini önemli düzeyde etkilediği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.8). Burada dikkati çeken iklim ve toprak derinliğinin toprak kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin daha belirleyici olmasıdır. Bunun nedeni iklimsel faktörlerin (yağış, sıcaklık) ana materyalin ayrışmasını etkileyerek toprakların farklı özellik kazanmasını neden olmasıdır. Toprak derinliği ise toprak-su bütçesi, organik maddenin ayrışması gibi süreçleri etkileyerek toprak özelliklerinin değişimine neden olur.

## 4.5 Bitki Özelliklerine İlişkin Tanımsal İstatistikler

Mera ekosistemini oluşturan bitki topluluklarının bilinmesi oldukça önemlidir (Dongdong *et al.* 2020). Bu sebeple Kurşunlu ve Ilgaz'da lup yöntemiyle toplam 140 noktada ölçümler yapılmış ve bunun sonucunda bitki ile kaplı alan Kurşunlu'da % 87,74 iken bu değer Ilgaz'da %98,04 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4. 9** Meraların bitki ile kaplı alan değerleri (%)

| | **Kurşunlu** | **Ilgaz** |
|---|---|---|
| Baklagiller | 25,81 | 34,46 |
| Buğdaygiller | 34,40 | 27,49 |
| Diğer Familya | 27,53 | 36,09 |
| Boş (Bitkisiz alan) | 12,26 | 1,96 |
| Toplam | 100 | 100 |

**Çizelge 4. 10** Meralarda azalıcı, çoğalıcı ve istilacı karakterli bitki sayısı (%)

| | **Kurşunlu** | **Ilgaz** |
|---|---|---|
| Azalıcı karakterli bitkiler | 18,46 | 48,45 |
| Çoğalıcı karakterli bitkiler | 25,67 | 5,58 |
| İstilacı karakterli bitkiler | 55,87 | 45,97 |
| Toplam | 100 | 100 |

Kurşunlu ve Ilgaz'da belirlenen toplam bitki ile kaplı alan değeri ülkemizde bugüne kadar yapılan mera araştırmalalarında belirlenen bitki ile kaplı alan oranı değerlerinin çok üzerindedir (Yılmaz 2009, Şen 2010, Nadir 2010, Aydın 2014). Örneğin Çınar vd. (2019) meralarda bitki ile kaplı alanda ortalama olarak buğdaygillerin oranı % 36,9, baklagillerin oranı % 22,0 ve diğer familya bitkilerin oranı % 41,1 olarak hesaplamışlardır.

Çalışmamızda yüksek bitki ile kaplı alan değerlerinin çıkma sebepleri arasında söz konusu araştırmalarda kullanılan vejetasyon ölçüm yöntemlerinin farklılığı ile toprak, iklim açısından farklılıklar bulunması gösterilebilir. Ilgaz'da yıllık toplam yağış miktarının 495 mm gibi oldukça yüksek bir değere ulaşması, yağışın büyük bir kısmının kar şeklinde düşmesi Ilgaz'daki merada yüksek bitki ile kaplı alan oranının nedeni olarak gösterilebilir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada yükseltinin bitki ile kaplı alan ve bitki kompozisyonları üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Erkovan 2000, Çaçan ve Başbağ 2016).

Meralarda bitki ile kaplı alan arttıkça erozyon riski azalmaktadır (Çomaklı vd. 2012). Bu açıdan bakıldığında her iki merada da erozyon riski gözükmemektedir. Ancak merada toprağı erozyona karşı koruyan bitkilerin sayısal çoğunluğunun yanında bu bitkilerin kalitesi de önemlidir. Mera alanlarında incelenen bitki türleri; buğdaygiller familyası, baklagiller familyası ve diğer familyalardan bitkiler olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre Kurşunlu'daki merada botanik kompozisyona en fazla katılma oranını buğdaygiller familyası gösterirken, bunu sırasıyla diğer familyalar ve baklagiller familyası izlemiştir ve Ilgaz'da ise bunun tam tersi olduğu görülmüştür.

Kurşunlu gibi yağış miktarının daha düşük olduğu meralarda yapılan birçok çalışmada buğdaygil bitkilerinin fazla olduğu belirtilmiştir (Kendir 1999, Terzioğlu ve Yalvaç 2004, Ercan 2018). Kurşunlu'daki merada plansız otlatmaya devam edilirse kaliteli yem bitkisi niteliği taşıyan azalıcı türlerin giderek daha da azalması ve istilacı türlerin ise daha fazla artması meranın geleceğini tehlikeye sokacaktır. Merada en değerli yem

bitkilerini simgeleyen azalıcı türler, lezzetli olmaları nedeniyle, mera hayvanları tarafından öncelikle otlanmaktadır (Gençkan 1985). Çizelge 4.10'a göre azalıcı bitki yoğunluğu Kurşunlu'ya göre Ilgaz'da daha fazladır. Yem değerleri ve lezzetlilikleri azalıcı türlerden daha düşük olan ve hayvanlar tarafından daha az otlanılan (Koç vd. 2003) çoğalıcı türlerin ise Kurşunlu'da daha fazla olduğu görülmüştür.

Klimaks mera vejetasyonu içerisinde çok az da olsa bulunan, hayvanlar tarafından hiç otlanmayan veya çok az otlanan, lezzetsiz ve yem değeri oldukça düşük olan ve istilacı türler olarak tanımlanan yabancı bitki türleri de bulunmaktadır (Koç vd. 2003). Her iki merada toprağı kaplama oranı bakımından istilacı bitki türlerinin yüksek değerler aldığı görülmüştür. Türkiye'nin değişik bölgelerinde yapılan çalışmalarda tıpkı çalışmamızda olduğu gibi istilacı bitki türlerinin mera vejetasyonlarının çoğunluğunu oluşturdukları belirtilmiştir (Uzun vd. 2010, Ünal vd. 2012, Yavuz vd. 2012, Öten vd. 2016, Cinar vd. 2019).

Her iki merada da hayvanlar tarafından sevilerek otlanan iyi cins yem bitkilerinin oranının az olması, lezzetsiz ve yem değeri düşük diğer familya bitkilerinin hayvanlar tarafından otlanılmaması ve aşırı otlatma ile botanik kompozisyondaki diğer familya bitkileri oranının yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Gutman *et al.*(1990) otlatma baskısının artmasıyla mera botanik kompozisyonunda buğdaygillerin oranı azalırken diğer familyalara ait bitkilerin oranının arttığını rapor etmişlerdir. Kurşunlu ve Ilgaz'da teşhis edilen bitkiler Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 11** Kurşunlu merasında teşhis edilen bitkiler

| Latince Adı | Türkçe Adı | Familyası | Sınıfı |
|---|---|---|---|
| *Achillea biebersteinii* | Sarı civanperçemi | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Achillea coarctata* | Çekik civanperçemi | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Achillea teretifolia* | Beyaz civanperçemi | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Achillea fraasii* | Kazdağı civanperçemi | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Adonis Flammea* | Çin lalesi | *Ranunculaceae* | İstilacı |
| *Agropyron cristatum* | Adi otlak ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Agropyron elongatum* | Yüksek otlak ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Agropyron intermedium* | Mavi ayrık | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Alyssum pateri* | Sık kuduz otu | *Brassicaceae* | İstilacı |
| *Anchusa azurea* | Mavi sığırdili | *Boraginaceae* | İstilacı |
| *Anthemis tinctoria* | Boyacı papatyası | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Artemisia absinthium* | Ak pelin otu | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Artemisia austriaca* | Yavşan | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Astragalus aduncus* | Kancalı geven | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Astragalus andrachneifolius* | Sarı çiçekligeven | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Astragalus christianus* | Uzun tüylü geven | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Astragalus cymbostegius* | Beri geveni | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Astrgalus depressus* | Arsız geven | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Astragalus onobrychis* | Korungamsı geven | *Fabaceae* | Çoğalıcı |
| Ballota acetabulosa | Yeşil köpek otu | *Labiatae* | İstilacı |
| Bromus arvensis | Tarla bromu | *Poaceae* | İstilacı |
| Centaurea virgata | Çubuklu peygamber çiçeği | *Asteraceae* | İstilacı |
| Centaurea carduiformis | Kangal yapraklı peygamber çiçeği | *Asteraceae* | İstilacı |
| Centaurea depressa | Mor peygamber çiçeği | *Asteraceae* | Istilacı |
| *Convolvulus arvensis* | Tarla sarmaşığı | *Convolvulaceae* | İstilacı |
| *Convolvulus lineatus* | Çizgili sarmaşık | *Convolvulaceae* | İstilacı |
| *Cynodon dactylon* | Köpek dişi ayrığı | *Poaceae* | Çoğalıcı |
| *Dactylis glomerata* | Domuz ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Daucus carota* | Yabani havuç | *Apiceae* | Istilacı |
| *Descurainia sophia* | Brassicaceae | *Uzun süpürge otu* | Istilacı |
| *Digitalis ferruginea* | Yüksük otu | *Scrophulariaceae* | Istilacı |
| *Eryngium bithynicum* | Çakırdikeni | *Apiaceae* | İstilacı |
| *Eryngium campestre* | Boğa dikeni | *Apiaceae* | İstilacı |
| *Eryngium creticum* | Göz dikeni | *Apiaceae* | İstilacı |
| *Erysimum alpestre* | Dağ Kaplan pençesi | *Brassicaceae* | İstilacı |
| *Erodium cicutarium* | Kızıl turnagagası | *Geraniaceae* | İstilacı |
| *Euphorbia denticulata* | Mavimsi sütleğen | *Euphorbiaceae* | Istilacı |
| *Euphorbia petrophila* | Sütleğen | *Euphorbiaceae* | İstilacı |
| *Euphorbia seguieriana* | Ekin sütleğeni | *Euphorbiaceae* | İstilacı |
| *Festuca ovina* | Koyun yumağı | *Poaceae* | Çoğalıcı |
| *Galium floribundum* | Çok çiçekli yoğurt otu | *Rubiaceae* | İstilacı |
| *Geranium collinum* | Turnagagası | *Geraniaceae* | İstilacı |
| *Helichrysum arenarium* | Yayla çiçeği | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Helictotrichon pratense* | Çayır parlak yulafı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Hordeum murinum* | Pisipisi arpası | *Poaceae* | İstilacı |
| *Inula oculus-christi* | Yünlü pirekıran | *Asteraceae* | İstilacı |

**Çizelge 4.11 Devamı**

| Latince Adı | Türkçe Adı | Familyası | Sınıfı |
|---|---|---|---|
| *Knautia orientalis* | Doğu eşekkulağı | *Dipsacaceae* | Istilacı |
| *Lapsana communis* | Tavşan salatası | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Lotus corniculatus* | Gazal boynuzu | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Marrubium astracanicum* | Köpek otu | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Marrubium globosum* | İt sineği | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Marrubium parviflorum* | Küçük çiçekli sinekotu | *Labiatae* | İstilacı |
| *Medicago falcata* | Sarıçiçekli yonca | *Leguminosae* | Azalıcı |
| *Medicago papillosa* | Tüylü yonca | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Medicago truncatula* | Fıçı yoncası | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Melilatus indica* | Taş yoncası | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Onobrychis altissima* | Boylu korunga | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Onobrychis argaea* | Erciyes korungası | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Onobrychis araxina* | Aras korungası | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Paronychia chionaea* | Tırnak otu | *Caryophyllaceae* | İstilacı |
| *Phleum pratense* | Çayır kelp kuyruğu | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Phlomis pungens* | Yel otu | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Phlomis sieheana* | Çoban çırası | *Lamiaceae* | Istilacı |
| *Picnomon acarna* | Pamuk dikeni | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Plantago atrata* | Kara sinir otu | *Plantaginaceae* | Çoğalıcı |
| *Plantago lagopus* | Kuzu dili sinir otu | *Plantaginaceae* | İstilacı |
| *Potentilla argentea* | Gümüşi beş parmak otu | *Rosaceae* | İstilacı |
| *Potentilla astracanica* | Çilek otu | *Rosaceae* | İstilacı |
| *Potentilla erecta* | Beşparmak otu | *Rosaceae* | İstilacı |
| *Rhagadiolus stellatus* | Yıldız frenk salatası | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Ruta chalepensis* | Sedef otu | *Rutaceae* | İstilacı |
| *Salvia aethiopis* | Habeş adaçayı | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Salvia cryptantha* | Ada çayı | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Salvia fruticosa* | Anadolu ada çayı | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Sanguisorba minor* | Küçük çayır düğmesi | *Rosaceae* | Azalıcı |
| *Senecio vernalis* | Ilkbahar kanarya otu | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Sideritis montana* | Yara otu | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Sisymbrium altissimum* | Uzun meyveli bulbul otu | *Cruciferae* | İstilacı |
| *Stachys cretica* | Karabazotu | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Stachys iberica* | Akdeniz karabaş otu | *Labiatae* | Istilacı |
| *Taeniatherum caput-medusae* | Kılçıklı otlak arpası | *Poaceae* | İstilacı |
| *Trifolium pratense* | Çayır üçgülü | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Trifolium repens* | Ak üçgül | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Trifolium scabrum* | Sert üçgül | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Turgenia latifolia* | Geniş yapraklı pıtrak | *Apiaceae* | Azalıcı |
| *Verbascum blattaria* | Çok tüylü sığırkuyruğu | *Scrophulariacea* | Istilacı |
| *Verbascum lasianthum* | Adi sığırkuyruğu | *Scrophulariaceae* | İstilacı |
| *Veronica multifida* | İnce yapraklı farekulağı | *Scrophuloriaceae* | İstilacı |
| *Vicia cracca* | Kuş fiği | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Vicia grandiflora* | İri çiçekli fiğ | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Wiedemannia orientalis* | Doğu ballıbabası | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Xeranthemum annum* | Dağ karanfili | *Asteracea* | İstilacı |

**Çizelge 4. 12** Ilgaz merasında teşhis edilen bitkiler

| Latince Adı | Türkçe Adı | Familyası | Sınıfı |
|---|---|---|---|
| *Achillea millefolium* | Beyaz civanperçemi | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Agropyron cristatum* | Adi otlak ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Agropyron repens* | Tarla ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Alyssum pateri* | Sık kuduz otu | *Brassicaceae* | İstilacı |
| *Alchemilla caucasica* | Kafkas aslanpençesi | *Rosaceae* | İstilacı |
| *Anthemis tinctoria* | Boyacı papatyası | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Anthemis cretica ssp. anatolica* | Dağ papatyası | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Astragalus cymbostegius* | Beri geveni | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Bromus inermis* | Kılçıksız brom | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Bromus japonicus* | Japon bromu | *Poaceae* | İstilacı |
| *Capsella bursa-pastoris* | Çobançantası | *Brassicaceae* | İstilacı |
| *Centaurea depressa* | Mor peygamber çiçeği | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Cicer anatolicum* | Yabani nohut | *Fabaceae* | İstilacı |
| *Dactylis glomerata* | Domuz ayrığı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Digitalis ferruginea* | Yüksük otu | *Scrophulariaceae* | Istilacı |
| *Euphorbia seguieriana* | Ekin sütleğeni | *Euphorbiaceae* | İstilacı |
| *Euphorbia petrophila* | Sütleğen | *Euphorbiaceae* | İstilacı |
| *Eryngium campestre* | Boğa dikeni | *Apiceae* | Istilacı |
| *Ferula communis* | Deli çayır | *Apiaceae* | İstilacı |
| *Festuca arundinacea* | Kamışsı yumak | *Poaceae* | Çoğalıcı |
| *Festuca pratensis* | Çayır yumağı | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Festuca ovina* | Koyun yumağı | *Poaceae* | Çoğalıcı |
| *Helichrysum arenarium* | Yayla çiçeği | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Inula oculus-christi L.* | Yol otu | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Lotus corniculatus* | Gazal boynuzu | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Medicago falcata* | Sarıçiçekli yonca | *Leguminosae* | Azalıcı |
| *Medicago papillosa* | Tüylü yonca | *Leguminosae* | Azalıcı |
| *Melissa officinalis* | Oğul otu | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Nepeta nuda* | Tüysüz kedi nanesi | *Lamiaceae* | İstilacı |
| *Onobrychis altissima* | Boylu korunga | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Onobrychis hypargyrea* | Merkep korungası | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Phleum pratense* | Çayır kelp kuyruğu | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Phlomis sieheana* | Çoban çırası | *Lamiaceae* | Istilacı |
| *Pilosella hoppeana* | Orman atmaca otu | *Asteraceae* | İstilacı |
| *Plantago lagopus* | Kuzu dili sinir otu | *Plantaginaceae* | İstilacı |
| *Poa longifolia* | Uzun yapraklı salkım otu | *Poaceae* | Azalıcı |
| *Potentilla argentea* | Gümüşi beş parmak otu | *Rosaceae* | İstilacı |
| *Ranunculus kotschyi* | Zehirli düğün çiçeği | *ranunculaceae* | İstilacı |
| *Ranunculus polyanthemos* | Çok çiçekli düğün çiçeği | *ranunculaceae* | İstilacı |
| *Sisymbrium elatum* | Bülbül otu | *Brassicaceae* | İstilacı |
| *Taeniatherum caput-medusae* | Kılçıklı otlak arpası | *Poaceae* | İstilacı |
| *Trifolium pratense* | Çayır üçgülü | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Trifolium repens* | Ak üçgül | *Fabaceae* | Azalıcı |
| *Trifolium subterraneum* | Yer altı üçgülü | *fabeceae* | Azalıcı |
| *Utica pilulifera* | Tüylü ısırgan otu | *Urticaceae* | İstilacı |
| *Verbascum blattaria* | Çok tüylü sığırkuyruğu | *Scrophulariacea* | Istilacı |

Kurşunlu ve Ilgaz meralarında belirlenen kuru ve yaş ot verimleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Normalde yaş ve kuru ot miktarları arasında en az 4 kat bir fark olması beklenir. Ancak çalışmaların yürütüldüğü meralar ölçümlerin gerçekleştirildiği

laboratuvara uzak olduğu için nem kaybının önüne geçilememiş ve örneklerin yaş ağırlığı daha düşük bulunmuştur.

**Çizelge 4. 13** Araştırma alanındaki meraların yeşil ve kuru ot verimleri

| Mera | Yeşil ot verimi (kg/da) | Kuru ot verimi (kg/da) |
|---|---|---|
| Kurşunlu | 171,73 | 94,84 |
| Ilgaz | 251,9 | 105,14 |

Çalışılan meralarda yaş ve kuru ot miktarları arasındaki farkın önemli olup olmadığına karar verebilmek için *T*-testi yapılmıştır. Yapılan test sonucuna göre meralarda yeşil ve kuru ot verimi bakımından istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar ($p<0,005$) olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.14). Bitki topluluklarındaki besin elementi miktarı ve oranı, hem bitkileri hem de bir bütün olarak otlayan hayvanların sağlığını ve hayatta kalması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Davydov *et al.* 2020).

**Çizelge 4. 14** Araştırma alanındaki meralarda saptanan yeşil ve kuru ot verimi (kg/da) ile ilgili t-testi sonuçları

| | Mera | SD | SHO | P | T |
|---|---|---|---|---|---|
| Yeşil ot | Kurşunlu | 69 | 48,89 | **0,00** | 29,38 |
| | Ilgaz | 69 | 98,96 | **0,00** | 21,29 |
| Kuru ot | Kurşunlu | 69 | 2,57 | **0,00** | 36,87 |
| | Ilgaz | 69 | 4,88 | **0,00** | 21,51 |

P<0,005, N: Örnek sayısı, SD: Serbestlik derecesi, SHO: Standart hataların ortalaması,

Maathuis (2009) topraktaki makro besin elementleri içeriğinin bitki dokularındakine göre daha az olduğunu ifade etse de bizim çalışmamızda bunun tam tersi olduğu görülmüştür. Çalışılan meralarda makro ve mikro besin elementi analiz sonuçlarına ilişkin tanımsal istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'de verilmiştir. Ilgaz'da bitkilerin Mg dışındaki besin elementi konsantrasyonları Kurşunlu'ya göre daha fazladır. Mera kuru otunun besin maddesi konsantrasyonları incelendiğinde, Muller (2009) tarafından yem rasyonunda olması gereken miktarlar (P için % 0,40, K için % 1,0, Ca için % 0,90) dikkate alındığında; araştırmamızda elde edilen mera otunun P, K, ve Ca oranlarının bildirilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4. 15** Kurşunlu merası bitki örneklerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerine ilişkin tanımsal istatistikler

| Değişkenler | N | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cu** | 70 | 0,01 | 0,10 | 0,04 | 0,02 | 0,31 | 0,71 | 38,74 |
| **Fe** | 70 | 0,21 | 2,20 | 1,65 | 0,44 | -1,45 | 1,68 | 26,71 |
| **Mn** | 70 | 3,87 | 19,73 | 6,67 | 3,83 | 2,60 | 5,35 | 57,46 |
| **Zn** | 70 | 0,28 | 0,78 | 0,48 | 0,11 | 0,49 | -0,17 | 22,97 |
| **Na** | 70 | 8,67 | 17,81 | 15,28 | 1,95 | -1,09 | 0,98 | 12,74 |
| **K** | 70 | 4,17 | 75,10 | 52,45 | 22,37 | -0,91 | -0,85 | 42,66 |
| **Ca** | 70 | 2,08 | 43,40 | 21,65 | 8,34 | 0,016 | -0,52 | 38,50 |
| **Mg** | 70 | 3,60 | 125,27 | 54,00 | 37,53 | 0,28 | -1,45 | 69,50 |
| **P** | 70 | 0,67 | 4,42 | 1,65 | 0,74 | 0,85 | 1,48 | 44,80 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı

**Çizelge 4. 16** Ilgaz merası bitki örneklerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerine ilişkin tanımsal istatistikler

| Değişkenler | N | En Küçük | En Büyük | AO | SS | ÇK | BK | VK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cu** | 70 | 1,40 | 7,40 | 4,77 | 1,62 | -0,20 | -1,01 | 33,97 |
| **Fe** | 70 | 0,83 | 6,30 | 2,75 | 1,55 | 0,94 | -0,55 | 56,49 |
| **Mn** | 70 | 7,90 | 92,88 | 38,90 | 15,16 | 0,57 | 1,95 | 38,97 |
| **Zn** | 70 | 1,23 | 8,23 | 4,94 | 1,63 | -0,30 | -0,39 | 33,03 |
| **Na** | 70 | 20,30 | 46,50 | 35,56 | 6,32 | -0,56 | 0,36 | 17,78 |
| **K** | 70 | 26,30 | 79,50 | 62,25 | 9,85 | -1,50 | 2,87 | 15,83 |
| **Ca** | 70 | 4,50 | 32,20 | 21,91 | 4,76 | -1,75 | 4,18 | 21,70 |
| **Mg** | 70 | 4,50 | 20,30 | 10,80 | 4,53 | 0,20 | -1,35 | 41,90 |
| **P** | 70 | 1,01 | 4,6 | 2,53 | 1,11 | 0,50 | -1,30 | 43,87 |

N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı

Meralarda düşük Mg konsantrasyonlarında önemli bir hastalık olan çayır tetanisine neden olmaktadır (Vallentine 2012). Çayır tetani nedenleri arasında sadece Mg eksikliği değil aynı zamanda K/(Ca+Mg) oranının artması da oldukça etkilidir (Follett *et al.* 1977). Şahinoğlu (2010) ve Gür (2014) otlayan hayvanların tetani ile karşı karşıya kalma riskinin K/(Ca+Mg) oranı ile yakından ilişkili olduğunu ve bu oranın 2,2 ve üzeri olduğunda çayır tetanisi görülme olasılığının arttığını belirtmişlerdir. Ilgaz'da K/(Ca+Mg) oranı 1,90 iken, Kurşunlu'da bu değer 0,69 olarak hesaplanmış ve çayır tetanisi bakımından Ilgaz'ın riskli olduğu söylenebilir. Underwood and Suttle (1999) bitkideki potasyum oranı düşük meralarda çayır tetanisinin görülme olasılığı % 0,5 iken

potasyumun fazla olduğu meralarda % 5,2 olduğunu ifade etmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda Ilgaz'da yüksek K ve düşük Mg içeriği çayır tetanisi riskinin Kurşunlu'ya göre daha fazla olduğunu açıkça göstermektedir.

**Çizelge 4. 17** Kurşunlu merası bitki makro-mikro besin elementleri ile toprak özellikleri arasında korelasyon analizi (N:70)

| | Cu | Fe | Mn | Zn | Na | K | Ca | Mg | P | HA | Nem | f | TK | SN | BYSİ | AS | Kum | Kil | Silt | $CaCO_3$ | OM | pH | EC | PR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fe** | **-0,26*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Mn** | **-0,38**** | **0,27*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Zn** | -0,08 | -0,05 | 0,23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Na** | -0,23 | **0,43**** | **0,24*** | **0,52**** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **K** | -0,21 | -0,07 | 0,09 | 0,20 | **0,34**** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ca** | 0,15 | -0,10 | 0,19 | **0,30*** | 0,09 | -0,12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Mg** | **-0,36**** | 0,16 | **0,34**** | **0,62**** | **0,61**** | **0,40**** | **0,26*** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **P** | 0,03 | -0,12 | **-0,28*** | **-0,44**** | **-0,45**** | **-0,40**** | -0,20 | **-0,46**** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **HA** | 0,09 | 0,19 | -0,04 | 0,18 | **0,27*** | -0,09 | 0,22 | 0,22 | -0,08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Nem** | -0,17 | -0,13 | -0,02 | 0,09 | -0,05 | -0,08 | -0,11 | -0,16 | 0,19 | -0,11 | | | | | | | | | | | | | | |
| **f** | -0,09 | -0,19 | 0,04 | -0,18 | **-0,27*** | 0,09 | -0,22 | -0,22 | 0,08 | **-1,0**** | 0,11 | | | | | | | | | | | | | |
| **TK** | -0,15 | -0,06 | -0,07 | **0,34**** | **0,41**** | 0,19 | -0,12 | 0,16 | **-0,26*** | -0,02 | 0,13 | 0,02 | | | | | | | | | | | | |
| **SN** | -0,04 | **-0,24*** | -0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,06 | -0,10 | -0,13 | -0,15 | -0,05 | 0,22 | 0,05 | **0,68**** | | | | | | | | | | | |
| **BYSİ** | -0,16 | 0,16 | -0,01 | **0,35**** | **0,40**** | 0,19 | -0,06 | **0,35**** | -0,20 | 0,02 | -0,04 | -0,02 | **0,68**** | -0,08 | | | | | | | | | | |
| **AS** | 0,04 | **0,28*** | -0,03 | -0,20 | -0,09 | -0,10 | 0,06 | -0,23 | 0,00 | -0,10 | -0,02 | 0,10 | -0,04 | -0,09 | 0,04 | | | | | | | | | |
| **Kum** | 0,01 | 0,08 | 0,23 | -0,07 | -0,20 | -0,19 | 0,18 | 0,03 | 0,20 | -0,03 | -0,22 | 0,03 | **-0,56**** | **-0,63**** | -0,14 | 0,02 | | | | | | | | |
| **Kil** | -0,03 | -0,09 | **-0,26*** | 0,07 | 0,14 | 0,17 | **-0,24*** | -0,12 | -0,15 | -0,05 | **0,24*** | 0,05 | **0,53**** | **0,64**** | 0,08 | 0,03 | **-0,89**** | | | | | | | |
| **Silt** | -0,03 | -0,03 | -0,07 | 0,03 | 0,20 | 0,14 | -0,01 | 0,13 | -0,20 | 0,14 | 0,10 | -0,14 | **0,37**** | **0,33**** | 0,17 | -0,09 | **-0,71**** | **0,31**** | | | | | | |
| **$CaCO_3$** | **0,45**** | -0,10 | **-0,35**** | **-0,32**** | -0,20 | -0,22 | -0,04 | **-0,32**** | **0,24*** | 0,11 | 0,01 | -0,11 | -0,11 | 0,05 | -0,19 | -0,06 | -0,07 | -0,01 | 0,16 | | | | | |
| **OM** | **-0,28*** | 0,17 | 0,22 | **0,24*** | 0,14 | 0,16 | 0,13 | **0,36**** | -0,03 | 0,17 | 0,05 | -0,17 | -0,06 | -0,22 | 0,14 | -0,07 | **0,25*** | -0,20 | -0,21 | -0,17 | | | | |
| **pH** | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,16 | -0,01 | 0,15 | 0,16 | -0,01 | 0,05 | -0,05 | -0,05 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | -0,02 | 0,10 | -0,12 | -0,03 | -0,03 | | | |
| **EC** | -0,05 | 0,07 | -0,01 | 0,06 | 0,21 | -0,03 | 0,15 | -0,04 | -0,08 | 0,12 | 0,11 | -0,12 | **0,34**** | **0,29*** | 0,18 | -0,04 | -0,13 | 0,20 | -0,05 | 0,10 | 0,18 | 0,07 | | |
| **PR** | -0,01 | 0,08 | 0,12 | **0,27*** | 0,23 | 0,17 | **0,31**** | **0,44**** | -0,16 | **0,27*** | -0,07 | **-0,27*** | -0,07 | -0,21 | 0,12 | -0,07 | 0,16 | -0,19 | -0,05 | -0,10 | 0,05 | 0,07 | **-0,24*** | |
| **KDK** | -0,03 | -0,09 | **-0,26*** | 0,07 | 0,14 | 0,17 | **-0,24*** | -0,12 | -0,15 | -0,05 | **0,24*** | 0,05 | **0,53*** | **0,64*** | 0,08 | 0,03 | **-0,89**** | **1,00**** | **0,31**** | -0,01 | -0,20 | 0,10 | 0,20 | -0,19 |

** P<0,01 seviyesinde önemli *P<0.05 seviyesinde önemli. N: Örnek sayısı, HA: Hacim ağırlığı,*: örnekleme anındaki toprağın nem içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

**Çizelge 4. 18** Ilgaz merası bitki makro-mikro besin elementleri ile toprak özellikleri arasında korelasyon analizi (N:70)

| | Cu | Fe | Mn | Zn | Na | K | Ca | Mg | P | HA | Nem | f | TK | SN | BYSİ | AS | Kum | Kil | Silt | $CaCO_3$ | OM | pH | EC | PR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fe** | **0,60**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Mn** | **0,43**$^{**}$ | 0,14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Zn** | **0,48**$^{**}$ | 0,12 | **0,60**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Na** | **0,52**$^{**}$ | 0,17 | **0,51**$^{**}$ | **0,71**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **K** | **0,52**$^{**}$ | 0,05 | **0,31**$^{**}$ | **0,52**$^{**}$ | **0,49**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ca** | **0,41**$^{**}$ | 0,08 | **0,28**$^{*}$ | **0,48**$^{**}$ | **0,59**$^{**}$ | **0,55**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Mg** | **0,59**$^{**}$ | **0,44**$^{**}$ | **0,24**$^{*}$ | **0,43**$^{**}$ | **0,34**$^{**}$ | **0,41**$^{**}$ | **0,26**$^{*}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **P** | **0,71**$^{**}$ | **0,79**$^{**}$ | 0,15 | 0,16 | **0,27**$^{*}$ | **0,29**$^{*}$ | **0,25**$^{*}$ | **0,45**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **HA** | **-0,51**$^{**}$ | **-0,66**$^{**}$ | -0,05 | -0,21 | **-0,30**$^{*}$ | -0,21 | -0,06 | **-0,35**$^{**}$ | **-0,63**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Nem** | **0,55**$^{**}$ | **0,50**$^{**}$ | 0,03 | 0,16 | 0,19 | **0,29**$^{*}$ | 0,22 | **0,43**$^{**}$ | **0,60**$^{**}$ | **-0,43**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| **f** | **0,51**$^{**}$ | **0,66**$^{**}$ | 0,05 | 0,21 | **0,30**$^{*}$ | 0,21 | 0,06 | **0,35**$^{**}$ | **,630**$^{**}$ | **-1,00**$^{**}$ | **0,43**$^{**}$ | | | | | | | | | | | | | |
| **TK** | 0,17 | -0,04 | 0,11 | **0,36**$^{**}$ | **0,39**$^{**}$ | 0,22 | **0,30**$^{*}$ | 0,15 | -0,06 | -0,13 | -0,04 | 0,13 | | | | | | | | | | | | |
| **SN** | -0,14 | -0,12 | -0,02 | -0,04 | -0,03 | 0,08 | 0,09 | -0,14 | -0,15 | 0,20 | -0,22 | -0,20 | 0,11 | | | | | | | | | | | |
| **BYSİ** | 0,23 | 0,06 | 0,10 | **0,31**$^{**}$ | **0,32**$^{**}$ | 0,12 | 0,17 | 0,22 | 0,06 | **-0,24**$^{*}$ | 0,12 | **0,240**$^{*}$ | **0,71**$^{**}$ | **-0,63**$^{**}$ | | | | | | | | | | |
| **AS** | -0,05 | -0,08 | 0,02 | 0,09 | 0,11 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | -0,07 | 0,18 | -0,08 | -0,18 | -0,22 | -0,13 | -0,08 | | | | | | | | | |
| **Kum** | -0,19 | -0,06 | -0,02 | **-0,27**$^{*}$ | **-0,31**$^{**}$ | **-0,25**$^{*}$ | **-0,27**$^{*}$ | -0,21 | -0,14 | 0,09 | -0,20 | -0,09 | **-0,29**$^{*}$ | -0,06 | -0,19 | **-0,30**$^{*}$ | | | | | | | | |
| **Kil** | **0,33**$^{**}$ | 0,19 | 0,09 | **0,28**$^{*}$ | **0,38**$^{**}$ | **0,36**$^{**}$ | **0,34**$^{**}$ | **0,30**$^{*}$ | 0,23 | -0,18 | **0,29**$^{*}$ | 0,18 | 0,23 | 0,02 | 0,17 | 0,13 | **-0,84**$^{**}$ | | | | | | | |
| **Silt** | -0,08 | -0,13 | -0,07 | 0,13 | 0,07 | 0,01 | 0,06 | -0,04 | -0,03 | 0,07 | -0,04 | -0,07 | 0,23 | 0,09 | 0,12 | **0,36**$^{**}$ | **-0,73**$^{**}$ | **0,25**$^{*}$ | | | | | | |
| **$CaCO_3$** | **0,33**$^{**}$ | **0,42**$^{**}$ | 0,02 | 0,02 | 0,14 | -0,11 | -0,04 | 0,19 | **0,31**$^{**}$ | **-0,37**$^{**}$ | 0,45$^{**}$ | **0,37**$^{**}$ | -0,09 | **-0,30**$^{*}$ | 0,14 | -0,11 | 0,14 | -0,06 | -0,18 | | | | | |
| **OM** | **0,53**$^{**}$ | **0,30**$^{*}$ | 0,22 | **0,45**$^{**}$ | **0,55**$^{**}$ | **0,46**$^{**}$ | **0,47**$^{**}$ | **0,51**$^{**}$ | **0,31**$^{**}$ | **-0,35**$^{**}$ | 0,20 | **0,35**$^{**}$ | **0,34**$^{**}$ | 0,16 | 0,15 | **0,24**$^{*}$ | **-0,42**$^{**}$ | **0,44**$^{**}$ | 0,19 | 0,08 | | | | |
| **pH** | **-0,26**$^{*}$ | 0,09 | -0,18 | **-0,36**$^{**}$ | **-0,35**$^{**}$ | **-0,39**$^{**}$ | **-0,49**$^{**}$ | **-0,26**$^{*}$ | -0,06 | -0,08 | -0,07 | 0,08 | **-0,45**$^{**}$ | -0,22 | -0,20 | -0,19 | **0,48**$^{**}$ | **-0,46**$^{**}$ | **-0,28**$^{*}$ | 0,23 | **0,51**$^{**}$ | | | |
| **EC** | **0,48**$^{**}$ | **0,47**$^{**}$ | 0,03 | 0,13 | **0,25**$^{*}$ | **0,30**$^{*}$ | **0,28**$^{*}$ | **0,42**$^{**}$ | **0,59**$^{**}$ | **-0,46**$^{**}$ | **0,39**$^{**}$ | **0,46**$^{**}$ | 0,15 | 0,04 | 0,09 | 0,11 | **-0,31**$^{**}$ | **0,27**$^{*}$ | 0,21 | 0,04 | **0,53**$^{**}$ | **-0,31**$^{**}$ | | |
| **PR** | **-0,48**$^{**}$ | **-0,74**$^{**}$ | -0,03 | -0,17 | -0,20 | 0,02 | -0,17 | **-0,30**$^{*}$ | **-0,61**$^{**}$ | **0,45**$^{**}$ | **-0,45**$^{**}$ | **-0,45**$^{**}$ | -0,06 | 0,14 | -0,15 | -0,11 | 0,21 | **-0,25**$^{*}$ | -0,07 | **-0,35**$^{**}$ | **-0,34**$^{**}$ | 0,08 | **-0,49**$^{**}$ | |
| **KDK** | **0,33**$^{**}$ | 0,19 | 0,09 | **0,28**$^{*}$ | **0,38**$^{**}$ | **0,36**$^{**}$ | **0,34**$^{**}$ | **0,30**$^{*}$ | 0,23 | -0,18 | **0,29**$^{*}$ | 0,18 | 0,23 | 0,02 | 0,17 | 0,13 | **-0,84**$^{**}$ | **1,00**$^{**}$ | **0,25**$^{*}$ | -0,06 | **0,44**$^{**}$ | **-0,46**$^{**}$ | **0,27**$^{*}$ | **-0,25**$^{*}$ |

** P<0,01 seviyesinde önemli *P<0.05 seviyesinde önemli. N: Örnek sayısı, HA: Hacim ağırlığı,*: örnekleme anındaki toprağın nem içeriği, f: Toplam toprak gözenekliliği, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYSİ: Bitkiye yarayışlı su içeriği, AS: Agregat stabilitesi, TOM: Toprak organik maddesi, EC: Elektriksel iletkenlik, KDK: Katyon değişim kapasitesi, PR: Penetrasyon direnci

Ayrıca Kacar ve İnal (2008) baklagil yem bitkilerinin diğer bitkilere göre daha fazla Mg içerdiğini belirtse de çalışmamızda baklagil bitki yoğunluğu fazla olan Ilgaz merasındaki bitkilerin Mg içeriğinin, baklagil yoğunluğu daha düşük olan Kurşunlu'ya göre oldukça düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17, Çizelge 4.18).

İnsan beslenmesinde oldukça önemli olan çinko elementinin besin zincirinin ilk basamağı olan bitkideki konsantrasyonlarına dikkat edilmelidir. Düşük çinko içerikli yem bitkilerini otlayan hayvanlardan düşük çinko içerikli hayvansal gıdalar (et, süt) elde edilir. Alloway (2008) bitkilerde çinko eksikliğinin en çok kireçli ve kumlu topraklarda görüldüğünü ifade etmiştir. Ancak her iki mera toprağı düşük kireç içerikli olmalarına karşın bitki çinko içerikleri de düşüktür. Bizim çalışmamızın aksine Baranova *et al.* (2019) yoğun otlatma altındaki yarı-kurak bir merada bitkilerin Zn içeriğini (20 mg/kg) daha yüksek bulmuşlardır. Bitki örneklerinin besin elementi içerikleri (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn) ile toprakların bazı özellikleri arasında (hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, tesktür, tarla kapasitesi, solma noktası, bitkiye yarayışlı su içeriği, organik madde, pH, EC, penetrasyon direnci, katyon değişim kapasitesi) korelasyon analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.17-4.18). Bu çalışmada her iki merada da toprağın yarayışlı su içeriği, tarla kapasitesi ve organik madde miktarının bitkide Zn içeriği üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür.

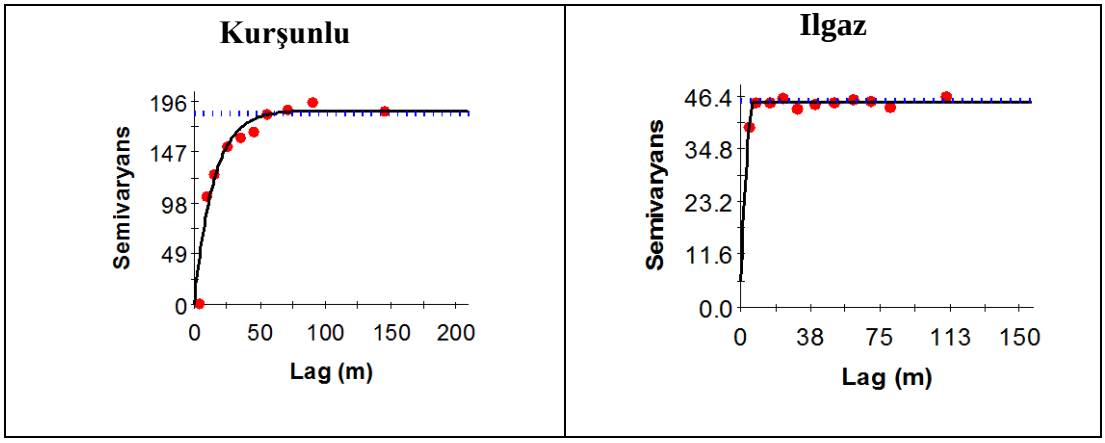
Bitkilerde besin elementi içeriklerini kontrol eden en önemli faktörler, bitkilerin yetiştiği toprak özellikleri ve belirli bir bitkinin taksonomik durumudur (Shtangeeva *et al.* 2020). Bir bitkinin besin elementlerine olan ihtiyacı başka bir bitki türüne göre farklılık gösterebilir (Berendse *et al.* 1992). Sonuç olarak, aynı toprakta ve aynı koşullar altında büyüyen bitkilerin besin elementi içerikleri farklılık oluşabilir (Abdelrahman *et al.* 1998). Ayrıca bitkiler besin elementlerini bünyesine alırken önceliği en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementine verir (Markert 1989). Shtangeeva *et al.* (2020) bitkilerin rizosfer bölgesindeki toprak özelliklerinin bitkilerde element birikimi üzerindeki etkilerini konu alan çalışma sayısının yeterli olmadığını, Dongdong *et al.* (2020) ise mera verimi ile toprak özellikleri arasındaki ilişkinin, mera ekolojisi araştırmalarında yeni çalışılmaya başlandığını ifade etmişlerdir.

Literatürdeki bu bilgilere benzer şekilde Kurşunlu'da toprak neminin tüm besin elementleri üzerinde, Ilgaz'da ise sadece Cu, Fe, K, Mg ve P üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17 ve 4.18). Ilgaz'da Toprak nemi dışında kireç ve organik madde miktarlarının da bazı besin elementleri üzerinde etkili oldukları görülmüştür. Özellikle bitkide fosfor içeriği toprağın hacim ağırlığı, organik madde ve nem içeriğiyle önemli derecede ilişkilidir (Çizelge 4.18).

## 4.6 Toprak Özelliklerinin Mesafeye Bağlı Değişimin Modellenmesi ve Haritalanması

### 4.6.1 Kum içeriği (%)

Kurşunlu ve Ilgaz meralarında toprakların kum içeriğine (%) ilişkin deneysel (küre) teorik (çizgi) semivaryogramlara ilişkin grafikler Şekil 4.1'de verilmiştir




**Şekil 4. 1** Meralarda toprakların kum içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

Semivaryogramın modellenmesinde Kurşunlu'da uyumu bozan 3 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Kum içeriği için uygun semivaryogram modeli Kurşunlu' da üssel, Ilgaz'da ise küresel olarak belirlenmiştir. Üssel ve küresel modeller sill değerine kademeli olarak yaklaştıkları için benzerdir. Ancak üssel model küresel modelden farklı olarak hayali bir sill değerine ulaşır (Cerri *et al.* 2004). Semivaryogram modelinden elde edilen range değeri iki örnekleme noktası arasındaki benzerliğin devam ettiği mesafeyi ifade etmektedir.

**Çizelge 4. 19** Kum içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB (%) | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,10 | 187,50 | 0,05 | Kuvvetli | 44,70 | 0,93 | 2132 |
| Ilgaz | Küresel | 5,70 | 45,06 | 12,64 | Kuvvetli | 6,80 | 0,80 | 6,76 |

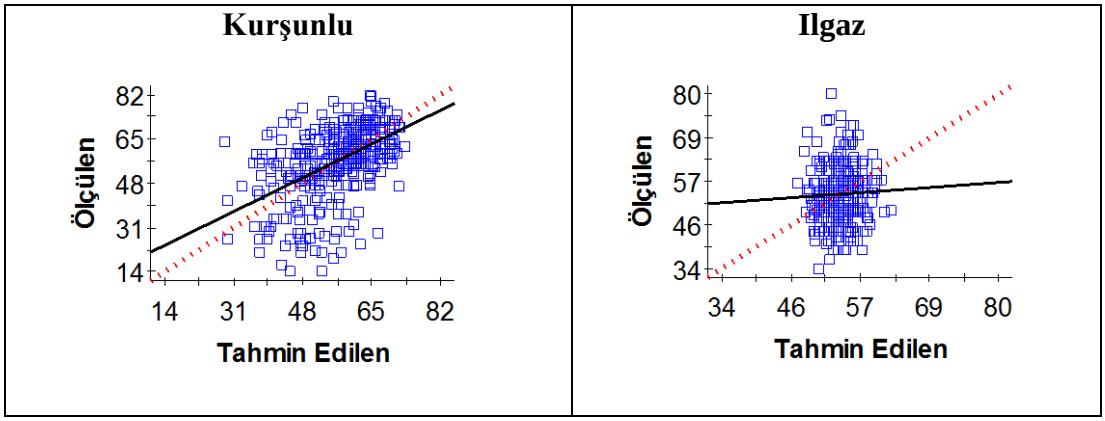
$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kum içeriği için Kurşunlu merasında elde edilen range değeri 44,70 m olup Ilgaz merasındakine (6,80 m) göre daha uzun mesafelidir (Çizelge 4.19). Jeoistatistik varsayımlarından biri de arazide örnek alınan iki nokta arasındaki benzerliğin mesafeye bağlı olarak azaldığı ve belirli bir mesafeden sonra benzerliğin tamamen yok olduğudur (Deutsch and Journel 1998). Range, benzerliğin devam ettiği mesafeyi verir. Diğer çalışmalarda kum içeriği için Cerri *et al.* (2004) 350 m, Iqbal *et al.* (2005) 421 m, De Gryze *et al.* (2006) 8,3 m, Ongun (2008) 75,69 m Budak vd. (2018) 100.800 m, Zhao *et al.* (2007) 94 m, Kilic *et al.* (2012) 200,40 m gibi oldukça farklı range değerleri belirtmişlerdir. Bu farklılıkların aynı zamanda toprağın oluştuğu ana materyalin özellikleri (Zhao *et al.* 2007) ile çalışma alanının büyüklüğü ve örnekleme deseni ile de ilişkili olduğu söylenebilir. Ilgaz'da örneklenen mera içerisinden akan suyun toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin şekillenmesinde önemli bir etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Kurşunlu ve Ilgaz'da kum içeriğine ilişkin range ve nugget değerlerinin farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.19). Lag mesafeleri sıfıra yaklaştıkça semivaryans değerlerinin de sıfıra yaklaşması beklenir. Ancak hesaplanan deneysel semivaryogramlar orijinde çok nadir sıfır değerini alarak y eksenini sıfırdan yüksek bir değerde keser. Deneysel semivaryogramın y eksenini X ekseninin sıfır değerinde kestiği semivarysans değeri ise nugget varysans olarak adlandırılır (Deutsch and Journel 1998, Mulla and McBratney 2001). Nugget varyansın sill'e oranı (bu değer genellikle 100 ile çarpılır ve yüzde olarak ifade edilir) nugget etkisi olarak tanımlanmıştır. Kurşunlu'da kum içeriği için nugget etkisinin (0,05) düşük olması kum içeriğinin kısa mesafelerde fazla değişken olmadığını göstermektedir. Ana materyal kaynaklı varyasyonun yüksek olduğu bölgelerde yapılan çalışmalarda kum içeriği için range değerinin oldukça kısa mesafeli olduğu rapor

edilmiştir. Zhao *et al.* (2007) merada yaptığı çalışmasında kum içeriğini küresel olarak modellemiş ve oldukça düşük nugget (0,01) ve kuvvetli bir uzaysal bağımlılığın olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan diğer bazı çalışmalarda da kum içeriğinin uzaysal bağımlılığının kuvvetli olduğu belirtilmiştir (Erşahin 1999, Yetgin 2004, Akbas 2004).

Çizelge 4.19'daki $R^2$ değerlerinden kum içeriğinini uzaysal değişkenliğinin modellenmesinin Kurşunlu merasında daha başarılı olduğu söylenebilir. Çapraz doğrulama ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi gösterir. Çapraz doğrulama sonucu ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark hata olarak tanımlanır (Isaaks and Srivastava 1989). Kum içeriği için oluşturulan modelin krigleme performansını belirlenmesinde ölçülen ve tahmini yapılan değerler birbirleri ile karşılaştırılarak saçılım grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.2). Saçılım grafiklerinde verilerin 1:1 doğru üzerine olan uzaklıkları tahmin başarısının önemli bir göstergesidir. Veriler doğruya ne kadar yakınsa modelin başarısı o kadar fazla demektir. Ancak, çapraz değerlendirme sadece krigleme öncesinde kullanılır ve tahminin veya enterpolasyon modelinin doğruluğuna karar verilmesinde kesin bir kriter değildir (Isaaks and Srivastava 1989). Kum için oluşturulan çapraz değerlendirme grafiklerine bakıldığında Kurşunlu'da gerçeğe daha yakın tahminler yapılırken Ilgaz'da çok düşük değerlerin yüksek, yüksek değerlerin ise çok düşük tahmin edildiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.2).




**Şekil 4. 2** Mera topraklarının kum içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği

**Çizelge 4. 20** Kum içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,50 | 0,066 | 5,10 |
| Ilgaz | 0,04 | 0,137 | 10,18 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

Kriglemede range mesafesi içerisine düşen en yakın 16 komşu kullanılmıştır. Ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerine ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Kurşunlu ve Ilgaz'da kum içeriğine ilişkin ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması oldukça birbirlerine yakındır. Ancak tahmin edilen değerlere ilişkin varyasyon katsayısı ve standart sapma değerlerinin ölçülen değerler için hesaplananlara göre daha düşük olması (Çizelge 4.21) modelin tahminde küçük değerleri yüksek yüksek değerleri ise daha düşük tahmin etme eğiliminin ağır bastığını göstermektedir. Çizelge 4.20 incelendiğinde Kurşunlu için hesaplanan RRMSE değerlerinin % 10'nun altında olması ilk başta seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

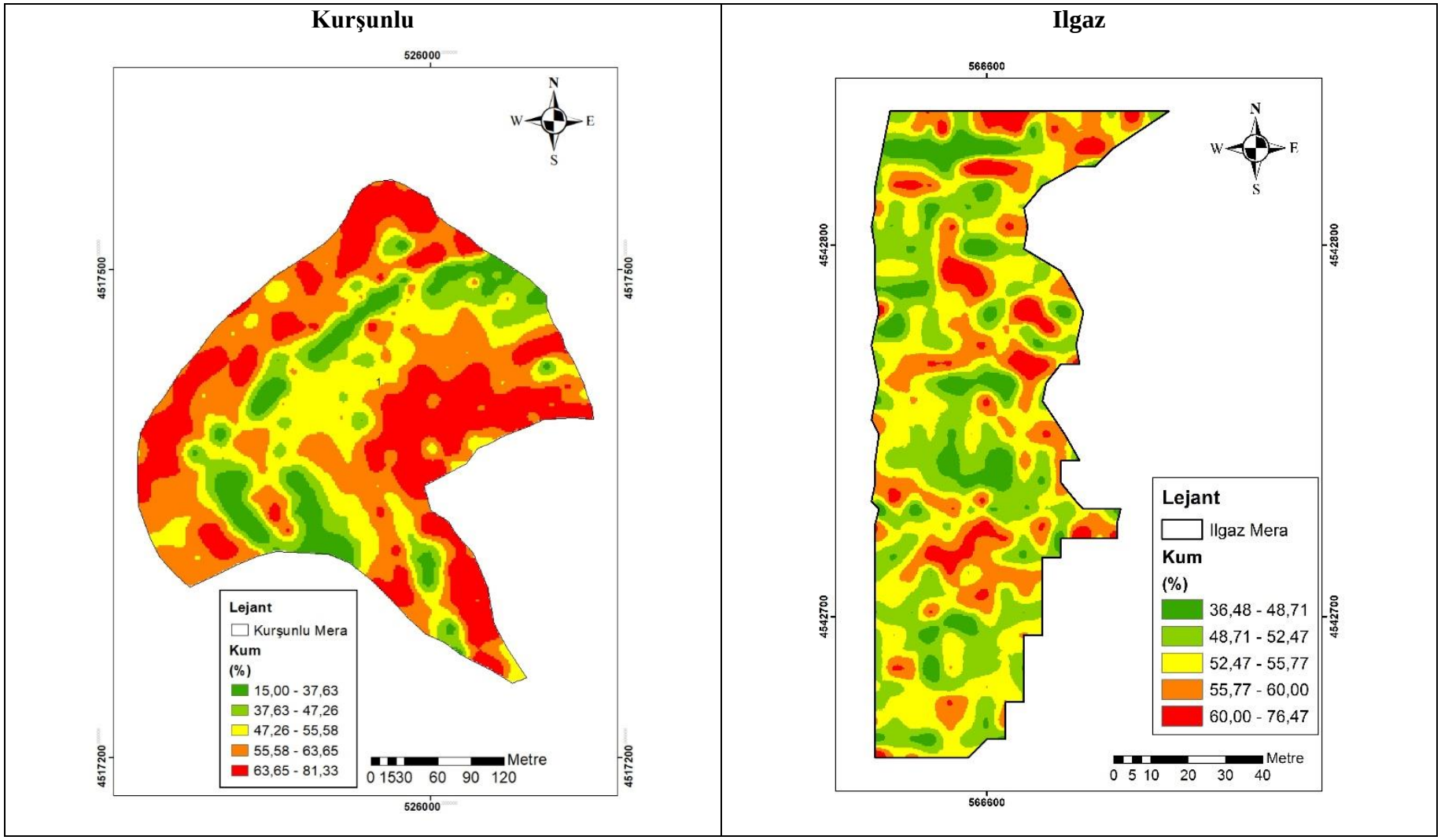
**Çizelge 4. 21** Kum içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 56,80 | 48,65 | -8,15 | 53,75 | 53,68 | -0,07 |
| SS | 13,74 | 1,09 | 3,44 | 6,74 | 2,49 | 7,08 |
| Varyans | 11,46 | 1,175 | 11,77 | 45,26 | 6,16 | 50,05 |
| VK (%) | 24,00 | 2,23 | 42,20 | 12,53 | 4,63 | 10114,28 |
| Çarpıklık | -0,98 | -1,01 | -1,04 | 0,33 | 0,13 | 0,33 |
| Basıklık | 0,67 | 1,75 | 2,15 | 0,71 | 0,26 | 0,66 |
| En büyük | 82,30 | 51,16 | 8,29 | 80,00 | 62,04 | 27,77 |
| En küçük | 13,90 | 43,41 | -13,88 | 34,10 | 46,65 | -18,13 |
| Örnek Sayısı | 400 | 397 | 397 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Krigleme (kriging), jeoistatistiksel çalışmalarda oldukça önemlidir. Krigleme ile ilgili değişkeninin örneklenmeyen noktalardaki değerleri hesaplanır ve yüzey haritası oluşturulur. Uzaysal enterpolasyonda tahmin başarısının belirlenmesinde birçok ölçüt kullanılmaktadır. Bunlardan ilki aynı değişkene ilişkin ölçülen ve tahmin edilen

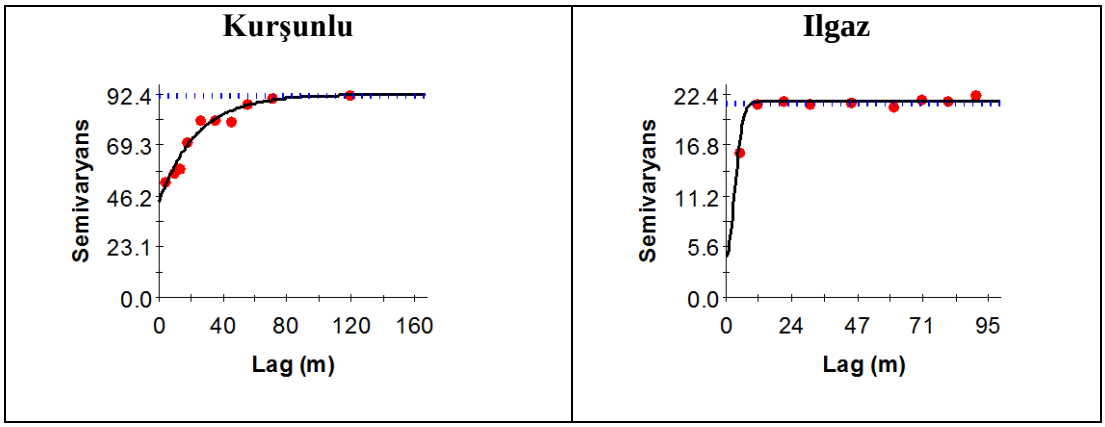
verilerin dağılım ölçütlerinin karşılaştırılmasıdır (Isaaks and Srivastava 1989). Nispi mutlak hatalar ortalaması (RMAE), nispi mutlak hata karekökleri ortalaması (RRMAE) ve çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) krigleme başarısının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Li and Heap 2011). Toprak tekstürü, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen önemli bir özelliktir. Toprakların besin elementi tutması ve yarayışlı hale geçmesi, su tutma kapasitesi, toprak tekstürüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle meralarda toprak tekstüründe görülen herhangi bir değişim söz konusu diğer toprak özeliklerini de doğrudan etkiler. Her iki merada topraklarının kum içeriği için hazırlanan yüzey haritaları Şekil 4.3'de verilmiştir. Yüzey haritalarından kum içeriğinin Ilgaz'daki merada çok daha yamalı (patchy) bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Kum içeriğindeki bu yamalı dağılımın diğer toprak özelliklerinin uzaysal deseninin de etkilemesi beklenir. Ilgaz merasında kum içeriğine ilişkin nugget daha yüksek olması ve buna bağlı olarak krigleme başarısının daha düşük olmasının bu yamalı yapı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4. 3** Kum içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.2 Kil içeriği (%)

Kil içeriğine ilişkin semivaryogramların modellenmesinde, en büyük determinasyon katsayısı ($R^2$) ve en küçük farklar kareler toplamı (RSS) koşullarını sağlayan lag aralıkları benimsenmiştir. Kil içeriği için oluşturulan semivaryogramlar Şekil 4.4'de verilmiştir.




**Şekil 4. 4** Meralarda toprakların kil içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

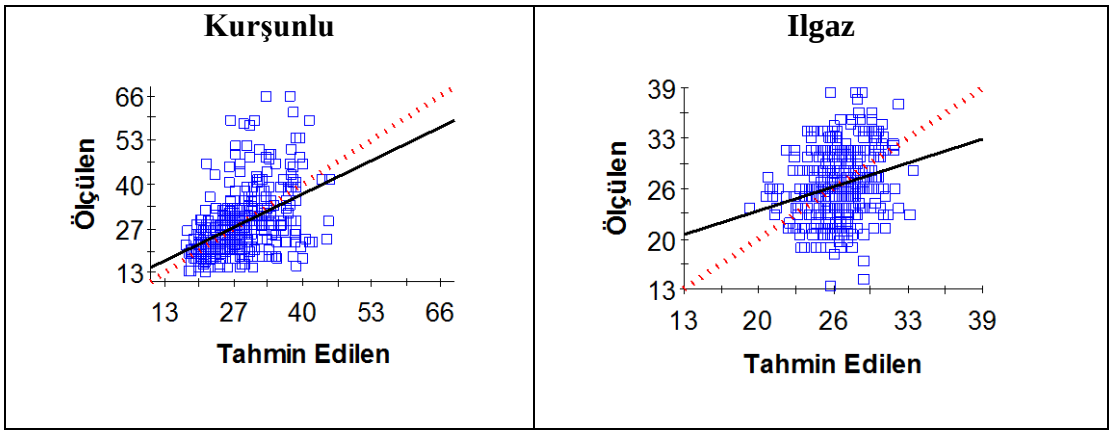
Kurşunlu'da uyumu bozan 2 değer, Ilgaz'da ise 4 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Kurşunlu ve Ilgaz meralarında kil içeriği için oluşturulan semivaryogram model tipi, nugget ve range mesafelerini birbirinden oldukça farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.22).

**Çizelge 4. 22** Kil içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB (%) | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 47,30 | 92,47 | 51,15 | Orta | 70,80 | 0,95 | 88,1 |
| Ilgaz | Gaussian | 4,59 | 21,71 | 21,14 | Orta | 7,44 | 0,96 | 1,03 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Ilgaz'daki merada nugget etkisi oranının daha yüksek çıkması çalışmada kullanılan örnekleme mesafesinin altında daha yüksek derecede küçük ölçekli bir varyasyon olduğunu göstermiştir. Değişkenliğin yapısal uzaklığını belirleyen en etkili faktör arazinin topografyasıdır. Arazinin eğim yönüne dik konumda bulunan alanlarında değişkenlik kısa mesafelerde gerçekleşirken eğim yönüne paralel konumda bulunan alanlarında değişkenlik daha uzun mesafelerde gerçekleşebilir. Her iki merada da kil için hesaplanan range değerlerinin kum içeriğine benzer olduğu görülmüştür. Kum ve kil içeriğindeki benzer range değerlerinin görülmesi range değerlerinin önemli ölçüde jeolojik ve pedelojik süreçlerden etkilendiği anlamına gelmektedir (Muhaimeed *et al.* 2014)




**Şekil 4. 5** Mera topraklarının kil içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği

Kil içeriğine ilişkin yöne bağlı farklılıklar (anizotropi) analizinden yöne bağlı değişimin olmadığı anlaşılmıştır. Teorik isotropik semivaryogramın geçerliliği çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.5).

**Çizelge 4. 23** Kil içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,46 | 0,072 | 21,01 |
| Ilgaz | 0,04 | 0,133 | 13,78 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

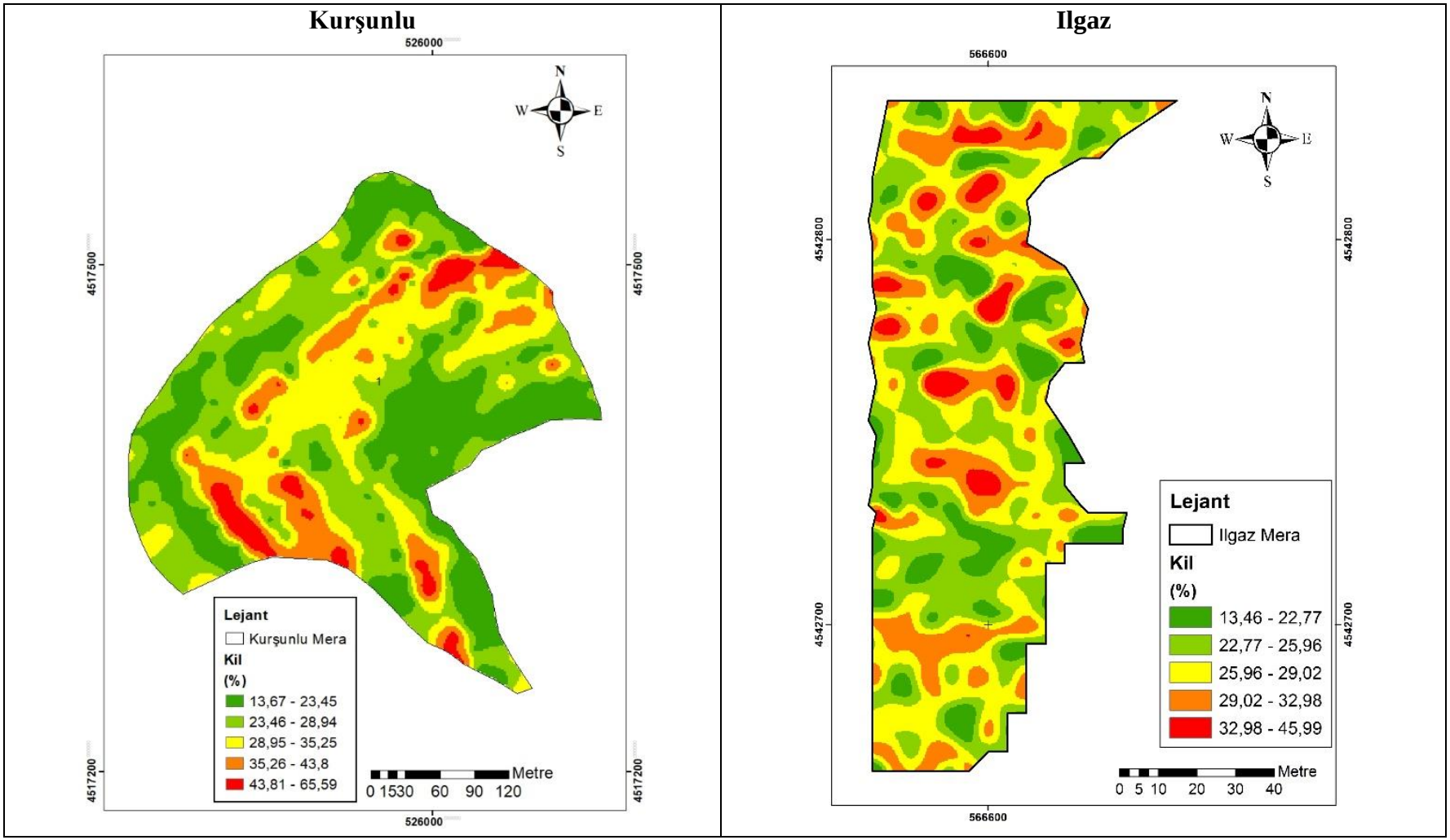
Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında en fazla benzerlik %46 ile Kurşunlu'da görülürken en az benzerlik %0,04 ile Ilgaz'da görülmüştür (Çizelge 4.23). Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler ve değerlendirme kriterleri Çizelge 4.24'de verilmiştir. Her iki merada kum içeriğinde olduğu gibi ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalamasının kil içeriğinde de birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir.

**Çizelge 4. 24** Kil içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 27,75 | 27,59 | -0,16 | 26,36 | 26,43 | 0,07 |
| SS | 9,59 | 5,78 | 8,37 | 4,60 | 2,24 | 4,62 |
| Varyans | 86,66 | 33,32 | 69,95 | 21,10 | 4,99 | 21,30 |
| VK (%) | 35,00 | 20,95 | 5231,25 | 17,45 | 8,47 | 6600 |
| Çarpıklık | 1,45 | 0,59 | 0,74 | -0,003 | 0,11 | -0,20 |
| Basıklık | 2,45 | -0,22 | 2.29 | 0,46 | 0,33 | 0,37 |
| En büyük | 66,10 | 45,06 | 33.21 | 39,30 | 32,97 | 12,64 |
| En küçük | 13,40 | 17,47 | -22.84 | 10,90 | 18,68 | -16,43 |
| Örnek Sayısı | 400 | 398 | 398 | 391 | 387 | 387 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

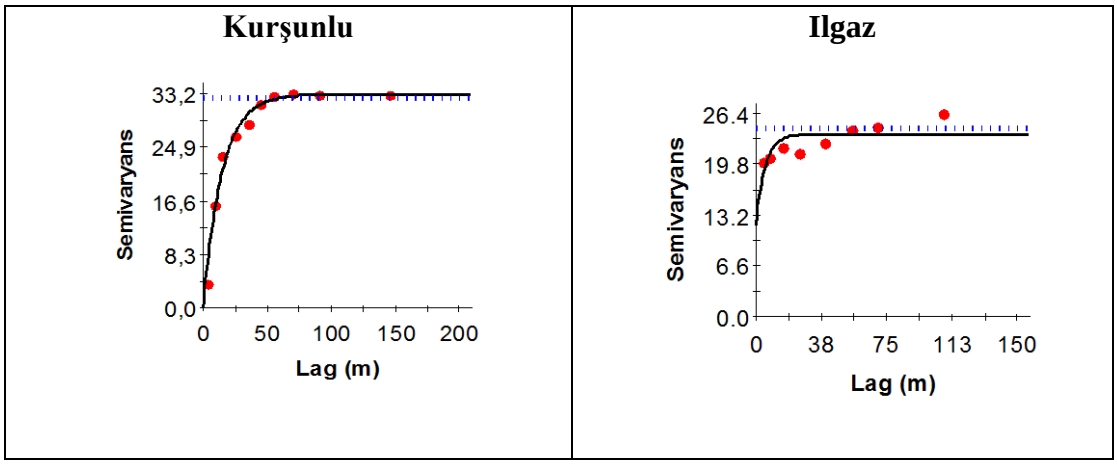
Semivariogram modelleri oluşturulduktan sonra nokta kriging yöntemi kullanılarak her iki mera için kil içeriğinin değişimlerini gösteren tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Kurşunlu'daki merada kil içeriği genel olarak düşük olmakla birlikte meranın kuzeydoğusunda alanı ikiye ayırarak bir hat boyunca en yüksek değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 4.6). Bu durum ise daha önce alanda aktif olan bir dere yatağı varlığına işaret edebilir ve bu dere yatağının araziyi parçalayarak getirdikleri sedimentlerin depolaması da tekstür bileşenlerinin kısa mesafelerde değişkenlik göstermelerine neden olmuştur. Ilgaz'da ise Güney'den Kuzey'e doğru gidildikçe kil içeriğinde önemli düzeyde bir artış meydana geldiği görülmektedir. Ilgaz'da Kil içeriği yüksek olan alanların kilin depolandığı dere yatağının orta kısımlarına denk geldiği anlaşılmaktadır. Iqbal *et al* (2005) dereler tarafından taşınan alüvyonlar üzerinde oluşan arazilerin toprak tekstür bileşenlerinin heterojen bir yapı gösterdiğini ve çok kısa mesafelerde değişim gösterebildiğini belirtmişlerdir.




**Şekil 4. 6** Kil içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.3 Silt içeriği (%)

Semivaryogramlar karşılaştırıldığında Ilgaz'daki merada nugget etkisinin çok daha yüksek olduğu ve belirli bir sill değerine ulaşılamadığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.7). Kum ve kil için elde edilen semivaryogramlara benzer şekilde silt için range değerinin Kurşunlu merasında daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Çizelge 4.25'den deneysel semivaryogramın Kurşunlu merasında daha yüksek bir başarıyla modellendiği görülmektedir.




**Şekil 4. 7** Meralarda toprakların silt içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

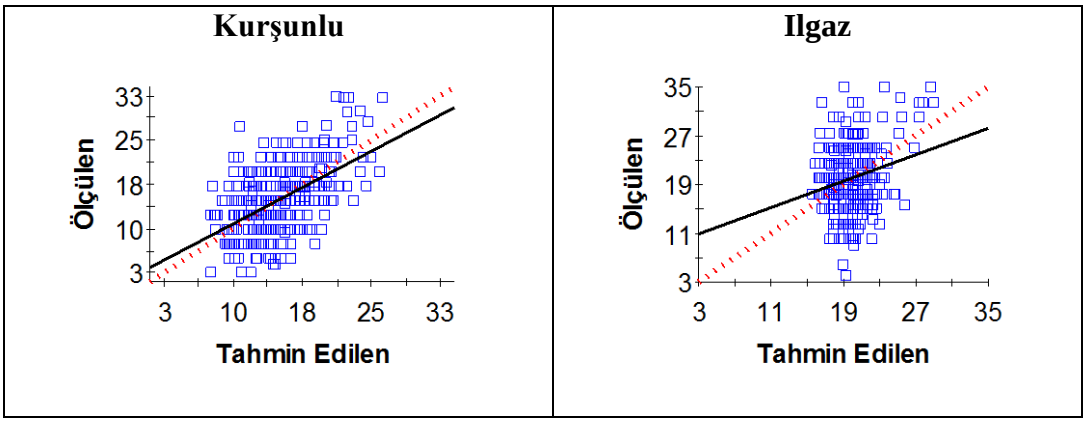
**Çizelge 4. 25** Silt içeriğine ilişkin isotropik semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB (%) | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,10 | 33,12 | 0,30 | Kuvvetli | 44,10 | 0,97 | 23,4 |
| Ilgaz | Üssel | 11,84 | 23,69 | 49,97 | Orta | 15,30 | 0,44 | 19,2 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Ilgaz'da çalışma alanından geçen derenin taşıdığı depozitlerin istiflenme şeklinin silt için nugget etkisinin yüksek çıkmasında önemli bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca silt içeriğinin uzun mesafelerde uzaysal bağımlılık göstermemesi ana materyalin değişkenliğinin fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Silt için elde edilen sill,

nugget ve range değerlerinin kil içeriğinde elde edilen değerlere benzer olduğu görülmüştür.




**Şekil 4. 8** Mera topraklarının silt içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği

**Çizelge 4. 26** Silt içeriğine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,52 | 0,07 | 26,03 |
| Ilgaz | 0,21 | 0,126 | 19,61 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

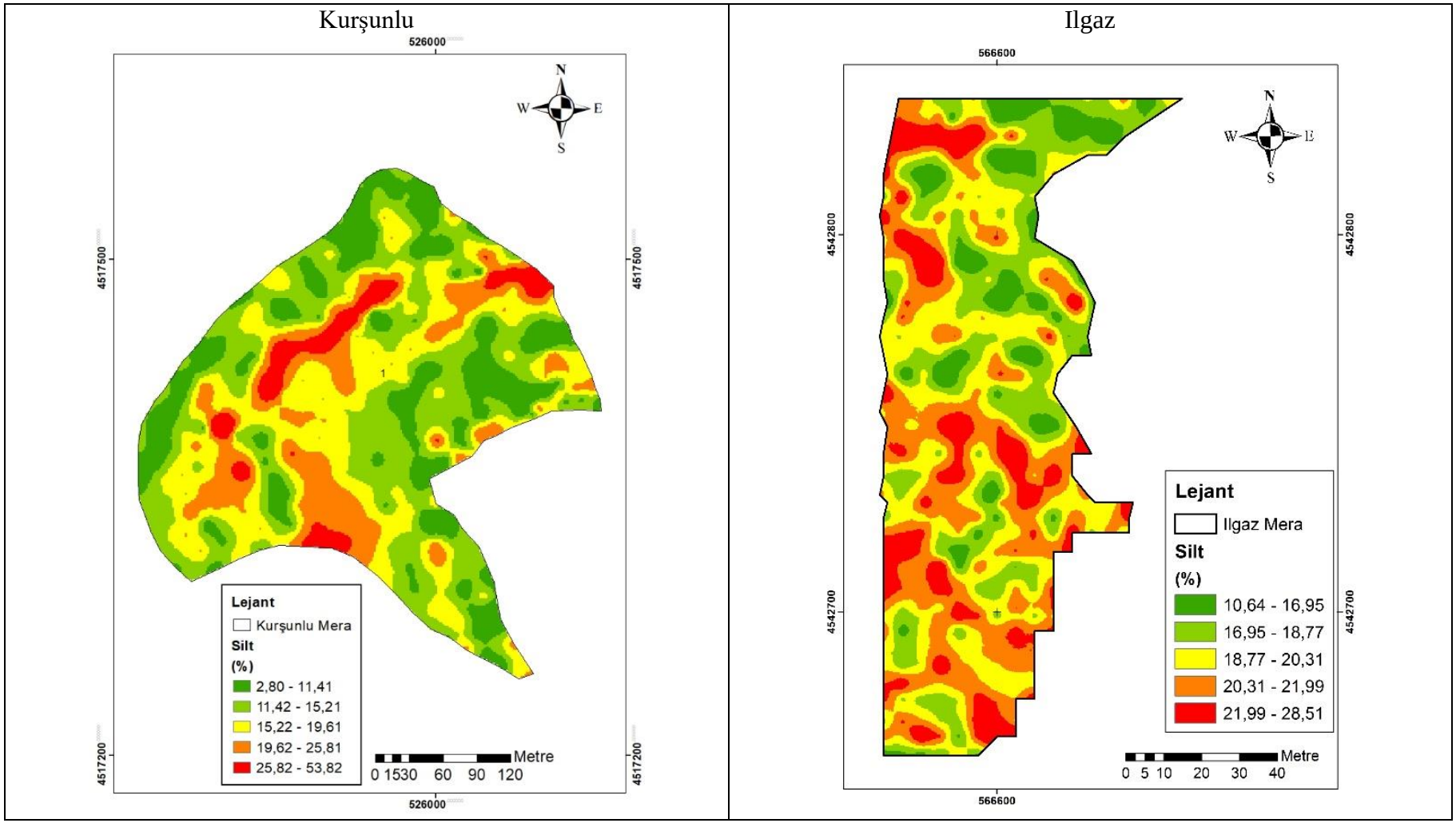
**Çizelge 4. 27** Silt içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 15,44 | 2,22 | -13,22 | 20,05 | 19,98 | -0,07 |
| SS | 6,99 | 0,65 | 0,76 | 4,95 | 1,97 | 4,91 |
| Varyans | 31,90 | 13,09 | 23,96 | 21,39 | 2,28 | 23,61 |
| VK (%) | 45,27 | 29,55 | 5,74 | 24,69 | 9,85 | 7014,28 |
| Çarpıklık | 1,35 | -0,12 | 0,80 | 0,18 | 1,08 | -0,01 |
| Basıklık | 4,35 | -0,63 | 2,04 | 0,59 | 3,17 | 0,21 |
| En büyük | 57,50 | 4,22 | 3,10 | 35,00 | 28,99 | 15,97 |
| En küçük | 2,50 | 0,83 | -2,34 | 4,10 | 15,54 | -15,22 |
| Örnek Sayısı | 400 | 368 | 368 | 391 | 387 | 387 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Yapılan bazı çalışmalarda silt için oldukça farklı range mesafesi değerleri rapor edilmiştir; örneğin 380 m (Erşahin 1999), 90 m (Yetgin 2004), 330 m (Akbas 2004) ve

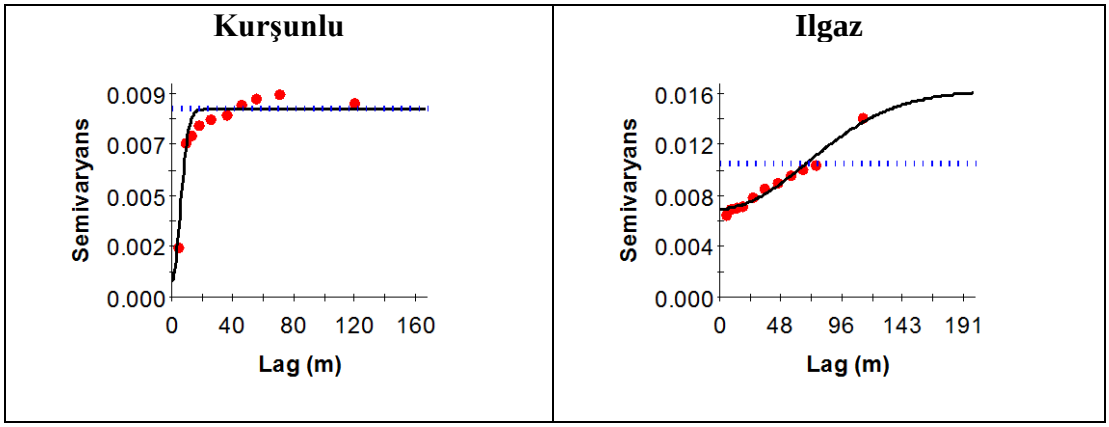
76 m (Duffera *et al.* 2007). Model parametreleri kullanılarak örneklenmeyen noktalardaki silt değerlerini tahmin etmek için bayağı (ordinary) krigleme enterpolasyon uygulanmıştır. Kriglemede range mesafesi içerisine düşen en yakın 16 komşu kullanılmıştır. Silt için ölçüm ve tahmin değerlerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.27'de verilmiştir. Kum ve kil içeriğinde olduğu gibi silt içeriğine ilişkin ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalamasının her iki mera için de birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Çizelge 4.25 incelendiğinde Kurşunlu'da silt için düşük nugget ve yüksek $R^2$ iyi bir modelleme yapıldığını gösterse de RRMSE değerinin %10'un altında olmaması yapılan tahminin Li and Heap (2011)'e göre tatminkâr kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Silt içeriğine ait krigleme haritalarına bakıldığında yüksek silt değerlerinin Kurşunlu'da kuzeybatının belli bir kısmında Ilgaz'da ise güney bakılarda oryente olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.9). Bunun başlıca nedeni topografya, özellikle mikro topografya ile ilgili olabilir. Özellikle mikro topografyadaki farklılıklara bağlı olarak taşınma ve birikme süreçlerinin neden olduğu toprak tekstüründeki değişkenlik her iki arazideki toprak tekstürünün kendine özgü uzaysal yapısını sonuçlamış olabilir. Toprak parçacıklarının rüzgâr ve su erozyonu ile taşınarak arazide toprak parçacık büyüklüğü dağılımında farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir (Jabro *et al.* 2010). Tıpkı kum ve kilde olduğu gibi, siltte de Ilgaz'daki merada yamalı yapının daha şiddetli olduğu dikkat çekmektedir.




**Şekil 4. 9** Silt içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.4 Hacim ağırlığı

Hacim ağırlığı meraların otlatılmasından en çok etkilenen toprak fiziksel özelliklerindendir. Hacim ağırlığına ilişkin semivaryogramlar Şekil 4.10' da verilmiştir. Semivaryogramların modellenmesinde Kurşunlu'da 7 lag sınıfı (10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 ve 80 m), Ilgaz'da ise 6 lag sınıfı (5, 20, 40, 60, 80 ve 100 m) kullanılmıştır. Çizelge 4.25 incelendiğinde hacim ağırlığı için range mesafesi Kurşunlu'da 12,99 m, Ilgaz'da ise 142,37 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.28). Range mesafesi ilgili değişken için uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum mesafeyi ifade etmektedir (Isaaks and Srivastava 1989). Ilgaz'da semivaryogramın çalışma alanı içerisinde belirli bir range mesafesine ulaşmadığı anlaşılmaktadır. Her iki alan da nugget etkisinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



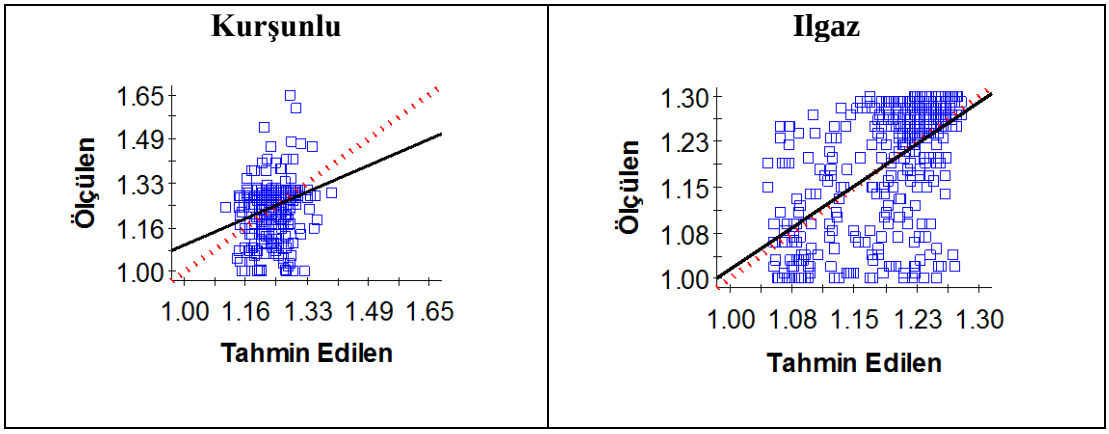

**Şekil 4. 10** Meralarda toprakların hacim ağırlığına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 28** Hacim ağırlığına ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Gaussian | 0,0007 | 0,008 | 8,75 | Kuvvetli | 12,99 | 0,93 | $2{,}321 \times 10^{-6}$ |
| Ilgaz | Gaussian | 0,006 | 0,013 | 46,15 | Orta | 142,37 | 0,97 | $6{,}930 \times 10^{-7}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Yapılan bazı çalışmalarda hacim ağırlığı için farklı range değerleri rapor edilmiştir. Hacim ağırlığının arazide aşırı değişkenlik göstermesinden dolayı yapılan bazı çalışmalarda değişik range değerlerine rastlamak mümkündür. Örneğin hacim ağırlığı için range değerlerini Erşahin (1999) 520 m, Yetgin (2004) 60 m, Sağlam (2008) 1054 m, Ongun (2008) 79 m, Acir (2014) 2703 m ve Glendell *et al.* (2014) 2806,96 m olarak rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmaların aksine bizim çalışmamız da hacim ağırlığı için elde edilen range değerlerinin çok daha düşük olduğu görülmüştür ve bunun nedeni ise yoğun otlatmanın neden olduğu uzaysal değişkenliğe bağlanabilir.




**Şekil 4. 11** Mera topraklarının hacim ağırlığına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

Çizelge (4.28)'den her iki merada da deneysel semivaryogramın oldukça başarıyla modellendiği hacim ağırlığı için Kurşunlu'da kuvvetli, Ilgaz'da ise orta düzeyde uzaysal bağımlılık (Cambardella *et al.* 1994, Erşahin 1999) olduğu anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4. 29** Hacim ağırlığına ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,26 | 0,109 | 5,26 |
| Ilgaz | 0,56 | 0,068 | 5,43 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

Hacim ağırlığı için oluşturulan çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki benzerlik Ilgaz'da daha yüksektir (Şekil 4.11 ve Çizelge 4.29). Buradan, Ilgaz merası için elde edile teorik semivaryogramın

Kurşunlu'dakine göre daha temsili olduğu söylenebilir. Uygun semivaryogram modeli kullanılarak hacim ağırlığı için ordinary kriging yöntemi ile nokta tahmini yapılarak krigleme haritaları oluşturulmuştur.

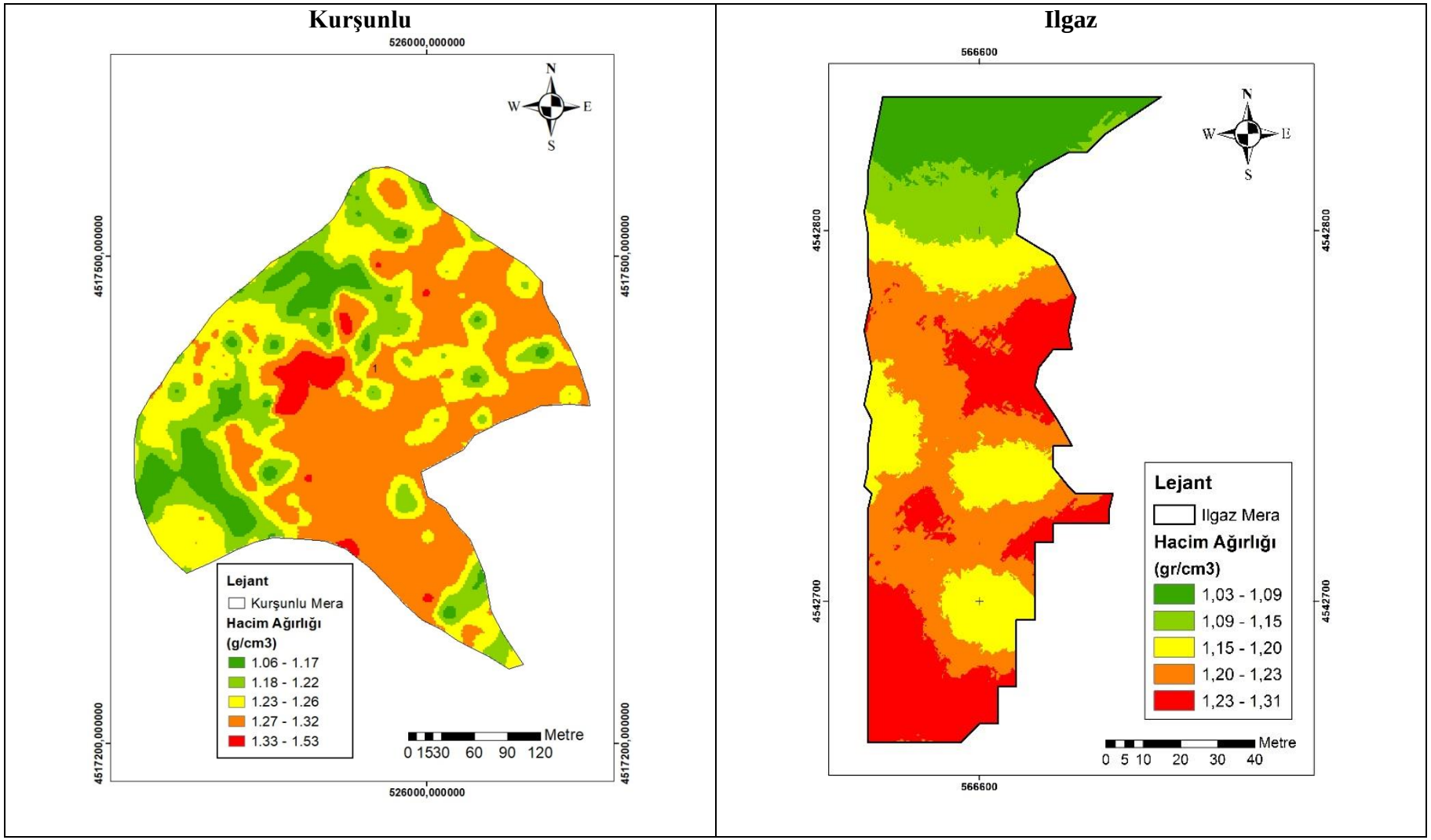
**Çizelge 4. 30** Hacim ağırlığına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 1,24 | 1,23 | -0,01 | 1,19 | 1,18 | -0,01 |
| SS | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,06 | 0,08 |
| Varyans | 0,008 | 0,001 | 0,008 | 0,01 | 0,004 | 0,006 |
| VK (%) | 7,25 | 3,36 | 900 | 8,53 | 5,34 | 800 |
| Çarpıklık | -0,46 | -0,32 | 0,42 | -0,72 | -0,76 | -0,76 |
| Basıklık | 2,11 | 0,35 | 1,97 | -1,01 | -0,54 | 0,56 |
| En büyük | 1,65 | 1,39 | 0,32 | 1,30 | 1,29 | 0,19 |
| En küçük | 1,00 | 1,11 | -0,37 | 1,00 | 1,04 | -0,25 |
| Örnek sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 390 | 390 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Hacim ağırlığının ölçülen ve tahmin edilen değerleri ile hata değerlerine ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.30'da verilmiştir. Her iki merada da ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması aynıdır. Benzer şekilde varyasyon katsayısı ve standart sapma değerlerinin de birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. Çizelge 4.30 incelendiğinde tahmin edilen ve ölçülen değerlerin benzerliğini kontrol eden çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı her iki merada da düşük olmasına karşın, nispi hata kareler karekökü ortalaması (RRMSE) %10'nun altında olmasından dolayı hacim ağırlığı için yapılan tahminin tatminkar olduğu söylenebilir. Ölçülen değerlere ilişkin standart sapma ve varyasyon katsayısı değerlerinin tahmin değerlerine göre yüksek olmasının, modelin tahminde düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise daha düşük tahmin etme eğiliminden kaynaklandığı söylenebilir. Hacim ağırlığına ilişkin her iki mera için ayrı ayrı oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.12'de verilmiştir. Elde edilen bu tahmin haritalarına göre hacim ağırlığı Kurşunlu'da 1,05-1,53 g/cm$^3$ arasında ve Ilgaz'da ise 1,03-1,31 g/cm$^3$ arasında değişim göstermektedir. Oluşturulan tahmin haritaları incelendiğinde Ilgaz'daki meranın baş kısmında Doğu-Batı yönünde bir hat şeklinde hacim ağırlığının düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Bu hattan sonra

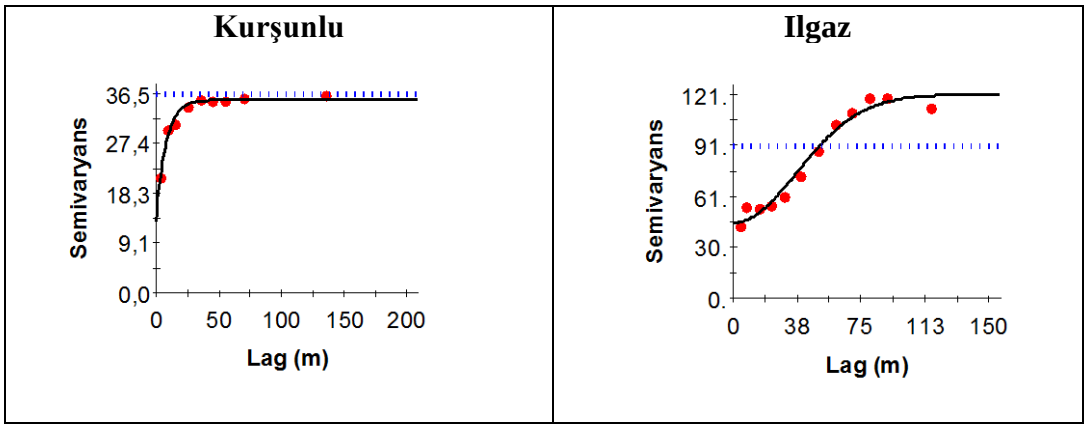
Kuzey ve Güney yönünde hacim ağırlığının göreceli olarak arttığı ve bu artışın Güney yönünde daha fazla olduğu görülmektedir. Toprak tekstür bileşenlerinin tersine, hacim ağırlığının Kurşunlu'daki merada daha yamalı bir yapı sergilediği anlaşılmaktadır. Uzaysal değişim desenindeki bu farklılık semivaryogramların modellenmesindeki başarı ve krigleme tahminlerine de yansımış, toprak tekstür bileşenlerinin tersine, hacim ağırlığında Ilgaz'da daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir




**Şekil 4. 12** Hacim ağırlığının mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.5 Örnekleme esnasında toprak su içeriği (%)

Bitkiler besin elementlerini toprak çözeltisi içerisinden su ile birlikte çözünmüş olarak aldıkları için toprak nemi oldukça önemlidir. Erşahin and Brohi (2006) besin maddesi taşınımında ve dönüşümünde toprak nem içeriğinin önemli bir etkisinin olduğunu ve nem içeriği ile kum miktarı arasındaki ilişkinin, toprak su içeriğini ve bitki besin maddelerinin alansal değişkenliğini etkilediğini ifade etmişlerdir. Toprakların örnekleme anındaki nem içeriği için isotropik semivaryogram modelleme sonuçları Şekil 4.13'de ve teorik modele ilişkin parametreler Çizelge 4.31'de verilmiştir. Ilgaz'daki semivaryogramın genel varyansın üzerinde bir sill değerine ulaşmış olması, örnekleme esnasında toprak su içeriği için bir global trendin olduğunu göstermekte olup, bu aynı zamanda seçilen alanın jeoistatistiksel analiz için yeterince geniş olmadığını göstermektedir.




**Şekil 4. 13** Meralarda toprakların örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 31** Örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

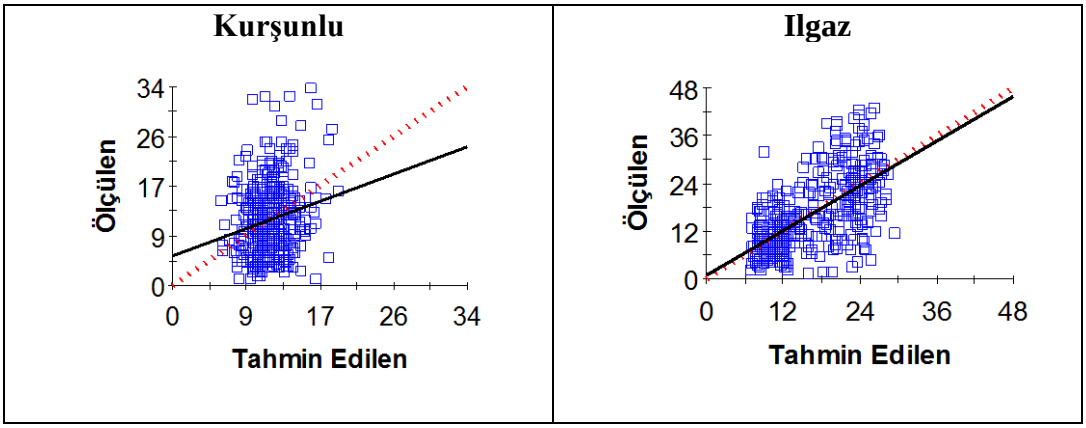
| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 22,4 | 35,40 | 63,27 | Orta | 23,40 | 0,96 | 6,73 |
| Ilgaz | Gaussian | 44,90 | 121,30 | 37,01 | Orta | 91,97 | 0,97 | 249 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kurşunlu'da üssel model Ilgaz'da ise gaussian model deneysel semivaryogramların tanımlanmasında en başarılı sonucu vermiştir. Toprak nemi için range mesafesi Kurşunlu'da 23,4 m, Ilgaz'da ise 91,79 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.31). Çalışmanın ölçeğine ve ölçümlerin yoğunluğuna bağlı olarak toprak nemi için range mesafesi 0,70 ve 650 m arasında değiştiği rapor edilmiştir (Brocca *et al.* 2007). Diğer bazı çalışmalarda toprak nem içeriği için range mesafesini 20 m (Nyberg 1996), 2,9 m (Janik 2005), 5,8 m (De Gryze *et al.* 2006) ve 377 m olarak (Jabro *et al.* 2010) belirlenmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde maksimum semivaryans değerine Kurşunlu'da 20 m, Ilgaz'da 65 m'de ulaşıldığı görülmektedir. Bunun sebebi toprak nem içeriğini kontrol eden faktörlerin (toprak tekstürü, topografya, bitki örtüsü, toprak derinliği vs.) değişkenliğinin meralar arasında oldukça farklı olmasına bağlanabilir. Zhao *et al.* (2007) meralarda yapılan sürekli otlatmanın toprak neminin uzaysal dağılımının daha fazla homojen yapı sergilemesini sağladığını ve artan otlatma yapısına bağlı olarak uzaysal bağımlılık derecesinin azaldığını ifade etmişlerdir. Ancak aynı araştırmacılar otlatma kapasitesinin yüksek olduğu meralarda toprak nem içeriği için uzaysal değişkenliğin fazla olabileceğini belirtmişlerdir. Rossi *et al.* (1992) toprak nemi gibi lokal ortalama ve varyansın değişkenlik gösterdiği durumlarda uzaysal yapının modellenmesinde korelogramların kullanılmasının daha isabetli olacağını belirtmişlerdir.

Küçük havza ve tepe eğim (hill slope) ölçeğinde toprak suyunun yatay (lateral) dağılımının (distribution) toprak karakteristiklerini etkilemesinden dolayı uzaysal olarak değişkenlik gösterebilirler (Moore *et al.* 1988, Williams *et al.* 2003). Çizelge 4.31 incelendiğinde her iki merada da hesaplanan nugget varyansın oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Nugget varyans, örnekleme deseni ve sıklığına bağlı olarak açıklanamayan varyans olarak tanımlanmıştır (Isaaks and Srivastava 1989). Nugget varyansın başlıca nedenleri arasında örnekleme aralıklarının yeterince kısa tutulmaması, mikro topoğrafyadaki ani değişiklikler, örneklerin laboratuvar analizinde yapılan hatalar ve GPS koordinatlarının alınmasında yapılan kaydırmalar gösterilebilir (Mulla and McBratney 2000). Toprak su içeriğinin uzaysal değişkenliği üzerine oldukça farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Mallants *et al.* (1996), toprak neminin uzaysal otokorelasyon mesafesinin 5 m den daha kısa olduğunu bildirmiştir.

Düşük kum içerikli ve düşük hidrolik iletkenliğe sahip toprak zonlarının nem içeriğinin uzaysal değişkenliğinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Desbarats and Bachu 1994).




**Şekil 4. 14** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 32** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,19 | 0,138 | 43,76 |
| Ilgaz | 0,61 | 0,060 | 35,73 |

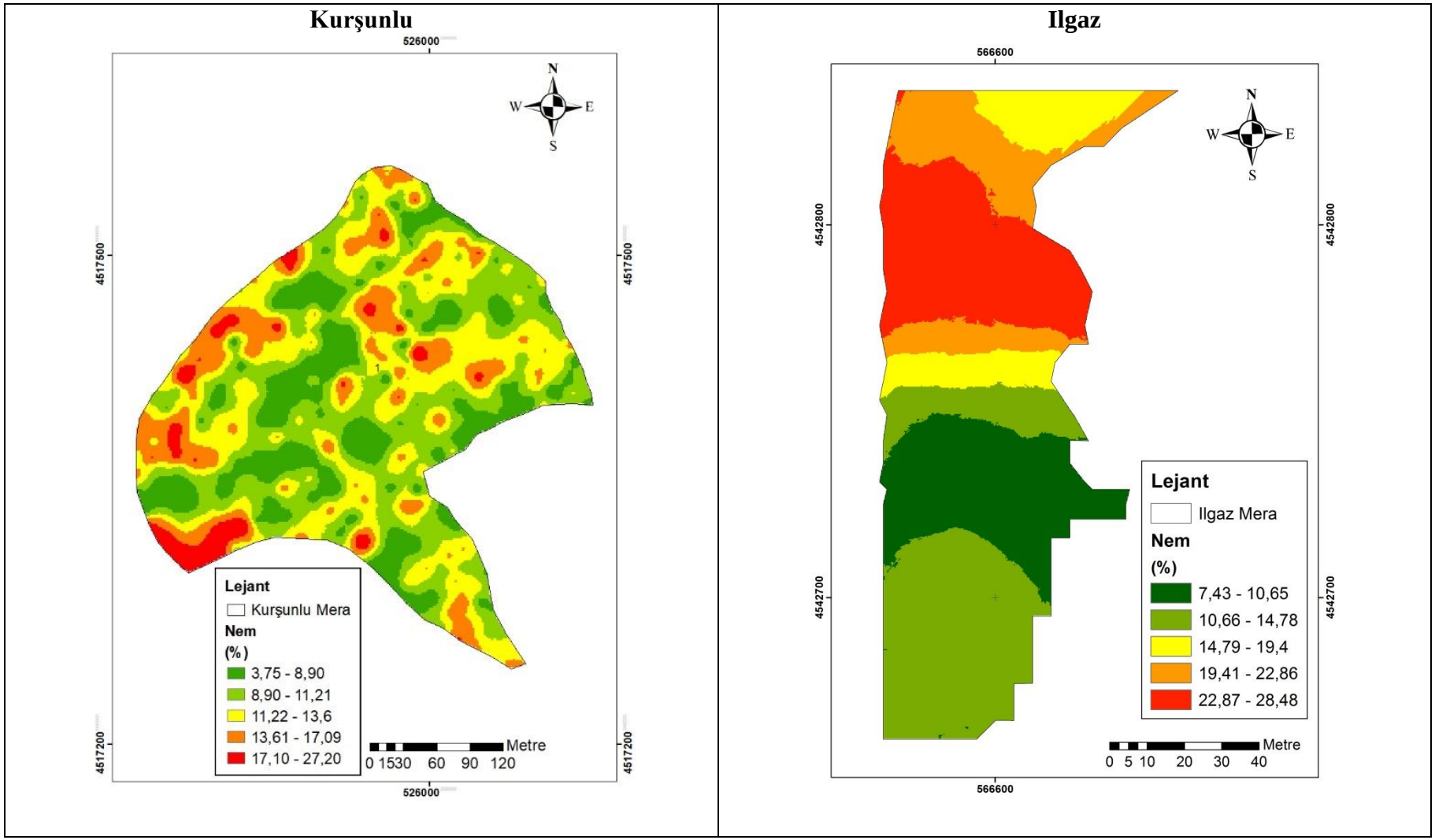
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 33** Mera topraklarının örnekleme esnasında toprak su içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 11,21 | 16,17 | 4,96 | 15,19 | 15,20 | 0,01 |
| SS | 6,06 | 6,35 | 7,44 | 8,47 | 5,82 | 6,52 |
| Varyans | 90,12 | 40,01 | 55,53 | 71,51 | 33,76 | 42,37 |
| VK (%) | 54,05 | 39,23 | 150 | 55,76 | 38,28 | 65200 |
| Çarpıklık | 0,84 | 0,33 | 0,24 | 0,62 | 0,44 | 0,03 |
| Basıklık | 0,95 | -1,37 | 0,81 | -0,50 | -1,17 | 0,26 |
| En büyük | 33,74 | 29,41 | 28,81 | 37,70 | 28,76 | 19,68 |
| En küçük | 1,09 | 6,96 | -20,98 | 1,45 | 6,65 | -19,68 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 355 | 355 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

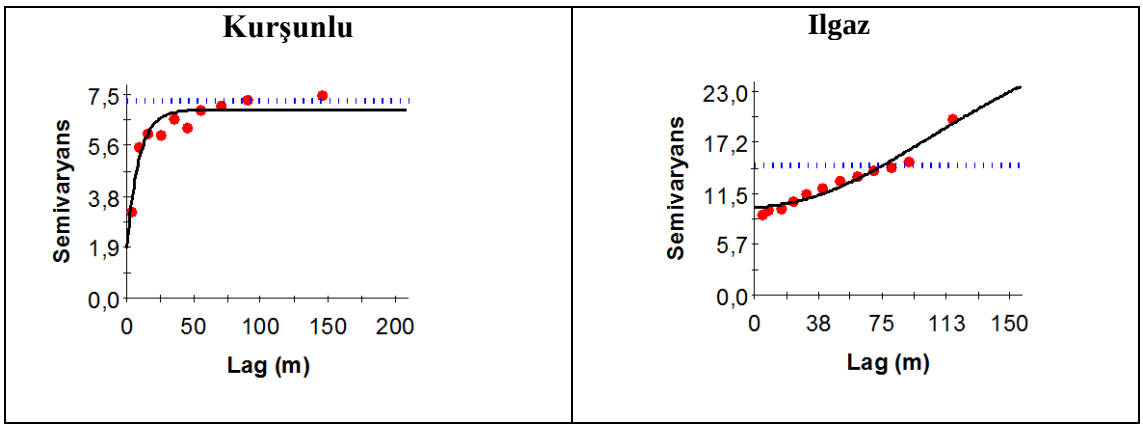
Her iki merada ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında semivaryogram modellerinin ölçülen değerlere oldukça yakın tahminde bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.33). Şekil 4.14 incelendiğinde semivaryogram modelinin düşük değerleri yüksek tahmin ederken, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır. Her iki merada tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri, ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır (Çizelge 4.33). Bu sonuç toprak nemi için ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir olduğunu gösterse de model güvenilirlik kriteri olan RRMSE (nispi hata kareler karekökü ortalaması) değerinin %10'nun üzerinde olması yapılan modellemenin yeterince başarılı olmadığını göstermektedir. Yukarıda semivariogram model (Şekil 4.13) ve parametreleri (Çizelge 4.31) verilen örnekleme esnasında toprak su içeriğinin krigleme enterpolasyon analizi sonucu hazırlanan değişim haritası Sekil 4.15'de verilmiştir. Haritalara bakıldığında, Ilgaz'da çalışma alanı topraklarının örnekleme anındaki su içeriğinin meranın güney kısımlarında diğer bölgelere kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir olduğu görülmektedir. Ayrıca, nem içeriğinin Kurşunlu'da yamalı bir yapı gösterdiği, Ilgaz'da ise kuzeyden güneye doğru tedrici olarak azalan bir trendin olduğu söylenebilir.




**Şekil 4. 15** Örnekleme esnasında toprak su içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.6 Toplam gözeneklilik (%)

Toprak gözenekliliği (f) suyun toprakta tutulması ve hareketini kontrol eden önemli bir faktördür. Toprakların toplam gözeneklilik değerlerine ilişkin semivaryogramlar Şekil 4.16'da, bu semivaryogramlara ilişkin parametreler ise Çizelge 4.34'de sunulmuştur. En uygun semivaryogram modelini oluşturmak (Şekil 4.16) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.17) için toplam gözeneklilik için Kurşunlu'da 7 değer değerlendirme dışında tutulmuştur. Kurşunlu'da üssel, Ilgaz'da ise gaussian en uygun model olarak belirlenmişlerdir.




**Şekil 4. 16** Meralarda toprak gözenekliliğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

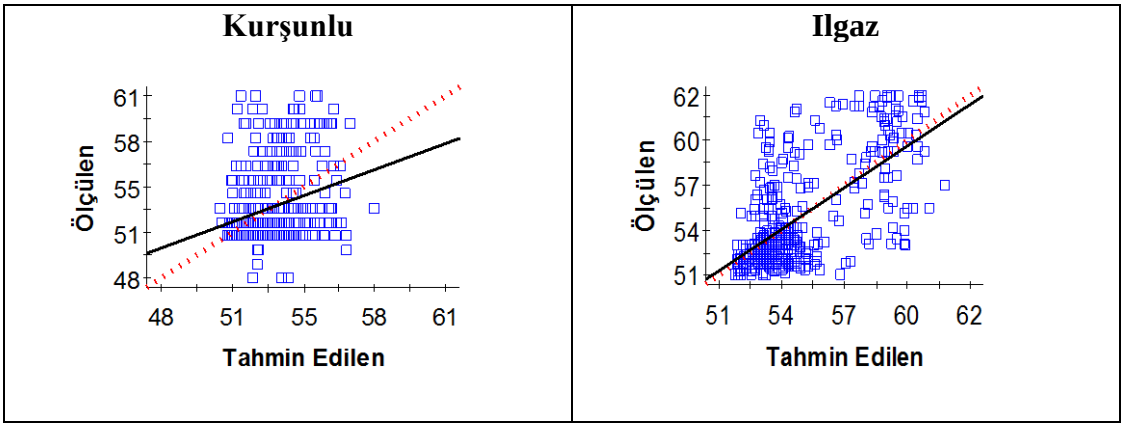
**Çizelge 4. 34** Toprak gözenekliliğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB (%) | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 2,87 | 6,98 | 41,11 | Orta | 27,30 | 0,87 | 1,77 |
| Ilgaz | Gaussian | 10,01 | 29,93 | 33,44 | Orta | 253,22 | 0,95 | 4,99 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Model sonuçlarına göre jeoistatistiksel range Ilgaz'da daha yüksektir (Çizelge 4.34). Tahmin edilen ve ölçülen değerlerin benzerliğinin bir göstergesi olarak kabul edilen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı her iki merada da düşük olmasına karşın

(Çizelge 4.35), nispi hata kareler toplamının (RRMSE) (3,70) %10'dan düşük olması özellikle Ilgaz'da ki merada yapılan tahminin tatminkar olduğunu göstermektedir. Ancak, çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı r değerinin çok daha düşük olması nedeniyle Kurşunlu merası için aynı şeyleri söylemek zordur.




**Şekil 4. 17** Mera toprak gözenekliliğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 35** Toprak gözenekliliğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,27 | 0,102 | 3,75 |
| Ilgaz | 0,57 | 0,065 | 4,32 |

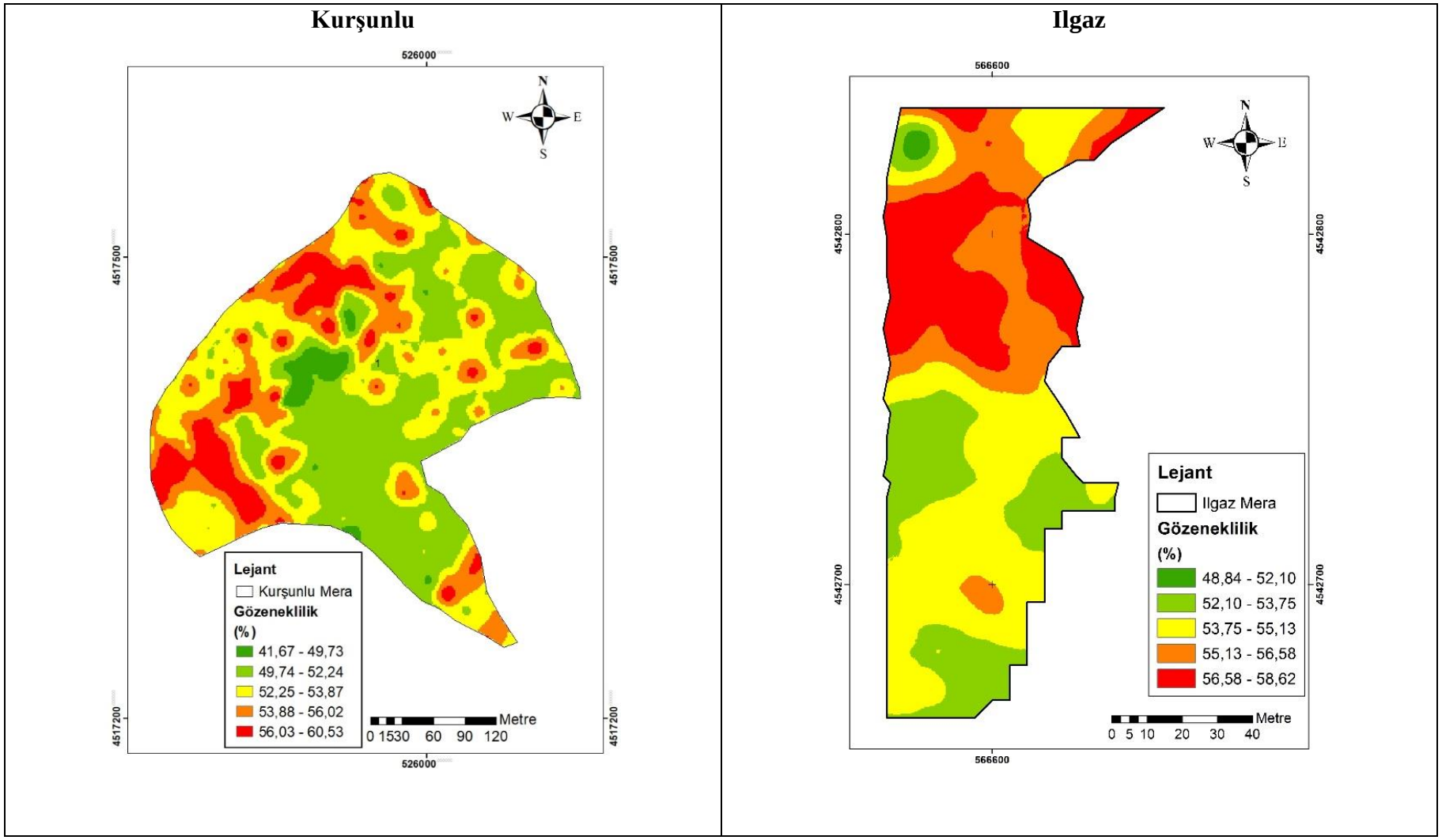
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 36** Toprak gözenekliliğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 52,00 | 53,04 | 1,04 | 55,13 | 55,25 | 0,12 |
| SS | 3,47 | 1,34 | 2,66 | 3,79 | 2,42 | 3,12 |
| Varyans | 7,28 | 1,77 | 7,07 | 14,34 | 5,91 | 9,52 |
| VK (%) | 6,67 | 0,71 | 255,76 | 6,88 | 4,38 | 2600 |
| Çarpıklık | 0,46 | -0,08 | 0,88 | 0,69 | 0,74 | 0,59 |
| Basıklık | 2,11 | 57,79 | 9,39 | -1,04 | -0,79 | 0,31 |
| En büyük | 62,38 | 50,67 | 6,47 | 62,45 | 60,99 | 8,92 |
| En küçük | 37,61 | 2,52 | 22787,70 | 50,76 | 51,61 | -7,24 |
| Örnek Sayısı | 400 | 373 | 373 | 391 | 389 | 389 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

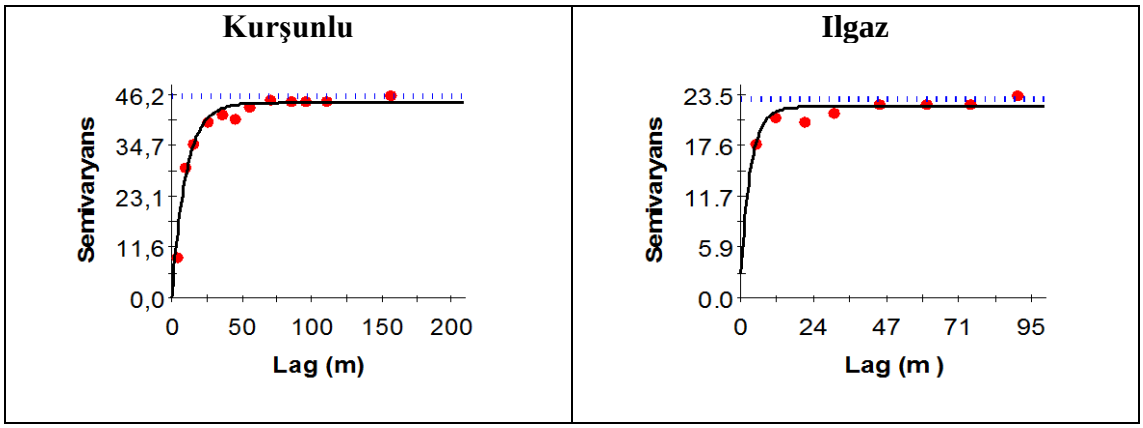
Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması her iki merada da oldukça birbirlerine yakındır (Çizelge 4.36). Ancak varyasyon katsayısı ve standart sapma değerlerinin tahmin edilen değerler için çok daha düşük olması modelin parlatma etkisinin (düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise düşük tahmin etme eğilimi) önemli olduğunu göstermektedir. Toprakların toplam gözeneklilik için elde edilen dağılım haritaları incelendiğinde en yüksek gözeneklilik değerlerinin Kurşunlu'da Kuzey-Batı, Ilgaz'da ise Kuzey kısımlarda olduğu görülmüştür (Şekil 4.18).




**Şekil 4. 18** Toplam gözenekliliğin meralarda uzaysal değişim deseni

### 4.6.7 Tarla kapasitesi (%)

Her iki merada da tarla kapasitesi için üssel model en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek $R^2$ değerini sağladığından en uygun model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.37).




**Şekil 4. 19** Meralarda toprakların tarla kapasitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

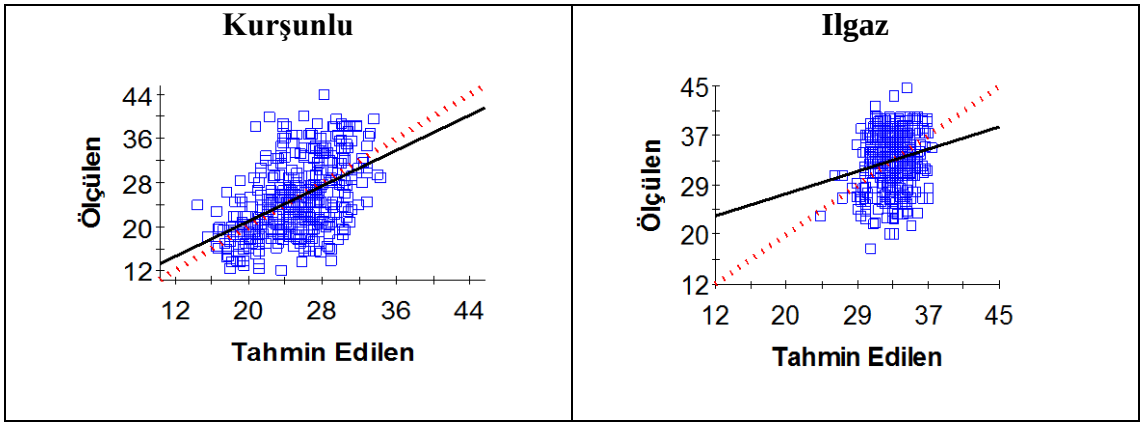
Tarla kapasitesine ilişkin semivaryogramların modellenmesinde Kurşunlu'da en uygun sonucu veren lag aralıkları 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 m, Ilgaz'da ise 5, 20, 40, 60, 80 ve 120 m olarak belirlenmiştir. Ancak Kurşunlu'da uyumu bozan 2 değer, Ilgaz'da ise 9 değer değerlendirme dışında tutulmuştur. Yönsel analiz sonuçları tarla kapasitesinin uzaysal yapısının isotropik olduğunu göstermiştir.

**Çizelge 4. 37** Tarla kapasitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB (%) | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 10,16 | 43,96 | 23,11 | Kuvvetli | 39,60 | 0,96 | 7,50 |
| Ilgaz | Üssel | 17,57 | 22,07 | 79,61 | Zayıf | 9,60 | 0,73 | 5,87 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kurşunlu için yapısal uzaklık (range) 39,6 m, Ilgaz için ise 9,60 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.34). Kurşunlu'da tarla kapasitesi için uzaysal bağımlılık "kuvvetli", Ilgaz'da ise "zayıf"dır (Cambardella *et al.* 1994, Erşahin 1999).




**Şekil 4. 20** Mera topraklarının tarla kapasitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 38** Tarla kapasitesine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,47 | 0,083 | 19,06 |
| Ilgaz | 0,19 | 0,118 | 12,03 |

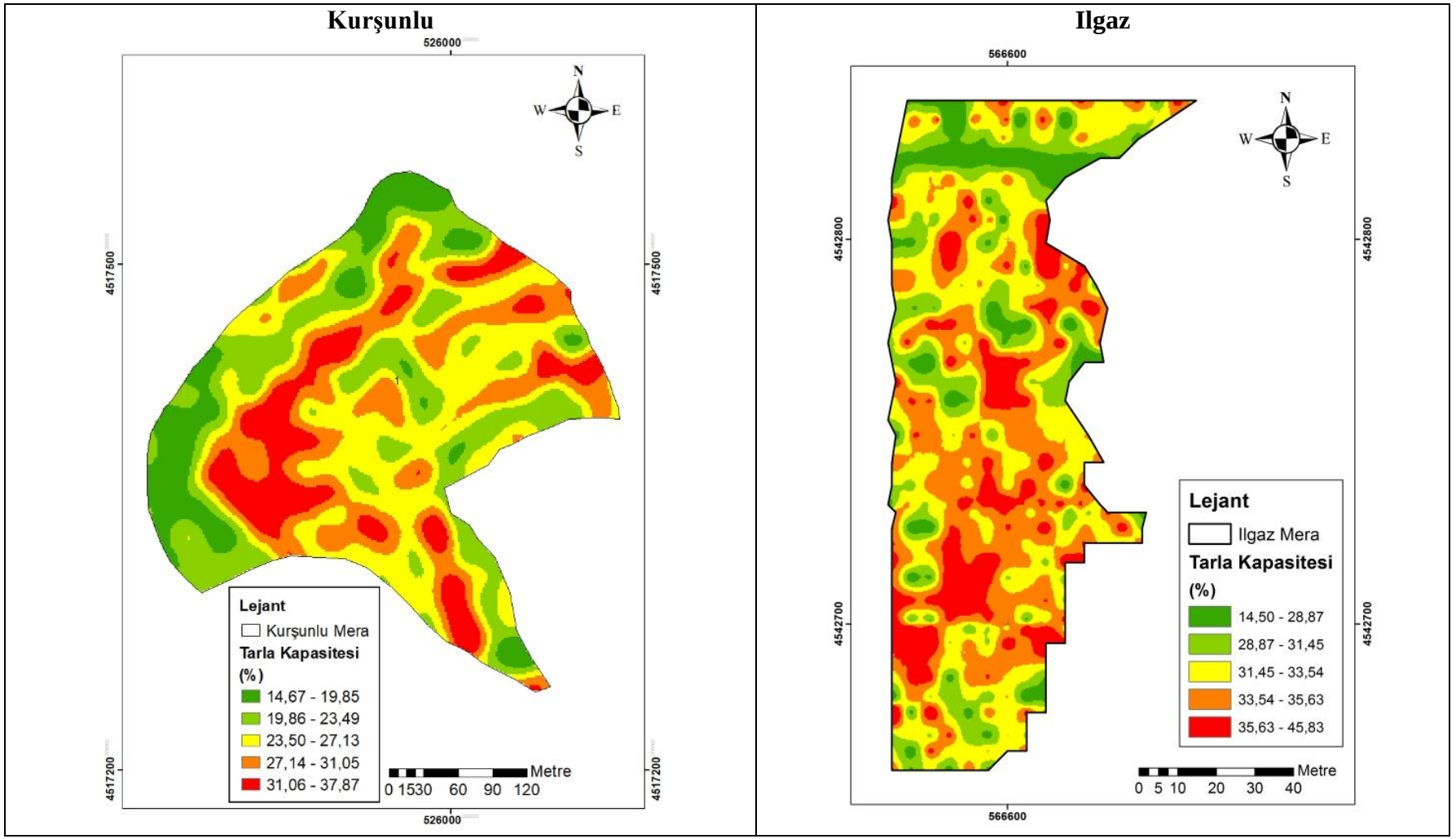
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 39** Tarla kapasitesi için ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 25,07 | 25,10 | 0,03 | 32,66 | 32,67 | 0,01 |
| SS | 6,77 | 3,61 | 5,97 | 4,79 | 2,05 | 4,84 |
| Varyans | 45,58 | 13,00 | 35,55 | 22,92 | 4,19 | 23,33 |
| VK (%) | 27,00 | 14,38 | 19900 | 14,68 | 6,27 | 48400 |
| Çarpıklık | 0,38 | -0,29 | 0,29 | -0,57 | -0,49 | -0,37 |
| Basıklık | -0,67 | -0,36 | -0,23 | 0,44 | 0,46 | -0,16 |
| En büyük | 44,16 | 33,74 | 16,87 | 44,85 | 37,08 | 11,23 |
| En küçük | 11,72 | 15,36 | -14,91 | 11,27 | 24,13 | -16,16 |
| Örnek Sayısı | 400 | 398 | 398 | 391 | 382 | 382 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

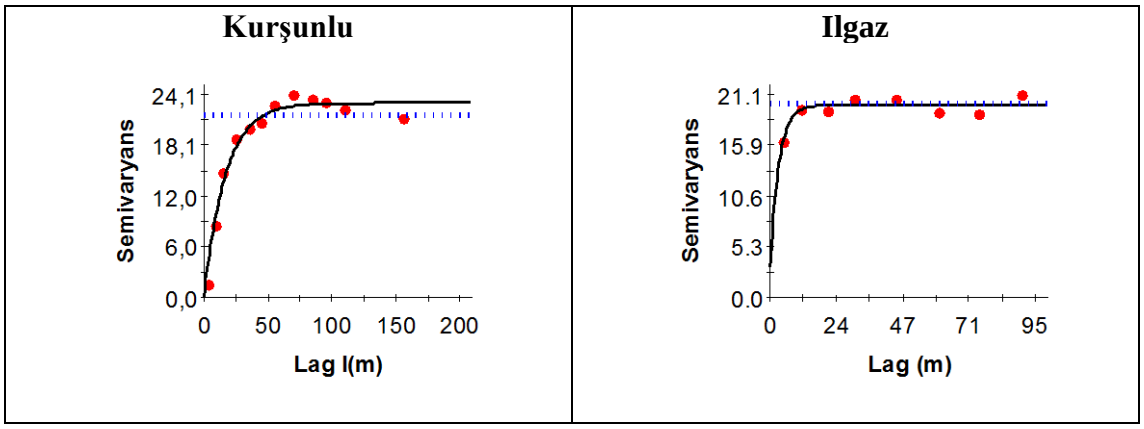
Teorik semivaryogramın geçerliliği çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.38). Çizelge 4.38'deki r ve RRMSE değerleri birlikte incelendiğinde teorik semivaryogramların her iki mera toprakları için de deneysel semivaryogramları yeterince temsil edemediğini göstermektedir. Tarla kapasitesi için oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.21'de verilmiştir. Oluşturulan tahmin haritalarına göre tarla kapasitesi Kurşunlu'da %14,67-37,87 Ilgaz'da ise %14,50-45,83 arasında değişmektedir. Tarla kapasitesi her iki merada da yamalı bir yapı göstermektedir. Tarla kapasitesi toprak tekstür bileşenlerinin dağılımına benzer bir yapı göstermektedir. Özellikle Ilgaz'daki merada bu durum çok daha barizdir. Silt içeriğinin uzaysal yapısı ise hem Ilgaz hem de Kurşunlu merasındaki tarla kapasitesinin uzaysal değişim desenine oldukça benzerdir. Buradan, tarla kapasitesinin uzaysal değişkenliğinin tekstür bileşenleri tarafından etkilendiği söylenebilir.




**Şekil 4. 21** Tarla kapasitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.8 Solma noktası (%)

Solma noktasına ilişkin semivaryogram grafikleri Şekil 4.22'de verilmiştir. Tıpkı diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi yönsel analizden anisotropi (yönsellik) olmadığı anlaşıldıktan sonra isotropik analize devam edilmiştir. Uygun semivaryogram modelinin belirlenmesinde başarıyı artırabilmek için Kurşunlu'da 3, Ilgaz'da 7 solma noktası değeri veri setinden çıkartılmıştır. Solma noktası için uygun semivaryogram modeli Kurşunlu'da üssel Ilgaz'da gaussian olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Nugget etkisi tarla kapasitesinin aksine Ilgaz'da daha yüksek değer almıştır. Tıpkı tarla kapasitesinde olduğu gibi solma noktası için de range mesafesi Kurşunlu merasında daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.40).



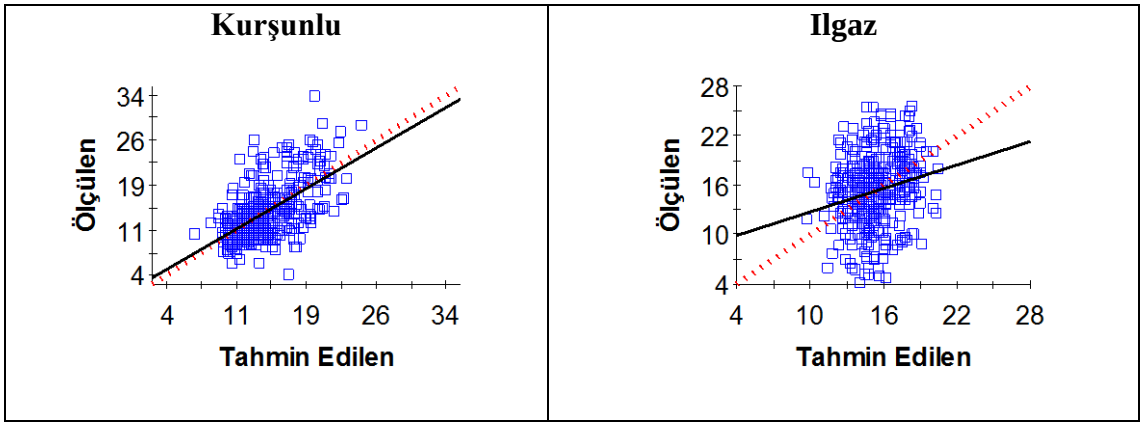

**Şekil 4. 22** Meralarda toprakların solma noktasına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 40** Solma noktasına ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range ($A_0$) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,01 | 23,13 | 0,04 | Kuvvetli | 51,30 | 0,97 | 19,7 |
| Ilgaz | Gaussian | 15,86 | 20,08 | 78,98 | Zayıf | 9,30 | 0,76 | 3,80 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Daha önce yapılmış bazı çalışmalarda solma noktası için range mesafelerini Yetgin (2004) 123,30 m, Erşahin and Brohi (2006) 375 m, Sağlam (2008) 1121 m, Ongun (2008) 41,1 m olarak belirtmişlerdir. Solma noktası için uzaysal bağımlılığı Kurşunlu'da kuvvetli, Ilgaz'da zayıftır (Çizelge 4.40). Kurşunlu'da hesaplanan nugget etkisi değerinin düşük olması solma noktasının kısa mesafelerde fazla değişkenlik göstermediğine işaret etmektedir.




**Şekil 4. 23** Mera topraklarının solma noktasına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 41** Solma noktasına ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,59 | 0,061 | 22,10 |
| Ilgaz | 0,33 | 0,113 | 23,11 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

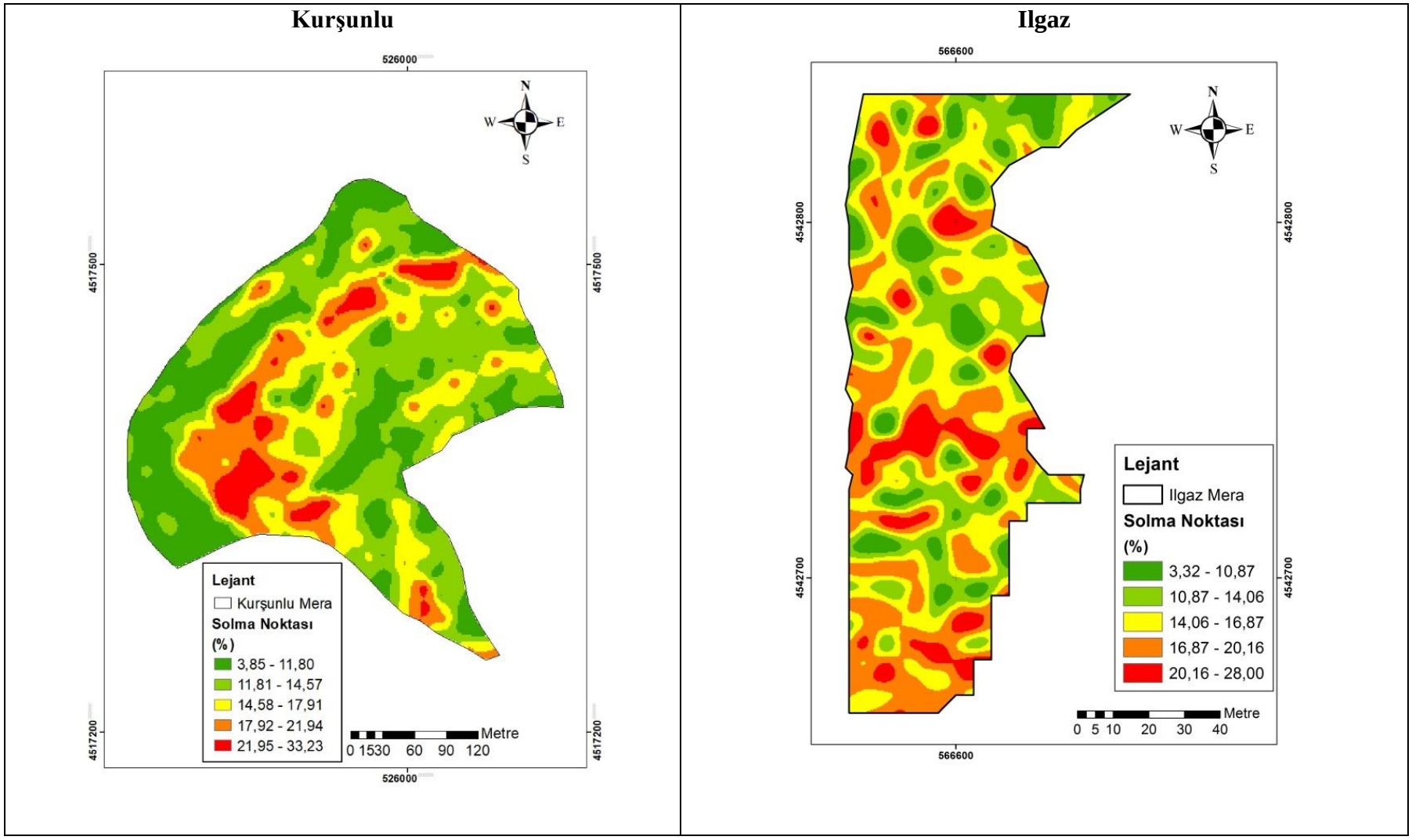
Kurşunlu'da nugget değerinin oldukça düşük (0,01) $R^2$ değerinin (0,97) ise yüksek olmasına rağmen (Çizelge 4.40) çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının düşük ve hesaplanan RRMSE değerinin %10'dan fazla olması sebebiyle kriglemenin başarılı olduğu söylenemez (Çizelge 4.38). Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.42'de verilmiştir. Tahmin edilen ve ölçülen değerlerin benzerliğinin bir göstergesi olarak kabul edilen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı her iki merada da düşük ve toprak neminde olduğu gibi nispi hata kareler karekökü ortalamasının %10'dan çok daha yüksek olması yapılan tahminin yeterince başarılı olmadığı anlamına gelmektedir.

**Çizelge 4. 42** Solma noktasına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 14,21 | 14,24 | 0,03 | 15,37 | 15,39 | 0,02 |
| SS | 4,68 | 4,00 | 3,96 | 4,49 | 1,99 | 4,51 |
| Varyans | 21,64 | 15,98 | 15,61 | 20,10 | 3,95 | 20,30 |
| VK (%) | 32,93 | 28,10 | 13200 | 29,22 | 12,94 | 22550 |
| Çarpıklık | 1,04 | 0,66 | 0,22 | -0,13 | 0,13 | -0,18 |
| Basıklık | 0,91 | 0,23 | 0,87 | 0,17 | -0,36 | 0,07 |
| En büyük | 33,84 | 27,93 | 14,81 | 28,26 | 20,40 | 12,29 |
| En küçük | 3,66 | 3,55 | -14,87 | 3,16 | 9,67 | -16,18 |
| Örnek Sayısı | 400 | 397 | 397 | 391 | 384 | 384 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

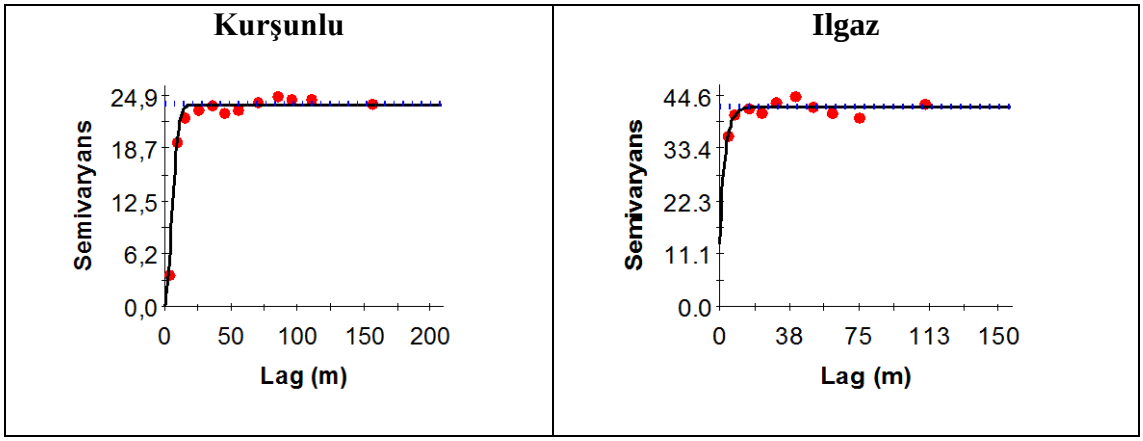
Çapraz değerlendirme sonucunda solma noktasına ilişkin tahmin haritaları Şekil 4.24'de verilmiştir. Tahmin haritalarında dikkati çeken bir husus, Kurşunlu'da çalışma alanının Doğu ve Batı kesiminde yer alan örnekleme noktalarının çok düşük değerler alıyor olmasıdır. Solma noktası toprak tekstürünün bir fonksiyonu olduğu için kil miktarı ile solma noktası arasındaki ilişki krigleme haritalarının benzerliğinde, özellikle Ilgaz merasında, açıkça görülmektedir.




**Şekil 4. 24** Solma noktasının mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.9 Bitkiye yarayışlı su içeriği (%)

Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin semivaryogram grafikleri Şekil 4.25' de verilmiştir. Yapılan yönsel analiz sonuçları bitkiye yarayışlı su içeriğinin uzaysal yapısının isotropik olduğunu göstermiştir. En uygun semivaryogram modelinin oluşturulabilmesi için Kurşunlu'da uyumu bozan 4 değer, Ilgaz'da ise 2 veri değerlendirme dışında bırakılmıştır.



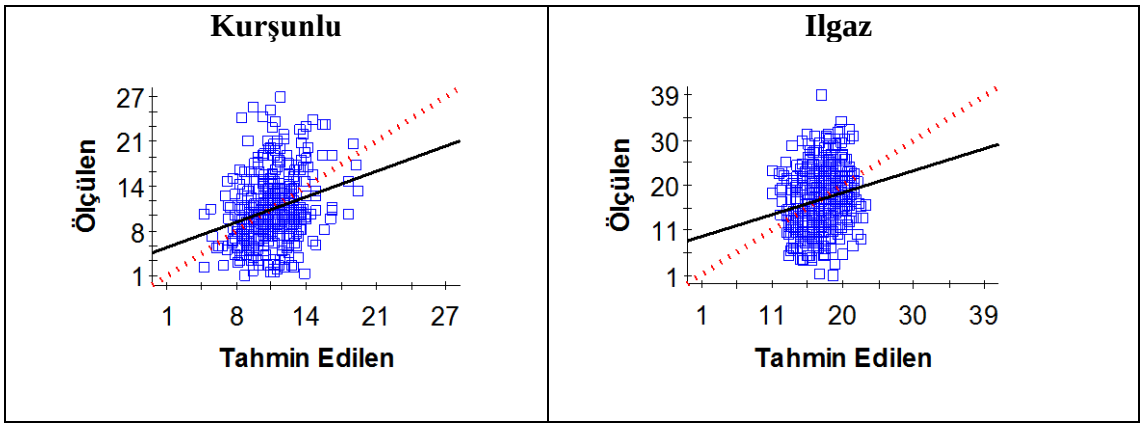

**Şekil 4. 25** Meralarda toprakların bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 43** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Gaussian | 3,4 | 23,86 | 14,24 | Kuvvetli | 12,64 | 0,97 | 10,9 |
| Ilgaz | Üssel | 38,7 | 42,22 | 91,66 | Zayıf | 8,70 | 0,68 | 15,2 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Bitkiye yarayışlı su içeriği için uygun semivaryogram modeli Kurşunlu'da gaussian, Ilgaz'da üssel'dir. Semivaryogramın modellenmesinde bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin deneysel semivaryogram grafiklerine göre, sill değerinin genel varyans değerinin altında olmasından dolayı bitkiye yarayışlı su içeriği için global bir trend olmadığı söylenebilir (Trangmar *et al.* 1986). Jeoistatistiksel aralık (range) Kurşunlu'da 12,64 m iken Ilgaz'da 8,7'dir (Çizelge 4.43).




**Şekil 4. 26** Mera topraklarının bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

Oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.26). Çizelge 4.44 incelendiğinde her iki merada ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon katsayısının oldukça düşük RRMSE değerlerinin oldukça yüksek olması krigleme başarısının son derece düşük olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4. 44** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,26 | 0,103 | 35,18 |
| Ilgaz | 0,18 | 0,130 | 30,70 |

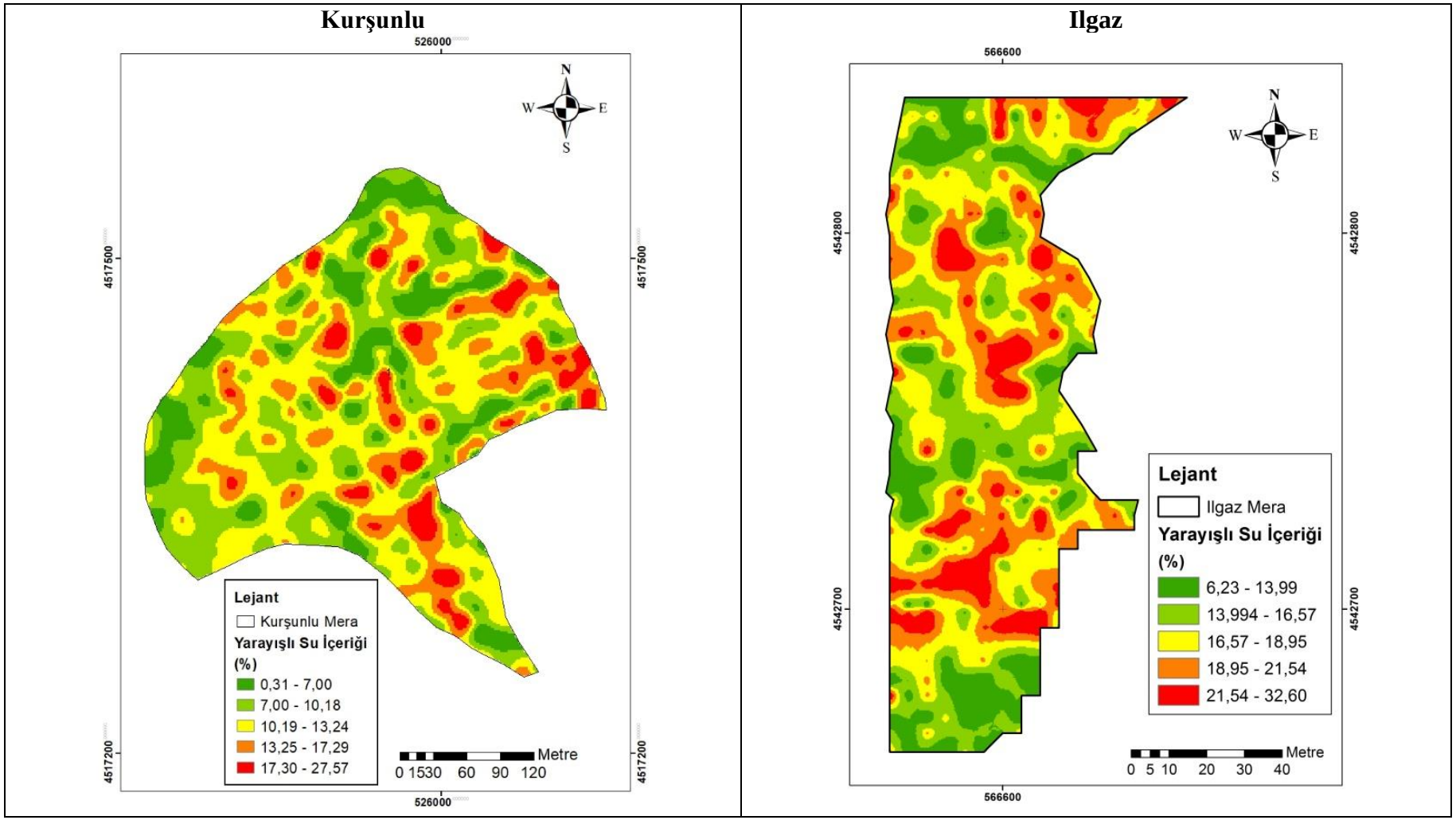
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 45** Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 10,86 | 10,96 | -0,09 | 17,39 | 17,36 | -0,03 |
| SS | 4,89 | 2,31 | 4,83 | 6,51 | 2,51 | 6,51 |
| Varyans | 23,91 | 5,30 | 23,25 | 42,21 | 6,27 | 42,27 |
| VK (%) | 45,02 | 21,04 | | 37,41 | 14,45 | 21700 |
| Çarpıklık | 0,63 | 0,34 | 0,49 | 0,17 | -0,09 | -0,16 |
| Basıklık | 0,40 | 0,80 | 0,55 | -0,28 | -0,56 | -0,25 |
| En büyük | 27,31 | 19,07 | 16,59 | 39,14 | 23,35 | 17,49 |
| En küçük | 1,08 | 4,56 | -12,69 | 1,49 | 10,96 | -21,57 |
| Örnek Sayısı | 400 | 396 | 396 | 391 | 388 | 388 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

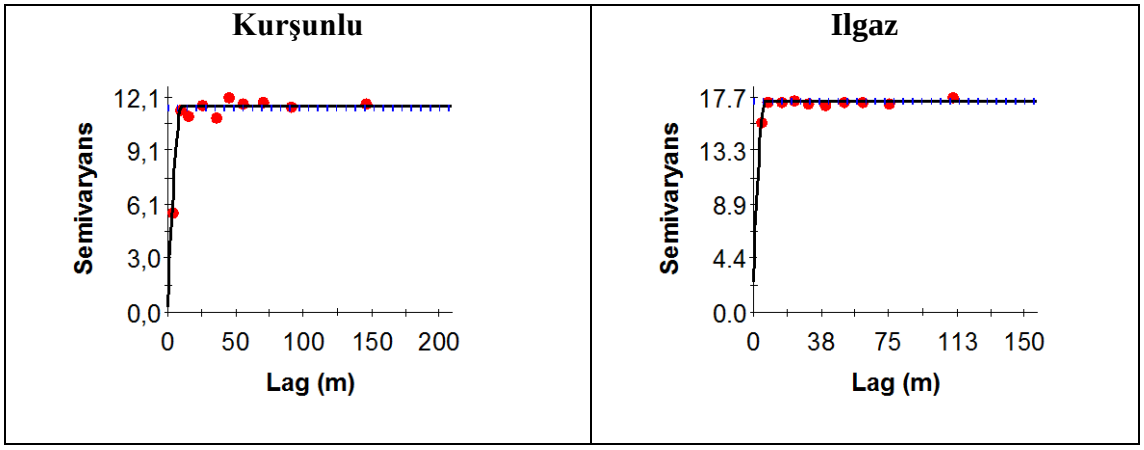
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.45'de verilmiştir. Çizelgeden tıpkı diğer toprak özelliklerinde özelliklerinde olduğu gibi, yarayışlı su içeriği için de kriglemenin aritmetik ortalamayı oldukça başarılı tahmin ettiği ancak verilerin arazideki noktasal tahmininde başarılı olmadığı anlaşılmaktadır. Deneysel semivariogram modelleri oluşturulduktan sonra Kurşunlu ve Ilgaz meraları için bitkiye yarayışlı su içeriğinin değişimlerini gösteren krigleme yüzey haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.27). Bitkiye yarayışlı su içeriğinin ortalaması Kurşunlu'da %10,87 iken Ilgaz'da ise %17,39'dur. Krigleme haritasına göre bitkiye yarayışlı su içeriği tıpkı tekstür bileşenleri ile tarla kapasitesi ve solma noktasında olduğu gibi her iki merada da yamalı bir dağılım göstermektedir. Her iki merada da krigleme enterpolasyonundaki düşük başarının nedeni olarak bu parçalı uzaysal yapı gösterilebilir.




**Şekil 4. 27** Bitkiye yarayışlı su içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.10 Agregat stabilitesi (%)

Toprakta agregat stabilitesinin yüksek olması toprakların havalanması ve hidrolik iletkenliğinin artması gibi fiziksel özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Agregat stabilitesi için yapılan semivaryogram modellemeleri Şekil 4.28'de verilmiştir. En uygun isotropik semivaryogramların oluşturulabilmesi için sadece Kurşunlu'da 2 veri değerlendirme dışında bırakılmıştır.




**Şekil 4. 28** Mera toprakların agregat stabilitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

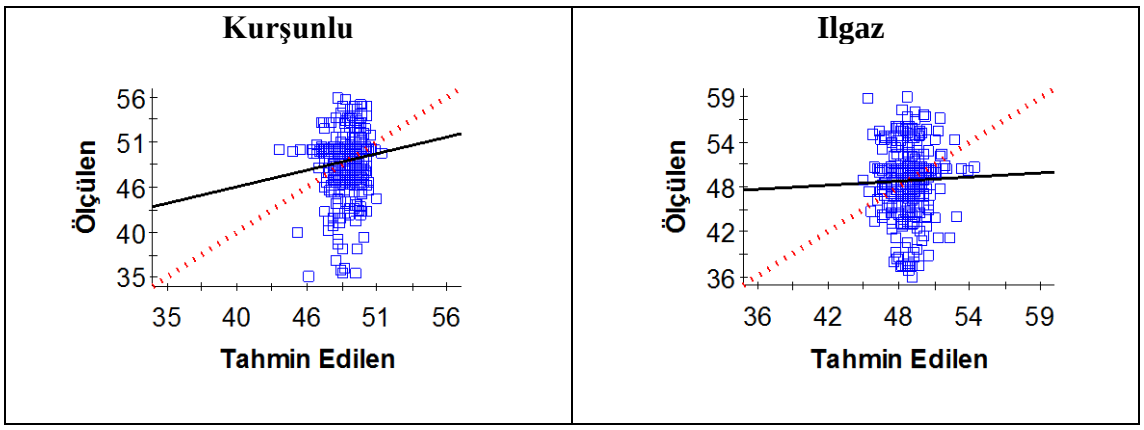
Agregat stabilitesinin çalışılan meralarda değişkenliğini ifade etmek için oluşturulan semivaryogram modellerine ilişkin parametreler Çizelge 4.46'da verilmiştir. Agregat stabilitesinin değişkenliğinin modellenmesinde en iyi sonuç veren model her iki merada da küresel modeldir (Çizelge 4.46).

**Çizelge 4. 46** Agregat stabilitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 5,9 | 11,60 | 50,86 | Orta | 10,40 | 0,96 | 1,11 |
| Ilgaz | Küresel | 15,4 | 17,33 | 88,86 | Zayıf | 6,40 | 0,88 | 0,31 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Agregat stabilitesi Kurşunlu'da kısa mesafelerde orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir (Çizelge 4.46). De Gryze *et al.* (2006) yapmış oldukları çalışmada agregat stabilitesi için range mesafesini 4m olarak bulmuşlardır. Yapılan bir çalışmada agregat stabilitesinin arazide bir noktadan diğer bir noktaya değişkenlik gösterebileceği ve bu değişkenliğin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olduğu belirtilmiştir (De Souza *et al.* 2009). Ayrıca agregat stabilitesini etkileyen başlıca toprak özellikleri arasında toprağın kil içeriği, organik madde içeriği ve çok değerlikli katyonlar gösterilebilir (Brady and Weil 2008).




**Şekil 4. 29** Mera topraklarının agregat stabilitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 47** Agregat stabilitesine ilişkin için çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,11 | 0,157 | 5,10 |
| Ilgaz | 0,03 | 0,162 | 6,55 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

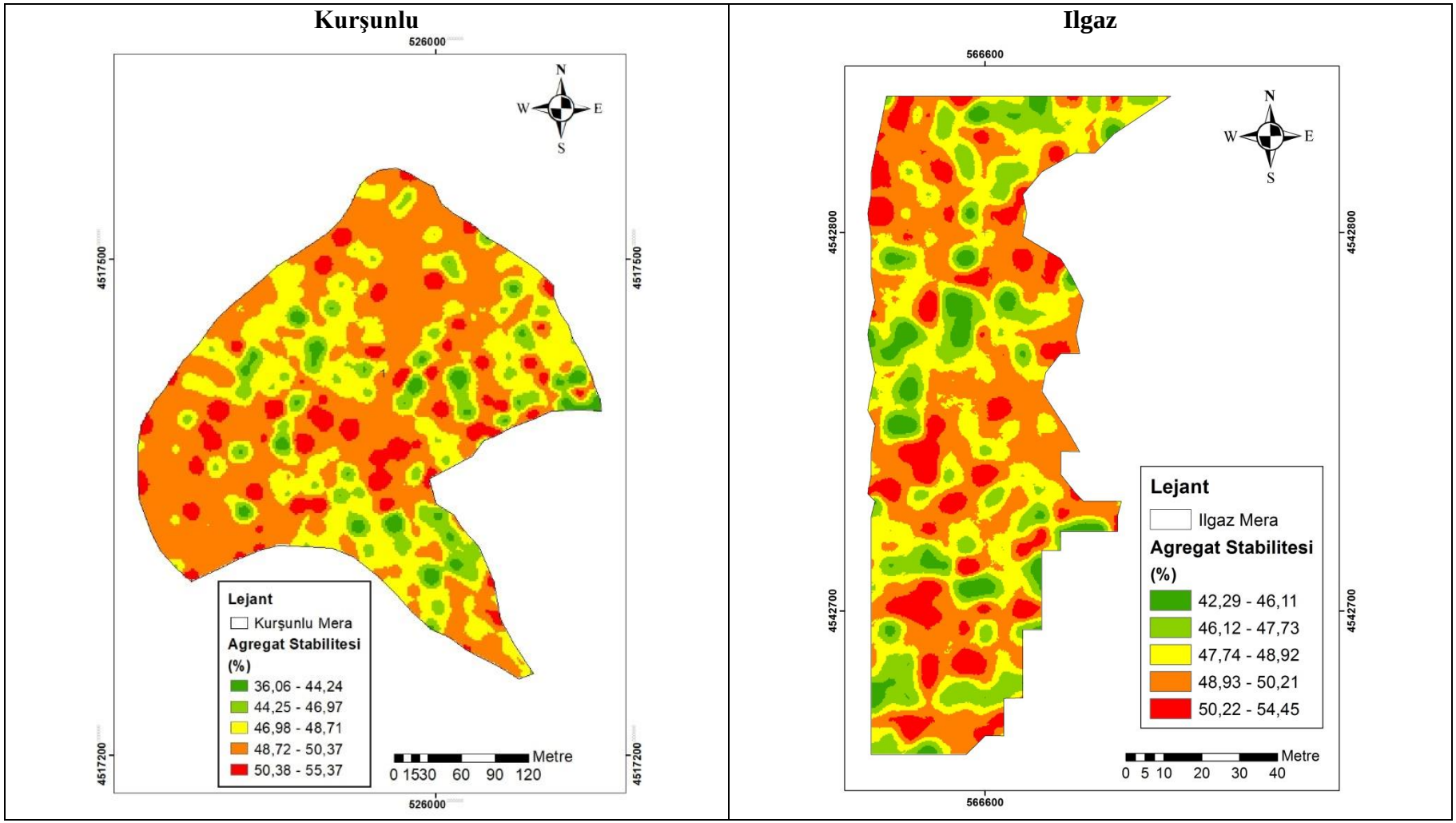
Agregat stabilitesi için oluşturulan semivaryogram modellerinin ne kadar doğru tahmin yaptığını belirlemek amacıyla çapraz değerlendirme yapılmıştır (Şekil 4.29). Modelleme başarı kriteri olan RRMSE değerleri %10'dan küçük olsa da çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının oldukça küçük olması ve çapraz değerlendirme grafiklerinde görüldüğü gibi ölçülen ve tahmin edilen değerlerin 1:1-doğruya oldukça uzak durması nedeniyle krigleme başarılı sayılamaz.

**Çizelge 4. 48** Agregat stabilitesine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 48,70 | 48,66 | 0,06 | 48,70 | 48,68 | -0,02 |
| SS | 3,39 | 1,09 | -1,05 | 4,17 | 1,30 | 4,33 |
| Varyans | 11,43 | 1,18 | 11,76 | 17,35 | 1,69 | 18,72 |
| VK (%) | 6,96 | 2,24 | | 8,57 | 2,67 | 21650 |
| Çarpıklık | -1,31 | -0,97 | -1,05 | -0,59 | 0,22 | -0,44 |
| Basıklık | 2,99 | 1,73 | 2,16 | 0,75 | 1,24 | 0,75 |
| En büyük | 56,17 | 51,16 | 8,29 | 59,43 | 54,07 | 13,93 |
| En küçük | 34,86 | 43,41 | -13,88 | 36,29 | 44,93 | -12,67 |
| Örnek Sayısı | 400 | 398 | 398 | 391 | 391 | 391 |

AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı

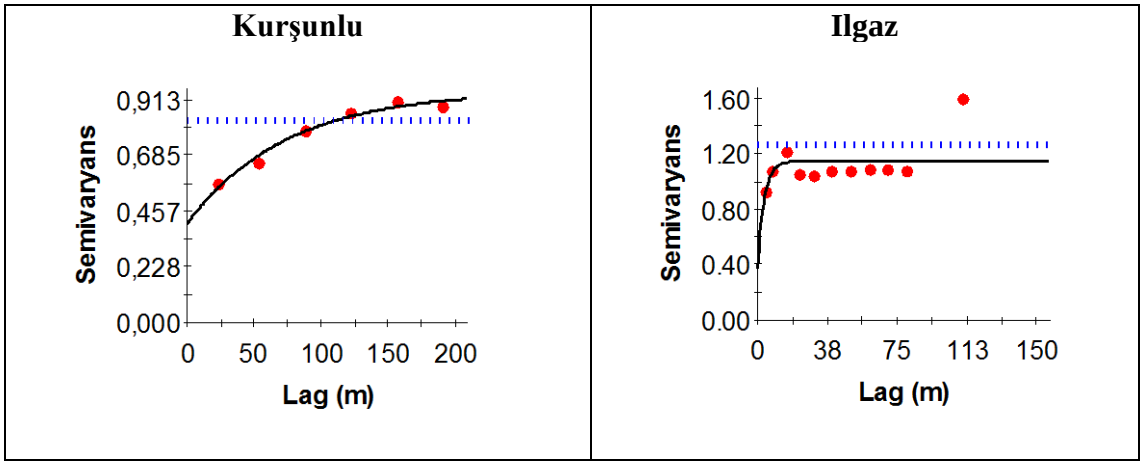
Agregat stabilitesinin alandaki değişimini gösteren tahmin yüzey haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.30). Çalışma alanında agragat stabilitesi % 7,91-99,72 arasında değişim göstermektedir. Elde edilen tahmin haritası incelendiğinde agregat stabilitesinin arazi boyunca çok fazla değişkenlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.30). Kurşunlu'da kil içeriğinin yüksek olduğu yerlerde agregat stabilitesinin de yüksek olduğu ancak Ilgaz'da bunun tam tersi olduğu görülmüştür. Elde edilen tahmin haritaları incelendiğinde her iki merada da agregat stabilitesinin yamalı bir yapı sergilediği görülmektedir (Şekil 4.30).




**Şekil 4. 30** Agregat stabilitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.11 $CaCO_3$ içeriği (%)

$CaCO_3$ toprakta çimentolayıcı özelliği ile agregatlaşma üzerinde olumlu etkileri vardır (Dontsova and Norton 2001).




**Şekil 4. 31** Mera toprakların $CaCO_3$ içeriğine (%) ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

Şekil 4.31 incelendiğinde $CaCO_3$ içeriği için oluşturulan semivaryogramların yapı olarak oldukça farklı olduğu görülmektedir. Kurşunlu için uygun semivaryogram modeli üssel, Ilgaz için küresel olarak belirlenmiştir (Şekil 4.31). En uygun semivaryogram modelinin elde edilebilmesi için Kurşunlu'da 3 değer veri setinden çıkartılmıştır.

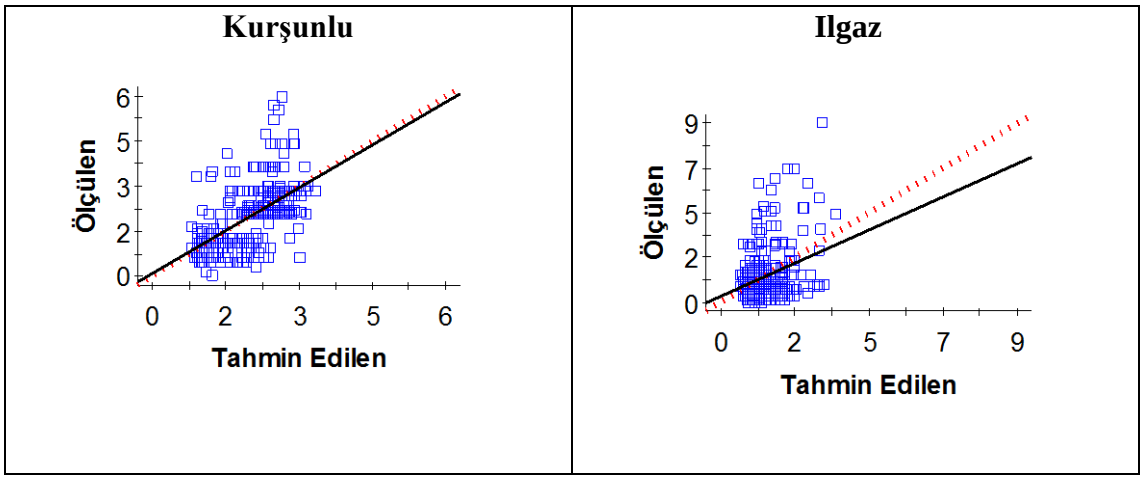
**Çizelge 4. 49** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,56 | 0,95 | 58,94 | Orta | 223 | 0,97 | $2{,}275\times10^{-3}$ |
| Ilgaz | Üssel | 0,97 | 1,14 | 85,08 | Zayıf | 10,50 | 0,14 | 0,25 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Range mesafeleri açısından her iki meranın oldukça farklı olduğu görülmüştür. Ilgaz'da $CaCO_3$ içeriğinin oldukça zayıf bir uzaysal bağımlılık gösterdiği, örnek çiftlerinin

bağımlı olduğu maksimum mesafenin yaklaşık 8,5 m olduğu ve incelenen birçok toprak özelliğine göre daha kısa mesafelerde değişim sergilediği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.49). Kavianpoor *et al.* (2012) kireç içeriğindeki uzaysal bağımlılığı etkileyen en önemli faktörler arasında toprak tekstürü ve mineralojisi olduğunu belirtmişlerdir. Trangmar *et al.*(1986b) ve Warrick *et al.* (1986) kireç içeriğinin kısa mesafelerde aşırı değişkenlik gösterdiğini ve buna bağlı olarak uzaysal bağımlılığının da oldukça değişik değerler aldığını ifade etmişlerdir. Diğer bazı çalışmalarda kireç içeriği için range mesafesini Yetgin (2004) 70,80 m, Akbaş (2004) 221,9 m ve Saleh (2018) 14,4 m olarak bildirmişlerdir.




**Şekil 4. 32** Mera topraklarının $CaCO_3$ içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 50** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,60 | 0,065 | 19,74 |
| Ilgaz | 0,31 | 0,111 | 50,39 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

$CaCO_3$ içeriği için oluşturulan semivaryogram modelleri, çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.32). Modellerin çapraz değerlendirme sonucu Kurşunlu için r değeri 0,60, Ilgaz için 0,31 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.50). Her ne kadar ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamaları birbirine oldukça yakın olsa da (Çizelge 4.51) her iki merada da toprak kireç içeriği için tahminlerin yeterince başarılı olduğu söylenemez.

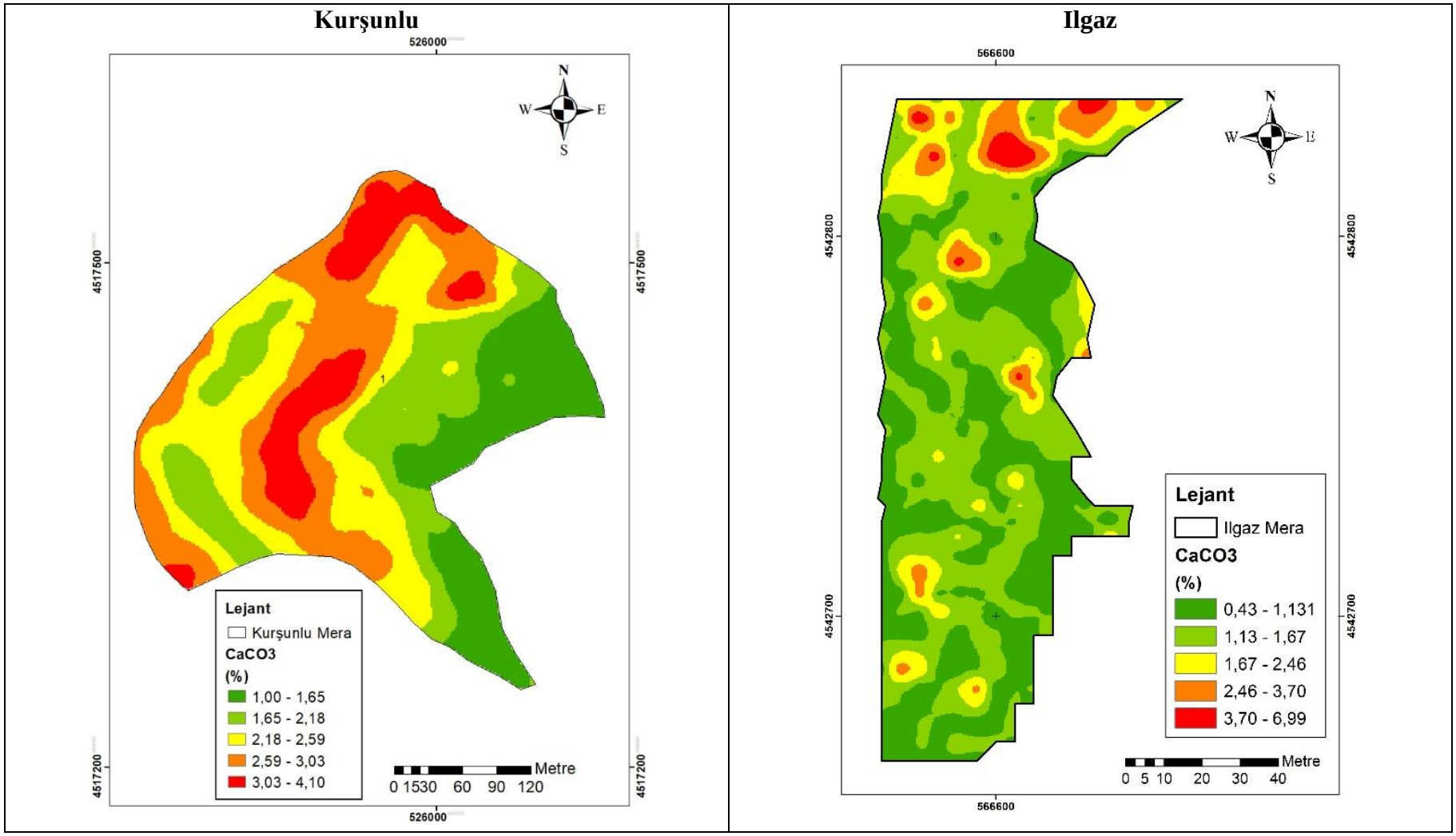
Çünkü her iki mera için de hem r değeri düşüktür hem de RRMSE (nispi hata kareler karekökü ortalaması) değeri %10'nun oldukça üzerindedir.

**Çizelge 4. 51** $CaCO_3$ içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 2,26 | 1,74 | -0,52 | 1,38 | 1,39 | 0,01 |
| SS | 1,02 | 0,53 | 0,69 | 1,2 | 0,48 | 1,072 |
| Varyans | 0,82 | 0,43 | 0,58 | 1,25 | 0,23 | 1,14 |
| VK (%) | 45,13 | 30,62 | 132,69 | 81,01 | 34,53 | 10720 |
| Çarpıklık | 1,13 | -0,15 | 1,30 | 2,71 | 1,63 | 1,699 |
| Basıklık | 3,22 | -0,40 | 4,96 | 9,87 | 2,76 | 5,381 |
| En büyük | 7,08 | 3,00 | 3,00 | 8,86 | 3,54 | 5,750 |
| En küçük | 0,29 | 1,000 | -2,110 | 0,15 | 0,72 | 2,15 |
| Örnek Sayısı | 400 | 397 | 397 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

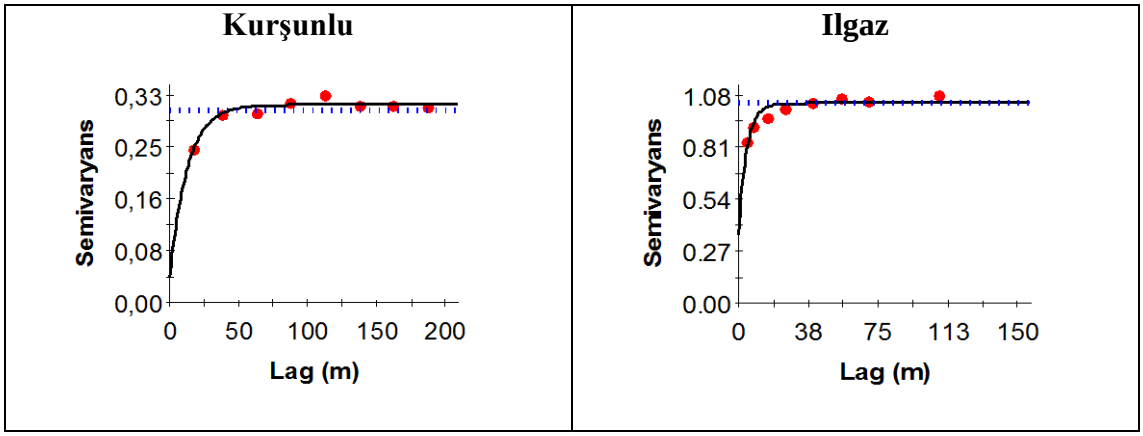
Arazide ölçüm yapılmayan noktalar için değerler tahmin edildikten sonra kireç içeriğinin her iki merada değişimini gösteren tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.33). Elde edilen verilerle oluşturulan değişim haritalarına bakıldığında Ilgaz'daki merada $CaCO_3$ içeriğinin yamalı bir yapı gösterdiği ancak çok da değişken olmadığı görülmektedir (Şekil 4.33). Kurşunlu' da ise Güneydoğu'dan Kuzey' e doğru gidildikçe $CaCO_3$ içeriğinin arttığı görülmektedir. Her iki merada da $CaCO_3$ içeriği bitkilerin topraktan besin elementi alımına engel teşkil edecek düzeyde değildir




**Şekil 4. 33** %$CaCO_3$ içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.12 Organik madde

Toprak organik maddesi toprağın fiziksel koşullarını düzenleyen, biyolojik ve kimyasal süreçleri teşvik eden önemli bir faktördür. Toprakta iyi bir strüktür ile agregat oluşumu toprağın su tutma kapasitesi ve havalanması gibi özellikler toprak organik maddesiyle doğrudan ilişkilidir (Dexter *et al.* 2008). Whelan *et al.* (1996) toprak organik madde içeriğinin uzaysal yapısının bilinmesinin diğer toprak özellikleri hakkında da önemli bilgiler verebileceğini ifade etmişlerdir. Çalışılan mera topraklarının organik madde içeriğinin uzaysal yapısı isotropik üssel semivaryogram modelleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4.34) ve model parametreleri Çizelge 4.52'de verilmiştir.




**Şekil 4. 34** Meralarda toprakların organik madde içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

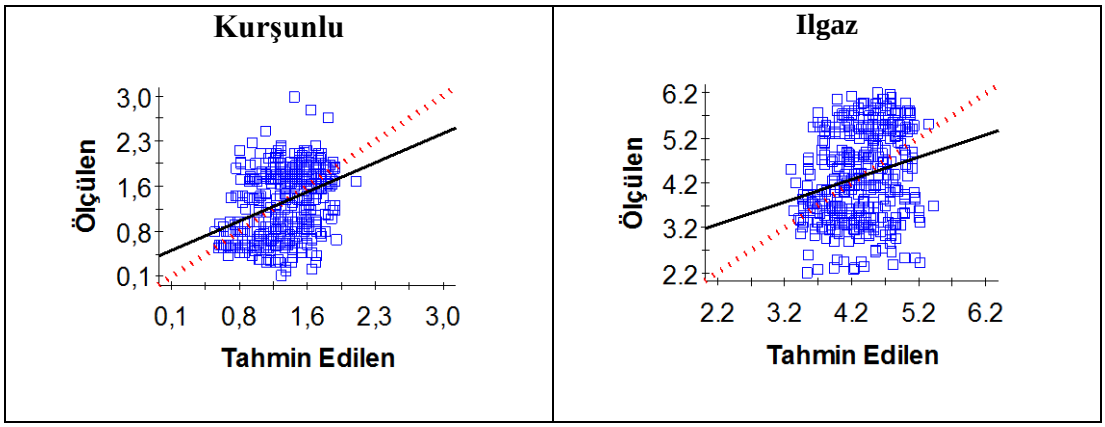
**Çizelge 4. 52** Organik madde içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,24 | 0,31 | 77,41 | Zayıf | 38,40 | 0,91 | $4{,}124\times10^{-4}$ |
| Ilgaz | Üssel | 0,82 | 1,03 | 79,61 | Zayıf | 12,60 | 0,83 | $8{,}231\times10^{-3}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Semivaryogramın modellenmesinde Kurşunlu'da uyumu bozan 3, Ilgaz'da ise 2 değer, değerlendirme dışında tutulmuştur. Organik maddenin Kurşunlu'da zayıf, Ilgaz'da orta derecede uzaysal bağımlılık gösterdiği ve etki aralığının (range) toprağın tekstürel

fraksiyonlarındakine benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 4.52). Şekil 4.34 incelendiğinde organik maddenin nugget değerinin yüksek olması arazideki organik madde içeriğinin oto-korelasyonun zayıf olduğunu gösterir. Bu durum organik madde içeriğinin kısa mesafelerde yüksek değişkenlik göstermesinden kaynaklanmakladır.




**Şekil 4. 35** Mera topraklarının organik madde içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 53** Organik madde içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,37 | 0,081 | 32,58 |
| Ilgaz | 0,22 | 0,109 | 19,37 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

Cambardella *et al.* (1994) kuvvetli uzaysal bağımlılığı iç faktörlerin zayıf uzaysal bağımlılığın ise dış faktörler tarafından belirlendiğini belirtmektedirler. Gokalp *et al.* (2010) 2.800 hektarlık bir alanda yaptıkları çalışmada organik madde için range mesafesinin 2.600 m olduğunu ve toprak organik maddesinin vejetasyon yoğunluğu ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Xu *et al.* (2010) vejetasyon yoğunluğu ve farklı amenajman uygulamalarının toprak organik maddesinin uzaysal değişkenliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda toprak organik maddesinin uzaysal bağımlılığının çok kuvvetliden zayıfa kadar farklı derecelerde olduğu belirtilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda organik madde için range mesafeleri 320 m (Erşahin 1999), 126 m (Yetgin 2004), 341 m (Akbaş 2004), 210 m, (Kılıç and Kılıç 2006), 253 m (Virgilip *et al* 2006), 306 m (Miao *et al.* 2006), 864 m (Bogunovic

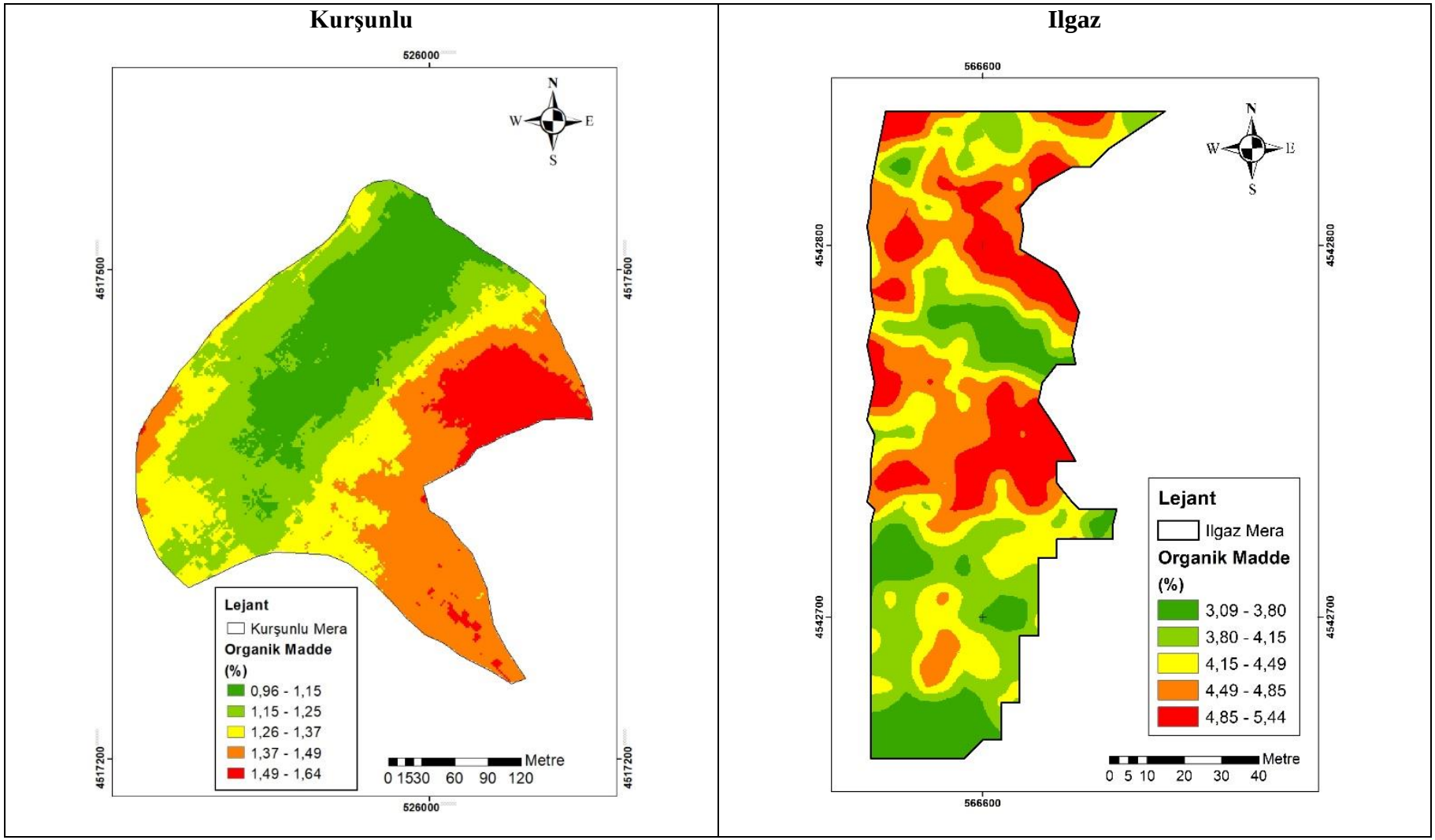
*et al.* 2014) ve 7,25 m (Saleh 2018) olarak verilmiştir. Organik madde içeriği için oluşturulan isotropik semivaryogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.35). Çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı ve RRMSE değerlerinden kriglemenin tahmin başarısını sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.53).

**Çizelge 4. 54** Organik madde içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 1,30 | 1,29 | -0,01 | 4,34 | 4,33 | -0,01 |
| SS | 0,55 | 0,26 | 0,49 | 1,02 | 0,45 | 1,01 |
| Varyans | 0,29 | 0,06 | 0,24 | 1,039 | 0,21 | 1,03 |
| VK (%) | 42,30 | 20,27 | 4900 | 23,50 | 10,39 | 10100 |
| Çarpıklık | -0,007 | -0,41 | -0,11 | -0,002 | -0,05 | -0,244 |
| Basıklık | -0,98 | -0,68 | -0,39 | -1,108 | -0,72 | -0,601 |
| En büyük | 3,02 | 1,78 | 1,35 | 6,23 | 5,45 | 2,130 |
| En küçük | 0,12 | 0,67 | -1,35 | 2,17 | 3,27 | -2,860 |
| Örnek Sayısı | 400 | 397 | 397 | 391 | 389 | 389 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

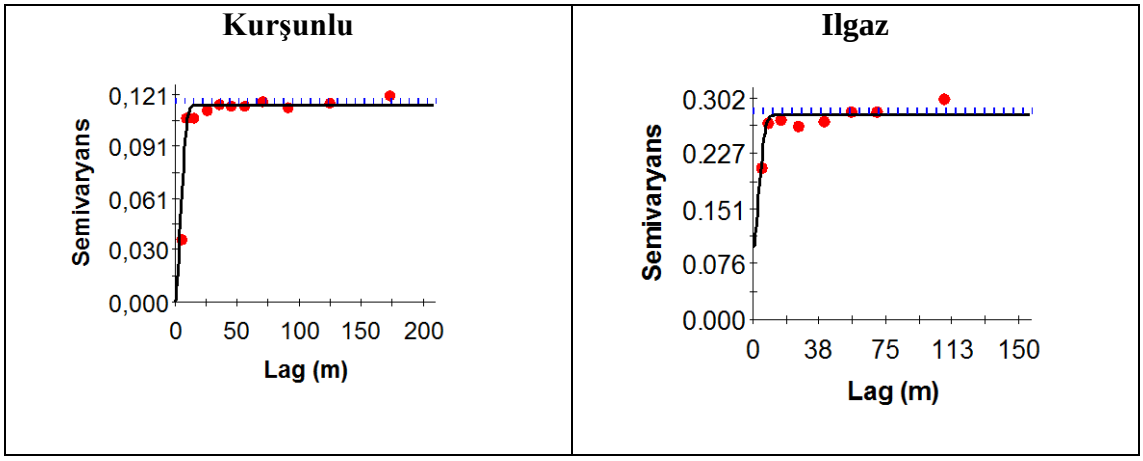
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.54'de verilmiştir. Tıpkı diğer özelliklerde olduğu gibi organik madde içinde ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin ortalama değerlerin oldukça birbirine yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.54). Ancak standart sapma ve varyasyon katsayısı tahmin edilen değerler için daha düşüktür. Özellikle de hataların aşırı değişkenliği dikkate çekmektedir. Buradan yukarıda da belirtildiği gibi krigleme ile yapılan tahminlerin yeterince başarılı olmadığı söylenebilir. Organik madde içeriğine ilişkin her iki mera için ayrı ayrı oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.36'da verilmiştir. Kurşunlu'da organik madde içeriği %0,96-1,64 Ilgaz'da ise %3,09-5,44 arasında farklılık göstermektedir (Şekil 4.36). Organik madde için oluşturulan tahmin haritaları incelendiğinde Kurşunlu'da Kuzeybatıdan Güneydoğu'ya, Ilgaz'da ise Güney'den Kuzey'e doğru organik madde içeriğinin arttığı görülmektedir. Özellikle Kurşunlu'daki merada organik maddenin %0,96 gibi çok düşük olduğu alanlarda toprak verimliliğinin düşük olması, toprakların bozulmaya karşı daha hassas olmasına ve erozyon riskinin ise yüksek olmasına neden olur.




**Şekil 4. 36** Organik madde içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.13 Toprak pH'sı

Bitki besin elementlerinin yarayışlılığını kontrol eden faktörler arasında toprak pH' sı önemli bir yere sahiptir (Gobat *et al.* 2004, Herrick *et al.* 2006, Dong *et al.* 2012). Toprak pH'sı için, incelenen isotropik modeller arasından en uygun semivaryogram modeli olarak en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek $R^2$ değerini veren model kriterine göre her iki merada üssel model öne çıkmıştır (Şekil 4.37). Yapılan yönsel analizi takiben anisotropi olmadığı anlaşıldıktan sonra isotropik analize devam edilmiştir. En uygun modelin belirlenebilmesi için sadece Kurşunlu'da 5 değer değerlendirme dışı tutulmuştur.




**Şekil 4. 37** Meralarda toprakların pH'sına ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

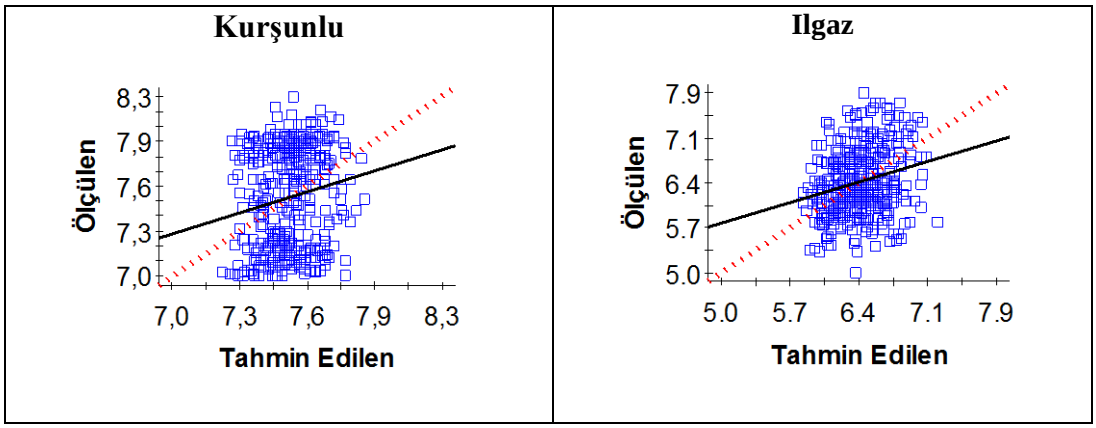
Çizelge 4.55 incelendiğinde pH için Kurşunlu'da ve Ilgaz'da orta derecede bir uzaysal bağımlılık olduğu anlaşılmaktadır. Ancak her iki meradaki bu uzaysal bağımlılığın çok kısa mesafeli olduğu görülmüştür. Her iki merada toprak pH'sı için hesaplanan nugget değerinin sıfıra yakın olduğu görülmüştür. Ancak Erşahin (1999) alüvyal bir arazide yapmış olduğu çalışmasında pH'nın nugget varyansının yüksek olduğunu belirtmiştir. Toprak özellikleri için sıfıra yakın nugget değeri kısa mesafelerdeki değişkenliğin oldukça düşük olduğu anlamına gelmektedir. (Reyment and Davis 1988,Vieira and Gonzalez 2003). Kurşunlu ve Ilgaz'da toprak pH'sının range değerleri biribirine

yakındır (Çizelge 4.55). Yapılan bazı çalışmlarda toprak pH'sı için uzaysal bağımlılık mesafesi (range) 250 m (Cerri *et al.* 2004), 114,8 m (Yetgin 2004), 62 m (Akbas 2004), 169 m (Kılıç and Kılıç 2006), 1295 m (Sağlam 2008), 410,90 m (Liu e*t al.* 2007), 23 m (Jabro *et al.* 2010), 747 m (Budak 2012), 889,10 m (Kavianpoor *et al.* 2012) ve 1954,4 m (Bogunovic *et al.* 2014)olarak belirlenmiştir. Ancak Emadi *et al.* (2008) toprak pH'sı için elde edilen range değerlerinin diğer toprak özelliklerine göre daha kısa olduğunu ve uzaysal bağımlılığın daha kısa mesafelerde belirlendiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedenini toprak pH'sının uzaysal dağılımına etki eden toprak tekstürü, değişebilir katyonların cinsi, yıllık yağış miktarı ve topoğrafya faktörlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 4. 55** Toprak pH'sına ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,034 | 0,11 | 30,90 | Orta | 10,73 | 0,96 | $2{,}095\times10^{-4}$ |
| Ilgaz | Üssel | 0,189 | 0,27 | 70 | Orta | 8,14 | 0,82 | $9{,}021\times10^{-4}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık




**Şekil 4. 38** Mera topraklarının pH'sına ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 56** Toprak pH'sına ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,17 | 0,139 | 4,02 |
| Ilgaz | 0,22 | 0,099 | 6,74 |

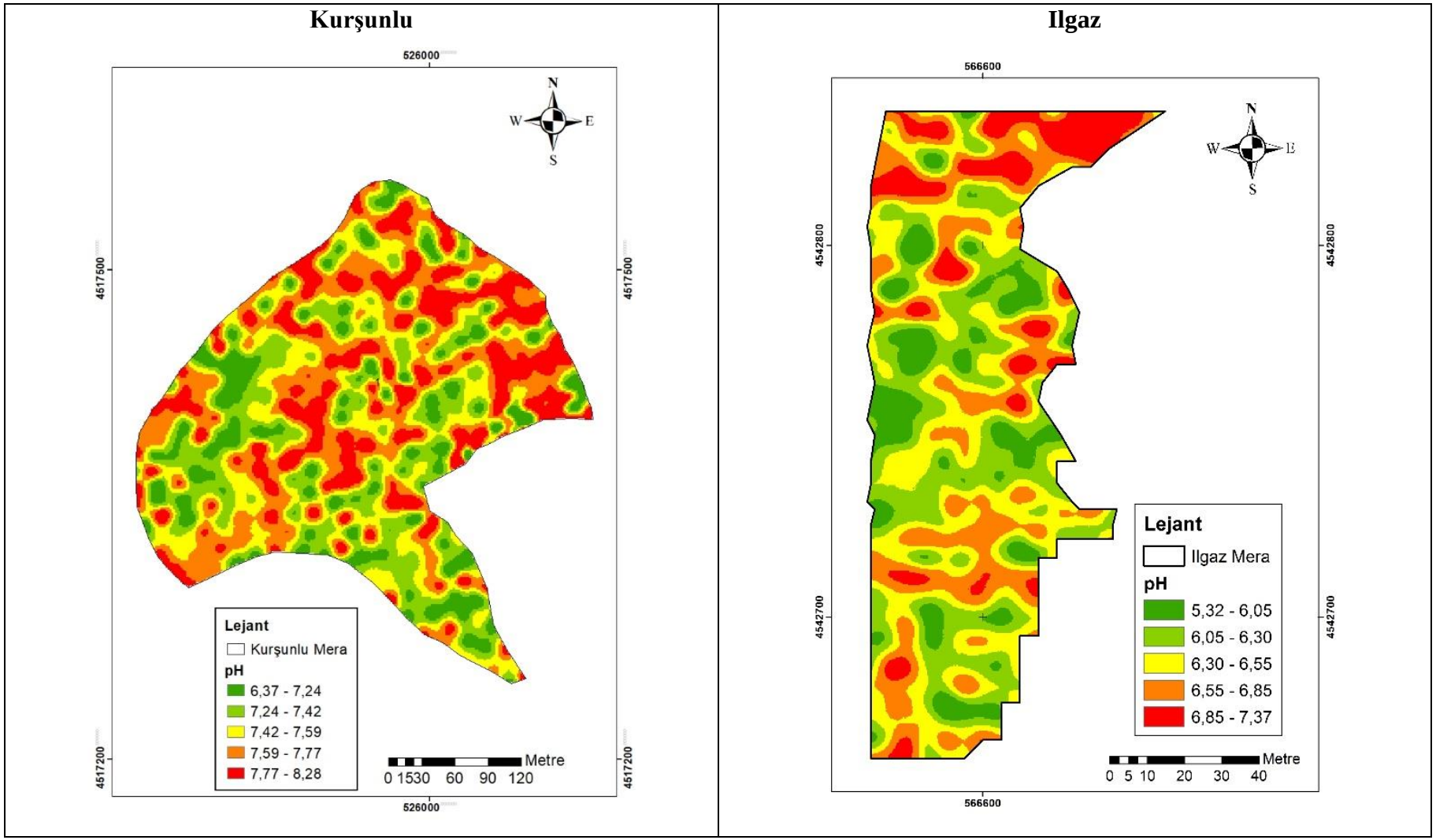
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 57** Toprak pH'sına ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 7,55 | 7,54 | -0,01 | 6,43 | 6,42 | -0,01 |
| SS | 0,34 | 0,12 | 0,34 | 0,53 | 0,26 | 0,53 |
| Varyans | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 0,28 | 0,07 | 0,28 |
| VK (%) | 4,50 | 1,65 | 3400 | 8,28 | 4,04 | 5300 |
| Çarpıklık | -0,12 | 0,08 | -0,07 | 0,33 | 0,28 | 0,03 |
| Basıklık | -1,47 | -0,38 | -1,18 | -0,35 | -0.18 | -0,18 |
| En büyük | 8,25 | 7,89 | 0,69 | 7,86 | 7,25 | 1,380 |
| En küçük | 7,01 | 7,24 | -0,78 | 4,99 | 5,84 | -1,45 |
| Örnek Sayısı | 400 | 395 | 395 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

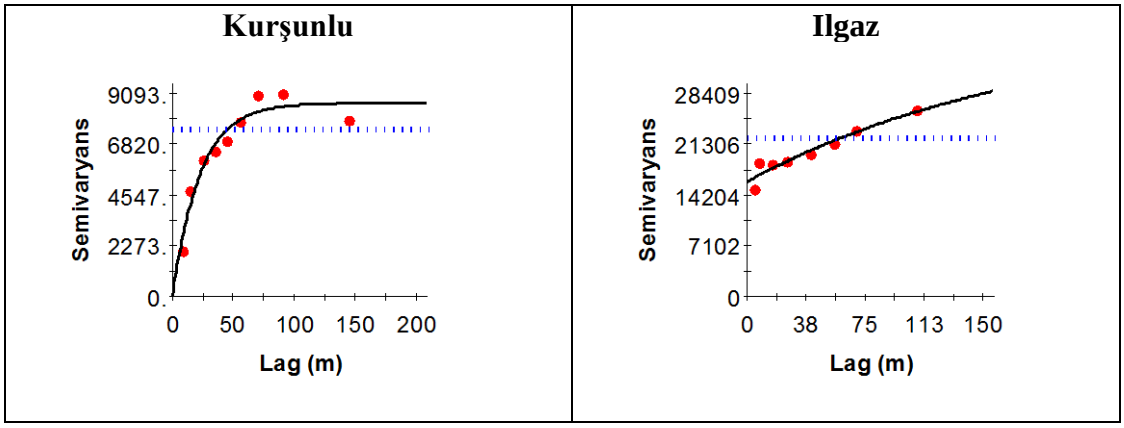
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.57'de verilmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması her iki merada birbirlerine oldukça yakındır (Çizelge 4.57). Tahmin edilen ve ölçülen değerlerin benzerliğinin bir göstergesi olarak kabul edilen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı oldukça düşüktür. Dolayısıyla, her ne kadar RRMSE (nispi hata kareler karekökü ortalaması) değerleri %10'un altında olsa da yapılan tahminin başarılı kabul edilmesi zordur.




**Şekil 4. 39** pH'nın mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.14 Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik için elde edilen modelleme parametreleri Çizelge 4.58'de verilmiştir. Range değeri Kurşunlu için 68,40 m, Ilgaz için ise 791,10 m'dir (Çizelge 4.55). Daha önce yapılan bazı çalışmalarda EC için range değerlerini Saleh (2018) 7257 m, Yetgin (2004) 101,9 m, Akbas (2004) 120,5 m ve Sağlam (2008) 1981 m olarak belirtmişlerdir. Emadi *et al.* (2008) elektriksel iletkenliğin aşırı değişkenlik gösterdiğini ve bununda drenaj koşullarındaki heterojenlikten kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Saleh (2018) toprak tekstürünün EC'nin arazide gösterdiği yersel değişim deseni üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmiştir.



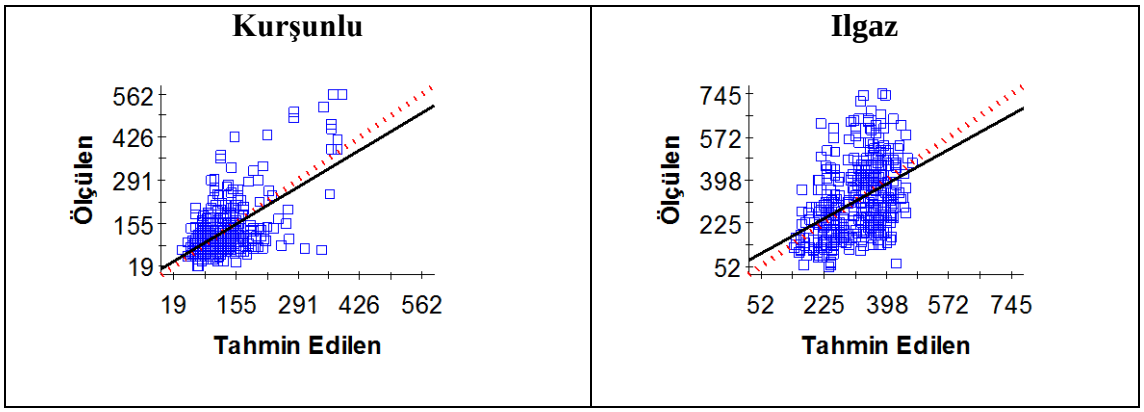

**Şekil 4. 40** Meralarda toprakların elektriksel iletkenliğe ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 58** Toprak elektriksel iletkenliğe ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 2270 | 8683 | 26,14 | Orta | 68,40 | 0,93 | 2664009 |
| Ilgaz | Üssel | 14205 | 55640 | 25,53 | Orta | 791,10 | 0,92 | $1,42\times10^{-7}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Şekil 4.40'dan Ilgaz'daki merada EC'nin uzaysal yapısında genel trend olduğu ve belirli bir range değerine ulaşılamadığı anlaşılmaktadır




**Şekil 4. 41** Mera topraklarının elektriksel iletkenliğe ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 59** Toprak elektriksel iletkenliğe ilişkin ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,59 | 0,06 | 39,05 |
| Ilgaz | 0,38 | 0,09 | 35,57 |

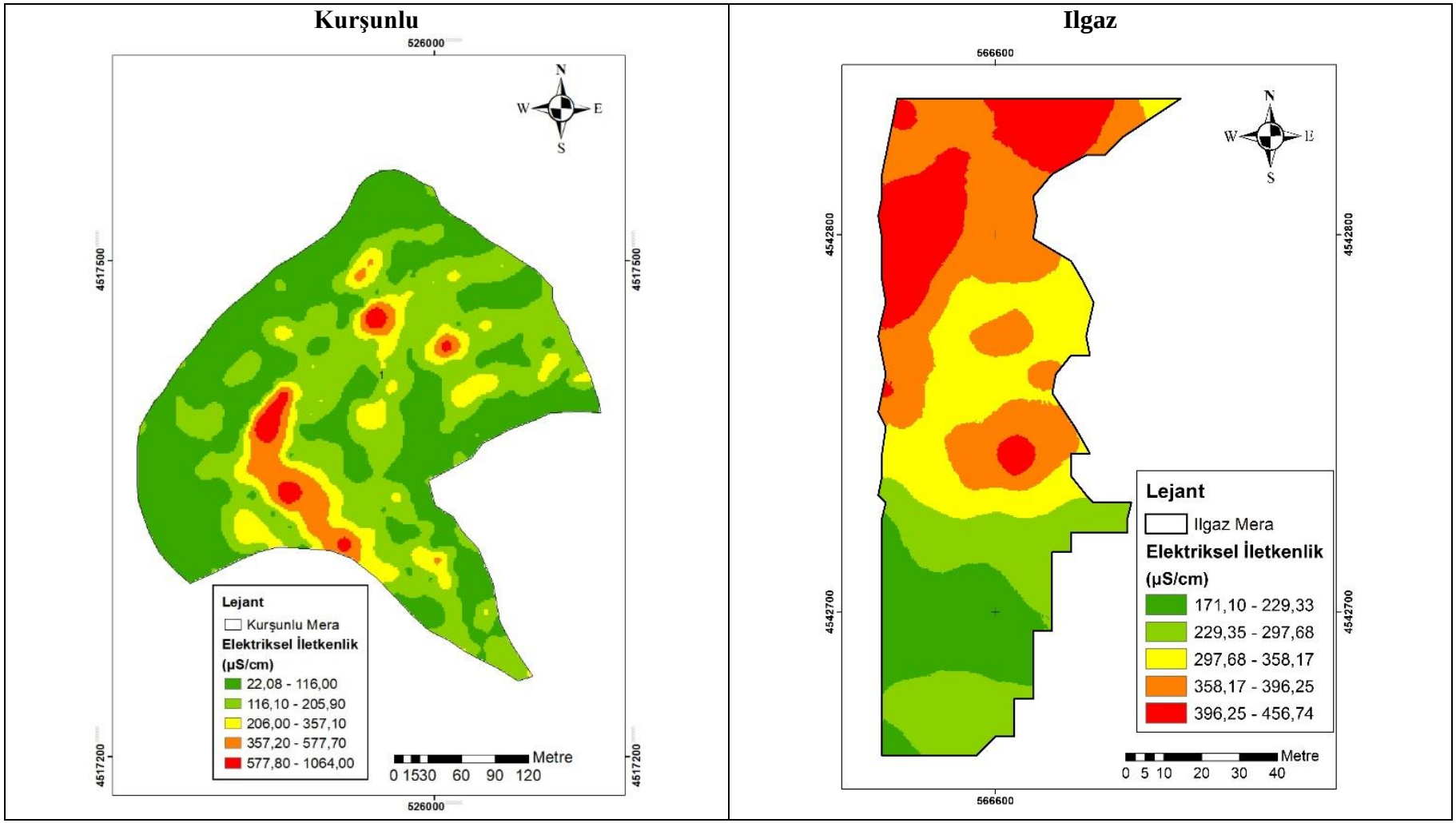
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 60** Elektriksel iletkenliğe ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 145,87 | 128,29 | -16,98 | 314,16 | 315,26 | 1,10 |
| SS | 136,63 | 60,27 | 69,88 | 149,20 | 75,95 | 136,85 |
| Varyans | 7484,67 | 3623.45 | 4870.31 | 22205,17 | 5754,17 | 18681,63 |
| VK (%) | 93,66 | 46,97 | 411,54 | 47,49 | 24,09 | 12440,90 |
| Çarpıklık | 3,71 | 1,948 | 0,58 | 0,59 | -0,29 | 0,57 |
| Basıklık | 17,72 | 4,93 | 2,26 | -0,26 | -0,93 | 0,04 |
| En büyük | 1104 | 389,16 | 275,73 | 745,00 | 472,33 | 404,61 |
| En küçük | 19,40 | 36,51 | -276,27 | 51,90 | 145,49 | 365,39 |
| Örnek Sayısı | 400 | 376 | 376 | 391 | 385 | 385 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

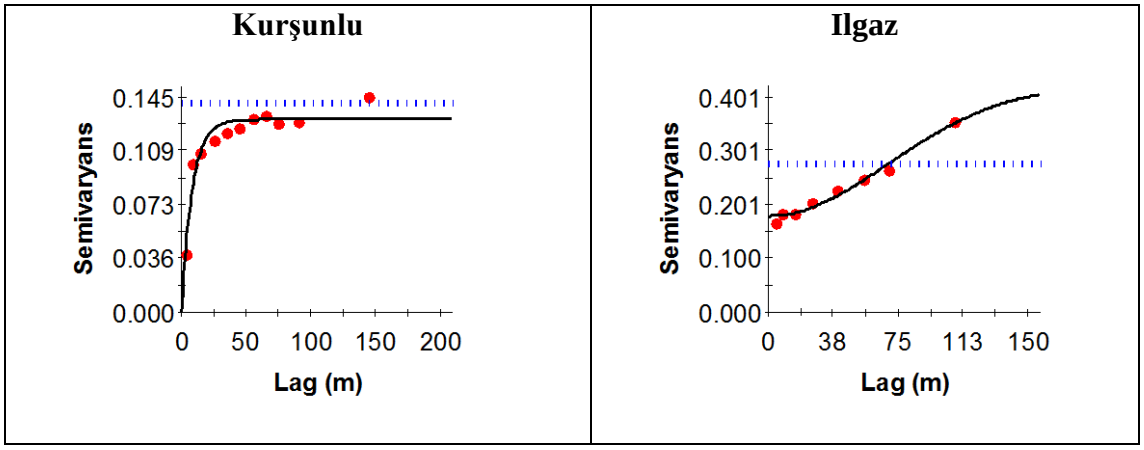
EC için semivaryogram parametreleri kullanılarak ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki benzerliğin derecesini hesaplayabilmek için çapraz değerlendirme yapılmıştır (Şekil 4.41). Çapraz değerlendirme sonuçlarına göre ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki benzerliğin oldukça düşük olması ve tahmin başarı kriteri olarak kabul edilen RRMSE değerinin %35-40 civarında olması kriglemede yeterince başarı elde edilemediğini göstermektedir teorik semivaryogramın deneysel semivaryogramı yeterince temsil edemediğini göstermektedir (Çizelge 4.59). Ayrıca, Çizelge 4.60 incelendiğinde hataların ortalamalarının düşük olmasına rağmen varysayon katsayısının aşırı yüksek değerleri dikkat çekmektedir. Buradan, krigleme tahmin performansının değerlendirilmesinde hataların aritmetik ortalamasının tek başına kriter olarak kullanılmasının yanıltıcı olacağı, aritmetik ortalama yanında hataların veryansının ya da varyasyon katsayısının da dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Aslında bu durum bu çalışmada toprak özelliklerinin önemli bir kısmının krigleme tahminlerde görülmektedir. Elektriksel iletkenlik için elde edilen dağılım haritaları incelendiğinde Kurşunlu'da EC'nin 22,08-1064 µS/cm, Ilgaz'da ise 171,1-456,74 µS/cm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.42). Yüzey haritalarından tuzluluğun Kurşunlu merasında daha yüksek olduğu ancak arazide belirli bir trendin olmadığı, Ilgaz'da ise çalışma alanının kuzey bölgesinde EC'nin daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ancak, mevcut tuzluluk her iki merada da bitkiler için herhangi bir sorun teşkil edebilecek düzeyde değildir.




**Şekil 4. 42** Elektriksel iletkenliğin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.15 Penetrasyon direnci

Penetrasyon direncinin çalışma alanlarındaki uzaysal değişkenliğinin modellenmesine yönelik oluşturulan semivaryogram modelleri Şekil 4.43'de verilmiştir. Uygun isotropik semivaryogram modelinin oluşturulmasında Kurşunlu'da 7, Ilgaz'da ise 1 değer veri setinden çıkarılmıştır. Penetrasyon direnci Kurşunlu'da kısa mesafelerde, Ilgaz'da ise daha uzun mesafelerde orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir (Çizelge 4.61).




**Şekil 4. 43** Meralarda toprakların penetrasyon direncine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

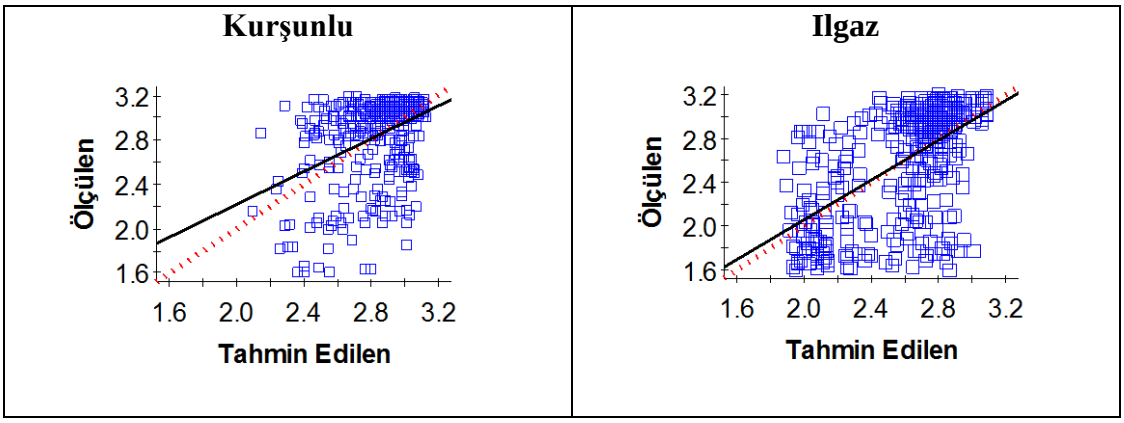
**Çizelge 4. 61** Penetrasyon direncine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,037 | 0,13 | 28,46 | Orta | 24,90 | 0,90 | 7,58 |
| Ilgaz | Gaussian | 0,178 | 0,46 | 38,69 | Orta | 168,87 | 0,98 | 4,79 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Nugget etkisinin düşük ve range mesafelerinin kısa olma nedeni olarak penetrasyon direncinin arazide yamalı bir (patchy) yapı göstermesinden kaynaklanabilir. Arazide "patchy" olarak görülen yamalı yapının kaynağı ise akarsuların taşıdığı depozitler sonucu toprak özelliklerinde görülen değişimlerden ileri gelir (Kiliç *et al.* 2004). Penetrasyon direncinin isotropik semivaryogram modelleri çapraz doğrulama ile kontrol

edilmiştir (Şekil 4.44). Semivaryogram parametrelerine bakıldığında her iki merada da düşük nugget ve RSS ile yüksek $R^2$ elde edilmesi ilk bakışta modellemenin başarılı olduğunu gösterse de r değerlerinin (çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı) oldukça düşük olması teorik semivaryogramların deneysel semivaryogramların yeterince temsil edemediğini göstermektedir (Çizelge 4.62). Penetrasyon direnci için range mesafesini 267 m (Kılıç *et al.* 2004), 163 m (Jabro *et al.* 2010)ve 151 m (Cortés-D *et al.* 2016) ve 7,5 m (Alesso *et al.* 2019) olarak belirtilmiştir.




**Şekil 4. 44** Mera topraklarının penetrasyon direncine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 62** Penetrasyon direncine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,41 | 0,084 | 9,43 |
| Ilgaz | 0,56 | 0,067 | 13,65 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

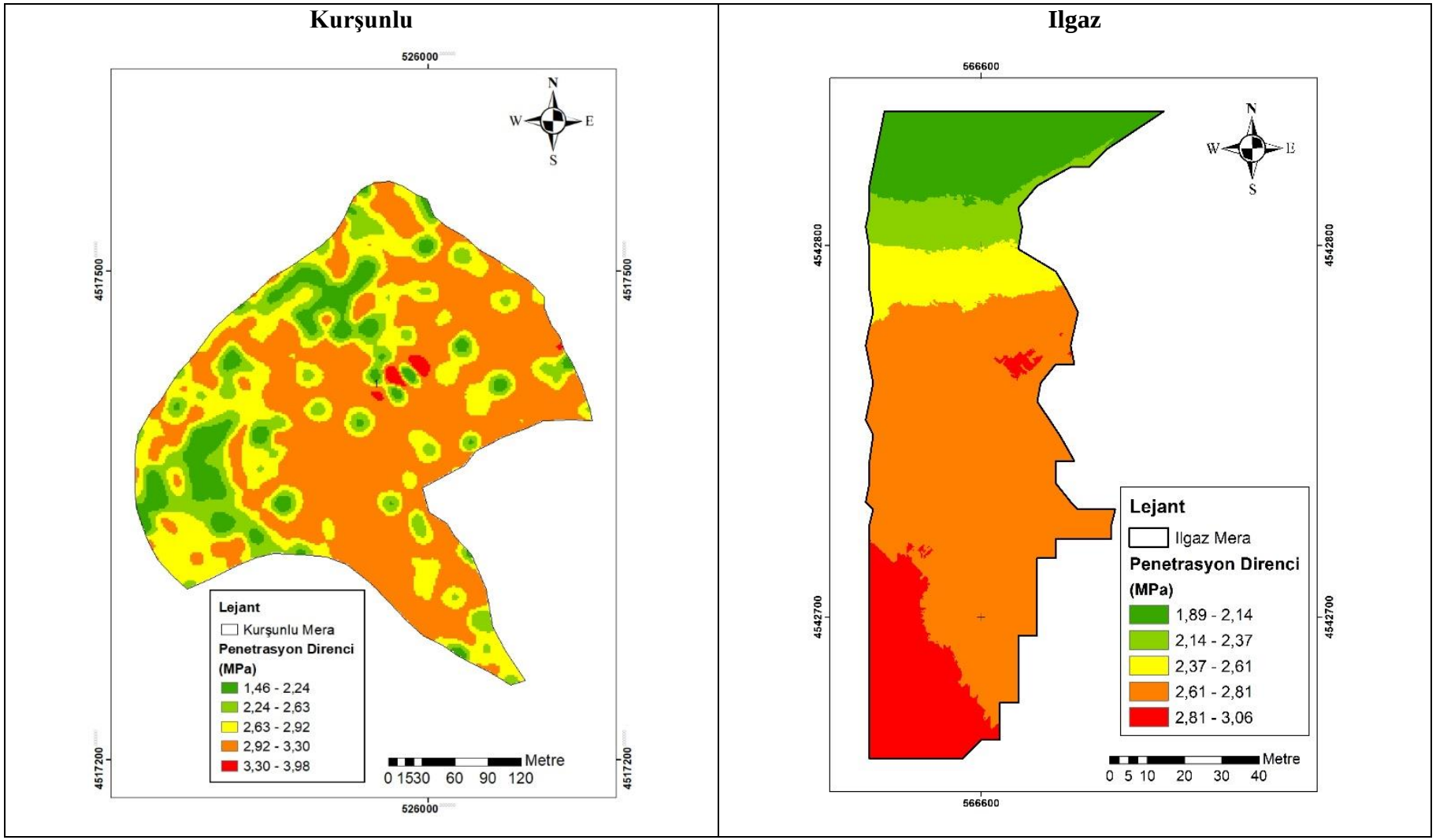
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere dair tanımsal istatistikler Çizelge 4.62'de verilmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması, her iki merada da birbirlerinin aynısıdır. Ancak tahmin edilen penetrasyon direnci değerlerinin varyasyon katsayısı ve standart sapması daha düşüktür. Diğer taraftan, hataların değişkenliğinin son derece yüksek olması deneysel semivaryogramın modellenmesinde yeterince başarılı elde edilemediğini göstermektedir.

**Çizelge 4. 63** Penetrasyon direncine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 2,83 | 2,86 | 0,03 | 2,58 | 2,57 | -0,01 |
| SS | 0,41 | 0,21 | 0,34 | 0,52 | 0,32 | 0,43 |
| Varyans | 0,14 | 0,04 | 0,12 | 0,27 | 0,10 | 0,18 |
| VK (%) | 14,48 | 7,34 | 1133,33 | 20,15 | 12,45 | 4300 |
| Çarpıklık | -1,48 | -1,00 | -0,96 | -0,65 | -0,74 | -0,76 |
| Basıklık | 1,15 | 0,44 | 0,83 | -1,07 | -0,65 | 0,41 |
| En büyük | 3,21 | 3,15 | 0,82 | 3,21 | 3,10 | 0,94 |
| En küçük | 1,60 | 2,11 | 1,17 | 1,55 | 1,84 | -1,31 |
| Örnek Sayısı | 400 | 393 | 393 | 391 | 390 | 390 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

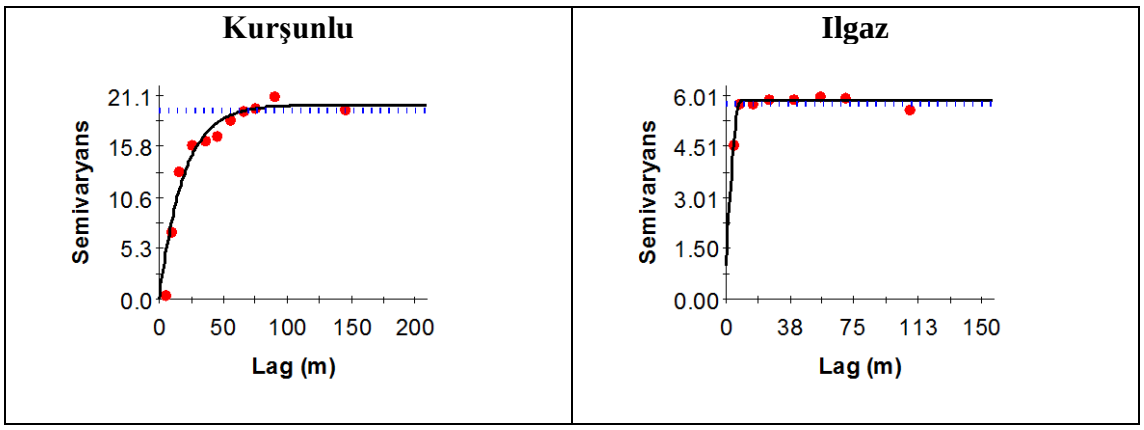
Penetrasyon direncine ilişkin Kurşunlu ve Ilgaz'da oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.45'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde Kurşunlu'da penetrasyon direncinin Ilgaz'a göre daha heterojen bir uzaysal desen sergilediği, Ilgaz'da ise Kuzey'den Güney'e doğru bir artışın olduğu anlaşılmaktadır. Bazı araştırmacılar örnekleme anındaki su içeriğinin yüksek olduğunda penetrasyon direncinin düşük olduğunu belirtmişlerdir (Vaz *et al.* 2001, Utset and Cit 2001, Castrignanò *et al.* 2002). Benzer durum bizim çalışmamızda da görülmüştür. Örnekleme anındaki su içeriği ile penetrasyon direnci için oluşturulan haritalar karşılaştırıldığında her iki merada da örnekleme anındaki su içeriğinin yüksek olduğu noktalarda penetrasyon direncinin düşük olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra toprak tekstürü de penetrasyon direnci üzerinde önemli etkiye sahiptir. Örneğin Kılıç *et al.* (2004) penetrasyon direncinin kısa mesafelerdeki uzaysal değişkenliğinin yüksek olduğunu killi tınlı topraklarda tınlı topraklara göre range mesafesinin daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Marshall *et al.* (1996) kil içeriğinin penetrasyon direncini etkileyen önemli bir toprak özelliği olduğunu belirtmiştir. Ancak bizim çalışmamızda her iki merada da kil içeriğinin düşük olduğu alanlarda penetrasyon direncinin yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Ilgaz'daki merada Güneybatı kısmında penetrasyon direncinin yüksek çıkması bitki gelişimi üzerinde olumsuzluklara neden olabilir.




**Şekil 4. 45** Penetrasyon direncinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.16 Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Toprakların parçacık yüzeylerinin sahip olduğu net negatif yük katyon değişim kapasitesi olarak adlandırılır ve bu değer toprakların verimliliklerinin nemli bir göstergesidir. KDK değerleri için en uygun semivaryogram modeli, en küçük kareler toplamı (RSS) ve en yüksek $R^2$ değeri dikkate alındığında Kurşunlu'daki merada küresel, Ilgaz'da ise üssel model en uygun model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.64 ve Şekil 4.46).




**Şekil 4. 46** Meralarda toprakların katyon değişim kapasitesine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

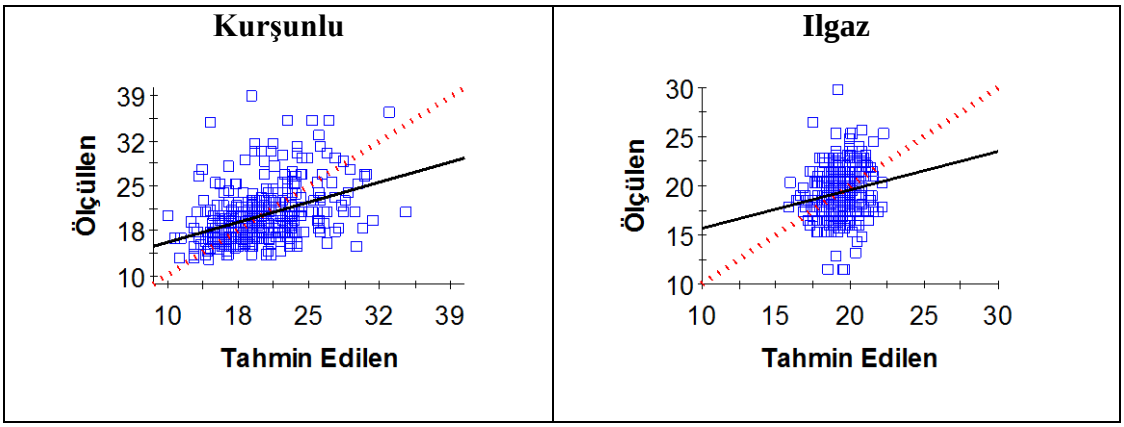
**Çizelge 4. 64** Katyon değişim kapasitesine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 0,01 | 20,21 | 0,01 | Kuvvetli | 57,30 | 0,95 | 57,30 |
| Ilgaz | Üssel | 4,50 | 5,86 | 76,79 | Zayıf | 8,5 | 0,92 | 0,11 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Jeoistatistiksel range değerine Kurşunlu'da 57,30 m'de, Ilgaz'da ise 8,5 m'de ulaşılmıştır (Çizelge 4.61). Diğer bazı çalışmalarda KDK için range değerlerini Erşahin (1999) 600 m, Akbas (2004) 358 m, Kılıç and Kılıç (2006) 69 m, Emadi *et al.* (2008) 11.031 m ve Pourkarimi *et al.* (2012) 6.420 m olarak belirlemişlerdir.

Bazı araştırmacılar KDK için range değerinin oldukça değişken olmasını kil tipi ve içeriğindeki değişkenliğe bağlamışlardır.




**Şekil 4. 47** Mera topraklarının katyon değişim kapasitesine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 65** Katyon değişim kapasitesine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,49 | 0,036 | 13,98 |
| Ilgaz | 0,19 | 0,108 | 9,77 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

Oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.47). Çizelge 4.63 incelendiğinde her iki merada ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyonun oldukça zayıf olduğu görülmüştür. Kurşunlu'da determinasyon katsayısı ($R^2$) yüksek olmasına rağmen, çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı r'nin oldukça düşük ve RRMSE değerinin %10'dan fazla olması kriglemenin başarısız olduğunu göstermiştir. Ilgaz'da her ne kadar RRMSE değeri %10'nun altında olsa da, burada r (çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı) düşük olduğu için modelleme başarısının oldukça sınırlı kaldığı söylenebilir. Tıpkı diğer özelliklerde olduğu gibi katyon değişim kapasitesi içinde ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin ortalama değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.66). Tahmin edilen değerler için standart sapma ve varyasyon katsayısının ölçülen değerlere göre daha

düşük olması küçük değerlerin yüksek, yüksek değerleri ise daha düşük tahmin edilmesine yol açmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus hataların değişkenliğin oldukça yüksek olmasıdır. Sadece ilgili özelliğe ilişkin hatanın ortalamasına bakılarak modelleme başarısı hakkında karar vermek sakıncalıdır. Genelde hataların ortalamasının sıfır varyansının ise 1 olması istenir. KDK'ya ilişkin hataların varyansına bakıldığında da 1'den çok daha yüksek olduğu zaten anlaşılmaktadır (Çizelge 4.663). Bundan dolayı modellemenin başarılı sayılabilmesi için hataların ortalamasının tek başına yeterli olmadığı, varyans ya da varyasyon katsayısında kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

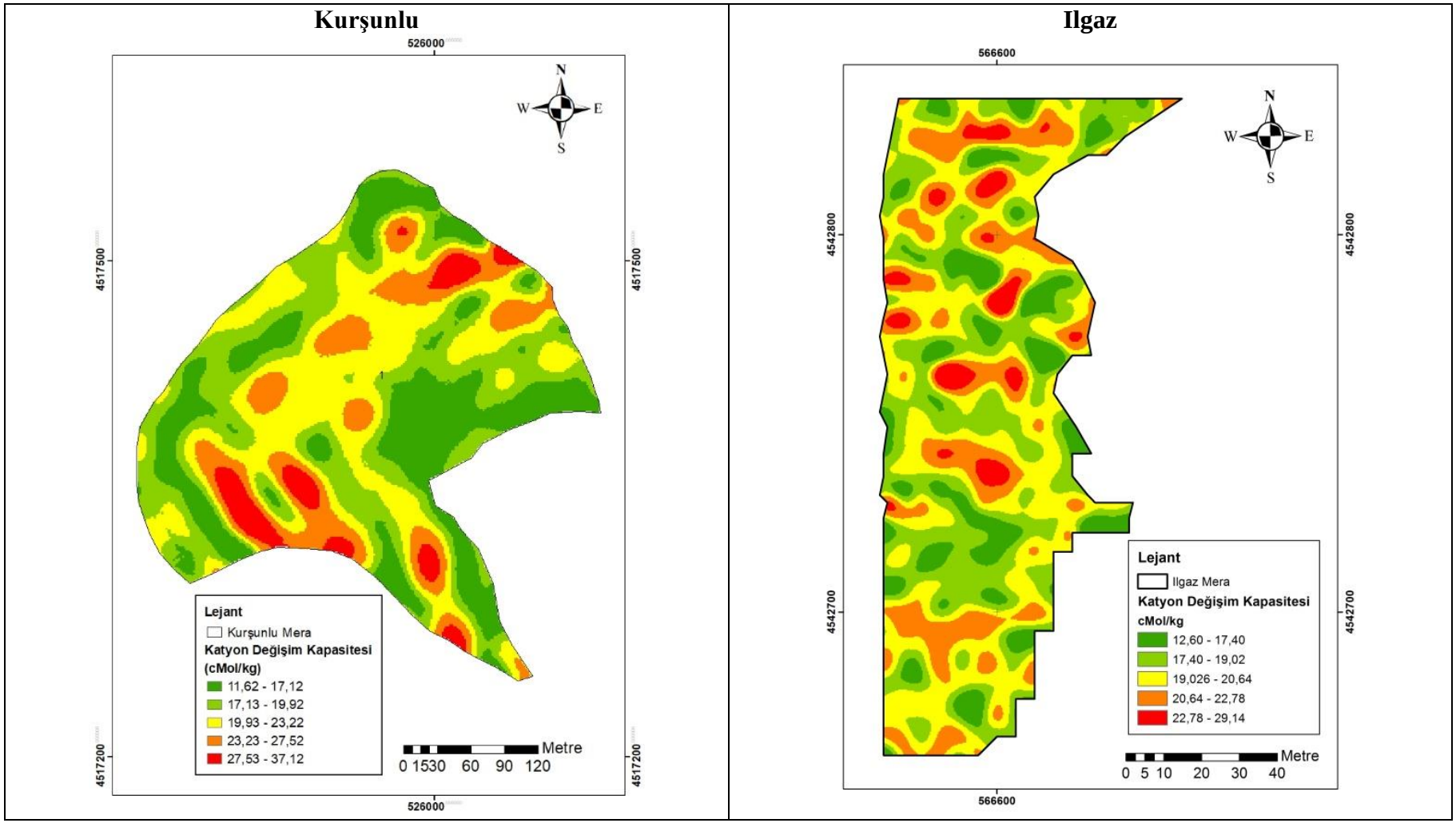
**Çizelge 4. 66** Katyon değişim kapasitesine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 19,93 | 19,78 | -0,15 | 19,31 | 19,34 | 0,03 |
| SS | 4,84 | 2,92 | 3,92 | 2,40 | 1,10 | 2,44 |
| Varyans | 19,45 | 8,51 | 15,27 | 11,51 | 15,70 | 8,17 |
| VK (%) | 24,28 | 14,76 | 2613,33 | 12,42 | 5,68 | 8133,33 |
| Çarpıklık | 1,43 | 0,67 | 0,89 | 0,21 | -0,13 | 0,06 |
| Basıklık | 2,34 | 0,14 | 3,13 | 1,11 | 0,23 | 1,22 |
| En büyük | 39,11 | 29,02 | 20,65 | 29,81 | 22,54 | 10,65 |
| En küçük | 12,76 | 14,73 | -11,47 | 11,51 | 15,70 | -8,170 |
| Örnek Sayısı | 400 | 393 | 393 | 391 | 390 | 390 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Katyon değişim kapasitesi (KDK) için oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.48'de verilmiştir. Topraklarının KDK'sı Kurşunlu'da 11,62-37,12 cMol/kg Ilgaz'da ise 12,60-29,14 cMol/kg arasında değişmektedir (Şekil 4.48). Kurşunlu'daki mera toprak organik madde içeriği bakımından fakir olmasına rağmen toprakların katyon değişim kapasitesi çok da düşük değildir. Bunun nedeni muhtemelen kil tipinin yüksek yüzey alanına sahip 2:1 tipi smektit grubu kil minerallerinden oluşuyor olmasıdır. Organik madde için oluşturulan haritalar (Şekil 4.36) ile Şekil 4.48 karşılaştırıldığında her iki merada da organik madde içeriğini yüksek olduğu yerlerde beklenenin aksine katyon değişim kapasitesinin düşük olduğu görülmüştür. Organik maddenin düşük olmasına rağmen katyon değişim kapasitesinin bu noktalarda yüksek çıkma sebebi ayrıca bir çalışma

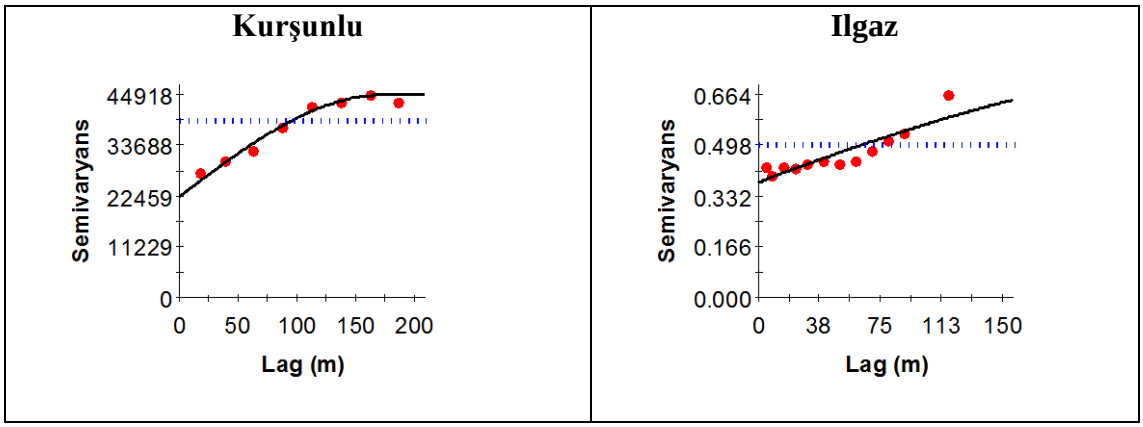
konusu olabilir. KDK'nın uzaysal değişim deseni her iki merada da yamalı bir yapı göstermektedir. Ancak, Kurşunlu'daki merada yamalar Ilgaz'dakine göre çok daha büyüktür. Buradan, jeoistatistiksel range değerinin neden Kurşunlu'daki merada daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.




**Şekil 4. 48** Katyon değişim kapasitesinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.17 Sodyum (Na) içeriği

Kurşunlu'da Sodyum için uzaysal yapının modellenmesinde uyumu bozan 6 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Kurşunlu'da küresel, Ilgaz'da ise üssel model en başarılı sonucu vermiştir (Şekil 4.49). Sodyum içeriği için oluşturulan semivaryogram modellerine ilişkin parametreler Çizelge 4.67'de verilmiştir.



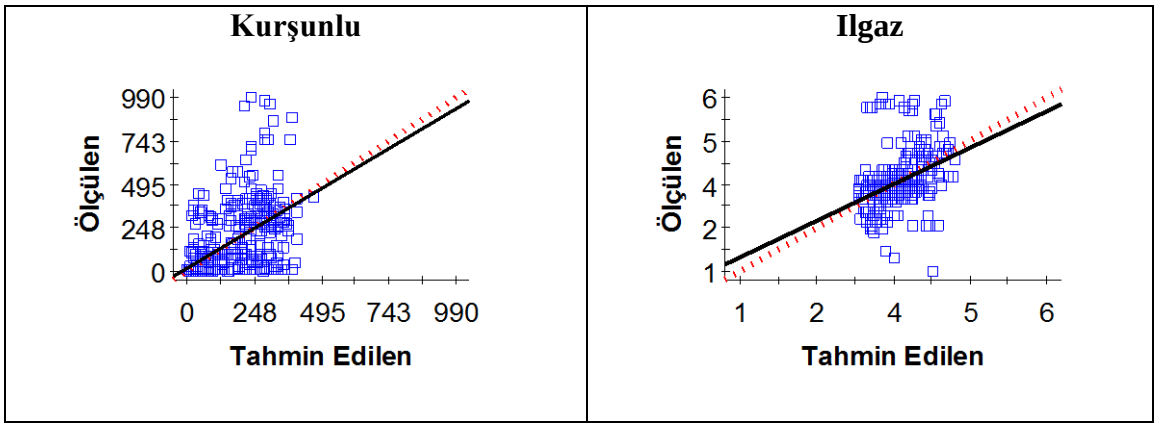

**Şekil 4. 49** Meralarda toprakların Na içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 67** Toprakların Na içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 22380 | 44770 | 49,98 | Orta | 171,40 | 0,97 | 9889454 |
| Ilgaz | Gaussian | 0,37 | 1,23 | 30,08 | Orta | 1232,7 | 0,77 | 0,013 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kurşunlu'da yüksek nugget değerinin mikro topografyada ki farklılıklardan ileri gelebileceği düşünülmektedir. Bezner şekilde Van den Pol-van Dasselaar *et al.* (1998) incelenen özelliğin mikro ölçekteki değişkenliğinin yüksek nugget değerine neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Toprakların sodyum için hesaplanan range değeri Kurşunlu merasında Ilgazı'nkine göre çok daha uzundur (Çizelge 4.67).




**Şekil 4. 50** Mera topraklarının Na içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 68** Toprakların Na içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,53 | 0,07 | 103,83 |
| Ilgaz | 0,38 | 0,10 | 11,44 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

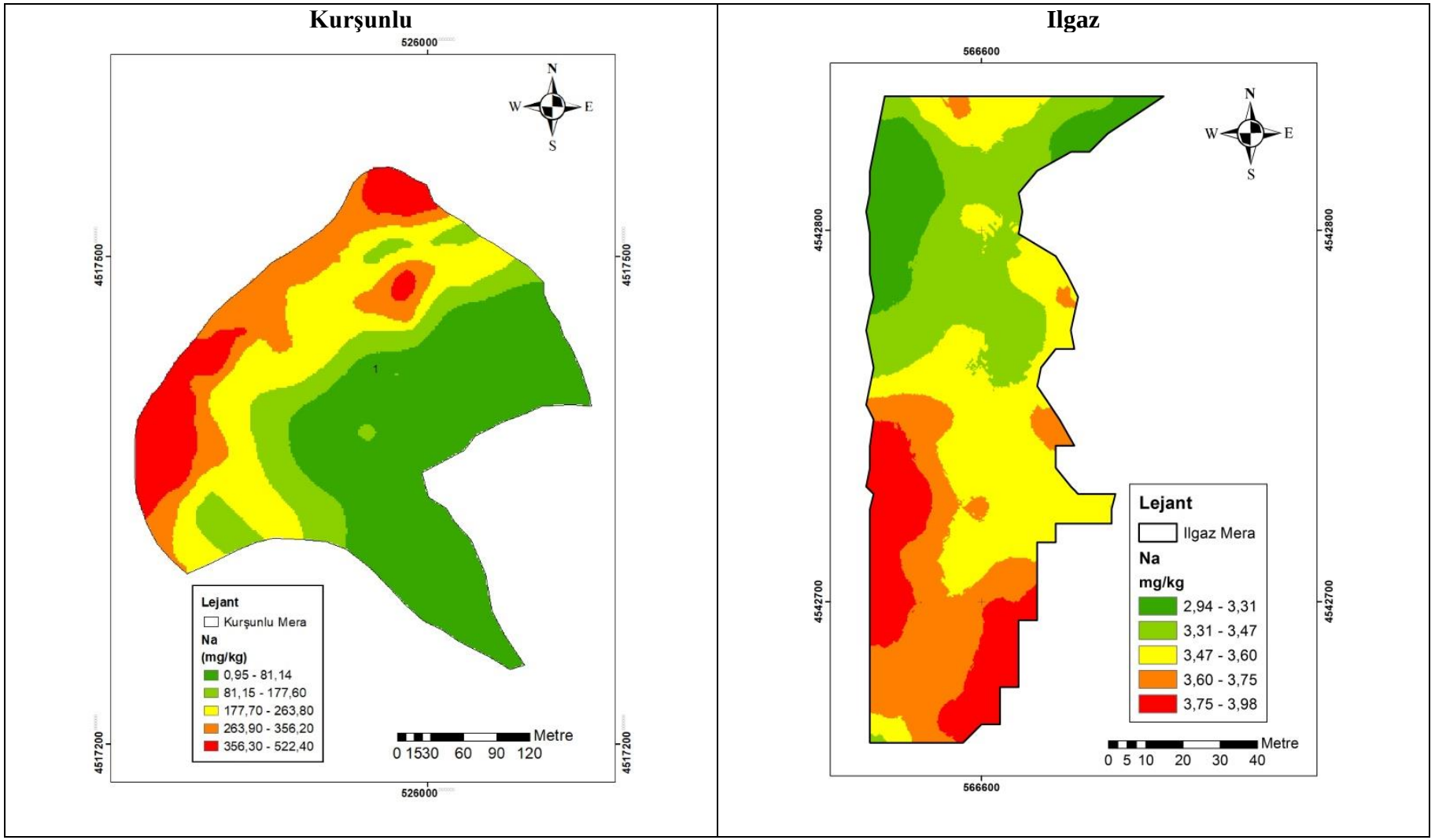
**Çizelge 4. 69** Toprakların Na içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 158,60 | 158,27 | -0,33 | 103,83 | 3,55 | -100,28 |
| SS | 197,90 | 115,09 | 131,51 | 161,12 | 0,32 | 0,65 |
| Varyans | 39070,07 | 13212,98 | 39851,51 | 25896,29 | 0,10 | 0,42 |
| VK (%) | 124,77 | 72,71 | 85,01 | 5,94 | 9,01 | 0,64 |
| Çarpıklık | 1,56 | 0,41 | 0,49 | 44,05 | 0,68 | -0,88 |
| Basıklık | 2,70 | -1,18 | -1,00 | 1656,45 | 0,04 | 5,73 |
| En büyük | 990,00 | 468,44 | 491,16 | 1,00 | 4,51 | 3,16 |
| En küçük | 0,2 | 3,4 | 0,46 | 0,25 | 2,94 | -2,68 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Kurşunlu'da tahmin edilen ve ölçülen değerlerin benzerliğinin bir göstergesi olarak kabul edilen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı Ilgaz'a göre yüksek olmasına karşın, nispi hata kareler toplamının (RRMSE) %10'dan çok daha fazla olması yapılan tahminin başarısız olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.68). Ilgaz' da ise çapraz değerlendirme sonucu ölçülen ve tahmin edilen değerlerin %38 oranında birbirlerine

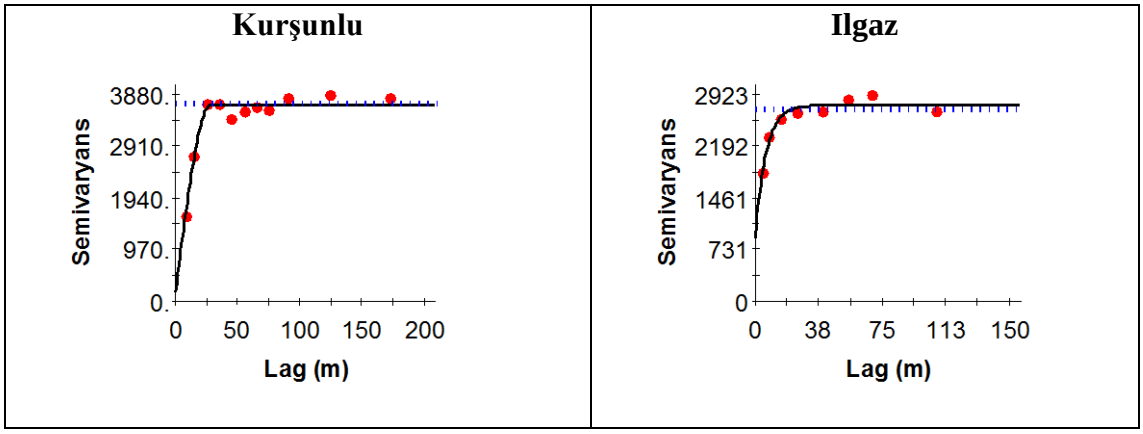
benzediği görülmektedir (Çizelge 4.68). Her ne kadar Ilgaz için hesaplanan RRMSE değeri %10 civarında olsa da çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının oldukça düşük olmasından ötürü modellemenin başarılı olduğu söylenemez. Toprakların değişebilir sodyum içeriği için oluşturulan haritaları incelendiğinde (Şekil 4.51) Kurşunlu'da Güneydoğudan Kuzeybatıya doğru, Ilgaz'da ise Kuzeyden Güneye doğru sodyum içeriğinin arttığı görülmüştür. Kurşunlu'daki meranın yağışın çok az olduğu kurak bir bölgede bulunması toprakta Na'un Ilgaz' göre arazide daha fazla birikmesine neden olmuştur. Ilgaz'da ise yağışın fazla olmasından dolayı sodyum yıkandığından toprakların sodyum içeriği Kurşunlu'ya göre daha düşüktür. Haritalardan her iki merada da sodyumun eğim yönünde hareket ederek (muhtemelen eğime paralel yüzey altı akış ile) eğimin azaldığı noktalarda biriktiği anlaşılmaktadır.




**Şekil 4. 51** Sodyum (Na) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.18 Potasyum (K) içeriği

Potasyum önemli bir bitki besin elementi olup toprakta 4 farklı şekilde bulunmaktadır (Brady *et al.* 1996). Bunlar toprak çözeltisi içerisindeki K, değişebilir K, fikse olmuş K ve mineral yapıdaki K şeklindedir. Değişebilir K topraklardaki toplam potasyumun küçük bir bölümünü oluşturur. Toprakların değişebilir K içeriklerine ilişkin deneysel semivaryogram Kurşunlu'da küresel, Ilgaz'da ise üssel model tarafından en iyi tanımlanmıştır (Çizelge 4.70).




**Şekil 4. 52** Meralarda toprakların K içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

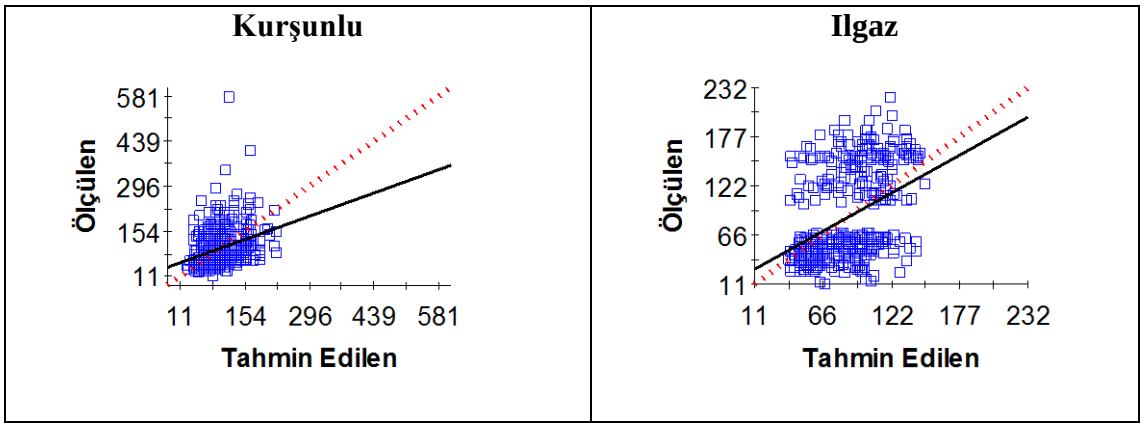
**Çizelge 4. 70** Toprakların K içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (% | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 1455 | 3688 | 39,45 | Orta | 28,40 | 0,96 | 185641 |
| Ilgaz | Üssel | 1826 | 2773 | 65,84 | Orta | 18,90 | 0,92 | 61785 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe Kurşunlu'da 28,40 m Ilgaz'da 18,90 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.70). Her iki merada potasyum için semivaryogram modellemesinde yüksek $R^2$ elde edilmesine rağmen nugget varyansın oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.70). Nugget varyansının yüksek olması da çapraz değerlendirmede ki başarının oldukça düşük olmasına yol açmıştır (Çizelge

4.71). Bogunovic *et al.* (2014) potasyum için range mesafesini 1153,6 m olarak belirtmişlerdir.




**Şekil 4. 53** Mera topraklarının K içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 71** Toprakların K içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,32 | 0,079 | 45,98 |
| Ilgaz | 0,40 | 0,089 | 46,62 |

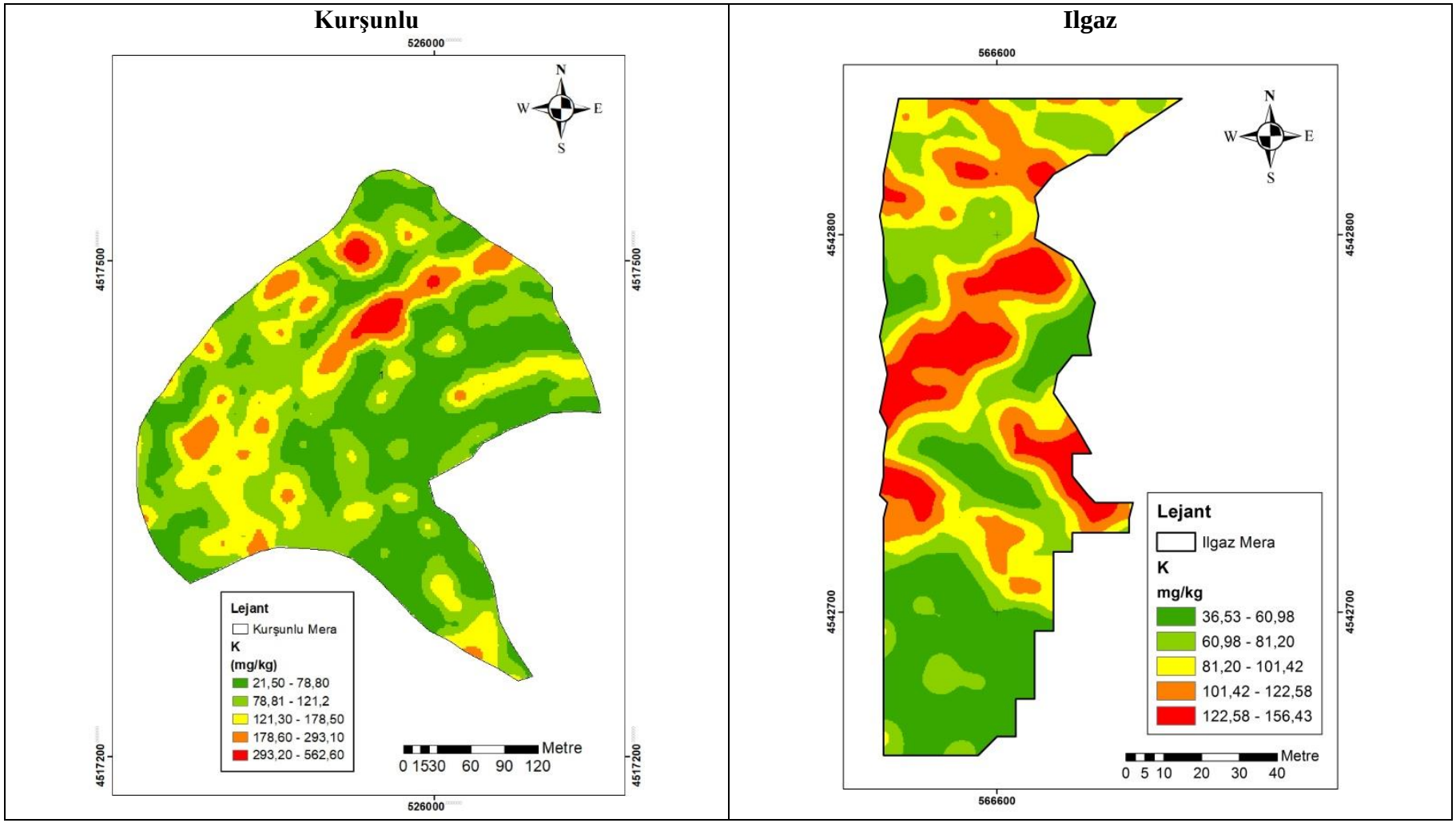
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 72** Toprakların K içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 102,81 | 98,75 | -4,06 | 85,61 | 85,57 | -0,04 |
| SS | 68,20 | 37,90 | 60,47 | 52,00 | 27,12 | 47,96 |
| Varyans | 3704.76 | 1432.73 | 3646.93 | 2697,66 | 733,601 | 2294,97 |
| VK (%) | 66,33 | 38,38 | 1489,40 | 60,74 | 31,69 | 119900 |
| Çarpıklık | 2,85 | 0,80 | 1,94 | 0,62 | 0,19 | 0,45 |
| Basıklık | 14,44 | 0,49 | 9,89 | -1,02 | -0,92 | -0,14 |
| En büyük | 602,00 | 223,36 | 462,87 | 232,10 | 148,09 | 167,25 |
| En küçük | 11,20 | 27,11 | -138,36 | 2,80 | 38,30 | -134,87 |
| Örnek Sayısı | 400 | 394 | 394 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

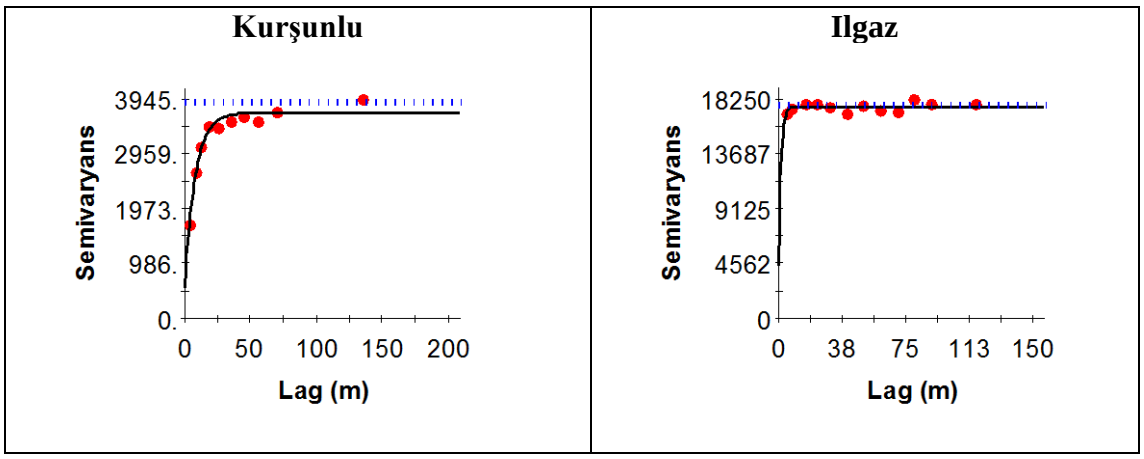
Çizelge 4.71 incelendiğinde her iki merada hesaplanan nispi hata kareler karekökü ortalaması (RRMSE) değerinin %45 civarında olması yapılan kriglemenin başarısız olduğunu göstermiştir. Kurşunlu ve Ilgaz'da toprakların potasyum dağılımı haritaları Şekil 4.39'da verilmiştir. Toprakların yarayışlı potasyum içeriği Kurşunlu'da 21,50-562,60 mg/kg, Ilgaz'da ise 36,53-156,43 mg/kg arasında değişim göstermektedir. Söz konusu harita incelendiğinde özellikle Ilgaz'daki merada potasyum içeriğinin yetersiz olması toprak ana materyali kaynaklı olabilir.




**Şekil 4. 54** Potasyum **(**K) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.19 Kalsiyum (Ca) içeriği

Toprakların kalsiyum içeriklerine ilişkin semivaryogram grafikleri Şekil 4.55'de verilmiştir. Her iki merada da kalsiyum için program tarafından uygun semivaryogram modeli üsseldir (Çizelge 4.73). Ancak Ilgaz'da Ca içeriği için üssel olarak modellense de pure nugget etkisi görülmüş ve bu özellik için uzaysal otokorelasyon mesafesinin olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 4.55).



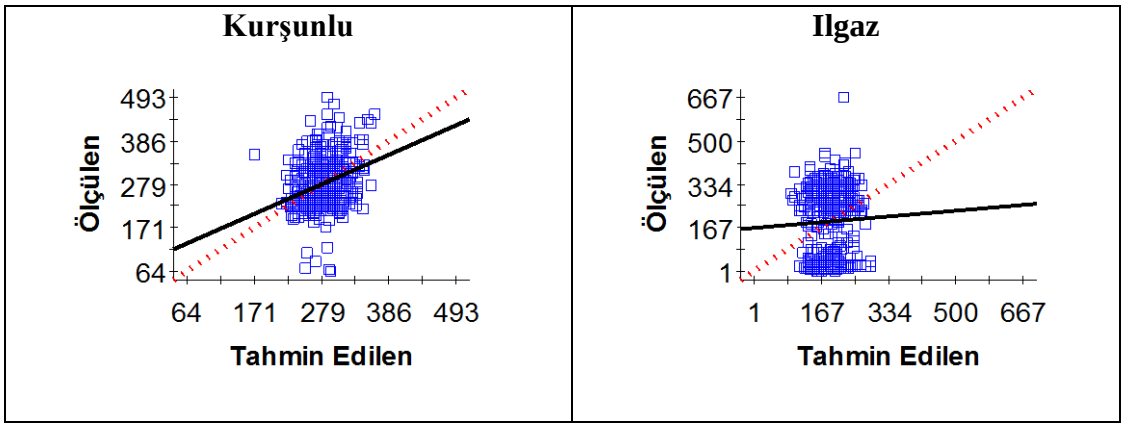

**Şekil 4. 55** Meralarda toprakların Ca içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 73** Toprakların Ca içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 1850 | 3693 | 50,09 | Orta | 24,0 | 0,96 | 128654 |
| Ilgaz | Üssel | 17630 | 18230 | 96,70 | Zayıf | 4,5 | 0,22 | 1207533 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Çizelge 4.74 incelendiğinde her iki merada ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon oldukça düşük olduğu görülmüştür. Oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.56).




**Şekil 4. 56** Mera topraklarının Ca içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

Her ne kadar Kurşunlu'da determinasyon katsayısının yüksek olmasına karşın, yüksek nugget değeri semivaryogram modellenmesinin başarısız olduğunu göstermiştir. Ayrıca krigleme model başarı kriteri olan RRMSE değerlerine bakıldığında her iki merada da istenilen başarının sağlanamadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.74).

**Çizelge 4. 74** Toprakların Ca içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,32 | 0,099 | 16,02 |
| Ilgaz | 0,03 | 0,179 | 66,55 |

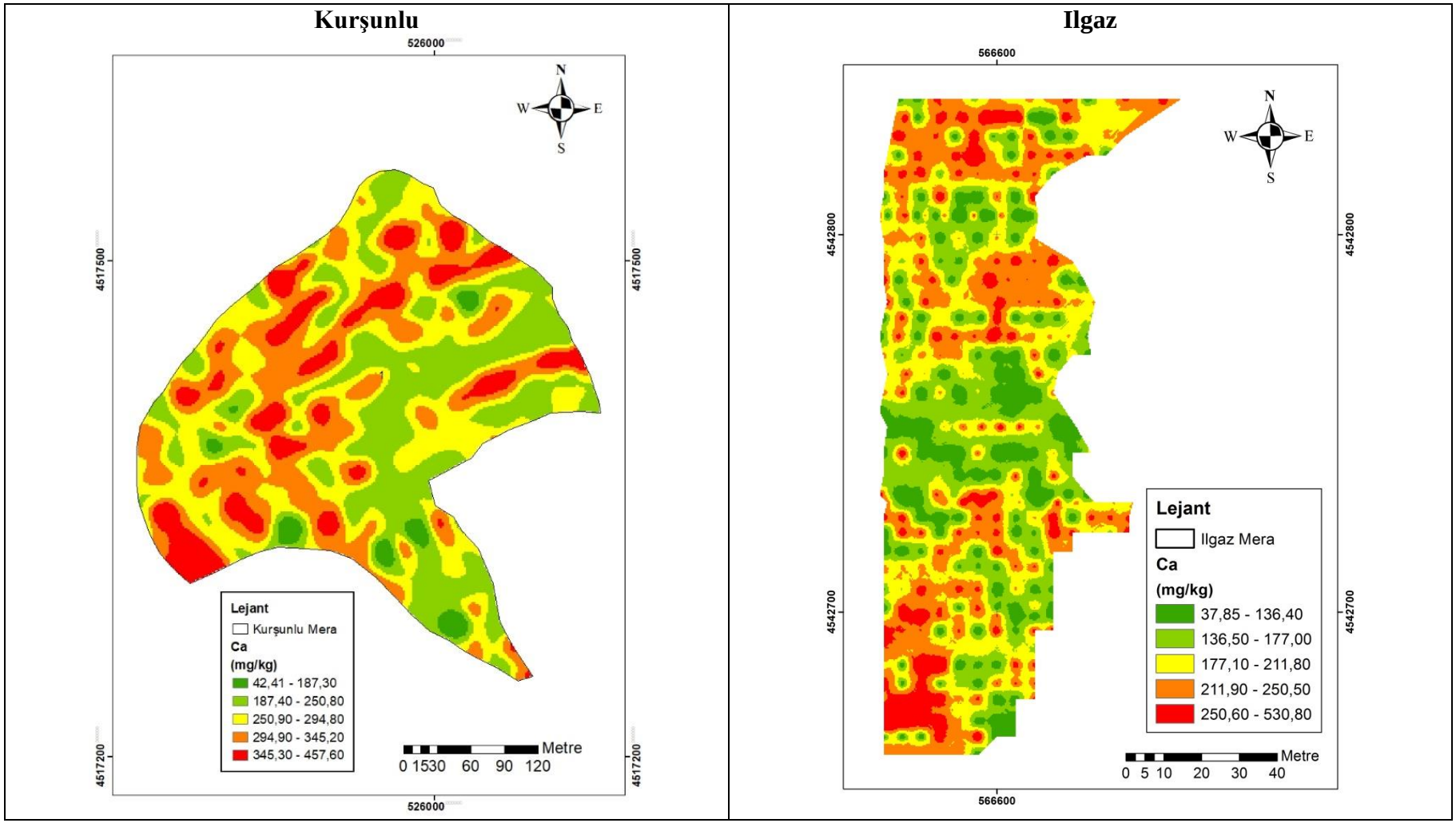
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 75** Toprakların Ca içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 279,02 | 279,07 | 0,05 | 191,26 | 191,34 | 0,08 |
| SS | 63,38 | 29,95 | 59,79 | 132,96 | 37,72 | 136,80 |
| Varyans | 3880,45 | 894,96 | 3566,50 | 17634,81 | 1419,30 | 18668,00 |
| VK (%) | 22,71 | 10,73 | 119580 | 69,52 | 19,71 | 171000 |
| Çarpıklık | 0,19 | 0,28 | -0,11 | -0,09 | 0,01 | 0,08 |
| Basıklık | 1,66 | -0,14 | 1,37 | -1,14 | -0,39 | -1,04 |
| En büyük | 493,21 | 363,30 | 228,75 | 666,82 | 291,77 | 271,41 |
| En küçük | 1,34 | 172,67 | -204,69 | 0,50 | 91,69 | -445,82 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

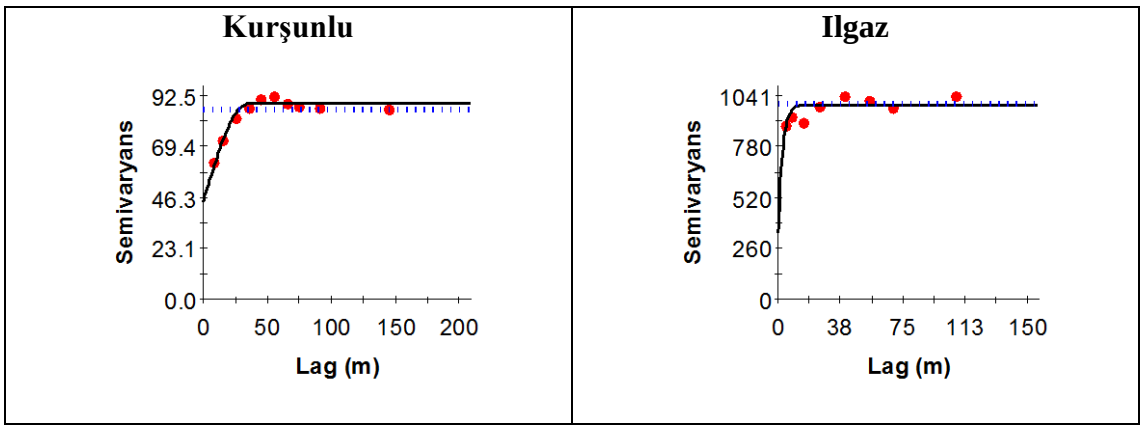
Kurşunlu ve Ilgaz topraklarının kalsiyum içeriklerine ilişkin tahmin haritalarından her iki merada da belirli lokasyonlarda kalsiyum içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.57). Her iki mera için pH, fosfor ve kalsiyum için oluşturulan tahmin haritaları benzerdir. Meralarda yüksek pH değerlerinde Ca'un fosfor veya karbonat ile kalsiyum fosfatlara veya kalsiyum karbonatlara dönüşerek toprakta yarayışsız hale geçtiği düşünülmektedir. Yüzey haritalarından toprakların Ca içeriğinin meralarda benzer olduğu, ancak uzaysal değişim deseninin farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.




**Şekil 4. 57** Kalsiyum (Ca) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.20 Magnezyum (Mg) içeriği

Toprakların magnezyum içerikleri için oluşturulan isotropik semivaryogramlar Şekil 4.58'de, bu semivaryogramlara ilişkin parametreler ise Çizelge 4.76'da görülmektedir. Kurşunlu'da 2 değer değerlendirme dışında tutulmuştur. Kurşunlu'da semivaryogramın modellenmesinde uyumu bozan 2 değer değerlendirme dışında tutulmuştur.




**Şekil 4. 58** Meralarda toprakların Mg içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

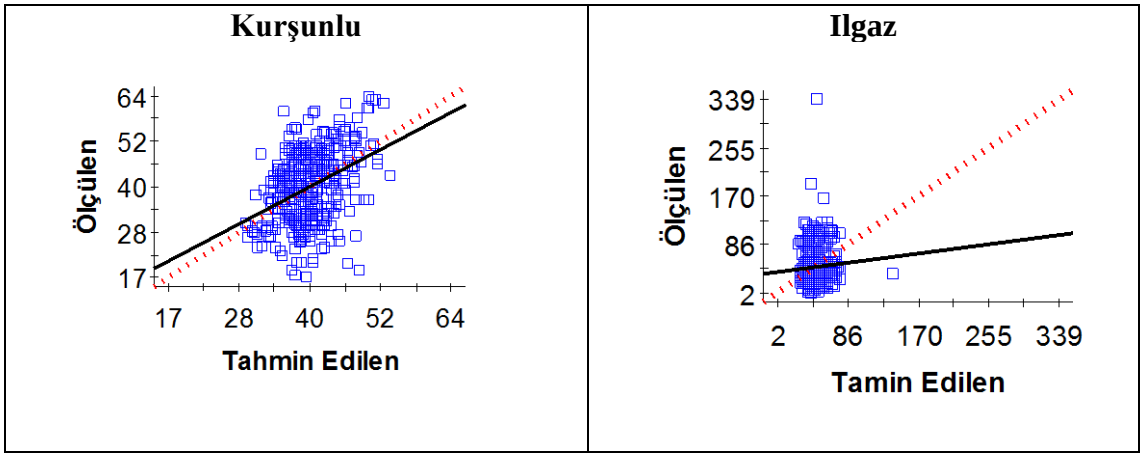
**Çizelge 4. 76** Toprakların Mg içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 57,86 | 88,81 | 65,15 | Orta | 37,70 | 0,95 | 40,7 |
| Ilgaz | Üssel | 910 | 996 | 91,36 | Zayıf | 8,10 | 0,46 | 12845 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kurşunlu'da küresel, Ilgaz'da üssel model en uygun semivaryogram modelleri olarak öne çıkmışlardır (Çizelge 4.76). Ilgaz'da magnezyum içeriği için nugget etkisi oldukça yüksektir (Şekil 4.58). Kurşunlu'da range 37,7 m Ilgaz'da ise 8,10 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.76). Yapılan bazı çalışmalarda toprakların magnezyum içeriğine ilişkin range mesafeleri 297 m (Akbaş 2004), 20 m (Bekele and Hudnall 2006)

ve 265,8 m (Ongun 2008) olarak belirtilmiştir. Oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.59).




**Şekil 4. 59** Mera toprakların Mg içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 77** Toprakların Mg içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,38 | 0,10 | 17,37 |
| Ilgaz | 0,22 | 0,14 | 48,06 |

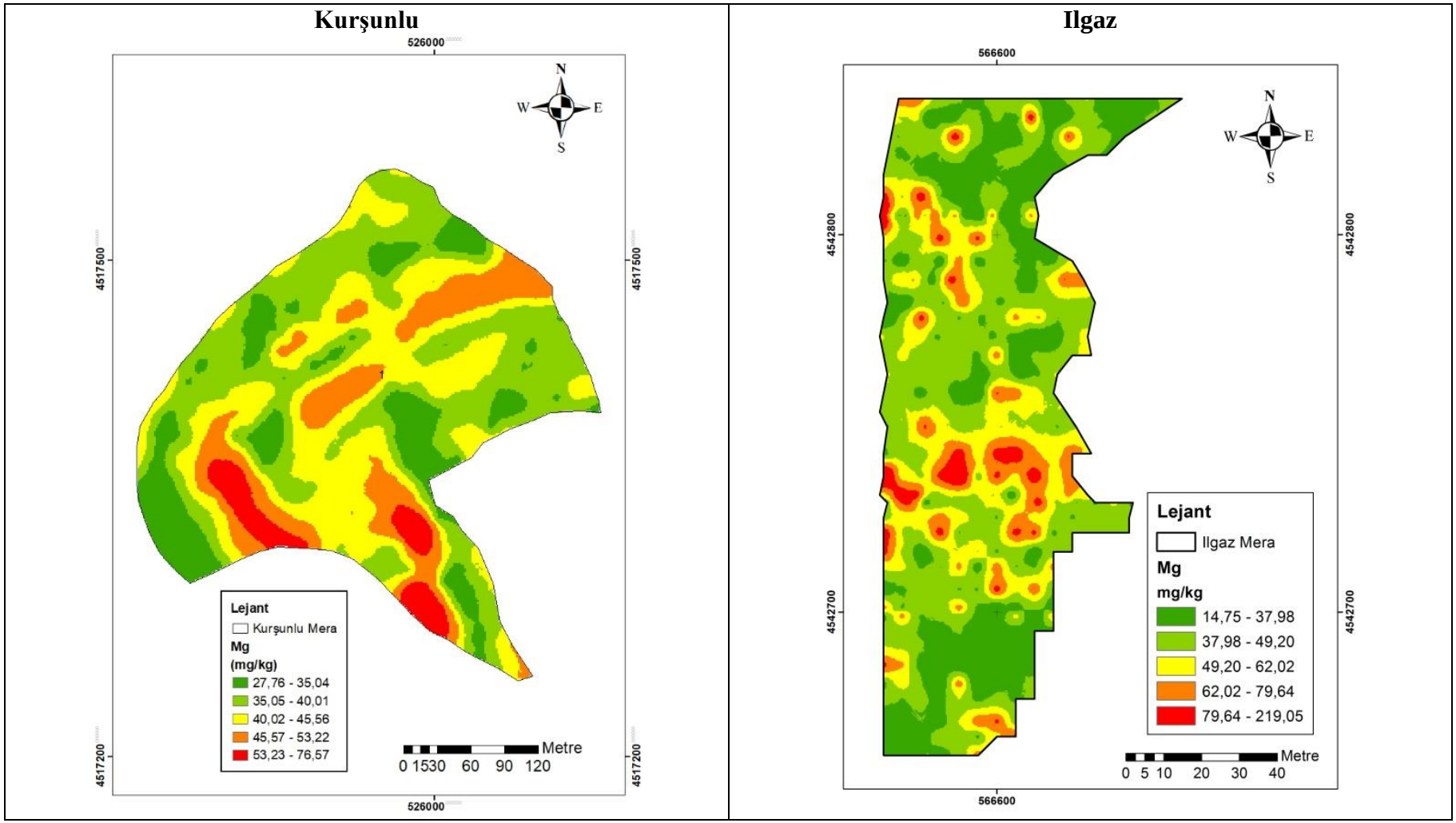
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 78** Toprakların Mg içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 40,70 | 40,24 | -0,46 | 47,05 | 46,77 | -0,28 |
| SS | 10,62 | 4,37 | 8,63 | 31,60 | 11,02 | 32,76 |
| Varyans | 86,24 | 19,10 | 74,28 | 996,38 | 121,13 | 1070,78 |
| VK (%) | 26,09 | 10,87 | 1876,08 | 67,16 | 23,56 | 11700 |
| Çarpıklık | 1,01 | 0,39 | -0,33 | 2,92 | 2,027 | 2,43 |
| Basıklık | 5,40 | 0,13 | 0,007 | 19,22 | 12,11 | 16,19 |
| En büyük | 113,44 | 53,87 | 24,05 | 338,84 | 139,51 | 289,88 |
| En küçük | 16,56 | 29,69 | -30,12 | 1,770 | 26,55 | -106,59 |
| Örnek Sayısı | 400 | 398 | 398 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

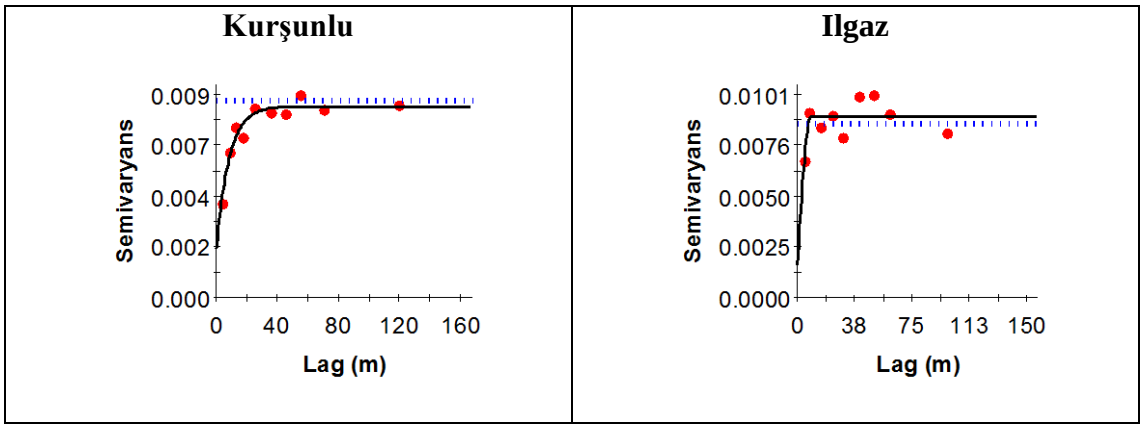
Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması her iki merada da oldukça birbirlerine yakındır. Ölçülen değerlere göre tahmin edilen değerlere ilişkin varyasyon katsayısı ve standart sapmanın daha düşük olması modelin tahminde küçük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise daha düşük tahmin etmesine neden olmuştur (Çizelge 4.78). Kurşunlu'da $R^2$'nin %90'dan yüksek olmasına rağmen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının oldukça düşük olması semivaryogramın gerçek semivaryogramı yeterince temsil edemediğini göstermektedir. Toprakların magnezyum içeriğinin arazide değişimini gösteren ve her iki mera için ayrı ayrı oluşturulan tahmin haritaları Şekil 4.60'da verilmiştir. Toprakların magnezyum içeriği Kurşunlu'da 27,76-76,57 mg/kg Ilgaz'da ise 14,75-219,05 mg/kg arasında değişim göstermektedir. Loue (1968) topraklarda 114 mg/kg'dan fazla alınabilir Mg'u iyi olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kriter dikkate alındığında, Kurşunlu merasının tamamında, Ilgaz merasının ise hemen hemen tamamında Mg eksikliği olduğu anlaşılmaktadır.




**Şekil 4. 60** Magnezyum (Mg) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.21 Fosfor (P) içeriği

Bitki gelişimi için oldukça önemli olan fosforun topraktaki hareketliliği, diğer makro elementlere göre daha düşüktür (Brady *et al.* 1996). Yarayışlı fosfor içeriği için en uygun semivaryogram modeli olarak Kurşunlu'da üssel, Ilgaz'da ise küresel model öne çıkmıştır (Çizelge 4.79). Her iki merada semivaryogramın genel varyansın altında bir sill değerine ulaşmış olması fosfor için bir global trendin olmadığını göstermektedir (Şekil 4.61). Global trendin olmaması çalışılan meraların jeoistatistiksel analiz için yeterince geniş olduğunu gösterse de çapraz değerlendirme korelasyon katsayılarının oldukça düşük olması fosfor için daha sık örnekleme yapılmasının gerektiğini göstermektedir.

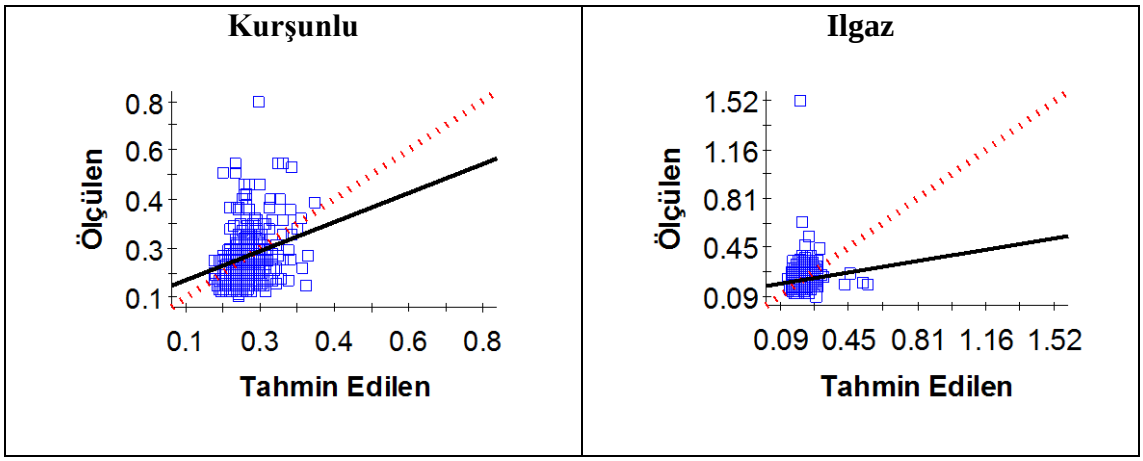



**Şekil 4. 61** Meralarda toprakların P içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 79** Toprakların P içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 0,0036 | 0,008 | 45 | Orta | 24,60 | 0,93 | $5{,}152\times10^{-7}$ |
| Ilgaz | Küresel | 0,0073 | 0,008 | 91,25 | Zayıf | 8,60 | 0,46 | $4{,}543\times10^{-6}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık




**Şekil 4. 62** Mera toprakların P içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafiği

**Çizelge 4. 80** Toprakların P içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,24 | 0,115 | 27,93 |
| Ilgaz | 0,10 | 0,107 | 25,16 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

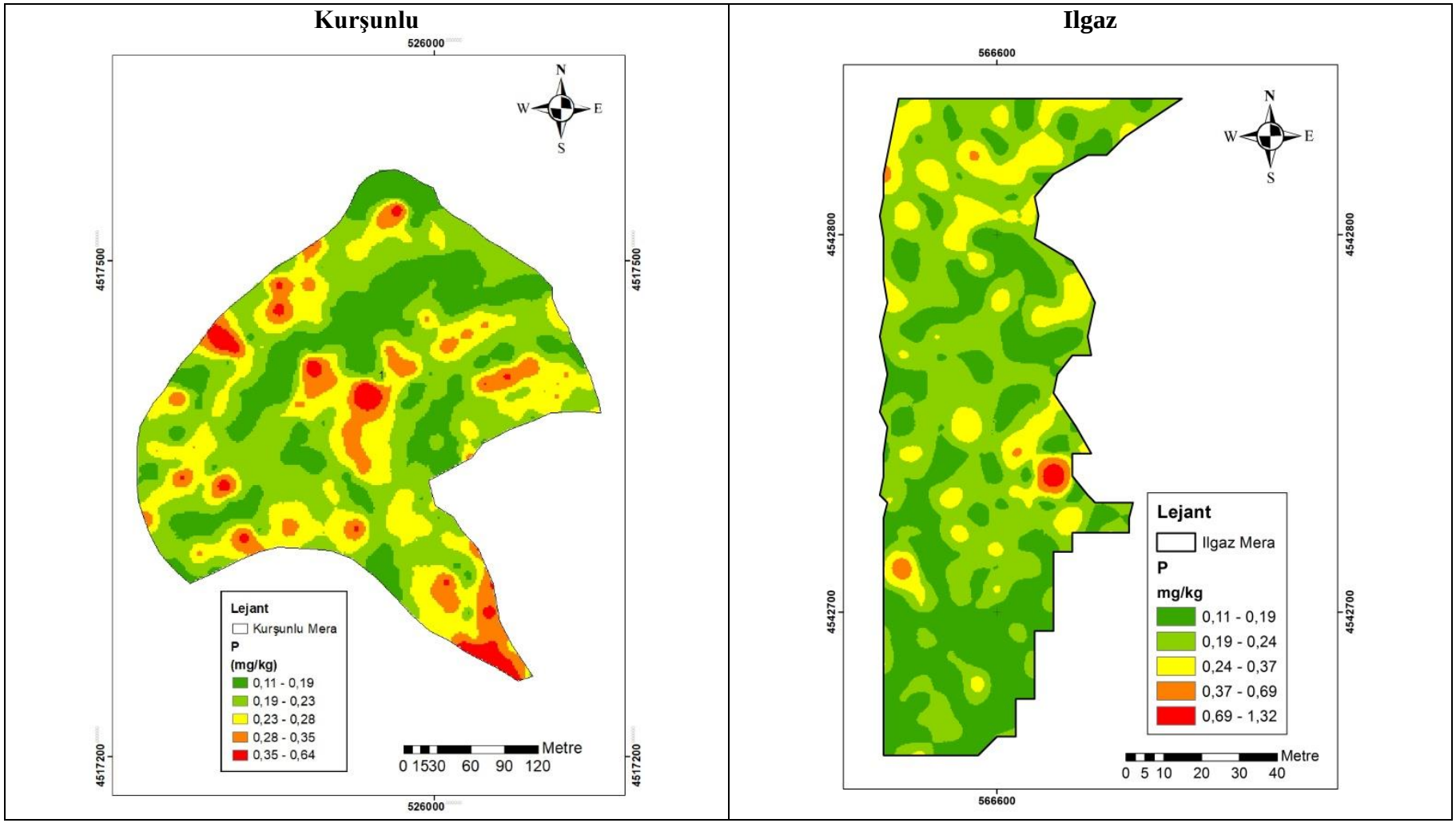
Yapılan bazı çalışmalarda fosfor içeriği için range mesafeleri 3190 m (Marriott *et al.* 1997), 170 m (Ongun 2008), 3141 m (Wang *et al.* 2019), 300 m (Sun *et al.* 2019), 16 m (Mueller *et al.*2007) ve 201,3 m (Bogunovic *et al.* 2014) olarak rapor edilmiştir.

**Çizelge 4. 81** Toprakların P içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 0,22 | 0,21 | -0,01 | 0,21 | 0,20 | -0,01 |
| SS | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,09 | 0,04 | 0,09 |
| Varyans | 0,008 | 0,001 | 0,008 | 0,008 | 0,001 | 0,009 |
| VK (%) | 40,90 | 16,98 | 900 | 42,85 | 20,00 | 900 |
| Çarpıklık | 1,70 | 0,93 | 1,42 | 7,73 | 2,91 | 6,33 |
| Basıklık | 5,22 | 1,84 | 4,84 | 101,62 | 17,53 | 84,25 |
| En büyük | 0,80 | 0,39 | 0,54 | 1,52 | 0,55 | 1,32 |
| En küçük | 0,08 | 0,15 | -0,25 | 0,09 | 0,13 | -0,37 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

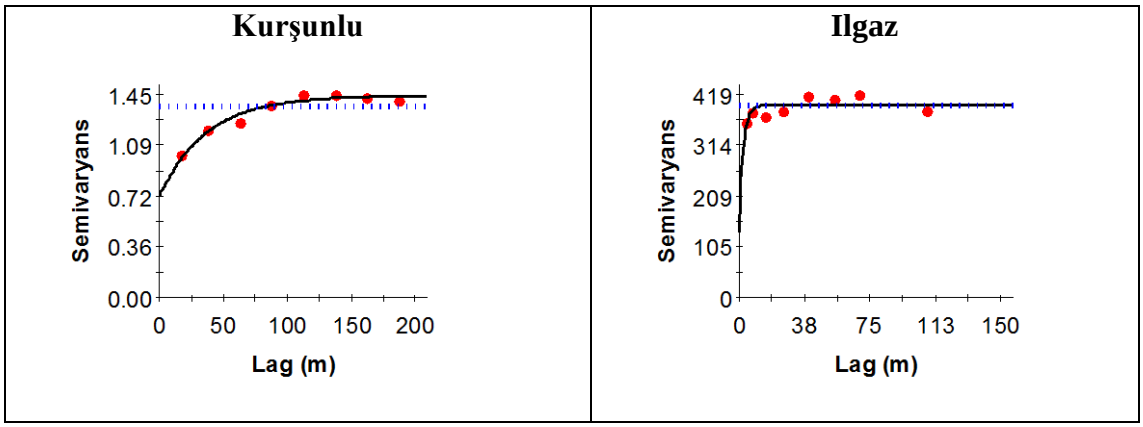
Topografik faktörlerin, bitki türü ve toprak ana materyal ile çoklu etkileşimi otlatma yoğunluğundaki değişikliklere bağlı olarak topraktaki fosfor içeriğini etkileyebilir. Yarayışlı fosfor içeriği için oluşturulan isotropik semivaryogram modelleri çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.62). Modelleme başarı kriteri olan RRMSE değerinin % 10'nun oldukça üstünde ve çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının oldukça düşük olması her iki merada da kriglemenin başarısız olduğunu göstermektedir. Bayağı (ordinary) kriging ile elde edilen yarayışlı fosfor değerleri, bu özelliğin her iki mera için de uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.63). Bingham (1949) toprakların alınabilir fosfor içeriklerine göre noksan (< 1,30 mg/kg), yeterli (1,30-3,26 mg/kg) ve fazla (>3,26 mg/kg) olarak sınıflandırmıştır. Bu eşik değerler dikkate alındığında Şekil 4.63'den de görüleceği üzere; yarayışlı fosfor değerleri, her iki meranın genelinde oldukça düşüktür. Kurşunlu'daki mera ile karşılaştırıldığında Ilgaz'daki merada değişkenliğin daha düşük kaldığı söylenebilir (Şekil 4.63).




**Şekil 4. 63** Fosfor (P) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.22 Demir (Fe) içeriği

Toprakların demir içeriği için oluşturulan semivaryogram modelleri Şekil 4.64'de verilmiştir. En uygun semivaryogram modelini oluşturabilmek için sadece Kurşunlu'da 4 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Üssel model her iki merada da en uygun isotropik semivaryogram modelidir (Çizelge 4.82).



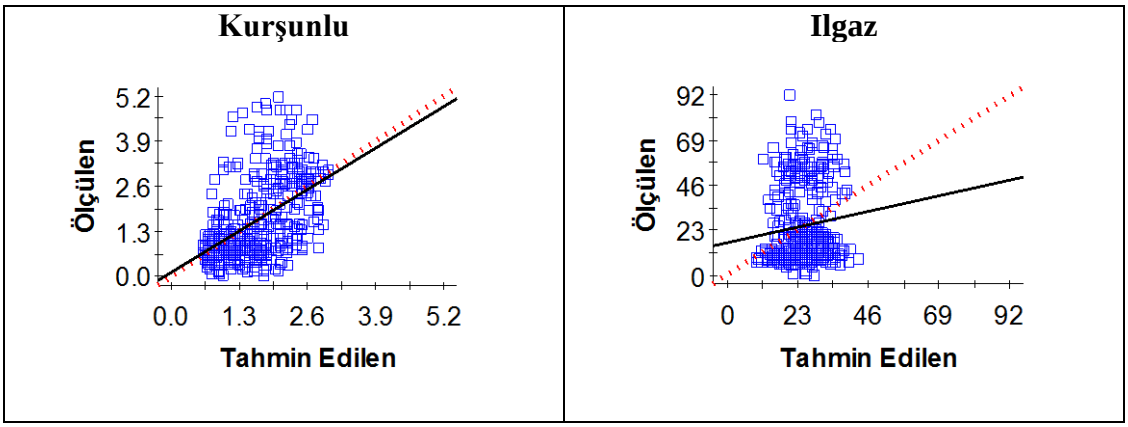

**Şekil 4. 64** Meralarda toprakların Fe içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 82** Toprakların Fe içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Üssel | 1,02 | 1,44 | 70,83 | Zayıf | 110,40 | 0,95 | 7,312E-03 |
| Ilgaz | Üssel | 365 | 397,20 | 91,89 | Zayıf | 7,20 | 0,39 | 1881 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Kurşunlu'da range Ilgaz'dakine göre çok daha uzundur. Shukla *et al.* (2016b) 44.212 $km^2$ genişliğindeki bir alanda yaptıkları çalışmada demir içeriği için range mesafesini 140 km olarak hesaplamışlardır.




**Şekil 4. 65** Kurşunlu merası toprakların Fe içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 83** Toprakların Fe içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,49 | 0,08 | 48,73 |
| Ilgaz | 0,10 | 0,16 | 68,37 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

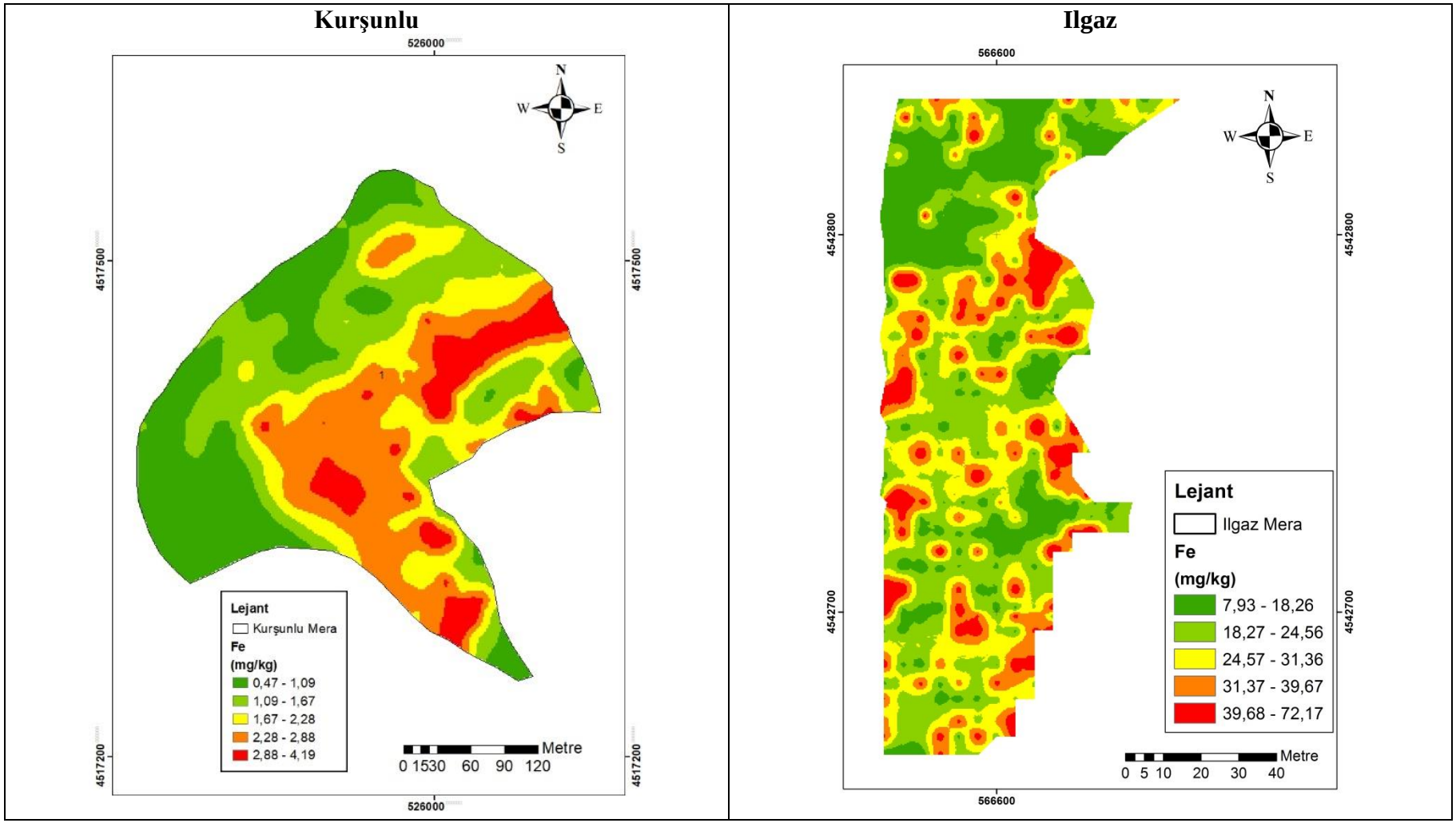
**Çizelge 4. 84** Toprakların Fe içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 1,73 | 1,64 | -0,09 | 25,17 | 24,90 | -0,27 |
| SS | 1,34 | 0,63 | 1,01 | 19,92 | 6,18 | 20,21 |
| Varyans | 1,362 | 0,40 | 1,02 | 396,14 | 38,11 | 407,64 |
| VK (%) | 77,45 | 38,63 | 1122,22 | 79,14 | 24,81 | 7485,18 |
| Çarpıklık | 1,30 | 0,23 | 0,91 | 1,00 | 0,07 | 0,90 |
| Basıklık | 1,68 | -1,03 | 1,14 | -0,16 | -0,31 | -0,08 |
| En büyük | 7,63 | 3,04 | 3,46 | 91,80 | 42,82 | 71,21 |
| En küçük | 0,01 | 0,620 | -2,01 | 0,14 | 9,76 | 34,60 |
| Örnek Sayısı | 400 | 396 | 396 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Krigleme ile tahmin edilen ve ölçülen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.84'de verilmiştir. Diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi, ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması her iki merada birbirlerine oldukça yakındır. Çizelge 4.80'de modelleme performans ölçütlerine (r ve RRMSE) bakıldığında her iki mera için de çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının (r) genelde düşük olduğu

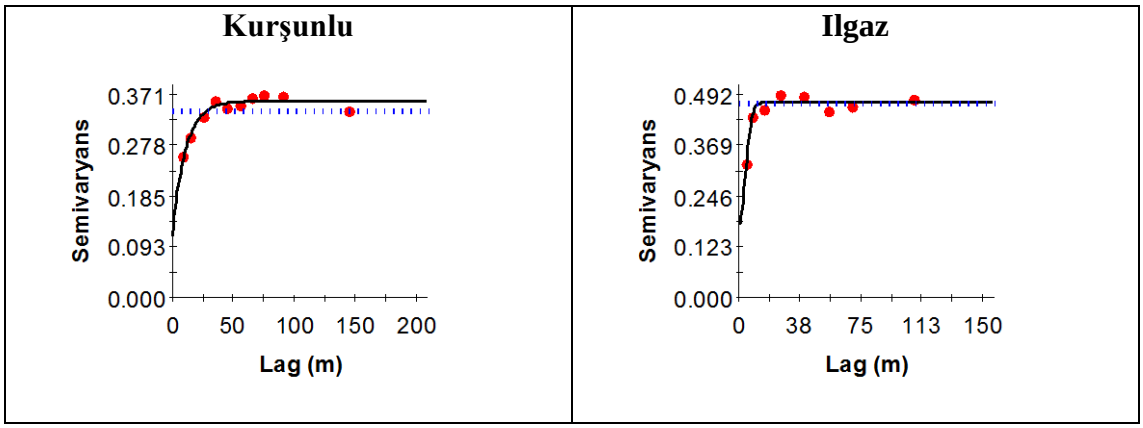
görülmektedir. Nugget etkisinin yüksek olması buradaki başarısızlığın önemli nedenlerinden birisi olabilir. Li and Heap (2011) ilgili özelliğin değişkenliği ile örnekleme yoğunluğu ve deseninin, tahmin başarısını etkileyen en önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Nugget etkisinin yüksek olması bu alanda daha sık bir örnekleme yapılmasını gerektirmektedir. Şekil 4.66'da belirlenen semivaryogramlar ile 16 komşu nokta kullanılarak nokta krigleme yapılmış ve oluşturulan yüzey haritaları Şekil 4.66'da verilmiştir. Toprakların demir içeriği Kurşunlu'da 0,47-4,19 mg/kg Ilgaz'da ise 7,93-72,17 mg/kg arasında değişmektedir. Lindsay and Norvell (1978) topraklarda 4,5 mg/kg alınabilir demirin yeterli olduğunu bildirmektedir. Bu eşik değer değer dikkate alındığında Kurşunlu'daki mera topraklarının neredeyse tamamının demir içeriği bakımından yetersiz olduğu görülmüştür. Ilgaz'da ise toprakların demir içeriği bakımından yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Kurşunlu merasının batı ve kuzeybatı kısımlarında demir eksikliği daha da şiddetlidir. Ilgaz'daki merada ise toprakların demir içeriği bakımından yeterli olduğu görülmektedir (Şekil 4.66).




**Şekil 4. 66** Demir (Fe) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.23 Bakır (Cu) içeriği

Bakırın uzaysal değişkenliğinin modellenmesinde en küçük kareler toplamı (RSS) ve en yüksek $R^2$ değerini Kurşunlu'da küresel Ilgaz'da üssel model sağlamıştır (Şekil 4.67). Toprakların bakır içeriği Kurşunlu ve Ilgaz'da orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir (Çizelge 4.85). Jeoistatistiksel range diğer birçok toprak özelliğinde olduğu gibi Ilgaz'daki merada çok daha düşüktür. Shukla *et al.* (2016b) bakır içeriği için range mesafesini 61,4 m olarak bulmuşlardır.




**Şekil 4. 67** Meralarda toprakların Cu içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

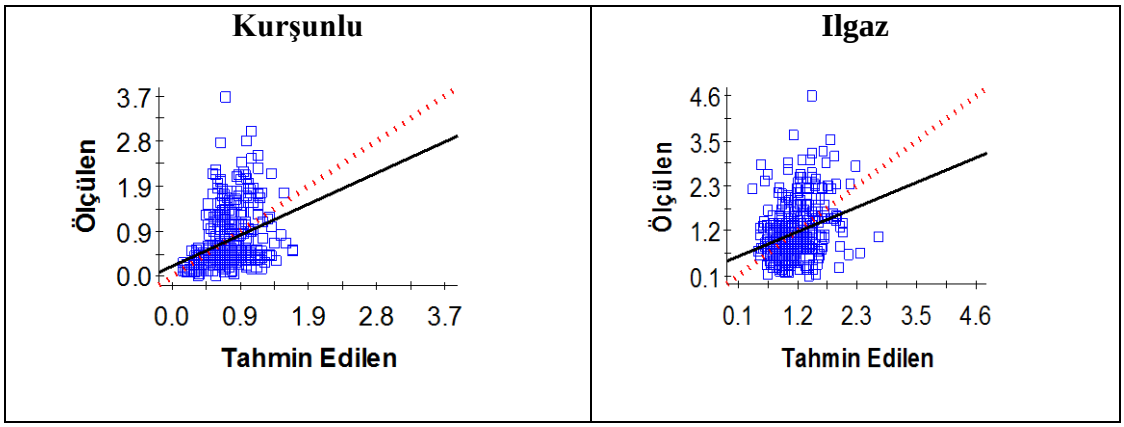
**Çizelge 4. 85** Toprakların Cu içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 0,254 | 0,356 | 71,34 | Orta | 32,10 | 0,92 | $9{,}357\times10^{-4}$ |
| Ilgaz | Üssel | 0,317 | 0,456 | 69,51 | Orta | 9,52 | 0,93 | $1{,}402\times10^{-3}$ |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Krigleme ile tahmin sonucu elde edilen Cu değerlerinin her iki meradaki uzaysal değişimini göstermek yüzey haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.69). Topraklarda alınabilir bakır içeriği 0,2 mg/kg'dan fazla olduğunda yeterli kabul edilmektedir (Lindsay and Norvell 1978). Bu sınır değerine göre her iki merada da bazı lokal alanlarda toprakların bakır içeriği bakımından yetersiz olduğu, ancak genelde yeterli

olduğu söylenebilir. Özellikle Kurşunlu'da çalışma alanının batı kısmını kuşatmakta olan şerit şeklindeki bölgede Cu noksanlığı problem teşkil edebilir (Şekil 4.69).




**Şekil 4. 68** Mera toprakların Cu içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 86** Toprakların Cu içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

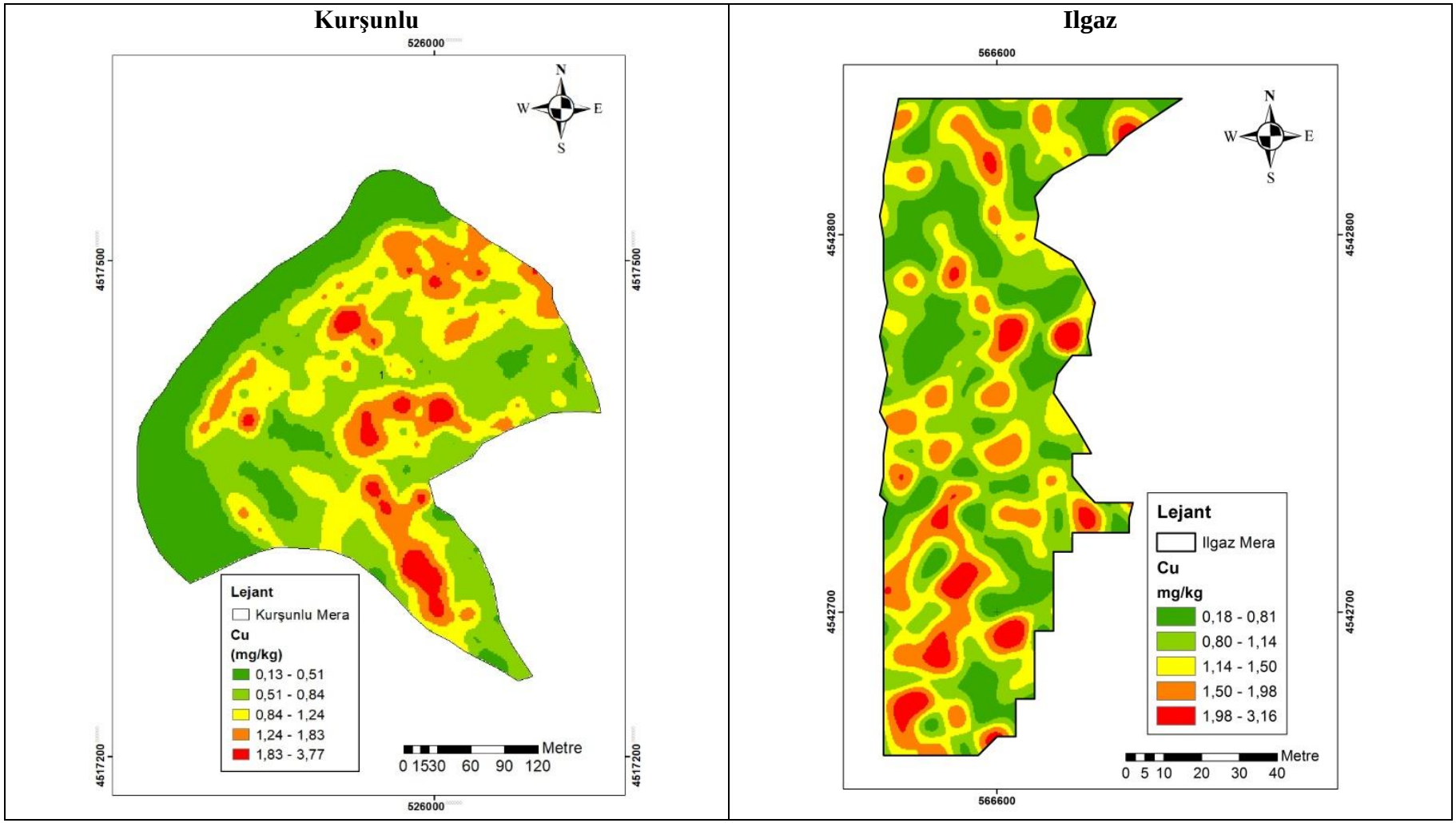
| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,34 | 0,097 | 53,67 |
| Ilgaz | 0,29 | 0,091 | 47,05 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 87** Toprakların Cu içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 0,80 | 0,73 | -0,07 | 1,12 | 1,11 | -0,01 |
| SS | 0,76 | 0,28 | 0,55 | 0,68 | 0,36 | 0,67 |
| Varyans | 0,35 | 0,08 | 0.31 | 0,46 | 0,13 | 0,45 |
| VK (%) | 95,00 | 38,35 | 785,71 | 60,71 | 32,43 | 6700 |
| Çarpıklık | 2,39 | 0,28 | 1,20 | 1,32 | 0,85 | 0,83 |
| Basıklık | 7,91 | -0,12 | 2,65 | 2,31 | 1,12 | 2,02 |
| En büyük | 5,44 | 1,62 | 2,96 | 4,59 | 2,74 | 3,13 |
| En küçük | 0,01 | 0,15 | -1,10 | 0,07 | 0,34 | -1,75 |
| Örnek Sayısı | 400 | 396 | 396 | 391 | 391 | 391 |

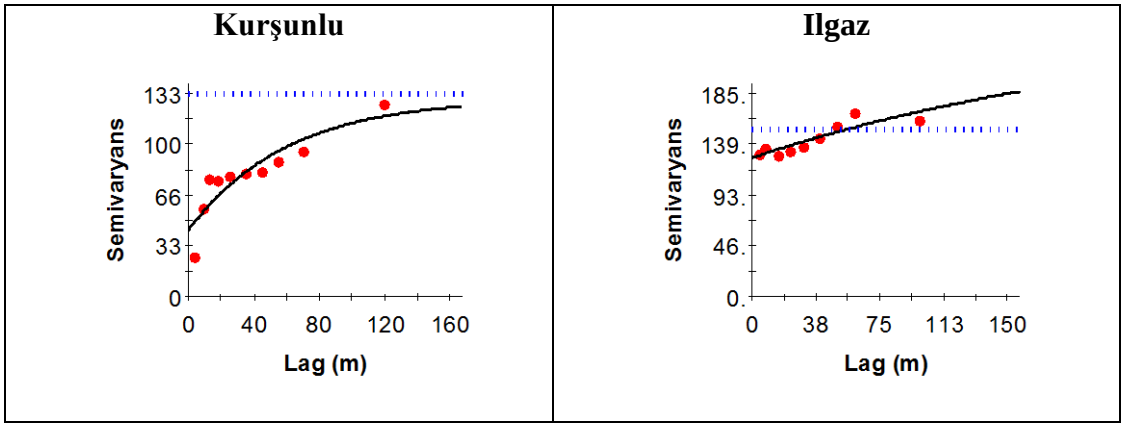
AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı




**Şekil 4. 69** Bakır (Cu) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.24 Mangan (Mn) içeriği

Toprakların mangan içeriklerine ilişkin semivaryogram grafikleri Şekil 4.70' de verilmiştir. Yapılan yönsel analizden sonra anisotropi olmadığı anlaşıldığından isotropik analize devam edilmiştir. En uygun modelin belirlenebilmesi için sadece Kurşunlu'da 2 değer değerlendirme dışı tutulmuştur. Mangan içeriği için uygun semivaryogram modeli her iki mera için de üssel olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.88).




**Şekil 4. 70** Meralarda toprakların Mn içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

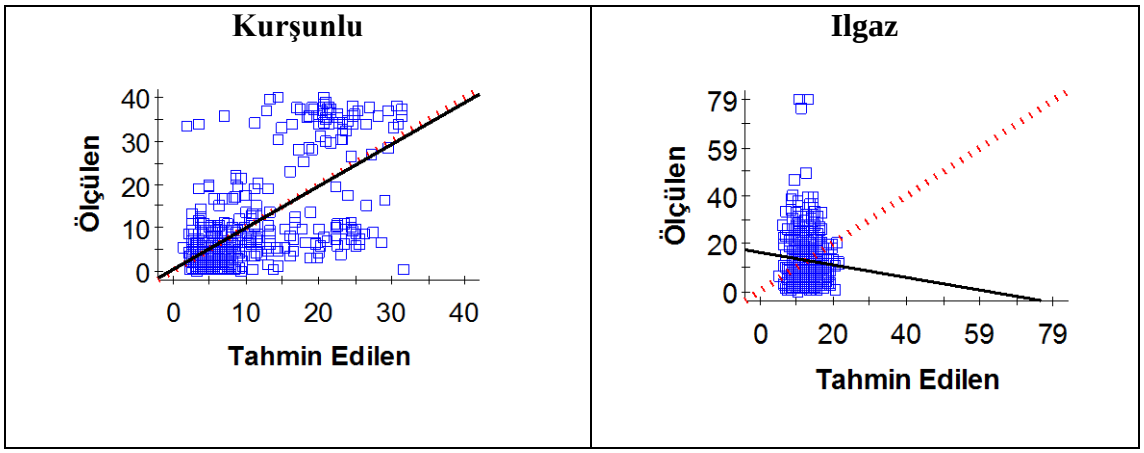
**Çizelge 4. 88** Toprakların Mn içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Küresel | 43,10 | 130,00 | 33,15 | Orta | 179,10 | 0,79 | 1208 |
| Ilgaz | Üssel | 126,5 | 253,10 | 49,98 | Orta | 723,60 | 0,76 | 390 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Tıpkı demir ve bakırda olduğu gibi mangan içeriği için de jeoistatistiksel range mesafesi Kurşunlu merasında çok daha yüksektir. Jeoistatistiksel çalışmalarda toprak özelliklerinin değişkenliği yanında, çalışma alanının genişliği ve örnekleme deseni de ilgili özelliğin jeoistatistiksel range değerini etkileyen önemli bir faktördür. Nitekim Shukla *et al.* (2016) mangan içeriği için range mesafesini 53,37 km olarak rapor etmişlerdir. Ancak bu çalışmada elde edilen farklılığın toprakların uzaysal değişkenliği

arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü her iki merada da benzer örnekleme sıklığı ve ölçeklerde çalışılmıştır.




**Şekil 4. 71** Mera toprakların Mn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

Toprakların Mn içeriği için modelin ne kadar doğru tahmin yaptığını belirlemek amacıyla çapraz değerlendirme yapılmıştır (Şekil 4.71). Ilgaz'da yüksek Mn değerlerinin oldukça düşük tahmin edildiği görülmüştür (Şekil 4.71). Çizelge 4.89 incelendiğinde korelasyon katsayısı r'nin düşük RRMSE değerlerinin yüksek olması nedeniyle mangan içeriği için kriglemenin yeterince başarılı olmadığı anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4. 89** Toprakların Mn içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,64 | 0,057 | 72,45 |
| Ilgaz | 0,007 | 0,181 | 68,26 |

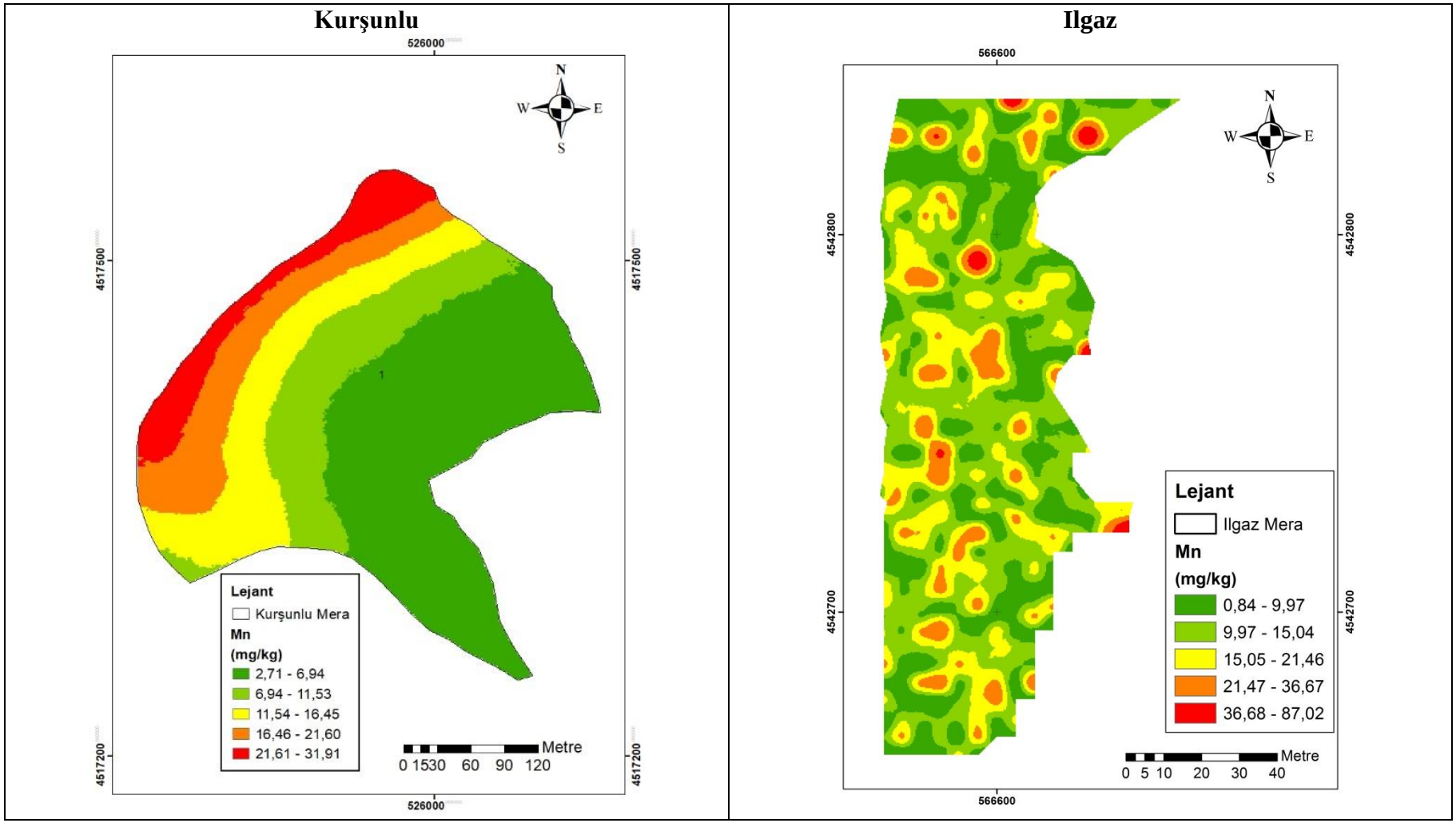
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

**Çizelge 4. 90** Toprakların Mn içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 10,62 | 10,59 | -0,03 | 13,03 | 13,06 | 0,03 |
| SS | 11,53 | 7,71 | 8,83 | 10,76 | 3,01 | 11,39 |
| Varyans | 132,66 | 59,34 | 77,82 | 115,61 | 9,07 | 129,53 |
| VK (%) | 108,56 | 72,80 | 29433,33 | 82,57 | 23,08 | 37966,66 |
| Çarpıklık | 1,36 | 0,97 | 0,45 | 2,23 | 0,16 | 2,06 |
| Basıklık | 0,47 | -0,31 | 1,10 | 9,05 | -0,30 | 7,77 |
| En büyük | 39,87 | 31,39 | 31,59 | 78,66 | 21,38 | 67,67 |
| En küçük | 0,05 | 1,60 | -30,84 | 0,38 | 5,64 | -19,73 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

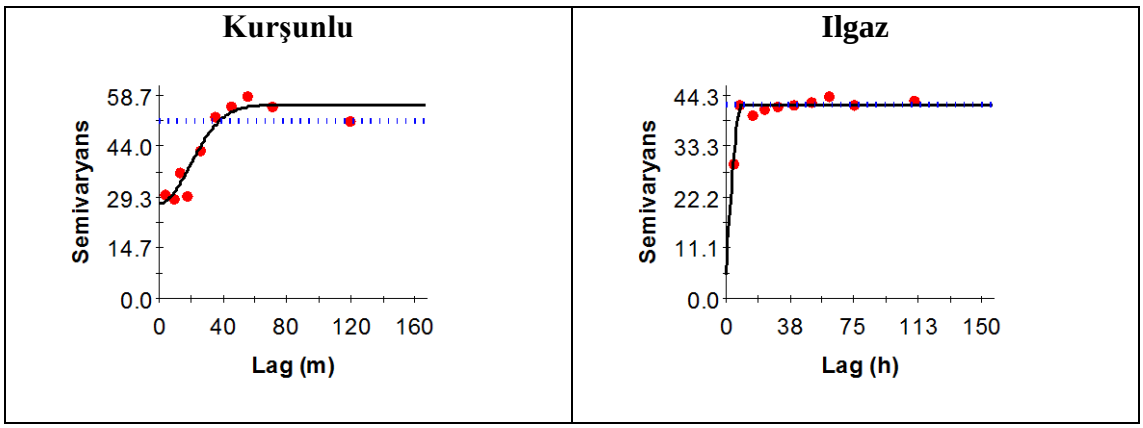
Ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerine ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.90'da verilmiştir. Her iki merada da ölçülen ve tahmin edilen değerlerin aritmetik ortalaması benzerdir. Arazide ölçüm yapılmayan noktalar için veriler tahmin edildikten sonra toprakların mangan içeriğinin alandaki değişimini gösteren tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.72). Mangan içeriği Kurşunlu'da 2,71-31,91 mg/kg, Ilgaz'da ise 0,84-87,01 mg/kg arasında değişim göstermektedir. Elde edilen tahmin haritası incelendiğinde Ilgaz'da mangan içeriğinin arazi boyunca çok fazla değişkenlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.72). Kurşunlu'da mangan içeriği Güneydoğu'dan Kuzeybatıya doğru artarken Ilgaz'daki merada bazı lokal noktalarda yüksek değerlerinin olduğu görülmektedir. Topraklarda alınabilir manganın 1,2 mg/kg'dan fazla olduğu zaman yeterli (Lindsay and Norvell 1978) olduğu göz önünde bulundurulduğunda Kurşunlu'daki meranın tümü alınabilir Mn yönünden yeterlidir. Enteresan bir şekilde Mn içeriği Kurşunlu merasında bakır içeriğinin tersi bir eğilim göstermekte ve bakır içeriğinin daha düşük olduğu arazinin batı kısımlarında mangan içeriği daha yüksek değerler almaktadır. Kurşunlu'da mangan içeriğinin doğudan batıya doğru tedrici artışı özellikle dikkat çekmektedir. Ilgaz'daki merada ise daha çok yamalı bir yapı dikkat çekmektedir




**Şekil 4. 72** Mangan **(**Mn) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.25 Çinko (Zn) içeriği

Toprakların çinko içeriğine ilişkin deneysel ve teorik semivaryogramlar Şekil 4.73'de verilmiştir. Kurşunlu'daki merada gaussian model Ilgaz'daki merada ise küresel model en uygun model olarak öne çıkmışlardır.



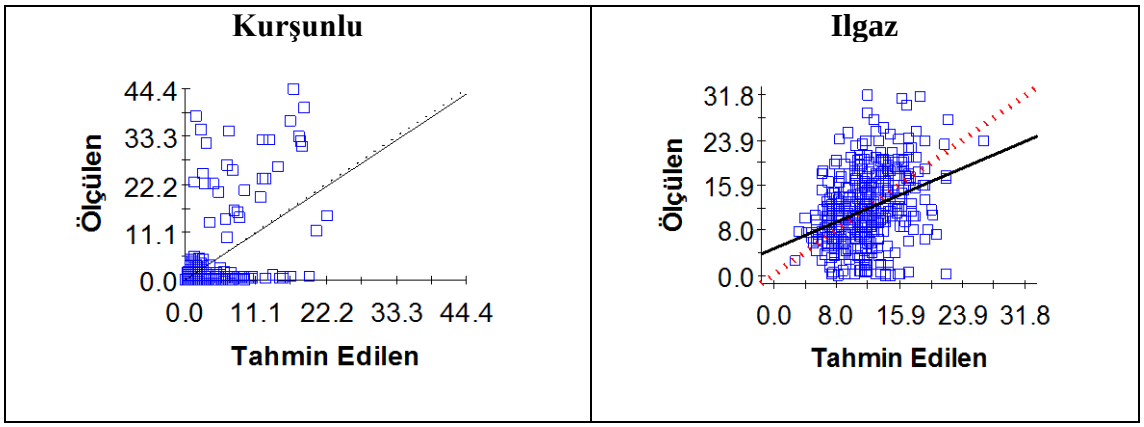

**Şekil 4. 73** Meralarda toprakların Zn içeriğine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

**Çizelge 4. 91** Toprakların Zn içeriğine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Gaussian | 29,41 | 56,07 | 52,45 | Orta | 48,67 | 0,91 | 111 |
| Ilgaz | Küresel | 27,76 | 42,53 | 65,27 | Kuvvetli | 9,30 | 0,91 | 13,3 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Çizelge 4.91 incelendiğinde her iki merada da tıpkı diğer besin elementlerinin çoğunda olduğu gibi çinko içeriği için de nugget etkisi yüksektir. Range mesafesi ise toprak özelliklerinin büyük bir kısmında olduğu gibi Ilgaz'daki merada çok daha düşüktür (Çizelge 4.91). Shukla *et al.* (2016b) çinko içeriği için range mesafesini 32,49 km olarak hesaplamışlardır. Çinko için oluşturulan isotropik semivaryogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.74).




**Şekil 4. 74** Mera toprakların Zn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 92** Toprakların Zn içeriğine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|
| Kurşunlu | 0,47 | 0,072 | 93,81 |
| Ilgaz | 0,33 | 0,084 | 44,91 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, , RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

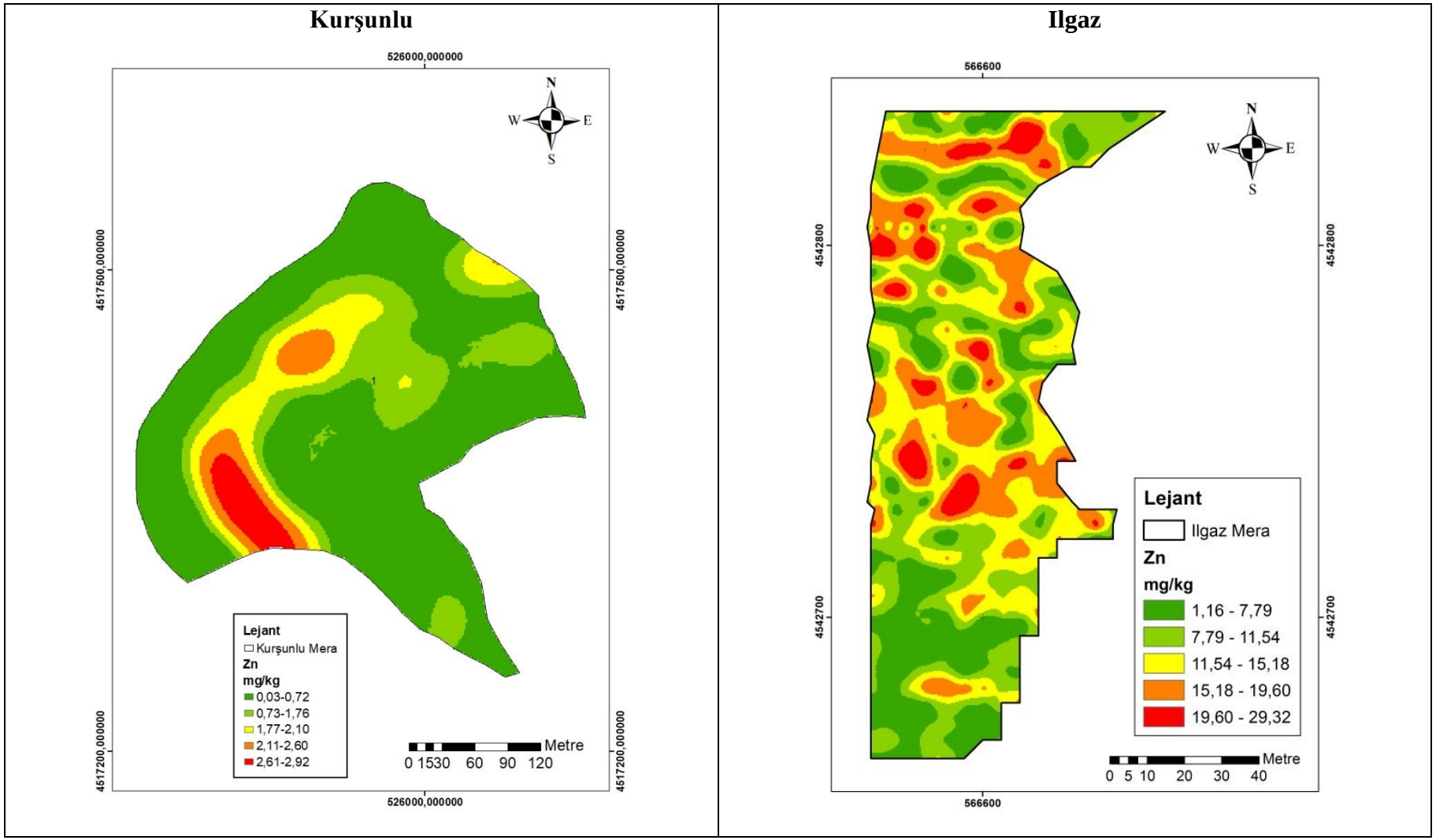
**Çizelge 4. 93** Toprakların Zn içeriğine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| AO | 2,85 | 2,87 | 0,02 | 11,67 | 11,73 | 0,06 |
| SS | 7,18 | 3,90 | 6,11 | 6,51 | 3,69 | 6,31 |
| Varyans | 51,46 | 15,21 | 37,22 | 42,39 | 13,64 | 39,73 |
| VK (%) | 251,92 | 136,03 | 30550 | 55,78 | 31,45 | 10516,66 |
| Çarpıklık | 3,65 | 2,52 | -2,28 | 0,41 | 0,44 | -0,01 |
| Basıklık | 12,99 | 6,57 | 10,09 | -0,07 | 0,32 | 0,20 |
| En büyük | 44,37 | 22,29 | 19,02 | 31,83 | 26,50 | 19,86 |
| En küçük | 0,03 | -0,61 | -36,49 | 0,02 | 2,77 | -21,49 |
| Örnek Sayısı | 400 | 400 | 400 | 391 | 391 | 391 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

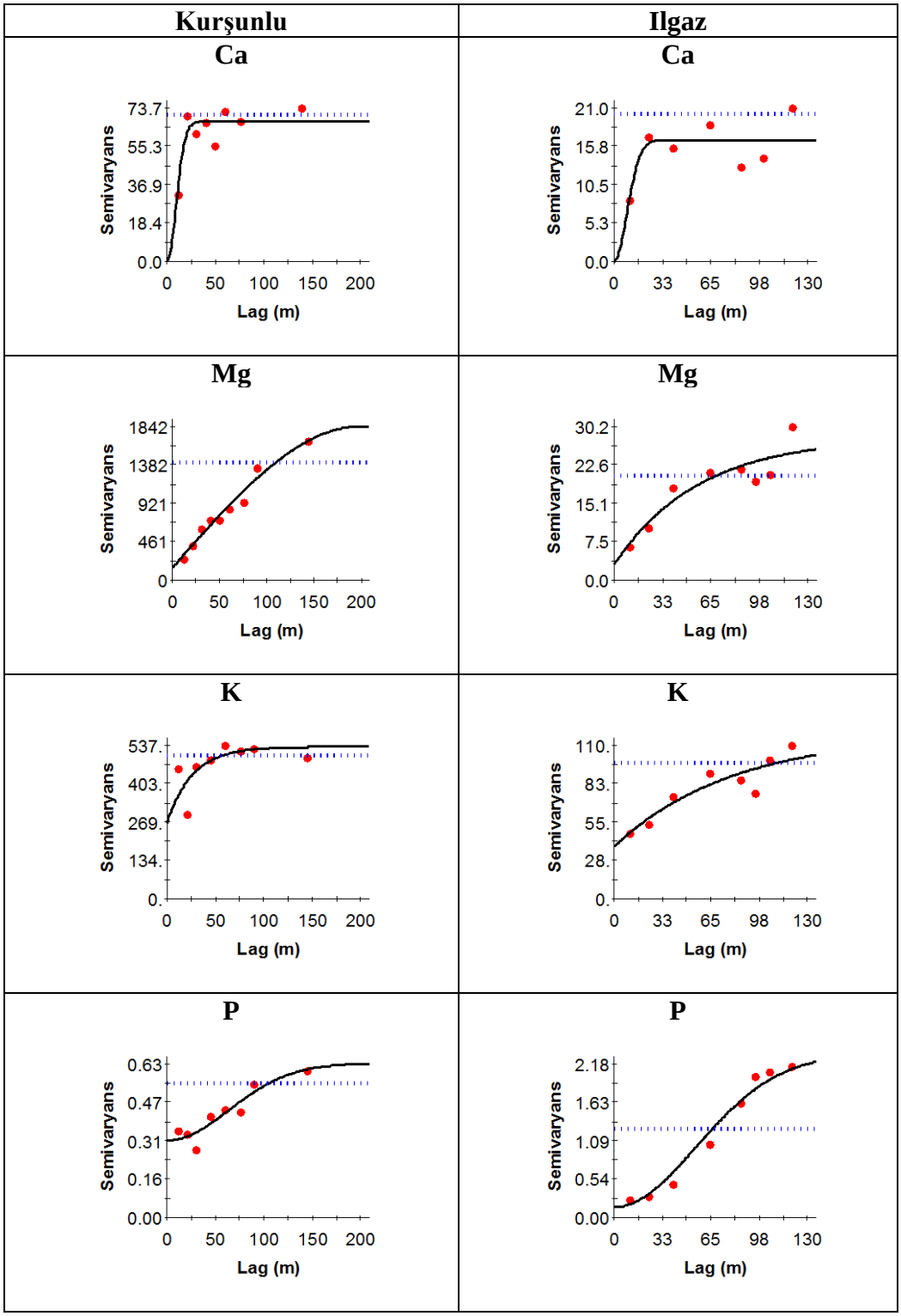
Çizelge 4.92 incelendiğinde r'nin (çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı) çok düşük, RRMSE değerinin %10 dan fazla olması tahminin başarılı olmadığını göstermektedir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.93'de verilmiştir. Tıpkı diğer özelliklerde olduğu gibi çinko içeriği içinde ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin ortalama değerlerin oldukça birbirine yakın olduğu

görülmüştür. Ancak standart sapma ve varyasyon katsayısı tahmin edilen değerler için daha düşüktür. Bundan dolayı model küçük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise daha düşük tahmin etme eğilimi göstermiştir. Krigleme ile tahmin edilen çinko değerleri kullanılarak yüzey haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.75). Lindsay and Norvell (1978) topraklarda 0,8 mg/kg alınabilir çinkonun yeterli olduğunu bildirmektedir. Buna göre Kurşunlu'da Kuzeydoğu ve Güneybatı'nın bazı kesimlerinde toprakların çinko bakımından yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, toprakların çinko içeriğinin Ilgaz'daki merada oldukça yamalı bir değişim deseni göstermesine karşın, Kurşunlu'daki merada çok daha düzenli bir yapı dikkat çekmektedir.




**Şekil 4. 75** Çinko **(**Zn) içeriğinin mera topraklarında uzaysal değişim deseni

### 4.6.26 Bitki özelliklerinin uzaysal değişimin modellenmesi ve haritalanması




**Şekil 4. 76** Mera bitki örneklerindeki makro besin elementi içeriklerine ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

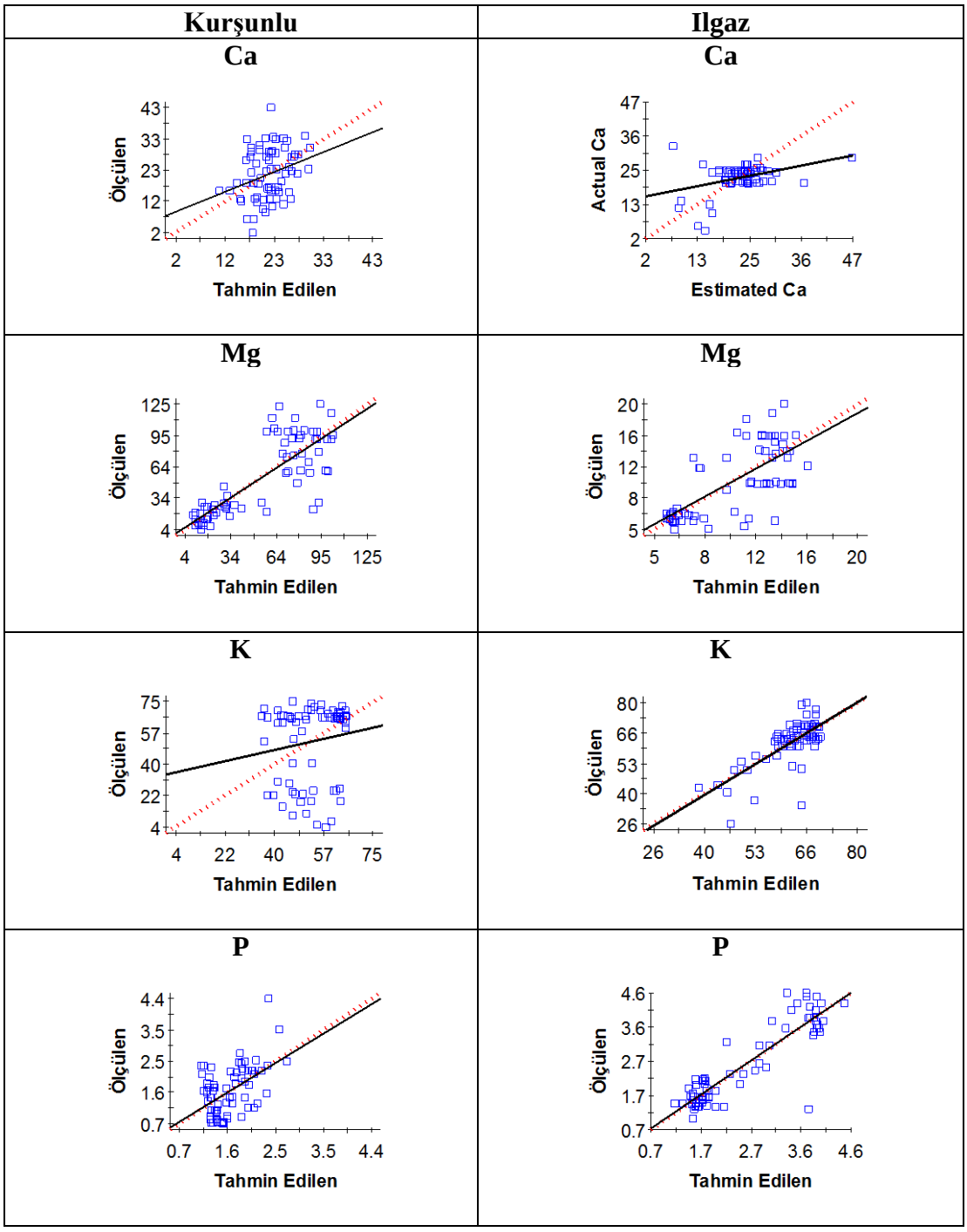
İncelenen makro ve mikro besin elementi içeriklerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin modellenmesinde Kurşunlu'da 8 (5, 15, 25, 35, 55, 65, 85, 95 m), Ilgaz'da ise 10 (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100 m) lag sınıfı kullanılmıştır. Model seçiminde minimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki range değerinin maksimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki (minimum varyasyon yönüne 90° dik) range değerine oranı dikkate alınarak yersel değişkenliğin isotropik veya anisotropik olup-olmadığına karar verilmiştir. Eğer söz konusu oran 1,3' den daha düşük ise değişimin isotropik, 1,3'den daha büyük olduğu durumda ise anisotropik olduğu varsayılmıştır. Buna göre çalışma alanında bitkilerde incelenen özelliklerin tamamında değişimin isotropik olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4. 94** Bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Besin elementi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Ca | Gaussian | 27,7 | 67,14 | 41,25 | Orta | 22,86 | 0,75 | 324 |
| | Mg | Küresel | 230,4 | 1842 | 12,50 | Kuvvetli | 198 | 0,96 | 48422 |
| | K | Üssel | 271,90 | 531,90 | 51,12 | Orta | 79,50 | 0,41 | 25080 |
| | P | Gaussian | 0,26 | 0,63 | 41,26 | Orta | 156,57 | 0,87 | $9{,}917\times10^{-3}$ |
| Ilgaz | Ca | Gaussian | 7,94 | 16,65 | 47,68 | Orta | 21,30 | 0,55 | 45,5 |
| | Mg | Üssel | 7,46 | 27,99 | 26,65 | Kuvvetli | 170,10 | 0,82 | 64,3 |
| | K | Üssel | 46,1 | 118,10 | 39,46 | Orta | 241,50 | 0,82 | 566 |
| | P | Gaussian | 0,24 | 2,31 | 10,38 | Kuvvetli | 135,10 | 0,98 | 0,107 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık

Bitki örneklerinde makro besin elementleri için oluşturulan isotropik semivaryogram modelleri magnezyum haricinde her iki merada da benzer tip modeller kullanılmıştır (Çizelge 4.94). Bitkilerdeki fosfor içeriğine ilişkin nugget değerleri tıpkı toprakta olduğu gibi oldukça düşük olduğu görülmüştür. Meralarda jeoistatistiksel range mesafesinin en yüksek olduğu besin elementi Kurşunlu'da fosfor içeriği, Ilgaz'da ise potasyum içeriğidir (Çizelge 4.91). Munyati (2018) Güney Afrika'da bir merada *Eragrostis lehmanniana* yem bitkisindeki bazı mikro element içerikleri için yapmış olduğu çalışmasında Cu, Fe, Zn için nugget değerini 0 olarak range değerlerini ise sırasıyla 1449 m, 1062 m, ve 1633 m olarak belirlemiştir.




**Şekil 4. 77** Mera bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 95** Bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerine ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

| Mera Kesimi | Besin elementi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Ca | 0,30 | 0,250 | 32,42 |
| | Mg | 0,80 | 0,084 | 33,69 |
| | K | 0,14 | 0,295 | 37,45 |
| | P | 0,50 | 0,196 | 34,31 |
| Ilgaz | Ca | 0,37 | 0,091 | 38,56 |
| | Mg | 0,70 | 0,110 | 22,35 |
| | K | 0,71 | 0,125 | 7,80 |
| | P | 0,89 | 0,061 | 14,93 |

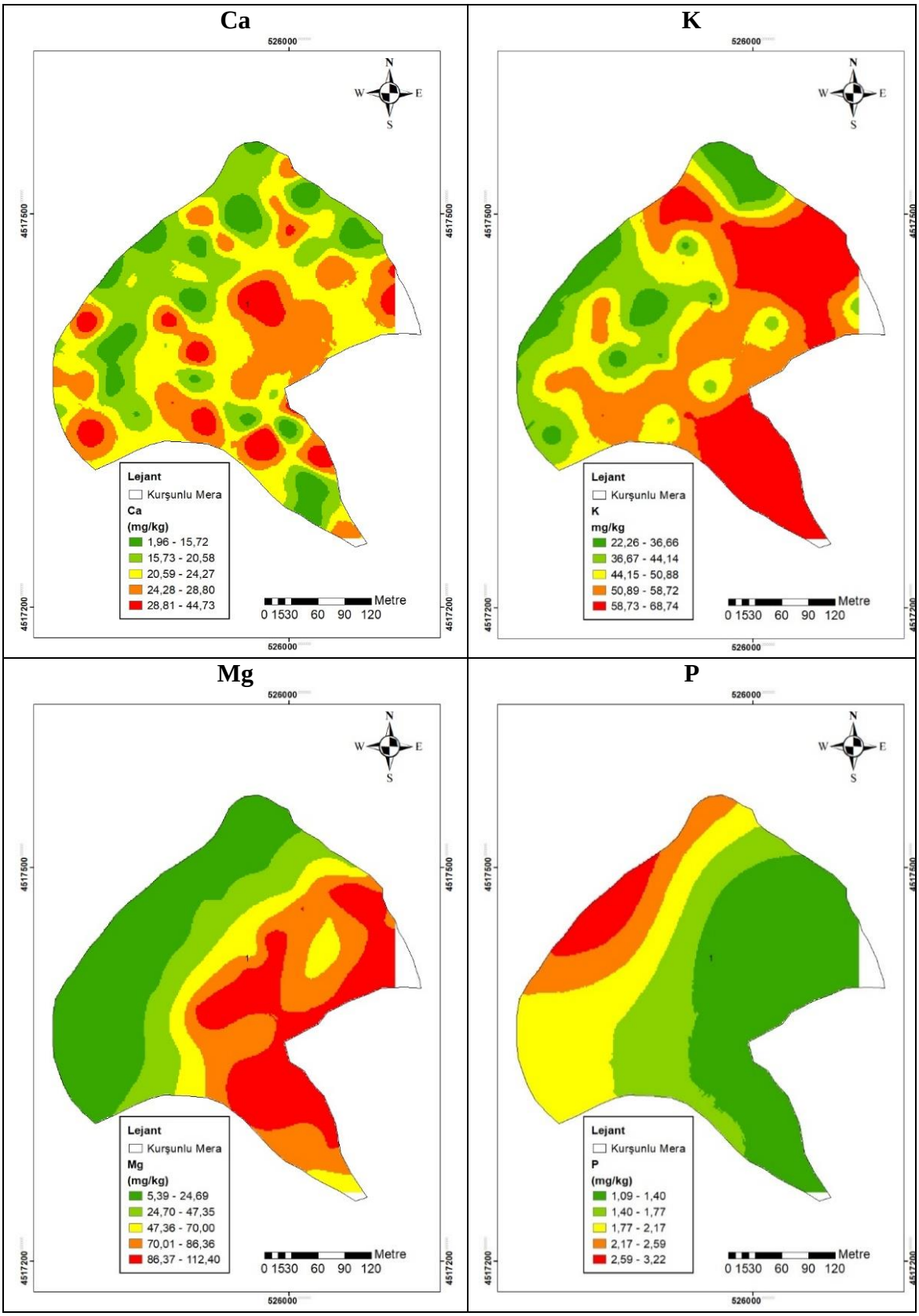
r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

Kurşunlu ve Ilgaz'da makro besin elementi içerikleri için oluşturulan isotropik semivaryogram modelleri çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.77). Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 4.95'de verilmiştir. Tıpkı toprak özelliklerinde olduğu gibi bitkilerdeki makro besin elementi içerikleri için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin ortalama değerlerin oldukça birbirine yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.96). Genel olarak Ilgaz'da kalsiyum içeriği hariç diğer tüm besin elementleri için standart sapma ve varyasyon katsayısı tahmin edilen değerler için daha düşüktür. Bundan dolayı model küçük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise daha düşük tahmin etme eğilimi göstermiştir.

**Çizelge 4. 96** Bitkilerin makro besin elementi içeriklerine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Besin elementi | Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| Ca | AO | 21,65 | 21,60 | -0,026 | 21,91 | 22,53 | 0,43 |
| | SS | 8,34 | 3,93 | 8,11 | 4,76 | 5,60 | 5,72 |
| | Varyans | 69,20 | 15,26 | 64,807 | 18,18 | 30,78 | 32,28 |
| | VK (%) | 38,50 | 18,22 | 31334,77 | 21,70 | 24,84 | 1326,33 |
| | Çarpıklık | 0,016 | -0,038 | 0,201 | -1,75 | 0,68 | -0,52 |
| | Basıklık | -0,52 | -0,038 | 0,52 | 4,18 | 5,20 | 5,64 |
| | En büyük | 43,40 | 30,25 | 21,42 | 32,20 | 46,68 | 18,08 |
| | En küçük | 2,08 | 11,15 | -16,17 | 4,50 | 7,90 | -24,30 |
| | Örnek Sayısı | 70 | 70 | 70 | 70 | 69 | 69 |
| Mg | AO | 54,00 | 54,29 | -0,29 | 10,80 | 10,86 | 0,06 |
| | SS | 37,53 | 32,02 | 22,19 | 4,53 | 3,55 | 3,23 |
| | Varyans | 1388,24 | 1010,69 | 485,61 | 20,19 | 12,44 | 10,28 |
| | VK (%) | 69,50 | 58,97 | 7469,73 | 41,90 | 32,70 | 5220,96 |
| | Çarpıklık | 0,28 | -0,05 | -0,18 | 0,20 | -0,31 | 0,07 |
| | Basıklık | -1,45 | -1,61 | 1,46 | -1,35 | -1,51 | 0,19 |
| | En büyük | 125,27 | 102,02 | 57,21 | 20,30 | 16,39 | 8,26 |
| | En küçük | 3,60 | 8,91 | -65,62 | 4,50 | 5,46 | -6,86 |
| | Örnek Sayısı | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| K | AO | 52,45 | 53,01 | 0,56 | 62,25 | 62,36 | 0,11 |
| | SS | 22,37 | 9,10 | 22,89 | 9,85 | 6,67 | 6,89 |
| | Varyans | 493,421 | 81,62 | 516,71 | 95,69 | 43,96 | 46,91 |
| | VK (%) | 42,66 | 17,16 | 4080,15 | 15,83 | 10,70 | 6029,08 |
| | Çarpıklık | -0,91 | -0,27 | -0,74 | -1,50 | -1,53 | 1,67 |
| | Basıklık | -0,85 | -1,16 | -0,42 | 2,87 | 1,99 | 5,53 |
| | En büyük | 75,10 | 65,58 | 35,19 | 79,50 | 69,80 | 30,47 |
| | En küçük | 4,17 | 35,17 | -54,07 | 26,30 | 39,80 | -13,84 |
| | Örnek Sayısı | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| P | AO | 1,65 | 1,64 | 0,01 | 2,53 | 2,51 | -0,01 |
| | SS | 0,74 | 0,39 | 0,64 | 1,11 | 1,01 | 0,50 |
| | Varyans | 0,541 | 0,15 | 0,40 | 1,24 | 1,01 | 0,25 |
| | VK (%) | 44,80 | 24,15 | 6502,72 | 43,87 | 40,34 | 5218,61 |
| | Çarpıklık | 0,85 | 0,75 | 0,53 | 0,50 | 0,45 | 1,28 |
| | Basıklık | 1,48 | -0,13 | 0,11 | -1,30 | -1,50 | 7,62 |
| | En büyük | 4,42 | 2,77 | 2,02 | 4,60 | 4,46 | 2,48 |
| | En küçük | 0,67 | 1,09 | -0,99 | 1,01 | 1,18 | -1,25 |
| | Örnek Sayısı | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |

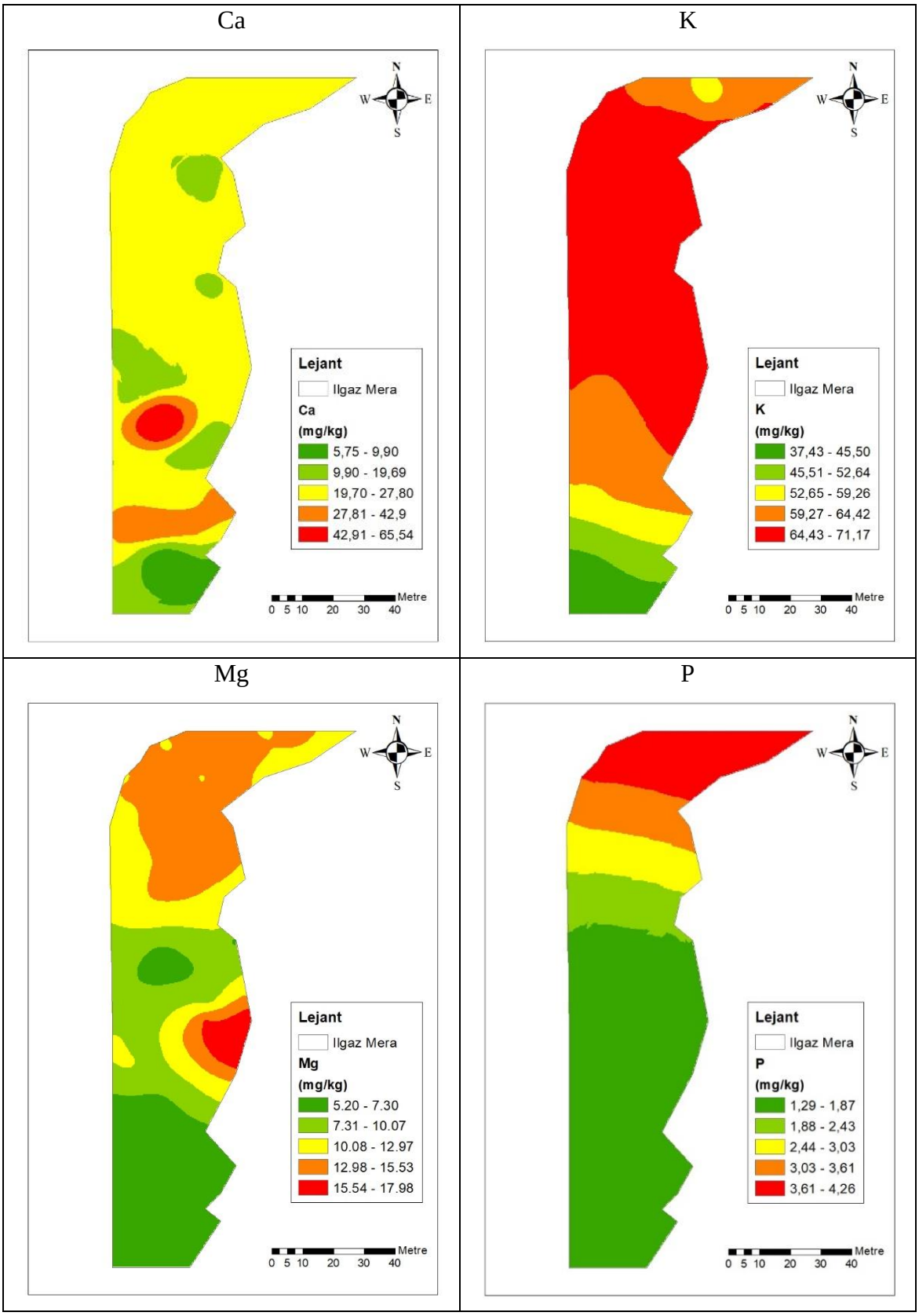
AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı



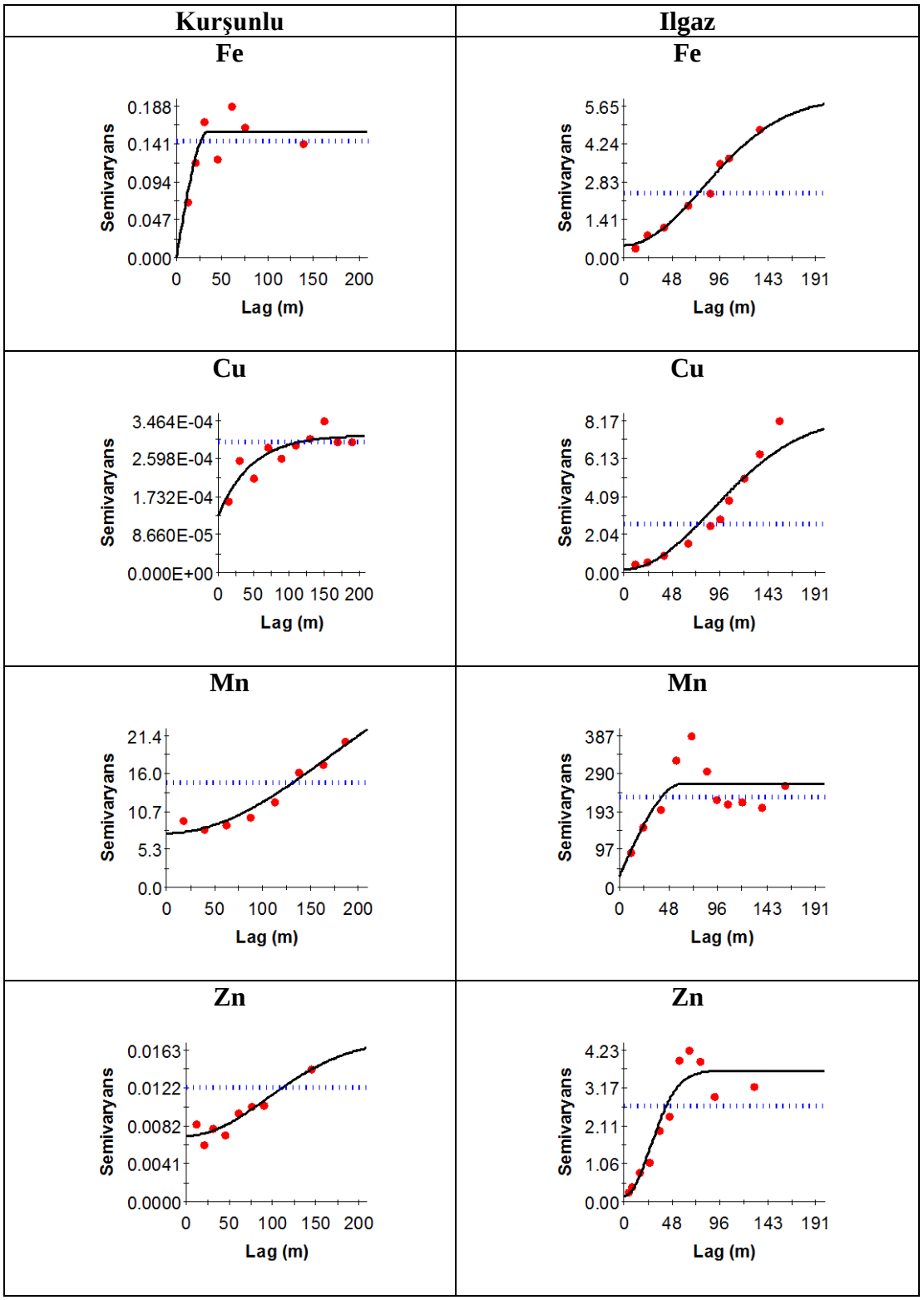

**Şekil 4. 78** Kurşunlu merasında bitki örneklerinin makro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri

Kurşunlu merasında analiz edilen bitki örneklerinin makro besin elementi içeriklerinin alandaki değişimini gösteren tahmin haritaları Şekil 4.78'de verilmiştir. Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya doğru gidildikçe bitki örneklerinde ki magnezyum içeriği artarken fosfor içeriği azalmaktadır. Kurşunlu merasının Kuzeydoğu ve Güneybatı kesimlerinde bitkilerdeki magnezyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür. Ilgaz merası bitki örneklerinin makro besin elementleri için oluşturulan haritalar Şekil 4.79'da verilmiştir. Ilgaz'da Güney'den Kuzey'e potasyum ve fosforun arttığı görülmüştür. Her iki merada da bitkilerin potasyum içeriğinin yüksek magnezyum içeriğinin düşük olduğu noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü hayvan sağlığını olumsuz etkileyen çayır tetanisi riskinin oluşabileceği K/Ca+Mg oranının sınır değeri olan 2,1'in üzerinde olma ihtimalı yüksektir. Bu oranın düşürülmesi için bu noktalarda baklagil tohumlaması yapılmalıdır.

Toprakta kalsiyum içeriğinin yüksek olduğu bazı bölgelerde (Şekil 4.57) bitkideki kalsiyum içeriğinin düşük olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.78). Toprakta potasyum içeriğinin fazla olduğu alanlarda (Şekil 4.54) bitkideki magnezyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4.78). Kurvits and Kirkby (1980) toprakta $K^{+}$'un fazla miktarda bulunmasının bitkiler tarafından $Mg^{+2}$ alımını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Schimansky (1981) ise topraktaki $K^{+}$ ve $Ca^{+2}$ içeriğinin yalnızca bitkilerin $Mg^{+2}$ alımını değil aynı zamanda bitkilerde kökten tepe organlarına $Mg^{+2}$ taşınmasını olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiştir. Heenan and Campbell (1981) toprakta Mn içeriği arttıkça bitkide Mg içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda her iki merada toprakta Mn içeriğinin arttığı alanlarda (Şekil 4.72), bitkide Mg içeriğinin azaldığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.78-4.79). Lauer *et al.* (1989) topraktaki fosfor içeriğinin bitkiye göre 1000 kat daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda her iki merada, araştırmacıların belirttiği kadar olmasada fosfor içeriğinin bitkiye göre toprakta daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.63, Şekil 4.78-4.79). Bitki ve toprak fosfor konsatrasyonu arasındaki farkın temel nedeni olarak fosforun topraktan aktif absorbsiyon ile alındığı ve fosforun kök bölgesi çevresinde birikmesi gösterilebilir (Tanner and Caspari 1996).




**Şekil 4. 79** Ilgaz merasında bitki örneklerinin makro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri



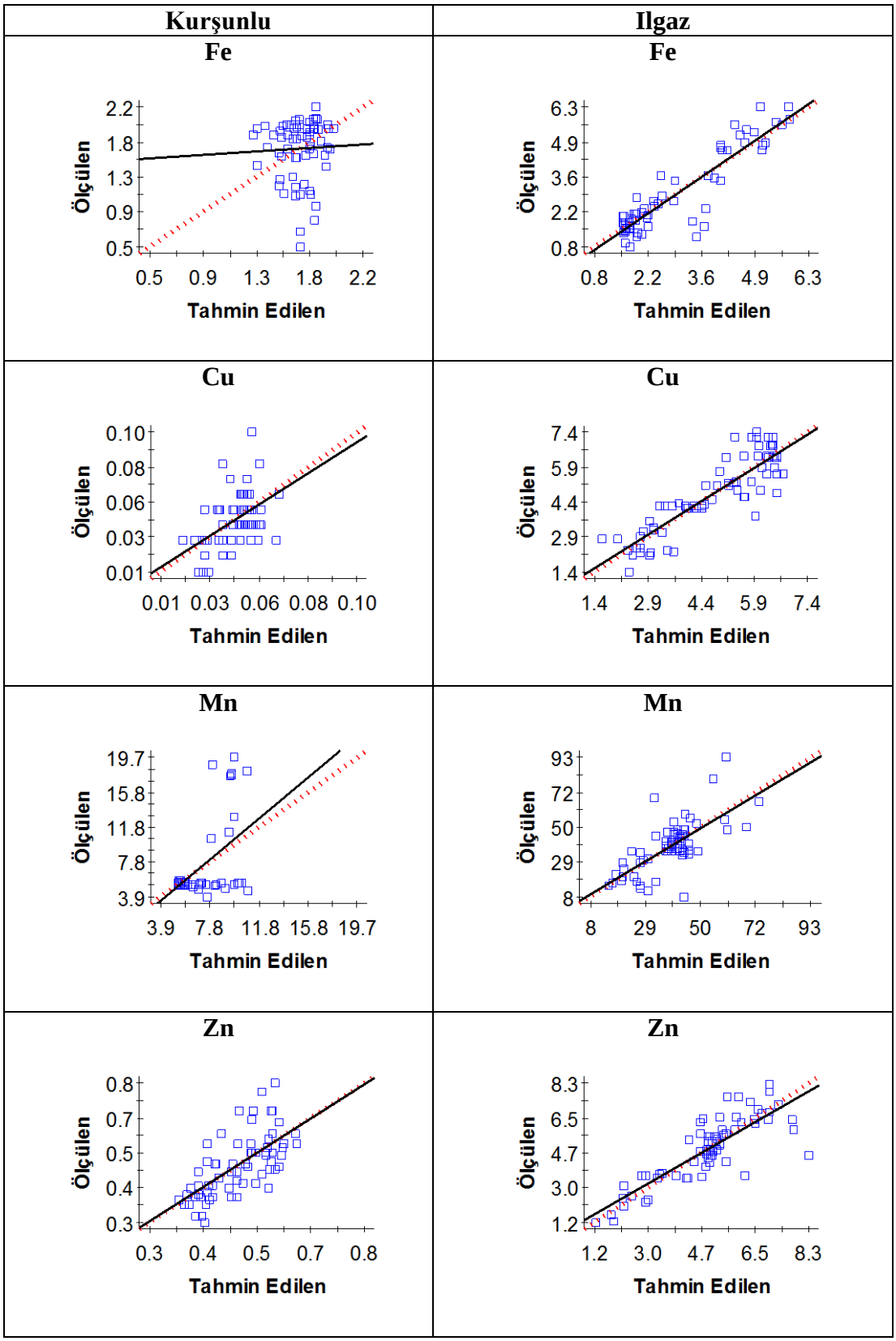

**Şekil 4. 80** Mera bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin ilişkin deneysel (küre) ve teorik (çizgi) semivaryogramları

Her iki merada da bitki örneklerinde mikro besin elementleri için oluşturulan isotropik semivaryogram modellerinin birbirlerinden oldukça farklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.80). Kurşunlu'da en uzun range mesafesi mangan (418 m), Ilgaz'da ise bakır içeriği (215,98 m) için belirlenmiştir. Kurşunlu'da bitki ve topraktaki mangan içeriğinin diğer besin elementlerine göre uzaysal bağımlılığının da fazla olduğu görülmüştür. Mikro besin elementleri için oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.81). Kurşunlu'da demir ve bakır içerikleri düşük nugget ve determinasyon katsayıları ($R^2$) bakımından benzer olmalarına rağmen (Çizelge 4.97), bitkilerin demir içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin oldukça zayıf olduğu görülmüştür (Çizelge 4.98). Çizelge 4.98 incelendiğinde mikro besin elementlerinin Kurşunlu'da ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyonun oldukça zayıf olduğu görülmüştür. Her ne kadar Ilgaz'da çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) yüksek değerler almış olsa da tıpkı Kurşunlu'da olduğu gibi RRMSE değerlerinin %10 üzerinde olması modellerin kriglemede yeterince başarılı olmadığını göstermektedir.

**Çizelge 4. 97** Bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin semivaryogram model parametreleri

| Mera Kesimi | Besin elementi | Model | Nugget ($C_0$) | Sill ($C_0$+C) | Nugget Etkisi (%) | UB | Range (A) m | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Fe | Küresel | 0,07 | 0,156 | 0,06 | Kuvvetli | 34,70 | 0,71 | $2{,}726\times10^{-3}$ |
| | Cu | Üssel | 0,0001 | 0,0003 | 33,33 | Orta | 143,40 | 0,76 | $5{,}706\times10^{-9}$ |
| | Mn | Gaussian | 7,44 | 35,27 | 21,66 | Kuvvetli | 418,11 | 0,95 | 6,62 |
| | Zn | Gaussian | 0,006 | 0,014 | 42,85 | Orta | 150,34 | 0,90 | $7{,}092\times10^{-6}$ |
| Ilgaz | Fe | Gaussian | 0,47 | 5,94 | 7,91 | Kuvvetli | 193,81 | 0,98 | 0,34 |
| | Cu | Gaussian | 0,31 | 8,36 | 3,7 | Kuvvetli | 215,98 | 0,93 | 4,61 |
| | Mn | Küresel | 96,1 | 263,40 | 36,48 | Orta | 60,50 | 0,53 | 30937 |
| | Zn | Gaussian | 0,24 | 3,65 | 6,57 | Kuvvetli | 64,95 | 0,89 | 2,20 |

$R^2$: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, UB: uzaysal bağımlılık




**Şekil 4. 81** Mera bitki örneklerindeki Zn içeriğine ilişkin çapraz doğrulama grafikleri

**Çizelge 4. 98** Bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerin ilişkin çapraz değerlendirme sonuçları

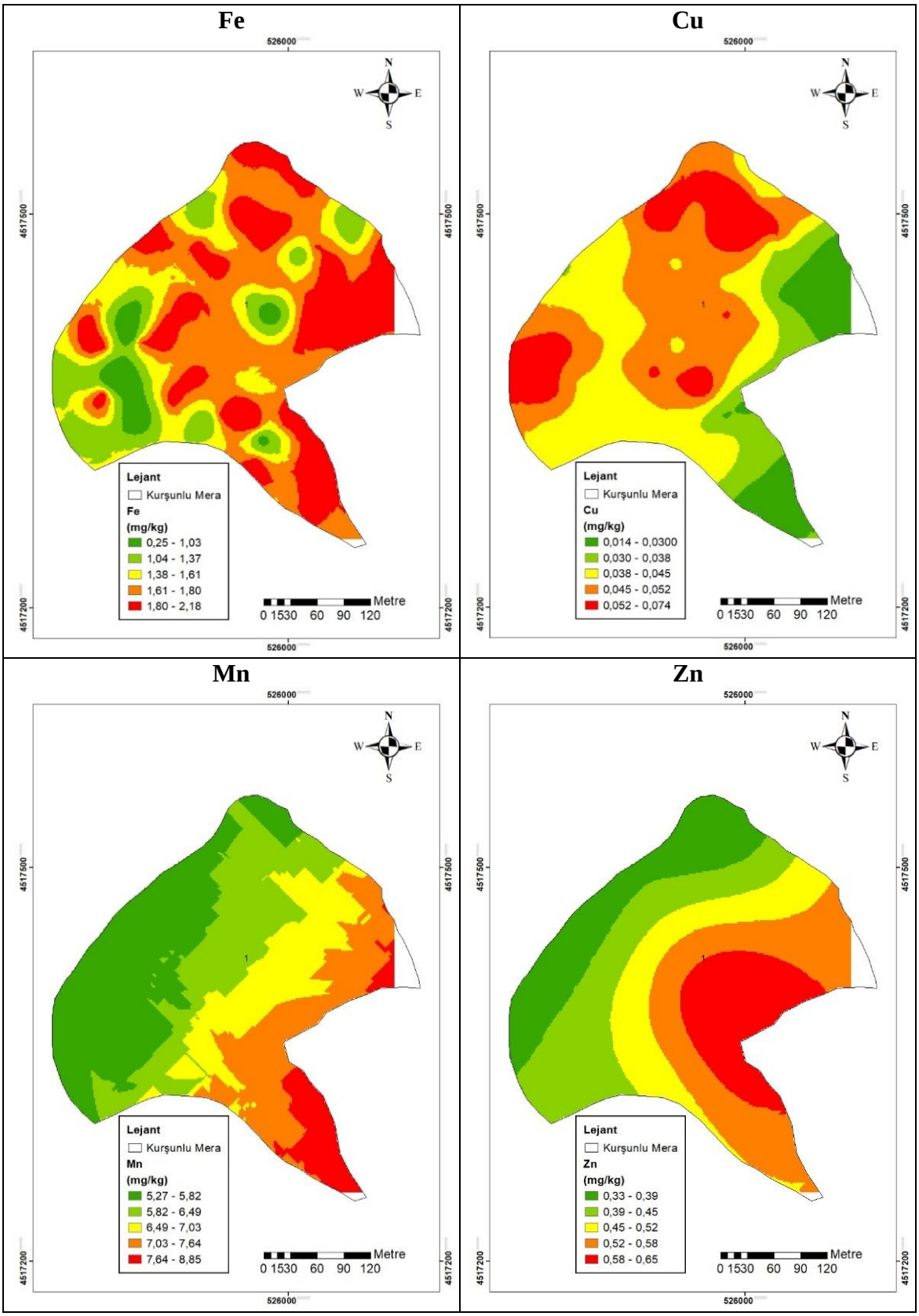
| Mera Kesimi | Besin elementi | r | SH | RRMSE |
|---|---|---|---|---|
| Kurşunlu | Fe | 0,04 | 0,310 | 19,15 |
| | Cu | 0,49 | 0,194 | 26,50 |
| | Mn | 0,55 | 0,215 | 20,27 |
| | Zn | 0,66 | 0,134 | 13,04 |
| Ilgaz | Fe | 0,91 | 0,054 | 15,76 |
| | Cu | 0,87 | 0,063 | 13,77 |
| | Mn | 0,70 | 0,115 | 18,88 |
| | Zn | 0,83 | 0,070 | 12,97 |

r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı, SH: standart hata, RRMSE: nispi hata kareler karekökü ortalaması

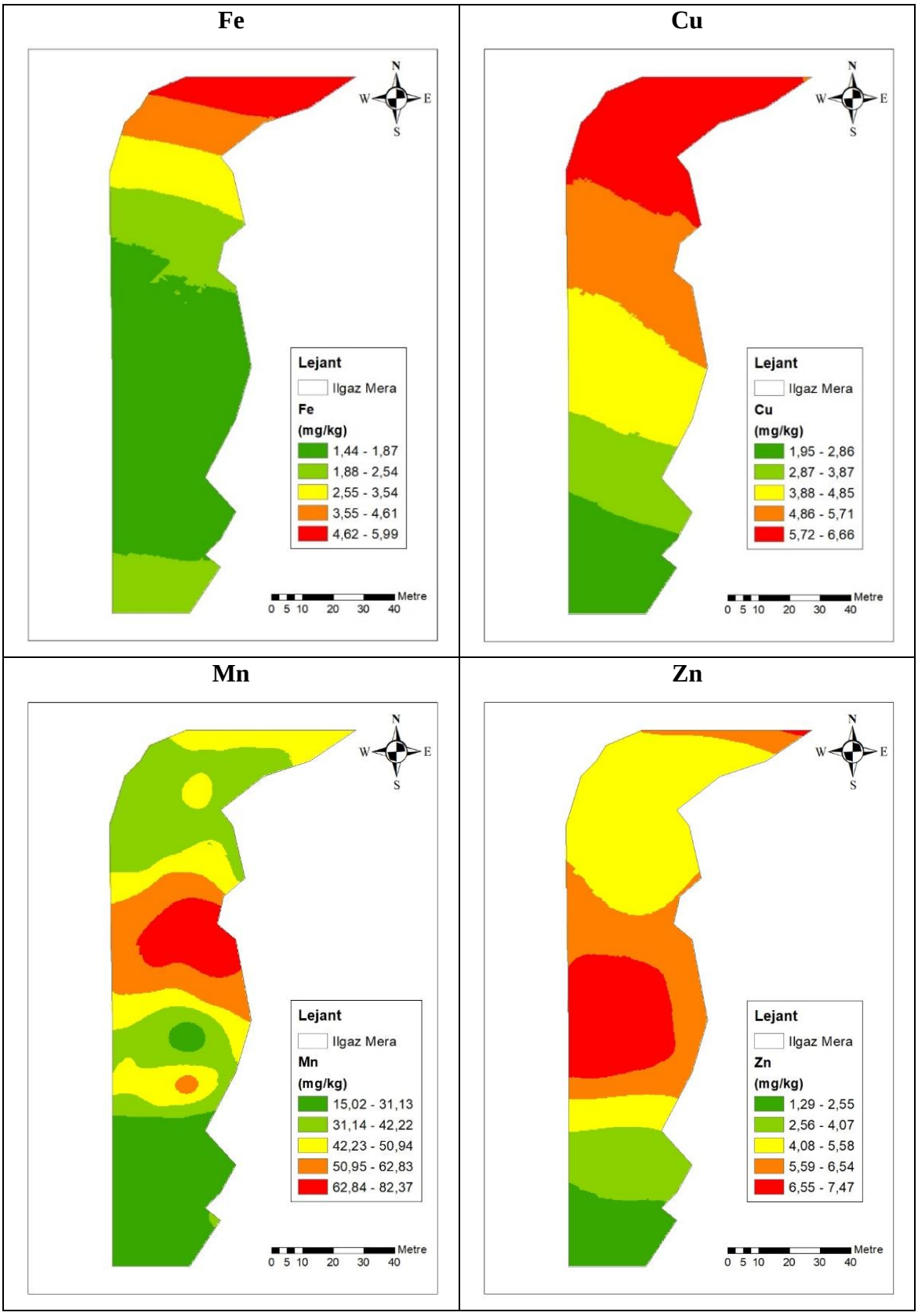
**Çizelge 4. 99** Bitkilerin mikro besin elementi içeriklerine ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve hata değerlerinin tanımsal istatistikleri

| Besin elementi | Parametreler | Kurşunlu | | | Ilgaz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata | Ölçülen | Tahmin edilen | Hata |
| **Fe** | **AO** | 1,65 | 0,005 | -0,005 | 2,75 | 2,78 | 0,03 |
| | **SS** | 0,44 | 0,404 | 0,404 | 1,55 | 1,37 | 0,61 |
| | **Varyans** | 0,14 | 0.160 | 0,160 | 2,38 | 1,85 | 0,376 |
| | **VK (%)** | 26,71 | 8201,746 | 8201,746 | 56,49 | 49,26 | 2029,96 |
| | **Çarpıklık** | -1,45 | 1,105 | -1,105 | 0,94 | 0,86 | 1,14 |
| | **Basıklık** | 1,68 | 0,952 | 0,952 | -0,55 | -0,85 | 2,83 |
| | **En büyük** | 2,20 | 1,240 | 0,600 | 6,30 | 5,81 | 2,22 |
| | **En küçük** | 0,21 | -0,600 | -1,240 | 0,83 | 1,53 | -1,23 |
| | **Örnek Sayısı** | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| **Cu** | **AO** | 0,043 | 0,044 | 0,001 | 4,77 | 4,76 | 0,03 |
| | **SS** | 0,017 | 0,009 | 0,015 | 1,62 | 1,48 | 0,76 |
| | **Varyans** | 0,0002 | 0,00008 | 0,0002 | 2,59 | 2,16 | 0,579 |
| | **VK (%)** | 40,25 | 20,86 | 1047,70 | 33,97 | 31,11 | 1981,00 |
| | **Çarpıklık** | 0,521 | -0,446 | -0,839 | -0,20 | -0,37 | -0,26 |
| | **Basıklık** | 0,803 | -0,419 | 1,341 | -1,01 | -1,25 | 0,28 |
| | **En büyük** | 0,100 | 0,060 | 0,030 | 7,40 | 6,72 | 1,84 |
| | **En küçük** | 0,010 | 0,020 | -0,050 | 1,40 | 1,62 | -2,13 |
| | **Örnek Sayısı** | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| **Mn** | **AO** | 6,67 | -0,008 | 0,008 | 38,90 | 38,94 | 0,03 |
| | **SS** | 3,83 | 3,205 | 3,205 | 15,16 | 11,34 | 10,75 |
| | **Varyans** | 14,47 | 10,122 | 10,122 | 226,62 | 126,80 | 113,97 |
| | **VK (%)** | 57,46 | 42323,755 | 42323,755 | 38,97 | 29,12 | 28190,90 |
| | **Çarpıklık** | 2,60 | 1,505 | 1,505 | 0,57 | 0,24 | -0,32 |
| | **Basıklık** | 5,35 | 3,504 | 3,504 | 1,95 | 0,94 | 3,33 |
| | **En büyük** | 19,73 | 6,460 | 10,800 | 92,88 | 72,86 | 36,27 |
| | **En küçük** | 3,87 | -10,800 | -6,460 | 7,90 | 14,96 | -35,60 |
| | **Örnek Sayısı** | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| **Zn** | **AO** | 0,48 | 0,484 | 0,007 | 4,94 | 4,94 | 0,003 |
| | **SS** | 0,11 | 0,075 | 0,083 | 1,63 | 1,54 | 0,91 |
| | **Varyans** | 0,012157 | 0,005569 | 0,006 | 2,62 | 2,36 | 0,81 |
| | **VK (%)** | 22,97 | 15,543 | 1185,71 | 33,03 | 31,34 | 25468,24 |
| | **Çarpıklık** | 0,49 | -0,048 | 0,761 | -0,30 | -0,34 | 0,98 |
| | **Basıklık** | -0,17 | -1,282 | 0,232 | -0,39 | -0,13 | 3,58 |
| | **En büyük** | 0,78 | 0,620 | 0,210 | 8,23 | 8,25 | 3,65 |
| | **En küçük** | 0,28 | 0,350 | -0,160 | 1,23 | 1,24 | -1,98 |
| | **Örnek Sayısı** | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |

AO: aritmetik ortalama, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı




**Şekil 4. 82** Kurşunlu merası bitki örneklerinin mikro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri




**Şekil 4. 83** Ilgaz merası bitki örneklerinin mikro besin elementlerinin uzaysal değişim desenleri

Kurşunlu ve Ilgaz meralarında bitki örneklerinin mikro besin elementi içeriklerinin değişimlerine ilişkin haritalar Şekil 4.82 ve Şekil 4.84'de verilmiştir. Kurşunlu'da bitki örneklerindeki mangan ve çinko içeriğinin Ilgaz'da ise demir ve bakır içeriğinin benzer dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bitkilerin çinko alımın etkileyen en önemli faktör toprak pH'sıdır (Kacar ve Katkat 2009). Toprak pH'sının uzaysal değişimini gösteren Şekil 4.39 ve bitkideki Zn içeriğinin değişimlerini gösteren Şekil 4.82-4.83 incelendiğinde pH asit yöne doğru değiştikçe bitkideki Zn içeriğinin arttığı, pH'nın yükseldiği noktalarda bitkideki Zn içeriğinin azaldığı anlaşılmaktadır.

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yarı-kurak ve yarı-nemli iklimi temsilen seçilen iki merada toprak-toprak bitki arasındaki uzaysal etkileşim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar toprak özellikleri, toprakların besin elementi içeriği, toprakların besin elementi kapsamı ve bitkilerin besin elementi kapsamı arasındaki ilişkiler, toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği, bitki besin içeriklerinin uzaysal değişkenliği bakımından meralar arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Önce değişkenlere ait tanımsal istatistikler yapılmış sonrasında jeoistatistiksel yöntemler yardımıyla değişkenlere ilişkin semivaryogramlar ve çapraz doğrulamalar yapılarak krigleme haritaları oluşturulmuştur.

Toprak özelliklerine ait değişkenlikler incelendiğinde en yüksek değişkenlik Kurşunlu'da Zn içeriği (%252), Ilgaz'da Na içeriği (%130,9) için bulunmuştur. Ayrıca Kurşunlu'da toprakların Na (%125), Mn (%109), Cu (%95) ve EC (%94) 'nin de çok değişken olduğu tespit edilmiştir. Kurşunlu'da daha fazla toprak özelliğinin (hacim ağırlığı, gözeneklilik, agregat stabilitesi, kil, silt, kireç, Na, K, Mg, P, Zn, EC, tuz) basıklık değerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Meralarda incelenen toprak özelliklerinin birbirleri arasındaki ilişkinin yönü ve derecesini belirleyebilmek için korelasyon analizi yapılmıştır. İncelenen toprak özellikleri arasında en fazla korelasyonun Kurşunlu'da olduğu görülmüştür. Çok sayıda toprak değişkeninin analiz edilmesinden dolayı varyasyonu oluşturan tüm faktörlerin dikkate alınması ve elde edilen değişkenlerin değerlendirilebilmesi için iki yönlü çok değişkenli varyans analizi (iki yönlü MANOVA) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; iklim, derinlik ve derinlik×iklim etkileşimlerinin toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli düzeyde ($P<0,05$) etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca iklim ve toprak derinliğinin toprak kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin daha belirleyici olduğu görülmüştür.

Toprakların besin elementi içerikleri bakımından incelendiğinde her iki merada da Ca içeriğinin en yüksek olduğu görülmüştür. Mera verimliliğini doğrudan etkileyen P içeriği ise her iki merada da oldukça düşüktür. Ilgaz'daki toprakların Fe ve Zn içerikleri ise Kurşunlu'ya göre daha yüksektir. Bitki örneklerinin besin elementi içeriklerine bakıldığında Kurşunlu'da Mg, Ilgaz'da ise K içeriği en yüksektir.

Tıpkı toprakların P içeriklerinde olduğu gibi bitkilerin P içeriklerinin de düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca fosfor yetersizliği sığırlarda iştah azalmasına ve süt verimi düşmesine neden olduğundan bu meralarda otlayan hayvanların süt verimlerini etkileyeceği düşünülmektedir. Beslenme açısından önemli bir besin elementi olan Zn içeriğinin Ilgaz'a göre Kurşunlu'daki konsantrasyonu oldukça düşüktür. Otlayan hayvanların tetani ile karşı karşıya kalma riski K/(Ca+Mg) oranı ile yakından ilişkilidir ve bu oran 2,2 ve üzeri olduğunda çayır tetanisi görülme olasılığı artmaktadır. Ilgaz'da K/(Ca+Mg) oranı 1,90 iken, Kurşunlu'da bu değer 0,69 olarak hesaplanmış olup çayır tetanisi bakımından Ilgaz'ın daha riskli olduğu söylenebilir. Bu bağlamda meralarda bitkilerin K/(Ca+Mg) oranlarının hesaplanarak risk haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan risk haritaları doğrultusunda da çayır tetanisi bakımından riskli alanlar için uygun gübreleme programları geliştirilmelidir. Ayrıca bitki örneklerinin besin elementi içerikleri ile toprak özellikleri arasında korelasyon analizleri yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre her iki merada da toprağın yarayışlı su içeriği, tarla kapasitesi ve organik madde miktarının bitkide Zn içeriği üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür.

Çalışma alanında toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimleri jeoistatistiksel yöntemlerle modellenmiştir. Elde edilen semivaryogram modelleme sonuçları incelenen değişkenler arasında mesafeye bağlı bir değişimin (otokorelasyon) olduğu görülmüştür. Ancak Ilgaz'da örnekleme esnasında toprak su içeriğinde global trend gözlemlendiği için, bu özelliğin uzaysal analizinde seçilen alanın yeterince geniş olmadığı anlaşılmıştır. Toprak özelliklerinin jeoistatistiksel değerlendirmelerinde her iki merada da en çok üssel semivaryogram modeli öne çıkmıştır.

Üssel modelde semivaryans, sill (Co+C) değerine asimtotik olarak yaklaşır. Bundan dolayı tam olarak toplam varyansa ulaşamadığından bu modelde range, sill değerinin % 95'ine karşılık gelen değerin üç katı olarak kabul edilir. Bu durum üssel semivariogram model ile belirlenen etki aralıkların da bir miktar hata payı anlamına gelmektedir. Toprak özelliklerine ilişkin semivaryogram analizi sonucuna göre en yüksek range değeri Kurşunlu'da% $CaCO_3$ içeriği (223 m) için, Ilgaz'da ise Na (1232,7 m) içeriğinde, en düşük range değeri Kurşunlu'da agregat stabilitesi (10,4 m), Ilgaz'da ise Ca (4,5 m) içeriğinde görülmüştür.

Range mesafesinin kısa olması ilgili toprak özelliğinin merada kısa mesafelerde değişkenlik gösterdiği veya uzaysal bağımlılığının kısa mesafelerde kaybolduğu anlamına gelir. Dolayısıyla Kurşunlu'da yapılacak amenajman planlarında range değeri kısa olan toprak değişkenlerinin özellikle dikkate alınması gerekmektedir. Kurşunlu'da sadece organik madde, Ilgaz'da ise TK, SN, BYSİ, AS, %$CaCO_3$, OM, KDK, Ca, Mg, P, Fe zayıf uzaysal bağımlılık göstermiştir. Bitki özelliklerinin jeoistatistiksel değerlendirmelerinde her iki merada da en çok gaussian semivaryogram modeli kullanılmıştır.

Bitki özelliklerine ilişkin semivaryogram analizi sonucuna göre en yüksek range değeri Kurşunlu'da Mn içeriği için (418,11 m), Ilgaz'da ise K (241,5 m) için bulunmuştur. Tıpkı toprak özelliklerinde olduğu gibi bitkisel özelliklerde de en uzun range mesafeleri Kurşunlu merasında görülmüştür. Kurşunlu merası bitki örneklerindeki Ca, K, P, Fe, Zn içerikleri orta düzeyde, Mg ve Mn kuvvetli düzeyde uzaysal bağımlılık göstermiştir. Ilgaz merasında ise bitki örneklerindeki Ca, Mg, K, Mn içerikleri orta, P, Fe, Cu, Zn içerikleri kuvvetli düzeyde uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Toprak ve bitki özellikleri için oluşturulan semivaryogramlar çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Korelasyon katsayılarının yüksek olması ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında çok iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu aynı zamanda yapılan tahminin başarısının da bir ölçüsüdür. Toprak özellikleri için oluşturulan çapraz

değerlendirme ile ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki en fazla benzerlik Kurşunlu'da Mn içeriği (%64) için, Ilgaz'da ise örnekleme esnasındaki toprak su içeriği için (%61) görülmüştür. Bitki özellikleri için en yüksek çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı Kurşunlu'da Mg (%80), Ilgaz'da ise Fe (%91) içeriğinde görülmüştür. Krigleme başarısının değerlendirilmesinde çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının (r) dışında nispi hata kareler karekökü ortalaması da (RRMSE) kullanılmıştır. Bu bağlamda RRMSE değeri %10'nun altında hesaplanan ilgili özelliğin modellemesinin başarılı olarak kabul edilmiştir. Bu kritere göre toprak özellikleri için Kurşunlu'da kum (%5,1), hacim ağırlığı (%5,26), gözeneklilik (%3,75), agregat stabilitesi (%5,1), pH (%4,02) ve penetrasyon direnci (%9,43), Ilgaz'da ise hacim ağırlığı (%5,43), gözeneklilik (%4,32), agregat (%6,55), pH (%6,74), KDK (%9,77) modellemeleri başarılı kabul edilmiştir. Bitki özellikleri için Kurşunlu'da yapılan krigleme tahmini başarısız olurken, Ilgaz'da ise sadece K içeriği (%7,8) başarılı olarak kabul edilmiştir.

Toprak ve bitki özellikleri için belirlenen uygun semivaryogram modelleri kullanılarak bayağı (ordinary) kriging yöntemi ile nokta tahmini yapılarak krigleme haritaları oluşturulmuştur. Oluşuturulan haritalara göre her iki merada kum, kil,silt, KDK, K ve Mg'un yamalı (patchy) bir yapı sergilediği görüşmüştür. Ancak kum, kil ve silt içeriği için Ilgaz'daki merada yamalı yapının daha belirgin ve yaygın olduğu görülmüştür. Bu durum ise daha önce alanda aktif olan bir dere yatağı varlığına işaret edebilir ve bu dere yatağının araziyi parçalayarak getirdiği sedimentlerin depolaması da tekstür bileşenlerinin kısa mesafelerde değişkenlik göstermelerine neden olmuştur. Toprak hacim ağırlığının ise toprak tekstür bileşenlerinin tersine Kurşunlu'daki merada daha yamalı bir yapı sergilediği anlaşılmaktadır. Ilgaz'da ise meranın baş kısmında doğu-batı yönünde bir hat şeklinde hacim ağırlığının düşük olduğu görülmektedir. Kurşunlu'daki hacim ağırlığının uzaysal değişimine benzer şekilde nem içeriği de Kurşunlu'da yamalı bir yapı gösterirken, Ilgaz'da ise kuzeyden güneye doğru tedrici olarak azalmıştır. Tarla kapasitesinin uzaysal yapısı ise hem Ilgaz hem de Kurşunlu merasındaki silt içeriğinin uzaysal değişim desenine oldukça benzerdir. Agregat stabilitesi için oluşturulan tahmin haritaları incelendiğinde agregat stabilitesinin arazi boyunca aşırı değişkenlik gösterdiği ve Kurşunlu'da kil içeriğinin yüksek olduğu yerlerde agregat stabilitesinin de yüksek

olduğu ancak Ilgaz'da bunun tam tersi olduğu görülmüştür. Organik madde içeriğinin Kurşunlu'da Kuzeybatıdan Güneydoğu'ya, Ilgaz'da ise Güney'den Kuzey'e doğru arttığı görülmüştür. Elektriksel iletkenlik (EC) için oluşturulan yüzey haritalarından tuzluluğun Kurşunlu merasında daha yüksek olduğu ancak arazide belirli bir trendin olmadığı, Ilgaz'da ise çalışma alanının kuzey bölgesinde EC'nin daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ancak, mevcut tuzluluk her iki merada da bitkiler için herhangi bir sorun teşkil edebilecek düzeyde değildir.

Penetrasyon direnci için oluşturulan uzaysal değişim haritalarına bakıldığında her iki merada yüksek değerlerin olduğu alanlar görülmüştür. Bu yüksek değerlerin başlıca nedenleri arasında yıllardan beri süregelen kontrolsüz otlatma faaliyetleri gösterilebilir. Özellikle nemli ve yarı-nemli meraların kışın otlatılmaması ve bunun yerine hayvanların yüksek besin değerine sahip mısır silajı beslenmesi teşvik edilmeliidr. Aynı zamanda yağışın fazla olduğu yarı nemli meralarda biçme, teşvik edilerek toprağın sıkışması engellenebilir. Kurşunlu'da amenajman ilkelerine uygun otlatma yapılarak, aşırı ve zamansız otlatmanın önüne geçmek suretiyle bu alanda bitki örtüsünün sıklaşması sağlanarak muhtemel erozyon problemine karşı tedbir alınabilir.

Toprakların değişebilir sodyum içeriği için oluşturulan haritaları incelendiğinde Kurşunlu'da Güneydoğudan Kuzeybatıya doğru, Ilgaz'da ise Kuzeyden Güneye doğru sodyum içeriğinin arttığı görülmüştür. Türkiye toprakları potasyum içeriği bakımından zengin kabul edilmesine karşın Pizer (1967)'in sınıflandırmasına göre her iki merada bazı örnekleme noktalarında topraklarının potasyum içeriğinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Fosforun uzaysal değişim haritalarına göre her iki meranın fosfor içeriği oldukça düşüktür ve Kurşunlu'daki mera ile karşılaştırıldığında Ilgaz'daki merada değişkenliğin daha düşük kaldığı söylenebilir. Toprakların Mn içeriği Kurşunlu merasındaki bakır içeriğinin tersi bir eğilim göstermekte ve bakır içeriğinin daha düşük olduğu arazinin batı kısımlarında mangan içeriği daha yüksek değerler almıştır. Kurşunlu'da mangan içeriğinde doğudan batıya doğru tedrici artış görülürken Ilgaz'daki merada ise daha çok yamalı bir yapı dikkat çekmektedir. Çinko içeriğinin değişim desenine bakıldığında ise Kurşunlu'da Kuzeydoğu ve Güneybatı'nın bazı kesimlerinde

toprakların çinko bakımından yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, toprakların çinko içeriğinin Ilgaz'daki merada oldukça yamalı bir değişim deseni göstermesine karşın, Kurşunlu'daki merada çok daha düzenli bir yapı dikkat çekmektedir.

Bitki özelliklerinin uzaysal değişim desenlerine ilişkin haritalar incelendiğinde Kurşunlu merasının Kuzeydoğu ve Güneybatı kesimlerinde bitkilerdeki magnezyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür. Her iki merada da bitkilerin potasyum içeriğinin yüksek, magnezyum içeriğinin ise düşük olduğu noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü hayvan sağlığını olumsuz etkileyen çayır tetanisi riskinin oluşabileceği K/Ca+Mg oranının sınır değeri olan 2,1'in üzerinde olma ihtimalı yüksektir. Toprakta kalsiyum içeriğinin yüksek olduğu bazı bölgelerde bitkideki kalsiyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür.

Toprakta potasyum içeriğinin fazla olduğu alanlarda bitkideki magnezyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, yarı-kurak ve yarı-nemli meraları temsilen seçilen, ancak coğrafik olarak birbirlerine yakın iki meranın toprak veremliliğinin uzaysal değişkenliğini kontrol eden faktörlerin oldukça faklı olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, meraların verimliliğinde son derece önemli faktör olan besin elementlerinin bitkilere faydalılığını kontrol eden toprak faktörlerinin ve toprak-besin elementi etkileşiminin uzaysal yapısının da iki mera kesimi arasında oldukça faklı olduğu dikkat çekmektedir. Sonuçlar, yeterince geniş olmayan alanlarda bile toprak ve bitki özelliklerinin uzaysal değişiminin oldukça farklı olabildiğini ve mera yönetiminde bu hususların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca toprak ve bitkideki besin elementi içeriğinin yanında sütteki besin elementi içeriklerinin de incelenerek hayvansal ürünlerin içerdikleri besin elementi derecelerine göre sınıflandırılarak fiyatlandırma politikasının geliştirilmesi hayvancılığın ilerlemesinde katkılar sunacaktır.

Türkiye'de günümüze kadar mera ıslahı için yapılan çalışmalarda sadece ot verimi dikkate alınarak toprak özellikleri genellikle göz ardı edilmiş ya da tüm merayı temsilen

yetersiz sayıda toprak örneği ve toprak özelliği dikkate alınarak alanın tamamında aynı ıslah yöntemleri uygulanmıştır. Bundan dolayı da ıslah çalışmaları ile genellikle istenilen başarı elde edilememiştir. Etkin bir mera ıslah ve amenajman planının yapılarak uygulanabilmesi için meralarda toprakların ve toprak bitki etkileşiminin daha kapsamlı olarak dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda jeoistatistiksel çalışmalar ile son derece başarılı sonuçlar alınabilir. Meralarda toprak ve bitki özelliklerinin belirlenmesi yanında toprak-bitki ilişkilerinin uzaysal yapısının analizi yere-özgü (site-specific) mera-amenajmanın uygulanmasına olanak sağlaması açısından önemlidir. Jeoistatistiksel yöntemlerle elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan haritalar meraların yere-özgü amenajmanının planlanması ve uygulanmasında son derece faydalı olabilir. Bu çalışmada uygulanan yöntem ve elde edilen sonuçlar bu bağlamda ileride yapılacak daha geniş ölçekli çalışmalara bir rehber olabilir.

## KAYNAKLAR


Abaye, A. O., Allen, V. G. and Fontenot, J. P. 1997. Grazing sheep and cattle together or separately: Effect on soils and plants. *Agronomy Journal*. https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900030003x

Abdel-Magid, A. H., Trlica, M. J. and Hart, R. H. 1987. Soil and Vegetation Responses to Simulated Trampling. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3898724

Abdelrahman, M. M., Kincaid, R. L. and Elzubeir, E. A. 1998. Mineral deficiencies in grazing dairy cattle in Kordofan and Darfur regions in Western Sudan. *Tropical Animal Health and Production*. https://doi.org/10.1023/A:1005051902115

Acir, N. 2014. Kurak Ve Yarı-Kurak Bölge Topraklarının Toprak Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılacak Minimum Veri Setlerinin Hazırlanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi.Doktora Tezi

Acir, N. ve Günal, H. 2019. Toprak katyon değişimin kapasitesi tahmininde pedotransfer fonksiyonlarının kullanımı. *ISPEC ULUSLARARASI TARIM ve KIRSAL KALKINMA KONGRESİ*, (June), 437–443.

Açıkgöz, E. 2001. Yem Bitkileri. (58th ed.). Bursa: Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın.

Ackerly, D. 2004. Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. *Ecological Monographs*. https://doi.org/10.1890/03-4022

Adams, J.M, Faure, H.,Faure-Denard, L., McGlade, J. M. and Woodward, F.I. 1990. Increases in terrestrial carbon storage from the Last Glacial Maximum to the present. *Nature*, *348*, 711–714.

Adler, P. B., Milchunas, D. G., Lauenroth, W. K., Sala, O. E. and Burke, I. C. 2004. Functional traits of graminoids in semi-arid steppes: A test of grazing histories. *Journal of Applied Ecology*, *41*(4), 653–663. https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00934.x

Afyuni, M. M., Cassel, D. K. and Robarge, W. P. 2010. Effect of Landscape Position on Soil Water and Corn Silage Yield. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700060030x

Ağaoğlu, Z. T., Yüksek, N.ve Başbuğan, Y. 2011. Magnezyum Metabolizması ve Bozuklukları. *Turkiye Klinikleri J Vet Sci.*, *2*(2), 7–162.

Ağin, Ö. ve Kökten, K. 2016. Bingöl İli Yedisu İlçesi Karapolat Köyü Merasının Botanik Kompozisyonunun Belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, *2*(1), 41–45.

Akala, V. A. and Lal, R. 2001. Soil organic carbon pools and sequestration rates in reclaimed minesoils in Ohio. *Journal of Environmental Quality*. https://doi.org/10.2134/jeq2001.2098

Akbas, F. 2004. *Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Geleneksel ve Jeoistatiksel Yöntemlerle Belirlenmesi*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akbaş, F. 2012. Tokat Kazova topraklarının yarayışlı fosfor düzeyinin jeoistatistik tahmin ve simulasyon metodlarıyla modellenmesi ve haritalanması. Tarım Bilimleri Dergisi, 18(1), 63–76. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001193

Aksakal, E. L: 2004. Toprak Sıkışması ve Tarımsal Açıdan Önemi / Soil Compaction and Its

Importance for Agriculture. *Journal of the Faculty of Agriculture*, *35*(3–4), 247–252. https://doi.org/10.17097/zfd.43674

Aksakal, E., Öztaş, L. and Özgül, M. 2011. Time-dependent changes in distribution patterns of soil bulk density and penetration resistance in a rangeland under overgrazing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. https://doi.org/10.3906/tar-0909-383

Alesso, C. A., Masola, M. J., Carrizo, M. E., Cipriotti, P. A. and Imhoff, S. del. 2019. Spatial variability of short-term effect of tillage on soil penetration resistance. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *65*(6), 822–832. https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1532076

Allen, D. J. and Ort, D. R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01808-2

Alloway, B. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. *2nd Ed. International Zinc Association and International Fertilizer Industry Association.* Durham, NC, USA.

Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R. B., Sarasola, M. and Paruelo, J. M. 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2006.tb02452.x

Altın, M., Gökkuş, A. ve Koç, A. 1999. *Mera-Erozyon İlişkileri*. İstanbul: T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim Geliştirme Genel Müdürlüğü.

Amézketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*. https://doi.org/10.1300/J064v14n02_08

Amichev, B. Y., Burger, J. A. and Rodrigue, J. A. 2008. Carbon sequestration by forests and soils on mined land in the Midwestern and Appalachian coalfields of the U.S. *Forest Ecology and Management*. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.020

Amthor, J. S. 2000. The McCree-de Wit-Penning de Vries-Thornley respiration paradigms: 30 Years later. *Annals of Botany*. https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1175

Anctil, F., Mathieu, R., Parent, L. É., Viau, A. A., Sbih, M. and Hessami, M. 2002. Geostatistics of near-surface moisture in bare cultivated organic soils. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00600-X

Anderson, R. and Wu, Y. 2001. Phosphorus quantity-intensity relationships and agronomic measures of P in surface layers of soil from a long-term slurry experiment. *Chemosphere*. https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00121-1

Andrew, C. and Johnson, A. 1976. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. II.* Chemical composition (calcium, nitrogen, potassium, magnesium, sodium and phosphorus). *Australian Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1071/ar9760625

Angers, D. A., Recous, S. and Aita, C. 1997. Fate of carbon and nitrogen in water-stable aggregates during decomposition of 13C15N-labelled wheat straw in situ. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1997.tb00549.x

Anyia, A. O. and Herzog, H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00038-8

Aranda, I., Forner, A., Cuesta, B. and Valladares, F. 2012. Species-specific water use by forest tree species: From the tree to the stand. *Agricultural Water Management*.

https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.024

Aronica, G. and Candela, A. 2004. A Regional Methodology for Deriving Flood Frequency Curves ( FFC ) in Partially Gauged Catchments with Uncertain Knowledge of Soil Moisture Conditions. *In: Proc. IEMSs*.

Arshad, M. A., Lowery, B. and Grossman, B. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In J. W. Doran and A. J. Jones (Eds.), *Methods for assessing soil quality* (pp. 123–142). Madison, WI, USA.: Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.

Arslan, A. ve Keser, E. M. 2013. *K*urşunlu İlçe Analizi. Retrieved from https://www.kuzka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.kuzka.gov.tr_17_LD2H73OW_kursunlu_ilce_analizi.pdf

Arvidsson, J. 1999. Nutrient uptake and growth of barley as affected by soil compaction. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1004484518652

Askari, M. S. and Holden, N. M. 2014. Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management. *Geoderma*, *230–231*, 131–142. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.019

Assis, R.L.; Lazarini, G.D.; Lancas, K.P. and Cargneluttı Fılho, A. 2009. Evaluation Of Soil Resistance To Penetration In Different Soils With Varying Moisture Contents. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, *29*, 558–568.

Assmann, J. M., Anghinoni, I., Martins, A. P., Costa, S. E. V. G. de A., Cecagno, D., Carlos, F. S. and Carvalho, P. C. de F. 2014. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.003

Atalay, İ. 1999. *Türkiye Coğrafyası*. Ege Üniversitesi yayınları.

Atalay, İ. 2006. *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası,* (3rd ed.). T.C: Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Genel Müdürlüğü Yayını.

Ateş, K. ve Turan, V. 2015. Bingöl İli Merkez İlçesi Tarım Topraklarının Bazı Özellikleri ve Verimlilik Düzeyleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *2*(2), 108–113. https://doi.org/10.19159/tutad.80437

Atwell, B. J. 1993. Response of roots to mechanical impedance. *Environmental and Experimental Botany*. https://doi.org/10.1016/0098-8472(93)90053-I

Augustine, D. J., McNaughton, S. J. and Frank, D. A. 2003. Feedbacks Between Soil Nutrients And Large Herbivores In A Managed Savanna Ecosystem. *Ecological Applications*, *13*(5), 1325–1337. https://doi.org/10.1890/02-5283

Avcı, M., Kaplan, O., Yertürk, M. ve Aslan, M. 2006. Nutrient and botanical composition of pasture in Ceylanpınar agriculture farm. *YYÜ Vet Fak Derg*, *17*, 9–13.

Aydin, I. and Uzun, F. 2008. The possibility of compensating potential tetany hazard arising from N and K fertilization to rangelands by Mg treatments. *European Journal of Agronomy*, *29*(1), 33–37. https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.02.003

Aydın, A. 2014. Karacadağ'ın Farklı Yükseltilerindeki Meralarında Bitki Tür ve Kompozisyonları ile Ot Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Diyarbakır.

Aydın, M., Aydın, G., Erşahin, S. ve Karahan, G. 2015. Toprak Suyu ve Yönetimi. In S.

Erşahin, T. Öztaş, A. Namlı, and G. Karahan (Eds.), *Toprak Amenajmanı* (pp. 27–250). Gazi Kitabevi.

Aygün, C., Özaydın, K. A., Avağ, A. ve Cebel, H. 2017. Eskişehir mera alanlarına ait toprak gurupları ve eğim derinlik kombinasyonu. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergis*, *5*(2), 63–68.

Babalık, A. A. 2008. *Isparta yöresi meralarının vejetasyon yapısı ile toprak özellikleri ve topoğrafik faktörler arasındaki ilişkiler*. Süleyman Demirel Üniversitesi.

Babalık, A. A. 2004. Çayır-Meralarda Dip Kaplama Ölçüm Yöntemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *A*(1), 50–72.

Babalık, A. A. ve Sarıkaya, H. 2015. Isparta ili Zengi Merasında ot verimi ve botanik kompozisyonun tespiti üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*. https://doi.org/10.18182/tjf.04456

Bach, E. M., Baer, S. G., Meyer, C. K. and Six, J. 2010. Soil texture affects soil microbial and structural recovery during grassland restoration. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.014

Baer, S. G., Meyer, C. K., Bach, E. M., Klopf, R. P. and Six, J. 2010. Contrasting ecosystem recovery on two soil textures: Implications for carbon mitigation and grassland conservation. *Ecosphere*. https://doi.org/10.1890/ES10-00004.1

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2008. Çayır ve mera bitkileri kılavuzu. *Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı*.

Bakır, Ö. 1987. *Çayır-Mera Amenajları* (1st ed.). Ankara: Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları:992.

Balabane, M., and Plante, A. F. 2004. Aggregation and carbon storage in silty soil using physical fractionation techniques. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1351-0754.2004.0608.x

Balabanlı, C., Türk, M. ve Yüksel, O. 2005. Erozyon Ve Çayır-Mera İlişkileri. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, *111*, 217–231.

Balcı, A. N. 1996. *Toprak Koruması*. *İstanbul Ü*, 975-404-423–426.

Bancroft, B. A. and Hobbs, G. R. 1986. Distribution of kriging error and stationarity of the variogram in a coal property. *Mathematical Geology*, *18*(7), 635–652. https://doi.org/10.1007/BF00897094

Bannink, A., Sebek, L. and Dijkstra, J. 2010. Efficiency of phosphorus and calcium utilization in dairy cattle and implications for the environment. In *Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals* (pp. 151–172). https://doi.org/10.1079/9781845936266.0151

Baranova, A., Oldeland, J., Wang, S. and Schickhoff, U. 2019. Grazing impact on forage quality and macronutrient content of rangelands in Qilian Mountains, NW China. *Journal of Mountain Science*. https://doi.org/10.1007/s11629-018-5131-y

Barber, S. A. 1980. Soil-plant interactions in the phosphorus nutrition of plants. *Khasawneh, F. E.; Sample, E. C.; Kamprath, E. J. : The Role of Phosphorus in Agriculture.*

Bardgett, R. D. and Cook, R. 1998. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural

grasslands. *Applied Soil Ecology*. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00125-5

Barnes, P. and Harrison, A. 1982. Species distribution and community organization in a Nebraska Sandhills mixed prairie as influenced by plant/soil-water relationships. *Oecologia (Berl), 52 (2)*, 192–201. https://doi.org/10.1007/BF00363836

Barto, E. K., Alt, F., Oelmann, Y., Wilcke, W. and Rillig, M. C. 2010. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.09.008

Basta, N. T., Pantone, D. J. and Tabatabai, M. A. 1993. Path analysis of heavy metal adsorption by soil. Agronomy Journal. https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500050018x

Batey, T. 2009. Soil compaction and soil management - A review. *Soil Use and Management*. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x

Batjes, N. H. 2014. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2

Batten, K. M., Six, J., Scow, K. M. and Rillig, M. C. 2005. Plant invasion of native grassland on serpentine soils has no major effects upon selected physical and biological properties. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.04.005

Bayat, H., Sheklabadi, M., Moradhaseli, M. and Ebrahimi, E. 2017. Effects of slope aspect, grazing, and sampling position on the soil penetration resistance curve. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.05.003

Beeson, K. C. and Matrone, G. 1976. The soil factor in nutrition: Animal and Human. *Nutrition and Clinical Nutrition*, *2*, Marcel Dekker. New York.

Bekele, A. and Hudnall, W. H. 2006. Spatial variability of soil chemical properties of a prairie-forest transition in Louisiana. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-005-4983-4

Belachew, T. and Abera, Y. 2010. Assessment of Soil Fertility Status with Depth in Wheat Growing Highlands of Southeast Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, *6*(5), 525–531.

Bengough, A. G., Mullins, C. E., Wilson, G. and Wallace, J. 1991. The design, construction and use of a rotating-tip penetrometer. *Journal of Agricultural Engineering Research*. https://doi.org/10.1016/0021-8634(91)80017-9

Bengough, A. Glyn, McKenzie, B. M., Hallett, P. D. and Valentine, T. A. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany*. https://doi.org/10.1093/jxb/erq350

Bengough Glyn, A., Loades, K. and McKenzie, B. M. 2016. Root hairs aid soil penetration by anchoring the root surface to pore walls. *Journal of Experimental Botany*. https://doi.org/10.1093/jxb/erv560

Bengtsson, H., Öborn, I., Jonsson, S., Nilsson, I. and Andersson, A. 2003. Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming—a case study at Öjebyn, Sweden. *European Journal of Agronomy*, *20*(1–2), 101–116. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00079-0

Bennetts, H. W. and Chapman, F. E. 1937. Copper Deficiency in Sheep in Western Australia: A Preliminary Account of the Ætiology of Enzootic Ataxia of Lambs and an Anæmia of Ewes. *Australian Veterinary Journal*. https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1937.tb04108.x

Bennie, J., Hill, M. O., Baxter, R. and Huntley, B. 2006. Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01104.x

Benzer, F., Erkal, N., Erişir, M. ve Turan, T. 2005. Elazığ Yöresindeki Montofon Ve Holştayn Irkı Sığırların Serum Ca, P VE Mg Düzeylerinde Mevsimlere Bağlı Olarak Görülen Değişimler. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, *3*(3), 1–6.

Berendse, F., Elberse, W. T. and Geerts, R. H. M. E. 1992. Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1938719

Bernacchi, C. J., Portis, A. R., Nakano, H., von Caemmerer, S. and Long, S. P. 2002. Temperature Response of Mesophyll Conductance. Implications for the Determination of Rubisco Enzyme Kinetics and for Limitations to Photosynthesis in Vivo. *Plant Physiology*. https://doi.org/10.1104/pp.008250

Berry, J. and Bjorkman, O. 1980. Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*. https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.002423

Bestelmeyer, B. T., Ward, J. P., Herrick, J. E. and Tugel, A. J. 2006. Fragmentation effects on soil aggregate stability in a patchy arid grassland. *Rangeland Ecology and Management*. https://doi.org/10.2111/05-180R1.1

Bhat, M., Shaheen, M., Zaman, R. and Muhee, A. 2011. Mineral Inter-relationship among Soil, forage and Dairy cattle in Kashmir, India. *Veterinary World*, *4*(12), 550–553. https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.550-553

Bilgin, F. 2010. Ardanuç-Aydın Köyü Yaylası Mera Vejetasyonu İle Bazı Toprak Özelliklerinin Yükseltiye Göre Değişiminin İrdelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi.

Bilotta, G. S., Brazier, R. E. and Haygarth, P. M. 2007. The Impacts of Grazing Animals on the Quality of Soils, Vegetation, and Surface Waters in Intensively Managed Grasslands. *Advances in Agronomy*. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94006-1

Bingham, F.T. 1949. Soil Test for Phosphate. *California Agriculture*, *3*(7), 11–14.

Bird, S. B., Herrick, J. E., Wander, M. M. and Wright, S. F. 2002. Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi-arid rangeland. *Environmental Pollution*. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00222-6

Birkeland, P. W. 1999. Soils and geomorphology (3rd ed.). In *Oxford University Press, New York*\. https://doi.org/10.1016/0016-7061(86)90046-7

Birol, M. 2011. *Tarla İçi Toprak Özellikleri Ve Silaj Mısır Veriminin Değişkenliklerinin Jeoistatistiksel Modellenmesi*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.Yüksek Lisans Tezi.83.

Blake, G. and Hartge, K. 1986. Bulk density. Methods of soil analysis. *Physical and Mineralogical Methods*.

BMLFUW. 2006. Richtlinien für die sachgerechte düngung. Anleitung zur interpretation von bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. *Wien, Bundesministerium Für Land- Und Forstwirtschaft, Umwelt Und Wasserwirtschaft:*, 79.

Bogunovic, I., Mesic, M., Zgorelec, Z., Jurisic, A. and Bilandzija, D. 2014. Spatial variation of soil nutrients on sandy-loam soil. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.07.020

Bolan, N. S., Hedley, M. J. and White, R. E. 1991. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00010717

Bonnin, J. J., Mirás-Avalos, J. M., Lanças, K. P., González, A. P. and Vieira, S. R. 2010. Spatial variability of soil penetration resistance influenced by season of sampling. *Bragantia*. https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000500017

Bosch, O. J. H. and Theunissen, J. D. 1992. Differences in the response of species on the degradation gradient in the semi-arid grasslands of south Africa and the role of ecotypic variation. In G. P. Chapman (Ed.), *Desertified Grasslands:Their Biology and Management* (pp. 95–108). London, UK.: Linnean Society of London Academic Press,.

Bossuyt, H., Denef, K., Six, J., Frey, S. D., Merckx, R. and Paustian, K. 2001. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Applied Soil Ecology*. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00116-5

Bowen, H.D. and C.G. Goble. 1967. Enviroment requirements for seed germination and emergence. *Trans. Asae, 25*, 1169–1172.

Bowen, H. D., Garner, T. H. and Vaughn, D. H. 1994. Advances in soilplant dynamics. *In: ASAE. Advances in Soil Dynamics. ASAE, St. Joseph, MI, USA.*

Bowman, W. D., Cleveland, C. C., Halada, Ĺ., Hreško, J. and Baron, J. S. 2008. Negative impact of nitrogen deposition on soil buffering capacity. *Nature Geoscience*. https://doi.org/10.1038/ngeo339

Bradford, J. B., Lauenroth, W. K., Burke, I. C. and Paruelo, J. M. 2006. The influence of climate, soils, weather, and land use on primary production and biomass seasonality in the US Great Plains. *Ecosystems*. https://doi.org/10.1007/s10021-004-0164-1

Bradford, K. J. 2008. A Water Relations Analysis of Seed Germination Rates. *PLANT PHYSIOLOGY*. https://doi.org/10.1104/pp.94.2.840

Bradshaw, L. and Goldberg, D. E. 2006. Resource Levels in Undisturbed Vegetation and Mole Mounds in Old Fields. *American Midland Naturalist*. https://doi.org/10.2307/2425668

Brady, N., Weil, C. and Raymond, R. 1996. Nature and Properties of Soils. In *Journal of Range Management*.

Brady, N.C. and Weil, R. R. 2008. *The Nature and Properties of Soils* (fourteenth). Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall.

Brady, Nyle C. and Weil, R. R. 2010. The colloidal fraction: Seat of soil chemical and physical activity. *Elements of The Nature and Properties of Soils*.

Bravo-Garza, M. R. and Bryan, R. B. 2005. Soil properties along cultivation and fallow time sequences on vertisols in northeastern Mexico. *Soil Science Society of America Journal*.

Breshears, D D, Rich, P. M., Barnes, F. J. and Campbell, K. 1997. Spatial heterogeneity of solar radiation and soil moisture imposed by overstory with incomplete closure: gradients within a semiarid woodland. *Ecological Applications*.

Breshears, David D., Nyhan, J. W., Heil, C. E. and Wilcox, B. P. 2007. Effects of Woody Plants on Microclimate in a Semiarid Woodland: Soil Temperature and Evaporation in Canopy and Intercanopy Patches. *International Journal of Plant Sciences*. https://doi.org/10.1086/314083

Bridges, E. M. and Oldeman, L. R. 1999. Global assessment of human-induced soil degradation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. https://doi.org/10.1080/089030699263212

Brink, G. E., Sistani, K. R., Oldham, J. L. and Pederson, G. A. 2006. Maturity effects on mineral concentration and uptake in annual ryegrass. *Journal of Plant Nutrition*. https://doi.org/10.1080/01904160600689308

Brocca, L., Morbidelli, R., Melone, F. and Moramarco, T. 2007. Soil moisture spatial variability in experimental areas of central Italy. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.00

Budak, M. 2012. *T*uzlu Alkali Toprakların Oluşumu, Sınıflandırılması Ve Klasik Toprak Etüd Ve Jeoistatistik Yöntemlerle Haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktara Tezi.254s.

Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Acir, N. ve Sırrı, M. 2018. Dicle Havzası Toprak Özelliklerinin Yersel Değişimlerinin Jeoistatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi ve Haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *5*(2), 103–115. https://doi.org/10.19159/tutad.361237

Burgess, T. M. and Webster, R. 1980. Optimal Interpolation And Isarithmic Mapping Of Soil Properties: II BLOCK KRIGING. *Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1980.tb02085.x

Burrough, P. A. 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil. I. The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1983.tb01057.x

Busscher, W. J. 1990. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*.

Buttafuoco, G., Castrignanò, A., Busoni, E. and Dimase, A. C. 2005. Studying the spatial structure evolution of soil water content using multivariate geostatistics. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.018

Cable, D. R. 1980. Seasonal Patterns of Soil Water Recharge and Extraction on Semidesert Ranges. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3898220

Cable, J. M., Ogle, K., Williams, D. G., Weltzin, J. F. and Huxman, T. E. 2008. Soil texture drives responses of soil respiration to precipitation pulses in the sonoran desert: Implications for climate change. *Ecosystems*. https://doi.org/10.1007/s10021-008-9172-x

Çaçan, E. ve Kökten, K. 2014. Bingöl İli Merkez İlçesi Çiçekyayla Köyü Merasının Ot Verimi ve Otlatma Kapasitesinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *1*(2), 1727–1733.

Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Kilinç, Y. and Yilmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. *Field Crops Research*. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00139-7

Caldeira, M. C., Ryel, R. J., Lawton, J. H. and Pereira, J. S. 2001. Mechanisms of positive biodiversity-production relationships: Insights provided by δ13C analysis in experimental Mediterranean grassland plots. *Ecology Letters*. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00238.x

Caldwell, M. M., Manwaring, J. H. and Jackson, R. B. 2006. Exploitation of Phosphate from Fertile Soil Microsites by Three Great Basin Perennials when in Competition. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.2307/2389538

Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F. and Konopka, A. E. 1994. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, *58*(5), 1501–1511. https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x

Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F. and Konopka, A. E. 2010. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x

Campbell, C. A., Thomas, A. G., Biederbeck, V. O., McConkey, B. G., Selles, F., Spurr, D. and Zentner, R. P. 1998. Converting from no-tillage to pre-seeding tillage: Influence on weeds, spring wheat grain yields and N, and soil quality. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00031-2

Cannel, R. 1977. Soil Aeration and Compaction in Relation to Root Growth and Soil Management. *Apply Biol*, *2*(1), 1–86.

Cannell, R. Q. 1985. Reduced tillage in north-west Europe-A review. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/0167-1987(85)90028-5

Cao, S., Chen, L., Shankman, D., Wang, C., Wang, X. and Zhang, H. 2011. Excessive reliance on afforestation in China's arid and semi-arid regions: Lessons in ecological restoration. *Earth-Science Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.11.002

Capriel, P., Beck, T., Borchert, H. and Haerter, P. 1990. Relationship between soil aliphatic fraction extracted with supercritical hexane, soil microbial biomass, and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020020x.

Carafoli, E. 1991. Calcium pump of the plasma membrane. *Physiological Reviews*. https://doi.org/10.1152/physrev.1991.71.1.129

Carroll, C., Merton, L. and Burger, P. 2000. Impact of vegetative cover and slope on runoff, erosion, and water quality for field plots on a range of soil and spoil materials on central Queensland coal mines. *Australian Journal of Soil Research*. https://doi.org/10.1071/SR99052

Carter, M. R., Gregorich, E. G., Angers, D. A., Donald, R. G. and Bolinder, M. A. 1998. Organic C and N storage, and organic C fractions, in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00114-7

Casper, B. B. and Castelli, J. P. 2007. Evaluating plant-soil feedback together with competition in a serpentine grassland. *Ecology Letters*. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01030.x

Cassel, D. K. and Nelson, L. A. 2010. Selection of Variables to be Used in Statistical Analysis of Field-Measured Soil Water Content1. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500060001x

Cassel, D. K. and Nielsen, D. R. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Phsical and Mineralogical Methods-Agronomy Monopraph*. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America.

Castrignanò, A., Maiorana, M., Fornaro, F. and Lopez, N. 2002. 3D spatial variability of soil strength and its change over time in a durum wheat field in Southern Italy. *Soil and Tillage*

*Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00288-4

Castro Filho, C., Lourenço, A., Guimarães, M. D. F. and Fonseca, I. C. B. 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00275-6

Cater, M., Parkin, G., Culley, J., Hao, X. and Ball, B. 2007. Soil Density and Porosity. In *Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition*. https://doi.org/10.1201/9781420005271.ch57

Cerdà, A. 1998. Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00041-1

Cerri, C. E. P., Bernoux, M., Chaplot, V., Volkoff, B., Victoria, R. L., Melillo, J. M. and Cerri, C. C. 2004. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: Basis for selecting an agronomic experimental area. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.027

Cevheri, C., Küçük, Ç., Avci, M. and Atamov, V. 2013. Element content, botanical composition and nutritional characteristics of natural forage of Şanlıurfa, Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *11*((3and4)), 790–794.

Chabbi, A., Lehmann, J., Ciais, P., Loescher, H. W., Cotrufo, M. F., Don, A. and Rumpel, C. 2017. Aligning agriculture and climate policy. *Nature Climate Change*. https://doi.org/10.1038/nclimate3286

Chadhokar, P. A. 1982. Gliricidia maculata: a promising legume fodder plant. *World Animal Review*, *44*, 36–43.

Chang, K. 2004. *Introduction to geographic information systems* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.

Chapin, F. S., Matson, P. A. and Mooney, H. A. 2002. Principles of terrestial ecosystem ecology. In *System*. https://doi.org/10.1517/13543784.7.5.803

Chaplot, V. and Cooper, M. 2015. Soil aggregate stability to predict organic carbon outputs from soils. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.12.013

Chapman, H. and Pratt, P. 1982. *Method for the Analysis of Soil.* (Plant And). California.

Chapman, M. J. and Keay, J. 1971. The effect of age on the response of wheat to nutrient stress. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. https://doi.org/10.1071/EA9710223

Chaudhary, V. B., Bowker, M. A., O'Dell, T. E., Grace, J. B., Redman, A. E., Rillig, M. C. and Johnson, N. C. 2009. Untangling the biological contributions to soil stability in semiarid shrublands. *Ecological Applications*. https://doi.org/10.1890/07-2076.1

Chen, L., Huang, Z., Gong, J., Fu, B. and Huang, Y. 2007a. The effect of land cover/vegetation on soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.08.007

Chen, W., Chang, A. C. and Wu, L. 2007b. Assessing long-term environmental risks of trace elements in phosphate fertilizers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.12.013

Chen, D., Lan, Z., Bai, X., Grace, J. B. and Bai, Y. 2013. Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe. *Journal of Ecology*.

https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119

Chiy, P. C. and Phillips, C. J. C. 1995. Sodium in forage crops and Sodium fertilization. In C. J. C. Phillips and P. C. Chiy (Eds.), *Sodium in Agriculture* (pp. 43–81). Canterbury,UK,: Chalcombe Publications.

Christensen, B. T. 1996. Carbon in Primary and Secondary Organomineral Complexes. In *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*.

Chuffa, L. G. A., Amorim, J. P. A., Teixeira, G. R., Mendes, L. O., Fioruci, B. A., Pinheiro, P. F. F. and Martinez, F. E. 2011. Long-term exogenous melatonin treatment modulates overall feed efficiency and protects ovarian tissue against injuries caused by ethanol-induced oxidative stress in adult UChB rats. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2011.01486.x

Chung, Y. A., Thornton, B., Dettweiler-Robinson, E. and Rudgers, J. A. 2019. Soil surface disturbance alters cyanobacterial biocrusts and soil properties in dry grassland and shrubland ecosystems. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04102-0

Cinar, S., Hatipoğlu, R., Avcı, M., Yücel, C. ve İnal, İ. 2019. Adana İli Tufanbeyli İlçesi Meralarının Vejetasyon Yapısı Üzerine Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *22*(1), 143–152. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.448421

Clapp, R. B. and Hornberger, G. M. 1978. Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/WR014i004p00601

Classen, A. T., Overby, S. T., Hart, S. C., Koch, G. W. and Whitham, T. G. 2007. Season mediates herbivore effects on litter and soil microbial abundance and activity in a semi-arid woodland. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9277-6

Coffin, D. P. and Lauenroth, W. K. 2007. Effects of Competition on Spatial Distribution of Roots of Blue Grama. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4002642

Collins, H. P., Elliott, E. T., Paustian, K., Bundy, L. G., Dick, W. A., Huggins, D. R. and Paul, E. A. 2000. Soil carbon pools and fluxes in long-term Corn Belt agroecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00136-4

Collins, S. L. and Adams, D. E. 1983. Succession in grasslands: Thirty-two years of change in a central Oklahoma tallgrass prairie. *Vegetatio*. https://doi.org/10.1007/BF00129437

Çomaklı, B., Tuncay, Ö. ve Daşcı, M. 2012. Farklı kullanım geçmişine sahip mera alanlarında bitki örtüsünün değişimi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *2*, 75–82.

Comstock, J. P. and Ehleringer, J. R. 1992. Plant adaptation in the Great Basin and Colorado Plateau. *The Great Basin Naturalist*. https://doi.org/10.2307/41712719

Čop, J. 2014. Soil acidification and liming in grassland production and grassland soil fertility in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*. https://doi.org/10.14720/aas.2014.103.1.02

Cortés-D., D. L., Camacho-Tamayo, J. H. and Giraldo, R. 2016. Spatial prediction of soil penetration resistance using functional geostatistics. *Scientia Agricola*. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0113

Cosby, B. J., Hornberger, G. M., Clapp, R. B. and Ginn, T. R. 1984. A Statistical Exploration of the Relationships of Soil Moisture Characteristics to the Physical Properties of Soils. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/WR020i006p00682

Crawley, M. J., Johnston, A. E., Silvertown, J., Dodd, M., De Mazancourt, C., Heard, M. S. and Edwards, G. R. 2005. Determinants of species richness in the park grass experiment. *American Naturalist*. https://doi.org/10.1086/427270

Cubera, E. and Moreno, G. 2007. Effect of land-use on soil water dynamic in dehesas of Central-Western Spain. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.01.005

Cui, M. and Caldwell, M. M. 1997. A large ephemeral release of nitrogen upon wetting of dry soil and corresponding root responses in the field. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1004290705961

Cullen, B. R., Johnson, I. R., Eckard, R. J., Lodge, G. M., Walker, R. G., Rawnsley, R. P. and McCaskill, M. R. 2009. Climate change effects on pasture systems in south-eastern Australia. *Crop and Pasture Science*, *60*(10), 933. https://doi.org/10.1071/CP09019

Cunha, J. P. A. R., Vıeıra, L. B. and Magalhães, A. C. 2014. Mechanical Resistance To Penetration Of Soil In Function Of Moisture Content And Penetrometer Type. *Engenharia Na Agricultura, Viçosa*, *22*, 67–76.

Çaçan, E. ve Başbağ, M. 2016. Bingöl İli Merkez İlçesi Yelesen-Dikme Köylerinin FarklıYöney ve Yükseltilerde Yer Alan Mera Kesimlerinde Botanik Kompozisyon ve Ot Veriminin Değişimi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 53 (1):1-9.

Çınar, S., Hatipoğlu, R., Avcı, M., Yücel, C. ve İnal, İ. 2019. Adana ili Tufanbeyli ilçesi meralarının vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(1), 143-152, Doi: 10.18016/ksutarimdoga.vi.448421.

Da Silva, A. P. and Kay, B. D. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100030023x

Da Silva, W. M., Bianchini, A. and Da Cunha, C. A. D. 2016. Modeling and correction of soil penetration resistance for variations in soil moisture and soil bulk density. *Engenharia Agricola*. https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p449-459/2016

Davydov, S., Davydova, A., Schelchkova, M., Makarevich, R., Fyodorov-Davydov, D., Loranty, M. and Boeskorov, G. 2020. Essential mineral nutrients of the high-latitude steppe vegetation and the herbivores of mammoth fauna. *Quaternary Science Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106073

De Boeck, H. J., Lemmens, C. M. H. M., Bossuyt, H., Malchair, S., Carnol, M., Merckx, R.and Ceulemans, R. 2006. How do climate warming and plant species richness affect water use in experimental grasslands? *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-006-9112-5

De Gryze, S., Jassogne, L., Bossuyt, H., Six, J. and Merckx, R. 2006. Water repellence and soil aggregate dynamics in a loamy grassland soil as affected by texture. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.00733.x

De Gryze, Steven, Six, J., Brits, C. and Merckx, R. 2005. A quantification of short-term macroaggregate dynamics: Influences of wheat residue input and texture. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.024

De Rooij-van Der Goes, P. C. E. M., Peters, B. A. M. and Van Der Putten, W. H. 1998. Vertical migration of nematodes and soil-borne fungi to developing roots of Ammophila arenaria (L.) link after sand accretion. *Applied Soil Ecology*. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00116-4

De Souza, Z. M., Junior, J. M., Pereira, G. D. and Saenz, C. M. S. 2009. Spatıial Variability Of Aggregate Stability In Latosols Under Sugarcane. *R. Bras. Ci. Solo2009*, *33*(245–253).

De Soyza, A. G., Killingbeck, K. T. and Whitford, W. G. 2004. Plant water relations and photosynthesis during and after drought in a Chihuahuan desert arroyo. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.011

De Vries, F. T., Liiri, M. E., Bjørnlund, L., Bowker, M. A., Christensen, S., Setälä, H. M. and Bardgett, R. D. 2012. Land use alters the resistance and resilience of soil food webs to drought. *Nature Climate Change*. https://doi.org/10.1038/nclimate1368

DEFRA. 2010. Fertiliser manual (RB209). *Norwich, TSO (The Stationery Office)*, *249*.

Demircan, E. 2019. *Siirt İli Kurtalan İlçesi Gözpınar Köyü Taban Merasının Vejetasyon Ve Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi*. Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Demirci, M. 1981. Sütün Mineral Maddeleri Ve İnsan Beslenmesindeki Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. https://doi.org/10.17097/zfd.38688

Derner, J. D., Boutton, T. W. and Briske, D. D. (2006). Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-005-2554-3

Desbarats, A. J. and Bachu, S. 1994. Geostatistical analysis of aquifer heterogeneity from the core scale to the basin scale: A case study. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/93WR02980

Deutsch, C. V. and Journel, A. G. 1998. GSLIB: geostatistical software library and user's guide. Second edition. In A. G. Journel (Ed.), *GSLIB: geostatistical software library and user's guide. Second edition* (Second). New 'fork: Oxford University Press.

Devitt, D. A. and Smith, S. D. 2002. Root channel macropores enhance downward movement of water in a Mojave Desert ecosystem. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1006/jare.2001.0853

Dexter, A. R. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/0167-1987(88)90002-5

Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004

Dexter, A. R., Richard, G., Arrouays, D., Czyz, E. A., Jolivet, C. and Duval, O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.01.022

Diabate, B., Gao, Y., Li, Y., Wang, C., Sun, B., Asch, F. and Zhou, D. 2015. Associations Between Species Distribution Patterns and Soil Salinity in the Songnen Grassland. *Arid Land Research and Management*. https://doi.org/10.1080/15324982.2014.945625

Dillon, J. and Scott, D. 1979. Digesta flow and mineral absorption in lambs before and after weaning. *The Journal of Agricultural Science*. https://doi.org/10.1017/S0021859600062791

Dingaan, M. N. V., Tsubo, M., Walker, S. and Newby, T. 2017. Soil chemical properties and plant species diversity along a rainfall gradient in semi-arid grassland of South Africa. *Plant Ecology and Evolution*. https://doi.org/10.5091/plecevo.2017.1260

Dingaan, M. N. V., Walker, S., Tsubo, M. and Newby, T. 2016. Influence Of Grazıng On Plant Dıversıtyproductıvıty Relatıonshıp In Semı-Arıd Grassland Of South Afrıca. *Applied Ecology and Environmental Research*, *14*(4), 1–13. https://doi.org/10.15666/aeer/1404_001013

Dölarslan, M., Erşahin, S. ve Gül, E. 2005. *Yarı Kurak Alanlarda Bitki Tür Zenginliği ve Çeşitliliği ile Çölleşme Eğilimi Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: Çankırı- Eldivan Örneği.*

Ugarte, D. M. 2007. Statistical Methods for Spatio-temporal Systems. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, *170*(4), 1182–1182. https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2007.00506_9.x

Dong, S. K., Wen, L., Li, Y. Y., Wang, X. X., Zhu, L. and Li, X. Y. 2012. Soil-quality effects of grassland degradation and restoration on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0092

Dongdong, C., Qi, L., Zhe, L., Fuquan, H., Xin, C., Shixiao, X. and Liang, Z. 2020. Variations of Forage Yield and Nutrients with Altitude Gradients and Their Influencing Factors in Alpine Meadow of Sanjiangyuan, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. https://doi.org/10.1007/s42729-020-00284-0

Dontsova, K. and Norton, L. D. 2001. Effects of Exchangeable Ca:Mg Ratio on Soil ClayFlocculation, Infiltration and Erosion. *Sustaining the Global Farm. SelectedPapers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting AtPurdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion ResearchLaboratory.*, 580–585.

Dormaar, J. F. and Willms, W. D. 1998. Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4003574

Doudill, A. J., Heathwaite, A. L. and Thomas, D. S. G. 1998. Soil water movement and nutrient cycling in semi-arid rangeland: vegetation change and system resilience. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1085(19980315)12:3<443::aid-hyp582>3.3.co;2-e

Dubuis, A., Giovanettina, S., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P. and Guisan, A. 2013. Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. *Journal of Vegetation Science*. https://doi.org/10.1111/jvs.12002

Duchicela, J., Vogelsang, K. M., Schultz, P. A., Kaonongbua, W., Middleton, E. L. and Bever, J. D. 2012. Non-native plants and soil microbes: Potential contributors to the consistent reduction in soil aggregate stability caused by the disturbance of North American grasslands. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04233.x

Duffera, M., White, J. G. and Weisz, R. 2007. Spatial variability of Southeastern U.S. Coastal Plain soil physical properties: Implications for site-specific management. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.08.018

Duman, A. 2008. Artvin Hatila Yöresindeki Saf Doğu Ladini Meşcerelerinde Yükselti ve Bakı Etmenlerine Göre Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Araştırılması. Kafkas Üniversitesi.

Duniway, M. C., Herrick, J. E. and Monger, H. C. 2010. Spatial and temporal variability of plant-available water in calcium carbonate-cemented soils and consequences for arid ecosystem resilience. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-009-1530-7

Dunne, T., Zhang, W. and Aubry, B. F. 1991. Effects of Rainfall, Vegetation, and Microtopography on Infiltration and Runoff. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/91WR01585

Eastridge, M. L. 2006. Major advances in applied dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72199-3

Eatherall, A. 1997. Modelling climate change impacts on ecosystems using linked models and a gis. *Climatic Change*. https://doi.org/10.1023/A:1005308216173

Ebel, H. and Günther, T. 1980. Magnesium Metabolism: A Review. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. https://doi.org/10.1515/cclm.1980.18.5.257

Edmeades, D. C. and O'Connor, M. B. 2003. Sodium requirements for temperate pastures in New Zealand: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1080/00288233.2003.9513527

Ehrenfeld, J. G., Han, X., Parsons, W. F. J. and Zhu, W. 2006. On the Nature of Environmental Gradients: Temporal and Spatial Variability of Soils and Vegetation in the New Jersey Pinelands. *The Journal of Ecology*. https://doi.org/10.2307/2960602

Ekelund, A., Spörndly, R. and Holtenius, K. 2006. Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Livestock Science*. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.07.001

Ellis, F. B., Elliott, J. G., Barnes, B. T. and Howse, K. R. 1977. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals Spring barley on a sandy loam soil: Soil physical conditions and root growth. *The Journal of Agricultural Science*. https://doi.org/10.1017/S0021859600061426

Elmendorf, S. C., Henry, G. H. R., Hollister, R. D., Fosaa, A. M., Gould, W. A., Hermanutz, L. and Walker, M. D. 2015. Experiment, monitoring, and gradient methods used to infer climate change effects on plant communities yield consistent patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. https://doi.org/10.1073/pnas.1410088112

Emadi, Mostafa, Baghernejad, M., Emadi, M. and Maftoun, M. 2008. Assessment of Some Soil Properties by Spatial Variability in Saline and Sodic Soils in Arsanjan Plain, Southern Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *11*(2), 238–243. https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.238.243

Ercan, A. 2018. Eskişehir İli Seyitgazi İlçesi Karaören Köyü Merasının Bitki Örtüsü Özellikleri Ve Mera Durumunun Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi.

Erfanzadeh, R., Bahrami, B., Motamedi, J. and Pétillon, J. 2014. Changes in soil organic matter driven by shifts in co-dominant plant species in a grassland. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.07.027.

Erkovan, H. İ. 2000. Çiğdemlik Köyü (Bayburt) mera vejetasyonları mevcut durumu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bil. Enst. Erzurum.

Erkun, V. 1999. Çayır meraların önemi ve tarihi gelişimi. In *Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı.* (pp. 131–136). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.

Erşahin, S. 2001. Toprak Amenajmanı. Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları Serisi.

Erşahin, S. 1999. Aluviyal Bir Tarlada Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Toprak Özelliklerinin

Uzaysal Değişkenliğinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *13*(19), 34–41.

Ersahin, S. and Brohi, A. R. 2006. Spatial variation of soil water content in topsoil and subsoil of a Typic Ustifluvent. *Agricultural Water Management*. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.09.002

Evans, H. J. 1956. Role of molybdenum in plant nutrition. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-195603000-00006

Evans, R. 1996. Some soil factors influencing accelerated water erosion of arable land. *Progress in Physical Geography*. https://doi.org/10.1177/030913339602000206

Eviner, V. T. and Stuart Chapin, F. 2002. The influence of plant species, fertilization and elevated CO2 on soil aggregate stability. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1020657107687

Evrendilek, F., Celik, I. and Kilic, S. 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, *59*(4), 743–752. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.03.002

Fahey, G. C., Buxton, D. R. and Fales, S. L. 1994. Plant Environment and Quality. In *Plant Environment and Quality*. https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c4

Famiglietti, J. S., Devereaux, J. A., Laymon, C. A., Tsegaye, T., Houser, P. R., Jackson, T. J. and Van Oevelen, P. J. 1999. Ground-based investigation of soil moisture variability within remote sensing footprints during the Southern Great Plains 1997 (SGP97) Hydrology Experiment. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/1999WR900047

Famiglietti, J. S., Rudnicki, J. W. and Rodell, M. 1998. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00187-5

Fang, K., Kou, D., Wang, G., Chen, L., Ding, J., Li, F. and Yang, Y. 2017. Decreased Soil Cation Exchange Capacity Across Northern China's Grasslands Over the Last Three Decades. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. https://doi.org/10.1002/2017JG003968

Fang, X. M., Chen, F. S., Wan, S. Z., Yang, Q. P. and Shi, J. M. 2015. Topsoil and deep soil organic carbon concentration and stability vary with aggregate size and vegetation type in subtropical China. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139380

FAO. 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. In *FAO Soil Bulletin by Sillanpaa*. Rome.

Farley, R. A. and Fitter, A. H. 1999. Temporal and spatial variation in soil resources in a deciduous woodland. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00390.x

Faulkner, H. 1990. Vegetation and erosion. Processes and environments. In J. B. Thornes (Ed.), *Vegetation cover density variations and infiltration patterns on piped alkali sodic soils: implications for the modelling of overland flow in semi-arid areas.* (pp. 317–346). Polytechnic of North London.

Faust, M. and Klein, J. D. 1974. levels and sites of metabolically active calcium in apple fruit. *J.Am. Soc. Hortic. Sci.*, *99*, 93–94.

Fay, P. A. 2009. Precipitation variability and primary productivity in water-limited ecosystems: How plants “leverage” precipitation to “finance” growth. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02695.x

Fay, P. A., Carlisle, J. D., Knapp, A. K., Blair, J. M. and Collins, S. L. 2003. Productivity responses to altered rainfall patterns in a C 4-dominated grassland. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-003-1331-3

Fischer, C., Leimer, S., Roscher, C., Ravenek, J., de Kroon, H., Kreutziger, Y. and Hildebrandt, A. 2019. Plant species richness and functional groups have different effects on soil water content in a decade-long grassland experiment. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2745.13046

Fissore, C., Giardina, C. P., Kolka, R. K., Trettin, C. C., King, G. M., Jurgensen, M. F. and Mcdowell, S. D. 2008. Temperature and vegetation effects on soil organic carbon quality along a forested mean annual temperature gradient in North America. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01478.x

Flanagan, L. B. and Johnson, B. G. 2005. Interacting effects of temperature, soil moisture and plant biomass production on ecosystem respiration in a northern temperate grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.04.002

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R. and Snyder, P. K. 2005. Global consequences of land use. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.1111772

Follett, R. F., Power, J. F., Grunes, D. L. and Klein, C. A. 1977. Effect of N, K, and P fertilization, N source, and clipping on potential tetany hazard of bromegrass. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF02187256

Fox, R. L. and Kacar, B. 1965. Mobilization of non-exchangeable potassium and sodium in a calcareous soil during plant growth. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF01377687

Frankland, J. C., Ovington, J. D. and Macrae, C. 2006. Spatial and Seasonal Variations in Soil, Litter and Ground Vegetation in some Lake District Woodlands. *The Journal of Ecology*. https://doi.org/10.2307/2257508

Frasier, G. W. 1987. Soil moisture availability effects on seed germination and germinated seed survival of selected warm season grasses. *Proceedings of Symposium “Seed and Seedbed Ecology of Rangeland Plants.”*

Freer, M. 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. In *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants* (4th ed.). https://doi.org/10.1071/9780643095106

Frouz, J., Pižl, V., Cienciala, E. and Kalčík, J. 2009. Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry*. https://doi.org/10.1007/s10533-009-9313-0

Fu, Z., Li, Z., Cai, C., Shi, Z., Xu, Q. and Wang, X. 2011. Soil thickness effect on hydrological and erosion characteristics under sloping lands: A hydropedological perspective. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.08.013

Ganskopp, D. and Bohnert, D. 2007. Nutritional Dynamics of 7 Northern Great Basin Grasses. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4003664

Gao, X., Wu, P., Zhao, X., Shi, Y. and Wang, J. 2011. Estimating spatial mean soil water contents of sloping jujube orchards using temporal stability. *Agricultural Water Management*. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.10.007

Gardi, C., Tomaselli, M., Parisi, V., Petraglia, A. and Santini, C. 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *European Journal of Soil Biology*. https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01111-6

Gardner, W. R. and Nieman, R. H. 1964. Lower limit of water availability to plants. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.143.3613.1460

Garwood, E. A. and Williams, T. B. 1967. Growth, Water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. *The Journal of Agricultural Science*. https://doi.org/10.1017/s002185960001652x

Gebremeskel, K. and Pieterse, P. J. 2007. Impact of grazing around a watering point on soil status of a semi-arid rangeland in Ethiopia. *African Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2006.00682.x

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-Size Analysis. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods.* (2nd ed., pp. 383–412). Am. Soc. Agron., Madison,.

Gençkan, M. S. 1985. Çayır-Mer'a Kültürü Amenajmanı Islahı. In *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*. Bornova-İzmir.

Georgen, P. G., Davis-Carter, J. and Taylor, H. M. 2010. Root Growth and Water Extraction Patterns from a Calcic Horizon. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500010036x

Gérard, F. 2016. Clay minerals, iron/aluminum oxides, and their contribution to phosphate sorption in soils — A myth revisited. *Geoderma*, *262*, 213–226. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.036

GfE (German Society of Nutrition Physiology). 2001. Recommendations for the supply of energy and nutrients to dairy cows and heifers. *Committee ForRequirement Standards of the Society of Nutrition Physiology (in German).*, *DLG-Verlag*.

Ghimire, R., Thapa, V. R., Cano, A. and Acosta-Martinez, V. 2019. Soil organic matter and microbial community responses to semiarid croplands and grasslands management. *Applied Soil Ecology*. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.002

Gibbens, R. P., Tromble, J. M., Hennessy, J. T. and Cardenas, M. 1983. Soil Movement in Mesquite Dunelands and Former Grasslands of Southern New Mexico from 1933 to 1980. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3898148

Gibbens, Robert P. and Lenz, J. M. 2001. Root systems of some Chihuahuan Desert plants. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1006/jare.2000.0784

Gibson, D. 2009. Grasses and grassland ecology. In *Annals of Botany*.

Gielen, B., De Boeck, H. J., Lemmens, C. M. H. M., Valcke, R., Nijs, I. and Ceulemans, R. 2005. Grassland species will not necessarily benefit from future elevated air temperatures: A chlorophyll fluorescence approach to study autumn physiology. *Physiologia Plantarum*. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00539.x

Gile, L. H., Peterson, F. F. and Grossman, R. B. 1966. Morphological And Genetic Sequences Of Carbonate Accumulation In Desert Soils. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-196605000-00001

Gile, Leland H. 2010. A Classification of ca Horizons in Soils of a Desert Region, Dona Ana County, New Mexico1. *Soil Science Society of America Journal*.

https://doi.org/10.2136/sssaj1961.03615995002500010024x

Gill, D. S. and Marks, P. L. 1991. Tree and shrub seedling colonization of old fields in Central New York. *Ecological Monographs*. https://doi.org/10.2307/1943007

Gillingham, A. G. 1987. Phosphorus cycling in managed grasslands. *Managed Grasslands*.

Gizachew, L., Hirpha, A., Jalata, F. and Smit, G. N. 2002. Mineral element status of soils, native pastures and cattle blood serum in the mid-altitude of western Ethiopia. *African Journal of Range and Forage Science*, *19*(3), 147–155. https://doi.org/10.2989/10220110209485787

Głab, T. 2013. Effect of tractor traffic and N fertilization on the root morphology of grass/red clover mixture. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/j.still.2013.08.004

Glendell, M., Granger, S. J., Bol, R. and Brazier, R. E. 2014. Quantifying the spatial variability of soil physical and chemical properties in relation to mitigation of diffuse water pollution. *Geoderma*, *214–215*, 25–41. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.008

Gneiting, T., Genton, M. G. and Guttorp, P. 2007. Geostatistical Space-Time Models, Stationarity, Separability, and Full Symmetry. In V. Isham, N. Keiding, T. Louis, S. Murphy, R. L. Smith, and H. Tong (Eds.), *Statistical Methods for Spatio-Temporal System* (pp. 151–172). Taylor and Francis Group, LLC.

Gobat, J. M., Aragno, M. and Matthey, W. 2004. The Living Soil: fundamentals of soil science and soil biology. In *Science Publisher*

Gokalp, Z., Basaran, M., Uzun, O. and Serin, Y. 2010. Spatial analysis of some physical soil properties in a saline and alkaline grassland soil of Kayseri, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*.

Gökkuş, A., Koç, A. ve Çomaklı, B. 1993. Çayır-Mera Uygulama Kılavuzu. In . *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları* (Vol. 142).

Gökkuş, A., Parlak, S. ve Baytekin, H. 2013. Akdeniz Kuşağı Çalılı Meralarında Otsu Türlerin Mineral İçeriklerinin Değişimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *10*(1).

Gökkuş, A. 2014. Kurak Alanlarda Yapay Mera Kurulması ve Yönetimi. *COMU J Agric. Fac.)*, *2014*(22), 151–158. Retrieved frohttp://ziraat.dergi.comu.edu.tr/dosyalar/Ziraat/kurak-alanlarda-yapay-mera-kurulmasi-ve-yonetimi-2017-01-20-54.pdf

Goldberg, D. E. and Miller, T. E. 1990. Effects of different resource additions on species diversity in an annual plant community. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/194026

Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in soil science: State-of-the-art and perspectives. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00078-0

Goovaerts, P. and Sonnet, P. 1993. *Study of Spatial and Temporal Variations of Hydrogeochemical Variables Using Factorial Kriging Analysis*. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1739-5_59

Govasmark, E., Steen, A., Bakken, A. K., Strøm, T. and Hansen, S. 2005. Factors affecting the concentration of Zn, Fe and Mn in herbage from organic farms and in relation to dietary requirements of ruminants. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. https://doi.org/10.1080/09064710510008586

Grace, J. B. 1999. The factors controlling species density in herbaceous plant communities: An assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*.

https://doi.org/10.1078/1433-8319-00063

Grace, N. D., Castillo-Alcala, F. and Wilson, P. R. 2008. Amounts and distribution of mineral elements associated with liveweight gains of grazing red deer (Cervus elaphus). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1080/00288230809510473

Grassini, P., You, J., Hubbard, K. G. and Cassman, K. G. 2010. Soil water recharge in a semi-arid temperate climate of the Central U.S. Great Plains. *Agricultural Water Management*. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.02.019

Greenwood, K. L., MacLeod, D. A. and Hutchinson, K. J. 1997. Long-term stocking rate effects on soil physical properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. https://doi.org/10.1071/EA96131

Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. and Ellert, B. H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.4141/cjss94-051

Gremer, J. R., Bradford, J. B., Munson, S. M. and Duniway, M. C. 2015. Desert grassland responses to climate and soil moisture suggest divergent vulnerabilities across the southwestern United States. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/gcb.13043

Greminger, P. J., Sud, Y. K. and Nielsen, D. R. 2010. Spatial Variability of Field-measured Soil-water Characteristics1. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1985.03615995004900050001x

Gross, K. L., Pregitzer, K. S. and Burton, A. J. 1995. Spatial Variation in Nitrogen Availability in Three Successional Plant Communities. *The Journal of Ecology*, *83*(3), 357. https://doi.org/10.2307/2261590

Gross, N., Robson, T. M., Lavorel, S., Albert, C., Le Bagousse-Pinguet, Y. and Guillemin, R. 2008. Plant response traits mediate the effects of subalpine grasslands on soil moisture. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02577.x

GRUDAF. 2009. Grundlagen für die düngung im acker- und futterbau. *AgrarForschung*, 16–100.

Grünberg, W. 2014. Treatment of Phosphorus Balance Disorders. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.03.002

Grunwald, S., Rooney, D. J., McSweeney, K. and Lowery, B. 2001. Development of pedotransfer functions for a profile cone penetrometer. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00079-3

Gül, M. 2013. *Ilgaz İlçe Analizi* https://www.kuzka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.kuzka.gov.tr_17_UT6D01VF_ilgaz_ilce_analizi.pdf

Gulwa, U., Mgujulwa, N. and Beyene, S. T. 2017. Effect of Grass-legume Intercropping on Dry Matter Yield and Nutritive Value of Pastures in the Eastern Cape Province, South Africa. *Universal Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.13189/ujar.2017.050607

Gunn, S. and Farrar, J. F. 1999. Effects of a 4 °C increase in temperature on partitioning of leaf area and dry mass, root respiration and carbohydrates. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00003.x

Guo, D., Mou, P., Jones, R. H. and Mitchell, R. J. 2002. Temporal changes in spatial patterns of soil moisture following disturbance: An experimental approach. *Journal of Ecology*.

https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00667.x

Guo, Q. 2004. Slow recovery in desert perennial vegetation following prolonged human disturbance. *Journal of Vegetation Science*. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02318.x

Gür, M., Altın, M. and Gökkuş, M. 2015. Determination of grazing time with relationships between grass layer height and biomass change in natural pastures. *African Journal of Agricultural Research*, *10*(33), 3310–3318. https://doi.org/10.5897/ajar2014.9470

Gür, M. 2014. *Korunan, Otlanan ve Sürülüp Terk Edilen Doğal Meraların Bazı işlevleri ile Kimi Ekolojik Faktörler Arasındaki İlişkiler*. Namık Kemal Üniversitesi.

Gürsoy, E. ve Macit, M. 2017. Erzurum İli Çayır Ve Meralarında Doğal Olarak Yetişen Bazı Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkilerinin Mineral Madde Kompozisyonlarının Belirlenmesi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, *32*(1), 1–9. https://doi.org/10.28955/alinterizbd.279756

Güsewell, S. and Koerselman, W. 2002. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. https://doi.org/10.1078/1433-8319-0000022

Gutiérrez-Jurado, H. A., Vivoni, E. R., Harrison, J. B. J. and Guan, H. 2006. Ecohydrology of root zone water fluxes and soil development in complex semiarid rangelands. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/hyp.6333

Gutman, M., Seligman, N. G. and Noy-Meir, I. 1990. Herbage production of Mediterranean grassland under seasonal and yearlong grazing systems. *Journal of Range Management*, *43*(1), 64–68.

Gwelo, A. F., Tefera, S. and Muchenje, V. 2015. Temporal and spatial dynamics of mineral levels of forage, soil and cattle blood serum in two semi-arid savannas of South Africa. *African Journal of Range and Forage Science*. https://doi.org/10.2989/10220119.2015.1013155

Hamlett, J. M., Horton, R. and Cressie, N. A. C. 1986. Resistant and explatory techniques for use in semivariogram analysis. *Soil Science Society of American Journal*, *50*(868–875). https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000040008x

Hänsch, R. and Mendel, R. R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006

Hardegree, S. P. and Emmerich, W. E. 2010. Seed Germination Response of Four Southwestern Range Grasses to Equilibration at Subgermination Matric-Potentials. *Agronomy Journal*. https://doi.org/10.2134/agronj1992.00021962008400060017x

Hargreaves, P. R., Baker, K. L., Graceson, A., Bonnett, S., Ball, B. C. and Cloy, J. M. 2019. Soil compaction effects on grassland silage yields and soil structure under different levels of compaction over three years. *European Journal of Agronomy*. https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125916

Harle, K. J., Howden, S. M., Hunt, L. P. and Dunlop, M. 2007. The potential impact of climate change on the Australian wool industry by 2030. *Agricultural Systems*. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.04.003

Harley, R. M., Davis, P. H., Edmondson, J. R., Mill, R. R. and Tan, K. 1984. Flora of Turkey. *Kew Bulletin*, *39*(2), 448. https://doi.org/10.2307/4110127

Harper, C. W., Blair, J. M., Fay, P. A., Knapp, A. K. and Carlisle, J. D. 2005. Increased rainfall variability and reduced rainfall amount decreases soil CO2 flux in a grassland ecosystem. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00899.x

Harte, J. and Shaw, R. 1995. Shifting dominance within a montane vegetation community: Results of a climate-warming experiment. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.267.5199.876

Hartge, K.H. and Stewart, B. A. 1995. Soil Structure, Its Development and Function. In *Soil Compaction Problems and Solutions.* (p. 393). Lewis Publisher.

Hawley, M. E., Jackson, T. J. and McCuen, R. H. 1983. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/0022-1694(83)90102-6

Haydu-Houdeshell, C. A., Graham, R. C., Hendrix, P. F, and Peterson, A. C. 2018. Soil aggregate stability under chaparral species in southern California. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.019

Haynes, R. J. 1980. Ion exchange properties of roots and ionic interactions within the root apoplasm: Their role in ion accumulation by plants. *The Botanical Review*. https://doi.org/10.1007/BF02860867

Heady, H. F. and Sampson, A. W. 2007. Range Management: Principles and Practices. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3894692.

Heenan, D. P. and Campbell, L. C. 1981. Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (Glycine max (L.) Merr. cv. Bragg). *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF02182025

Heisler-White, J. L., Knapp, A. K. and Kelly, E. F. 2008. Increasing precipitation event size increases aboveground net primary productivity in a semi-arid grassland. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-008-1116-9

Hejcman, M., Klaudisová, M., Schellberg, J. and Honsová, D. 2007. The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.036

Hejcman, M., Schellberg, J. and Pavlů, V. 2010a. Long-term effects of cutting frequency and liming on soil chemical properties, biomass production and plant species composition of Lolio-Cynosuretum grassland after the cessation of fertilizer application. *Applied Vegetation Science*. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2010.01077.x

Hejcman, M., Szaková, J., Schellberg, J. and Tlustoš, P. 2010b. The Rengen Grassland Experiment: Relationship between soil and biomass chemical properties, amount of elements applied, and their uptake. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0332-3

Hendershot, W., Lalande, H. and Duquette, M. 2007. Ion Exchange and Exchangeable Cations. In *Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition*. https://doi.org/10.1201/9781420005271.ch18

Hennessy, J. T., Gibbens, R. P., Tromble, J. M. and Cardenas, M. 2018. Mesquite (Prosopis glandulosa Torr.) dunes and interdunes in southern New Mexico: a study of soil properties and soil water relations. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1016/s0140-1963(18)31269-2

Herbel, C. H., Ares, F. N. and Wright, R. A. 1972. Drought Effects on a Semidesert Grassland

Range. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1935420

Herdt, T. H. and Hoff, B. 2011. The Use of Blood Analysis to Evaluate Trace Mineral Status in Ruminant Livestock. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.004

Herrick, J. E., Bestelmeyer, B. T., Archer, S., Tugel, A. J. and Brown, J. R. 2006. An integrated framework for science-based arid land management. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.09.003

Hillel, D. 2013. Fundamentals of Soil Physics. In *Fundamentals of Soil Physics*. https://doi.org/10.1016/C2009-0-03109-2

Hızal, A. 1984. Ezine Orman Fidanlıgı Topraklarında pH'nın sülfirik asit yöntemi ile düsürülmesi olanakları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, *1*(34).

Hobbs, R. J. and Mooney, H. A. 1985. Community and population dynamics of serpentine grassland annuals in relation to gopher disturbance. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/BF00384939

Högberg, P., Fan, H., Quist, M., Binkley, D. and Tamm, C. O. 2006. Tree growth and soil acidification in response to 30 years of experimental nitrogen loading on boreal forest. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01102.x

Hopkins, A., Adamson, A. H. and Bowlıng, P. J. 1994. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 2. Effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. *Grass and Forage Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb01971.x

Horn, R., Domzzał, H., Słowińska-Jurkiewicz, A. and van Ouwerkerk, C. 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00479-C

Howden, S. M., Crimp, S. J. and Stokes, C. J. 2008. Climate change and Australian livestock systems: Impacts, research and policy issues. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. https://doi.org/10.1071/EA08033

Hsiao, T. C., Fereres, E., Acevedo, E. and Henderson, D. W. 1976. *Water Stress and Dynamics of Growth and Yield of Crop Plants*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-66429-8_18

Hu, W., Shao, M., Wang, Q. and Reichardt, K. 2009. Time stability of soil water storage measured by neutron probe and the effects of calibration procedures in a small watershed. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.012

Huang, D., Wang, K. and Wu, W. L. 2007. Dynamics of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agro-pastoral transition zone in Northern China. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.12.009

Huang, X., Shi, Z. H., Zhu, H. D., Zhang, H. Y., Ai, L. and Yin, W. 2016. Soil moisture dynamics within soil profiles and associated environmental controls. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.014

Hui, D. and Jackson, R. B. 2006. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: A synthesis of field data. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01569.x

Humer, E. and Zebeli, Q. 2015. Phytate in feed ingredients and potentials for improving the

utilization of phosphorus in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.028

Huxman, T. E., Cable, J. M., Ignace, D. D., Eilts, J. A., English, N. B., Weltzin, J. and Williams, D. G. 2004a. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse in a semi-arid grassland: The role of native versus non-native grasses and soil texture. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-003-1389-y

Huxman, T. E., Snyder, K. A., Tissue, D., Leffler, A. J., Ogle, K., Pockman, W. T. and Schwinning, S. 2004b. Precipitation pulses and carbon fluxes in semiarid and arid ecosystems. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-004-1682-4

İbrikçi, H. 2005. Toprak Verimliliği ve Bitki Besin Elementi Yönetimi. In Sabit Erşahin, T. Öztaş, A. Namlı, ve G. Karahan (Eds.), *Toprak Amenajmanı* (1st ed., pp. 369–390). Ankara: Gazi Kitabevi.

Ignace, D. D., Huxman, T. E., Weltzin, J. F. and Williams, D. G. 2007. Leaf gas exchange and water status responses of a native and non-native grass to precipitation across contrasting soil surfaces in the Sonoran Desert. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-007-0670-x

İptaş, S. ve Karadağ, Y. 2010. Kıraç Alanlarda Mera Islahı ve İdaresi. In *İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler* (pp. 149–176). Kayseri: T.C. Kayseri Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü.

Iqbal, J., Thomasson, J. A., Jenkıns, J. N., Owens, P. R. and Whisler, F. D. 2005. Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soil. In *Sci. Soc. Am. J* (Vol. 69).

Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 1989. An Introduction to Applied Geoistatistics. Oxfort University Press, N. Y.

Israel, D. W. and Jackson, W. A. 1978. The influence of nitrogen nutrition on ion uptake and translocation by leguminous plants. In C. S. Kamprath and E. J. Andrew (Eds.), *In Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils* (pp. 113–129). Melbourne.: CSIRO.

İyigun, C., Türkeş, M., Batmaz, I., Yozgatligil, C., Purutçuoğlu, V., Koç, E. K. and Öztürk, M. Z. 2013. Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method. *Theoretical and Applied Climatology*. https://doi.org/10.1007/s00704-012-0823-7

Jabro, J. D., Stevens, W. B., Evans, R. G. and Iversen, W. M. 2010. Spatial variability and correlation of selected soil properties in the Ap horizon of a CRP grassland. *Applied Engineering in Agriculture*, *26*(3), 419–428.

Jackson, R. B., Canadell, J., Ehleringer, J. R., Mooney, H. A., Sala, O. E. and Schulze, E. D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/BF00333714

Jacobs, J. M., Mohanty, B. P., Hsu, E. C. and Miller, D. 2004. SMEX02: Field scale variability, time stability and similarity of soil moisture. *Remote Sensing of Environment*. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.017

Jafarian, Z., Kargar, M. and Ghorbani, J. 2013. Comparison of Soil Physical and Chemical Properties in Grassland and Shrub Land Communities, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.741944

Jafarian, Z. and Kavian, A. 2013. Effects of Land-Use Change on Soil Organic Carbon and Nitrogen. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.

https://doi.org/10.1080/00103624.2013.741949

Jaiyeoba, I. A. 2003. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00138-1

James, S. E., Pärtel, M., Wilson, S. D. and Peltzer, D. A. 2003. Temporal heterogeneity of soil moisture in grassland and forest. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00758.x

Jangid, K., Williams, M. A., Franzluebbers, A. J., Blair, J. M., Coleman, D. C. and Whitman, W. B. 2010. Development of soil microbial communities during tallgrass prairie restoration. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.11.008

Janik, G. 2005. Spatial variability of soil moisture in grassland. *International Agrophysics*.

Jenny, H. 1984. The soil resource. Origin and behavior. *Vegetatio*, *57*(2–3), 102–102. https://doi.org/10.1007/BF00047304

Jodari-Karimi, F., Watson, V., Hodges, H. and Whisler, F. 2010. Root Distribution and Water Use Efficiency of Alfalfa as Influenced by Depth of Irrigation1. *Agronomy Journal*. https://doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500020013x

Joffre, R. and Rambal, S. 1993. How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1939317

John. L, H., Samuel L, T., Werner L, N. and James D, B. 2014. Soil Fertility and Fertilizers, 8th Edition. In *Pearson*.

John, B., Yamashita, T., Ludwig, B. and Flessa, H. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.013

Jones, D. L., Cross, P., Withers, P. J. A., DeLuca, T. H., Robinson, D. A., Quilliam, R. S. and Edwards-Jones, G. 2013. Nutrient stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. (Special Profile: The UK National Ecosystem Assessment.). *Journal of Applied Ecology*.

Jones, M. B., Jongen, M. and Carter, T. R. 1996. Sensitivity of temperate grassland species to elevated atmospheric CO2 and the interaction with temperature and water stress. *Agricultural and Food Science in Finland*.

Jost, G., Schume, H., Hager, H., Markart, G. and Kohl, B. 2012. A hillslope scale comparison of tree species influence on soil moisture dynamics and runoff processes during intense rainfall. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.057

Juknevičius, S. and Sabienė, N. 2007. *The content of mineral elements in some grasses and legumes*.

Junior, D. D. V., Biachini, A., Valadão, F. C. A. and Rosa, R. P. 2014. Penetration resistance according to penetration rate, cone base size and different soil conditions. *Bragantia*. https://doi.org/10.1590/brag.2014.013

Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A. B. 2007. Trace elements from soil to human. In *Trace Elements from Soil to Human*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32714-1

Kabir, Z., O'Halloran, I. P., Fyles, J. W. and Hamel, C. 1997. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: Hyphal density and

mycorrhizal root colonization. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1004205828485

Kacar, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III Toprak Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim Araştırma Geliştirme Vakfı Yayınları.

Kacar, B. ve İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık.

Kacar, B. ve Katkat, V. 2009. *Bitki Besleme* (4th ed.). Ankara: Nobel Yayın.

Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Brady, J. N., Phillips, T. and Tyerman, S. D. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of Botany*. https://doi.org/10.1093/aob/mci226

Kalaycı, Ş. 2013. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. In *Kalaycı, Ş. (Ed.) (2006). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.* https://doi.org/10.17051/io.46880

Kapila, R., Kavadi, P. K. and Kapila, S. 2013. Comparative evaluation of allergic sensitization to milk proteins of cow, buffalo and goat. *Small Ruminant Research*. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.11.028

Kavianpoor, H., Ouri, A. E., Eloudar, Z. J. and Kavian, A. 2012. Spatial Variability of Some Chemical and Physical Soil Properties in Nesho Mountainous Rangelands. *American Journal of Environmental Engineering*, *2*(34–44).

Kay, B. D. 1990. *Rates of Change of Soil Structure Under Different Cropping Systems*. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3316-9_1

Kaya, Ş. 2008. Kaba Yemlerin Değerlendirilmesinde Göreceli Yem Değeri ve Göreceli Kaba Yem Kalite İndeksi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 59–64.

Keller, T. and Håkansson, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.013

Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical ve Mineralogical Methods* (9th ed., pp. 425–442). Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI.

Kendir, H. 1999. Ayaş (Ankara)'da doğal bir meranın bitki örtüsü, yem verimi ve mera durumu. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, *5*, 104–110.

Ketterings, Q. M., Blair, J. M. and Marinissen, J. C. Y. 1997. Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00102-2

Khalili, M., Lindgren, E. and Varvikko, T. 1993. A survey of mineral status of soil, feeds and cattle in the Selale Ethiopian highlands. II. Trace elements. *Tropical Animal Health and Production*. https://doi.org/10.1007/BF02250867

Khan, Z. I., Ashraf, M. and Hussain, A. 2007. Evaluation of Macro Mineral Contents of Forages: Influence of Pasture and Seasonal Variation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *20*(6), 908–913. https://doi.org/10.5713/ajas.2007.908

Kilic, K., Kilic, S. and Kocyigit, R. 2012. Assessment of spatial variability of soil properties in areas under different land use. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*.

Kim, S. 2012. Configuration of hydrological processes in a steep hillslope through causality analysis of soil moisture measurements. *Hydrological Processes*.

https://doi.org/10.1002/hyp.8399

Kirk, G. J. D., Bellamy, P. H. and Lark, R. M. 2010. Changes in soil pH across England and Wales in response to decreased acid deposition. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02135.x

Kılıç, K. and Kılıç, S. 2006. Spatial Variablity of Salinity and Alkalinity of a Field Having Salination Risk in Semi-Arid Climate in Northern Turkey. *Environmental Monitoring Assesment*, *127*, 55–65.

Kılıç, K., Özgöz, E. and Akbaş, F. 2004. Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two fluvents in Turkey. *Soil and Tillage Research*, *76*(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.still.2003.08.009

Klaus, V. H., Hölzel, N., Boch, S., Müller, J., Socher, S. A., Prati, D. and Kleinebecker, T. 2013. Direct and indirect associations between plant species richness and productivity in grasslands: Regional differences preclude simple generalization of productivity-biodiversity relationships. *Preslia*.

Klepper, B. 1990. Irrigation of Agricultural Crops. In B. A. Stewart and D. R. Nielsen (Eds.), *Root Growth and Water Uptake* (pp. 281-322.). 30. ASA, CSSA and SSSA, Madison, W.I.,: Agron. Monogr.

Klop, G., Ellis, J. L., Bannink, A., Kebreab, E., France, J. and Dijkstra, J. 2013. Meta-analysis of factors that affect the utilization efficiency of phosphorus in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6336

Klop, G., Ellis, J. L., Blok, M. C., Brandsma, G. G., Bannink, A. and Dijkstra, J. 2014. Variation in phosphorus content of milk from dairy cattle as affected by differences in milk composition. *The Journal of Agricultural Science*, *152*(5), 860–869. https://doi.org/10.1017/S0021859614000082

Knapp, A. K., Fahnestock, J. T., Hamburg, S. P., Statland, L. B., Seastedt, T. R. and Schimel, D. S. 1993. Landscape patterns in soil-plant water relations and primary production in tallgrass prairie. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1939315

Knapp, A. K. and Smith, M. D. 2001. Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.291.5503.481

Knipe, D. and Herbel, C. H. 2007. The Effects of Limited Moisture on Germination and Initial Growth of Six Grass Species. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3894784

Koç, A., Gökkuş, A. ve Altın, M. 2003. Mera durumu tespitinde dünyada yaygın olarak kullanılan yöntemlerin mukayesesi ve Türkiye için bir öneri. *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi, 13-17 Ekim*, 36–42. Diyarbakır.

Koch, D. W. and Estes, G. O. 1975. Influence of Potassium Stress on Growth, Stomatal Behavior, and CO2 Assimilation in Corn11. *Crop Science*. https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183x001500050025x

Köchy, M. and Wilson, S. D. 2000. Competitive effects of shrubs and grasses in prairie. *Oikos*. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.910219.x

Kölbl, A., Steffens, M., Wiesmeier, M., Hoffmann, C., Funk, R., Krümmelbein, J. and Kögel-Knabner, I. 2011. Grazing changes topography-controlled topsoil properties and their interaction on different spatial scales in a semi-arid grassland of Inner Mongolia, P.R. China. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0473-4

Koolen, A. J. and Kuipers, H. 2012. Agricultural Soil Mechanics. *Springer Science and Business Media*.

Krige, D. G. 1966. Two-dimentional weighted moving average trend surfaces for ore evaluation. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*, *66*(13–38).

Kristiansen, S. M., Schjønning, P., Thomsen, I. K., Olesen, J. E., Kristensen, K. and Christensen, B. T. 2006. Similarity of differently sized macro-aggregates in arable soils of different texture. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.08.005

Krumbach, A. W. 1959. Effects of microrelief on distribution of soil moisture and bulk density. *Journal of Geophysical Research*. https://doi.org/10.1029/jz064i010p01587.

Kurvits, A. and Kirkby, E. A. 1980. The uptake of nutrients by sunflower plants (Helianthus annum) growing in a continuous flowing culture system, supplied with nitrate or ammonium as nitrogen source. *Zeitschrift Für Pflanzenernährung Und Bodenkunde*, *143*(2), 140–149. https://doi.org/10.1002/jpln.19801430203

Küçük, Ç., Cevheri, C., Polat, T. ve Avcı, M. 2016. Şanlıurfa (Akabe mevki) Doğal Mera Bitkilerinin Besin Elementleri İçerikleri ve Toprakların Mikrobiyal Biyomas C, Fungal ve Bakteriyal Biyomas Değerlerinin Belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *5*(2), 129–134.

Kumar, K., Singh, N. K., Lohan, S. K. and Bector, V. 2018. Effect of Soil Penetration Resistance and Electrical Conductivity on Agricultural Soil and its Management under Precision Agriculture: A Review. *Research Frontiers in Precision Agriculture*.

Kumaresan, A., Bujarbaruah, K. M., Pathak, K. A., Brajendra. and Ramesh, T. 2010. Soil–plant–animal continuum in relation to macro and micro mineral status of dairy cattle in subtropical hill agro ecosystem. *Tropical Animal Health and Production*, *42*(4), 569–577. https://doi.org/10.1007/s11250-009-9459-8

Kuşvuran, A., Nazlı, R. İ. ve Veyis, T. 2011. Türkiye'de ve Batı Karadeniz Bölgesi'nde Çayır-Mera Alanları, Hayvan Varlığı ve Yem Bitkileri Tarımının Bugünkü Durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *2011*(2), 21–32. Retrieved from http://dergipark.gov.tr/gopzfd/issue/7330/9591

Kutlu, H. R. ve Çelik, L. 2010. *Yemler Bilgisi Ve Yem Teknolojisi* (2nd ed.). Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Ladson, A. R. and Moore, I. D. 1992. Soil water prediction on the Konza Prairie by microwave remote sensing and topographic attributes. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/0022-1694(92)90127-H

Lajtha, K. and Bloomer, S. H. 1988. Factors affecting phosphate sorption and phosphate retention in a desert ecosystem. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-198809000-00003

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.1097396

Lal, R. 2017. Soil erosion research methods. In *Soil Erosion Research Methods*. https://doi.org/10.1201/9780203739358

Lal, Rattan. and Ruellan, A. 2010. Petrocalcic Horizons, Soils with. In *Encyclopedia of Soil Science, Second Edition*. https://doi.org/10.1201/noe0849338304.ch265

Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of the

functional groups. In *Annals of Botany*.

Lark, R. M. 2000. Estimating variograms of soil properties by the method-of-moments and maximum likelihood. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2000.00345.x

Lark, R. M. 2012. Towards soil geostatistics. *Spatial Statistics*. https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.02.001

Larson, W. E. and Pierce, F. J. 1994. The dynamics of soil qulity as a measure of sustainable management. In *Defining soil quality for a sustainable environment*.

Lascano, R. J. and van Bavel, C. H. M. 2010. Root Water Uptake and Soil Water Distribution: Test of an Availability Concept1. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1984.03615995004800020002x.

Lauer, M. J., Blevins, D. G. and Sierzputowska-Gracz, H. 1989. 31 P-Nuclear Magnetic Resonance Determination of Phosphate Compartmentation in Leaves of Reproductive Soybeans ( Glycine max L.) as Affected by Phosphate Nutrition . *Plant Physiology*. https://doi.org/10.1104/pp.89.4.1331

Lauenroth, W. K., Sala, O. E., Milchunas, D. G. and Lathrop, R. W. 2006. Root Dynamics of Bouteloua gracilis During Short-Term Recovery from Drought. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.2307/2389714

Laycock, W. A. 1967. How Heavy Grazing and Protection Affect Sagebrush-Grass Ranges. *Journal of Range Management*, *20*(4), 206–2013.

Lee, H. J., Kawamura, K., Watanabe, N., Sakanoue, S., Sakuno, Y., Itano, S. and Nakagoshi, N. 2011. Estimating the spatial distribution of green herbage biomass and quality by geostatistical analysis with field hyperspectral measurements. *Grassland Science*. https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2011.00221.x

Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G.,and Six, J. 2009. Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.07.006

Leetham, J. W. and Milchunas, D. G. 1985. The composition and distribution of soil microarthropods in the shortgrass steppe in relation to soil water, root biomass, and grazing by cattle. *Pedobiologia*.

Legates, D. R., Mahmood, R., Levia, D. F., DeLiberty, T. L., Quiring, S. M., Houser, C. and Nelson, F. E. 2011. Soil moisture: A central and unifying theme in physical geography. *Progress in Physical Geography*. https://doi.org/10.1177/0309133310386514

Leimer, S., Kreutziger, Y., Rosenkranz, S., Beßler, H., Engels, C., Hildebrandt, A. and Wilcke, W. 2014. Plant diversity effects on the water balance of an experimental grassland. *Ecohydrology*. https://doi.org/10.1002/eco.1464

Leps, J. and Smilauer, P. 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. In *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. https://doi.org/10.1017/cbo9780511615146

Leskošek, M. 1987. Delovanje kalcizacije na njivah in travnikih v Sloveniji. *Zemljište i Biljka*, *36*, 25–32.

Li, C., Hao, X., Zhao, M., Han, G. and Willms, W. D. 2008. Influence of historic sheep grazing on vegetation and soil properties of a Desert Steppe in Inner Mongolia. *Agriculture,*

*Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.008

Li, J. and Heap, A. D. 2011. A Review of Comparative Studies of Spatial Interpolation Methods in Environmental Sciences: Performance And İmpact Factors. *Elsevier*, *3*(3–4), 228–241.

Li, Jianwei, Richter, D. de B., Mendoza, A. and Heine, P. 2010. Effects of land-use history on soil spatial heterogeneity of macro- and trace elements in the Southern Piedmont USA. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.01.008

Li, W., Yan, M., Qingfeng, Z. and Zhikaun, J. 2012. Effects of vegetation restoration on soil physical properties in the wind-water erosion region of the Northern Loess Plateau of China. *Clean - Soil, Air, Water*. https://doi.org/10.1002/clen.201100367

Li, X. R., Jia, X. H. and Dong, G. R. 2006. Influence of desertification on vegetation pattern variations in the cold semi-arid grasslands of Qinghai-Tibet Plateau, North-west China. *Journal of Arid Environments*. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.011

Li, Z., Schneider, R. L., Morreale, S. J., Xie, Y., Li, J., Li, C. and Ni, X. 2019. Using woody organic matter amendments to increase water availability and jump-start soil restoration of desertified grassland soils of Ningxia, China. *Land Degradation and Development*. https://doi.org/10.1002/ldr.3315

Liacos, L. G. 1962. Water Yield as Influenced by Degree of Grazing in the California Winter Grasslands. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3894807

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper1. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x

Lindsay, W. L., Vlek, P. L. G. and Chien, S. H. 1989. Phosphate minerals. In J. B. Dixon and S. B. Weed (Eds.), *In Minerals in soil environment* (2nd ed., pp. 1089–1130). USA: Soil Science Society of America, Madison, WI,.

Liu, W. C., Lund, L. J. and Page, A. L. 1989. Acidity produced by leguminous plants through symbiotic dinitrogen fixation. *Journal of Environmental Quality*. https://doi.org/10.2134/jeq1989.00472425001800040025x.

Liu, X., Shi, C., Liang, W., Jiang, Y., Jiang, D. and Steinberger, Y. 2007. Spatial Variability of Soil Properties Related to Salinity and Alkalinity in Meliorated Grasslands of Horqin Sand Land. *Agricultural Journals*, *2*(5), 564–569.

Liu, Y., Fu, B., Lü, Y., Wang, Z. and Gao, G. 2012. Hydrological responses and soil erosion potential of abandoned cropland in the Loess Plateau, China. *Geomorphology*. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.10.009

Liu, S., Li, Y. and He, C. 2013. Spectral analysis and estimations of soil salt and organic matter contents. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/SS.0b013e318295ba8f

Liu, W., Chen, S., Zhao, Q., Sun, Z., Ren, J. and Qin, D. 2014. Variation and control of soil organic carbon and other nutrients in permafrost regions on central Qinghai-Tibetan Plateau. *Environmental Research Letters*, *9*(11), 114013. https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114013

Liu, S, Schleuss, P.-M. and Kuzyakov, Y. 2017. Carbon and Nitrogen Losses from Soil Depend on Degradation of Tibetan Kobresia Pastures. *Land Degradation and Development*. https://doi.org/10.1002/ldr.2522

Liu, S., Zamanian, K., Schleuss, P. M., Zarebanadkouki, M. and Kuzyakov, Y. 2018.

Degradation of Tibetan grasslands: Consequences for carbon and nutrient cycles. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.10.011

Liu, J., Wang, Z., Hu, F., Xu, C., Ma, R. and Zhao, S. 2020. Soil organic matter and silt contents determine soil particle surface electrochemical properties across a long-term natural restoration grassland. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104526

Lloret, F., Penuelas, J. and Estiarte, M. 2004. Experimental evidence of reduced diversity of seedlings due to climate modification in a Mediterranean-type community. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00725.x

Loague, K. and Gander, G. A. 1990. R-5 revisited: 1. Spatial variability of infiltration on a small rangeland catchment. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/WR026i005p00957

Lock, T. R., Kallenbach, R. L., Blevins, D. G., Reinbott, T. M., Crawford, R. J., Massie, M. D. and Bishop-Hurley, G. J. 2000. Phosphorus fertilization of tall fescue may prevent grass tetany. *Phosphorus Fertilization of Tall Fescue May Prevent Grass Tetany*, *84*(3), 12–13.

Loik, M. E., Redar, S. P. and Harte, J. 2000. Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadow species in the rocky mountains, colorado, USA. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2000.00411.x

Lomolino, M. V. and Rosenzweig, M. L. 2007. Species Diversity in Space and Time. *The Journal of Wildlife Management*. https://doi.org/10.2307/3802400

Loreau, M. 2010. Linking biodiversity and ecosystems: Towards a unifying ecological theory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0155

Loue, A. 1968. Diagnostis Petiolaire De Prospection. Etudes Sur La Nutrition Fertilisation Potassiques De La Vigne. Societecommerciale des Potasses d'alsace services agronomiques, 31-41.

Lowery, B., Hickey, W. J., Arshad, M. and Lal, R. 1996. Soil water parameters and soil quality. *Methods for Assessing Soil Quality*, 143–155.

Lozano-García, B., Parras-Alcántara, L. and Brevik, E. C. 2016. Impact of topographic aspect and vegetation (native and reforested areas) on soil organic carbon and nitrogen budgets in Mediterranean natural areas. *Science of the Total Environment*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.022

Lu, X., Mao, Q., Mo, J., Gilliam, F. S., Zhou, G., Luo, Y. and Huang, J. 2015. Divergent responses of soil buffering capacity to long-term N deposition in three typical tropical forests with different land-use history. *Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1021/es5047233

Lu, X., Vitousek, P. M., Mao, Q., Gilliam, F. S., Luo, Y., Zhou, G. and Mo, J. 2018. Plant acclimation to long-term high nitrogen deposition in an N-rich tropical forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. https://doi.org/10.1073/pnas.1720777115

Lund, H. G. 2007. Accounting for the world's rangelands. *Rangelands*. https://doi.org/10.2111/1551-501X(2007)29[3:AFTWR]2.0.CO;2

Lunne, T., Berre, T. and Strandvik, S. 1999. Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. *Publikasjon - Norges Geotekniske Institutt*.

Luo, Y., Jiang, L., Niu, S. and Zhou, X. 2017. Nonlinear responses of land ecosystems to variation in precipitation. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/nph.14476

Lutgen, E. R. and Rillig, M. C. 2004. Influence of spotted knapweed ( Centaurea maculosa ) management treatments on arbuscular mycorrhizae and soil aggregation . *Weed Science*. https://doi.org/10.1614/p2002-150

Ma, J., Li, L. H., Guo, L. P., Bai, L., Zhang, J. R., Chen, Z. H. and Ahmad, S. 2015. Variation in soil nutrients in grasslands along the Kunes River in Xinjiang, China. *Chemistry and Ecology*, *31*(2), 111–122. https://doi.org/10.1080/02757540.2014.917170

Maathuis, F. J. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, *12*(3), 250–258. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.003

Macklon, A. E. S., Mackie-Dawson, L. A., Sim, A., Shand, C. A. and Lilly, A. 1994. Soil P resources, plant growth and rooting characteristics in nutrient poor upland grasslands. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00007975

Maestre, F. T., Bowker, M. A., Puche, M. D., Belén Hinojosa, M., Martínez, I., García-Palacios, P. and Escudero, A. 2009. Shrub encroachment can reverse desertification in semi-arid Mediterranean grasslands. *Ecology Letters*, *12*(9), 930–941. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01352.x

Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D. and Feyen, J. 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-199603000-00003

Mapfumo, E., Willms, W. D. and Chanasyk, D. S. 2002. Water quality of surface runoff from grazed fescue grassland watersheds in Alberta. *Water Quality Research Journal of Canada*.

Marchand, F. L., Nijs, I., Heuer, M., Mertens, S., Kockelbergh, F., Pontailler, J.-Y. and Beyens, L. 2004. Climate Warming Postpones Senescence in High Arctic Tundra. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. https://doi.org/10.1657/1523-0430(2004)036[0390:cwpsih]2.0.co;2

Marini, L., Scotton, M., Klimek, S., Isselstein, J. and Pecile, A. 2007. Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.015

Marinissen, J. C. Y. and Hillenaar, S. I. 1997. Earthworm-induced distribution of organic matter in macro-aggregates from differently managed arable fields. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00101-0

Mariotte, P., Cresswell, T., Johansen, M. P., Harrison, J. J., Keitel, C. and Dijkstra, F. A. 2020. Plant uptake of nitrogen and phosphorus among grassland species affected by drought along a soil available phosphorus gradient. *Plant and Soil*, *448*(1–2), 121–132. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04407-0

Markert, B. 1989. Multi-element analysis in ecosystems: basic conditions for representative sampling of plant materials. *Fresenius' Zeitschrift Für Analytische Chemie*, *335*(6), 562–565. https://doi.org/10.1007/BF00474249

Marquard, E., Weigelt, A., Temperton, V. M., Roscher, C., Schumacher, J., Buchmann, N. and Schmid, B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology*. https://doi.org/10.1890/09-0069.1

Marriott, C. A., Hudson, G., Hamilton, D., Neilson, R., Boag, B., Handley, L. L. and Robinson,

D. 1997. Spatial variability of soil total C and N and their stable isotopes in an upland Scottish grassland. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1004288610550

Marshall, J. 1973. Economic, and Social Significance of Drought. In *Drought, land use and soil erosion in The Environmental* (pp. 55–77). London.

Marshall, T. J., Holmes, J. W. and Rose, C. W. 1996. Soil Physics. *Cambridge University Press*.

Mašková, Z., Doležal, J., Květ, J. and Zemek, F. 2009. Long-term functioning of a species-rich mountain meadow under different management regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.002

Masters, D., Norman, H. and Dynes, R. 2001. Opportunities and limitations for animal production from saline land. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*.

Matamala, R., Jastrow, J. D., Miller, R. M. and Garten, C. T. 2008. Temporal changes in C and N stocks of restored prairie: Implications for C sequestration strategies. *Ecological Applications*. https://doi.org/10.1890/07-1609.1

Matheron, G. 1963. Principals of geostatistics. *Economic Geology*, *58*, 1246–1266.

Mayaki, W. C., Teare, I. D. and Stone, L. R. 2010. Top and Root Growth of Irrigated and Nonirrigated Soybeans1. *Crop Science*. https://doi.org/10.2135/cropsci1976.0011183x001600010023x

Mayland, H. F. and Shewmaker, G. E. 2001. Animal health problems caused by silicon and other mineral imbalances. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4003115

Mayland, H. F. and Wilkinson, S. R. 1989. Soil Factors Affecting Magnesium Availability in Plant-Animal Systems: A Review. *Journal of Animal Science*. https://doi.org/10.2527/jas1989.67123437x

Mcbratney, A. B. and Webster, R. 1986. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1986.tb00392.x

McCarthy, M. C. and Enquist, B. J. 2007. Consistency between an allometric approach and optimal partitioning theory in global patterns of plant biomass allocation. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01276.x

McClymont, G. L., Wynne, K. N., Briggs, P. K. and Franklin, M. C. 1957. Sodium chloride supplementation of high-grain diets for fattening merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1071/AR9570083

McColley, P. D. and Hodgkinson, H. S. 2007. Effect of Soil Depth on Plant Production. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3896385

McDowell, L.R., Conrad, J. H., Ellis, G. L. and Loosli, L. K. 1983. *Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions*. Retrieved from https://ufdc.ufl.edu/UF00054813/00001/91j

McDowell, L., Conrad, J. and Thomas, J. 1977. Nutritional composition of Latin American forages. *Tropical Animal Production*, *2*, 273–279.

McDowell, L.R. and Valle, G. 2000. Major Minerals in Forages. In D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford, and H. M. Omed (Eds.), *FORAGE EVALUATION IN RUMINANT NUTRITION* (p. (373-399)493). Bangor, UK: CABI Publishing.

McDowell, Lee R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and*

*Technology*. https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00983-2

Mchunu, C. and Chaplot, V. 2012. Land degradation impact on soil carbon losses through water erosion and CO 2 emissions. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.038

McKeon, G. M., Stone, G. S., Syktus, J. I., Carter, J. O., Flood, N. R., Ahrens, D. G. and Day, K. A. 2009. Climate change impacts on northern Australian rangeland livestock carrying capacity: a review of issues. *The Rangeland Journal*, *31*(1), 1. https://doi.org/10.1071/RJ08068

McLaren, R. G. and Cameron, K. C. 1996. Soil Science: Sustainable Production and Environment Protection. In *Oxford University Press,*. Auckland, New Zealand.

McLauchlan, K. 2006a. The nature and longevity of agricultural impacts on soil carbon and nutrients: A review. *Ecosystems*. https://doi.org/10.1007/s10021-005-0135-1

McLauchlan, K. K. 2006b. Effects of soil texture on soil carbon and nitrogen dynamics after cessation of agriculture. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.053

Mclaughlin, S. B. and Wimmer, R. 1999. Tansley review no. 104 calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00420.

McNaughton, S. J. 1994. Biodiversity and Function of Grazing Ecosystems. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58001-7_17

Medina, C., Camacho-Tamayo, J. H. and Cortés, C. A. 2012. Soil penetration resistance analysis by multivariate and geostatistical methods. *Engenharia Agricola*. https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000100010

Medlyn, B. E., Dreyer, E., Ellsworth, D., Forstreuter, M., Harley, P. C., Kirschbaum, M. U. F. and Loustau, D. 2002. Temperature response of parameters of a biochemically based model of photosynthesis. II. A review of experimental data. *Plant, Cell and Environment*. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00891.x

Memiş, M. 2016. Doğal Ve Islah Kapsamındaki Meralarda Bazı Toprak Kalite Değişkenlerinin Değişiminin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Mendoza, R., Cabello, M., Anchorena, J., García, I. and Marbán, L. 2011. Soil parameters and host plants associated with arbuscular mycorrhizae in the grazed Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.004

Mengel, K. 1994. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00008070

Miao, Y., Mulla, D. J. and Robert, P. C. 2006. Spatial Variability of Soil Properties, Corn Quality and Yield in Two Illinois, USA Fields: Implications for Precision Corn Management. *Precision Agriculture*, *7*(5–20).

Miedico, O., Tarallo, M., Pompa, C. and Chiaravalle, A. E. 2016. Trace elements in sheep and goat milk samples from Apulia and Basilicata regions (Italy): Valuation by multivariate data analysis. *Small Ruminant Research*. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.019

Milchunas, D. G. and Lauenroth, W. K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*.

https://doi.org/10.2307/2937150

Milchunas, D. G. and Whitehead, D. C. 1997. Grassland Nitrogen. *Ecology*, *78*(1), 330. https://doi.org/10.2307/2266007

Milchunas, D. G., Forwood, J. R. and Lauenroth, W. K. 2007. Productivity of Long-Term Grazing Treatments in Response to Seasonal Precipitation. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4002821

Miller-Goodman, M. S. 2002. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. *Crop Science*, *42*(3), 981–982. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.9810

Minson, D. J. 1990. Ruminant Production and Forage Nutrients. In *Forage in Ruminant Nutrition* (pp. 1–8). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-498310-6.50007-9

Mirreh, H. F. and Ketcheson, J. W. (1972). Influence Of Soil Bulk Density And Matric Pressure On Soil Resistance To Penetration. *Canadian Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.4141/cjss72-059

Mitchell, R. J., Zutter, B. R., Green, T. H., Perry, M. A., Gjerstad, D. H. and Glover, G. R. 1993. Spatial and temporal variation in competitive effects on soil moisture and pine response. *Ecological Applications*. https://doi.org/10.2307/1941799

Mokany, K., Ash, J. and Roxburgh, S. 2008. Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01395.x

Mokany, K., Raison, R. J. and Prokushkin, A. S. 2006. Critical analysis of root: Shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x

Molina, E., Garcia, M. A. and Granada, A. 1997. The in vitro digestibility of pastures from semi-arid Spanish lands and its use as a predictor of degradability. *Options Mediterraneennes. Serie A : Seminaires Mediterraneens (CIHEAM)*.

Molloy, 2007. The Chemical Nature of Soils.>www.ontarioenvirothon.on.ca/files/soils/soil_Chapter4.pdf>.

Monger, H. C., Daugherty, L. A. and Lindemann, W. C. 1991. Microbial precipitation of pedogenic calcite. *Geology*. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0997:MPOPC>2.3.CO;2

Monger, H. Curtis, Mack, G. H., Nolen, B. A. and Gile, L. H. 2006. Ch. 2: Regional Setting of the Jornada Basin. In *Structure and Function of Chihuahuan desert Ecosystem The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site*.

Moore, I. D., Burch, G. J. and Mackenzie, D. H. 1988. Topographic Effects on the Distribution of Surface Soil Water and the Location of Ephemeral Gullies. *Transactions of the ASAE*. https://doi.org/10.13031/2013.30829

Moraes, M. T. de, Debiasi, H., Carlesso, R., Franchini, J. C. and Silva, V. R. da. 2014. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*. https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000100029

Morris, J. G. 1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. *Journal of Animal Science*. https://doi.org/10.2527/jas1980.501145x

Mouat, M. C. H. 1983. Competitive adaptation by plants to nutrient shortage through

modification of root growth and surface charge. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1080/00288233.1983.10427038

Mueller, E. N., Wainwright, J. and Parsons, A. J. 2007. Spatial variability of soil and nutrient characteristics of semi-arid grasslands and shrublands, Jornada Basin, New Mexico. *Ecohydrology Medicine*. https://doi.org/10.1002/eco.1

Muhaimeed, A. S., Saloom, A. J. and Saliem, K. A. 2014. Classification and distribution of Iraqi soils. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, *2*(6), 997–1002.

Mulla, D. J. 1998. Geostatistical and sampling design applications in precision agriculture. In and G. H. J. D. K. A. Stein, M. K. Van Ittersum (Ed.), *Active Methodology: Quantitative Approaches in Systems Analysis.* (pp. 77–92). Wageningen, Netherlands: DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility.

Mulla, D. J. and McBratney, A. B. 1991. Soil spatial variability. In *Soil physics companion*. https://doi.org/10.1201/9781420041651.ch9

Mulla, D. J. and McBratney, A. B. 2001. Soil spatial variability. In *Soil Physics Companion*.

Mulla, D. and McBratney, A. 2000. Soil spatial variability. In M. S. (ed.) (Ed.), *Handbook of soil science* (pp. A321–A352). CRC Press, Boca Raton, FL.

Muller, L. 2009. Dietary Minerals For Dairy Cows on Pasture. Retrieved from (www.das.psu.edu/research-extension/dairy/.../pdf/mineralsforpasture.pdf.)

Mummey, D., Holben, W., Six, J. and Stahl, P. 2006. Spatial stratification of soil bacterial populations in aggregates of diverse soils. *Microbial Ecology*. https://doi.org/10.1007/s00248-006-9020-5

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Munoz-Pardo, J., Ruelle, P. and Vauclin, M. 1990. Spatial variability of an agricultural field: Geostatistical analysis of soil texture, soil moisture and yield components of two rainfed crops. *Catena*. https://doi.org/10.1016/0341-8162(90)90039

Munsuz, N. 1985. *Toprak Mekaniği ve Teknolojisi.* Ankara: Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları:

Munyati, C. 2018. Spatial variations in plant nutrient concentrations in tissue of a grass species as influenced by grazing intensity in a confined savannah rangeland. *Journal of Arid Environments*, *155*, 46–58. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.04.002

Murphy, G. M. and Plasto, A. W. 1972. Sodium Deficiency In A Beef Cattle Herd. *Australian Veterinary Journal*, p. 129. https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1972.tb02249.x

Murphy, P. N. C., Stevens, R. J. and Christie, P. 2006. Long-term application of animal slurries to grassland alters soil cation balance. *Soil Use and Management*. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2005.tb00130.x

Mwendera, E. J. and Saleem, M. A. M. 1997. Infiltration rates, surface runoff, and soil loss as influenced by grazing pressure in the Ethiopian highlands. *Soil Use and Management*. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00553.x

Nadir, M. 2010. Tokat İli Yeşilyurt Köyü Doğal Merasının Botanik Kompozisyon, Kuru Madde Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Bölümü.Yüksek Lisans Tezi.Tokat.

NRC. (National Research Counci). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. In *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7th ed.). https://doi.org/10.17226/9825

Neff, J. C., Reynolds, R. L., Belnap, J. and Lamothe, P. 2005. Multi-decadal impacts of grazing on soil physical and biogeochemical properties in southeast Utah. *Ecological Applications*. https://doi.org/10.1890/04-0268

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In A. L. Page (Ed.), *.) Methods of Soil Analysis. Part 2* (2nd ed., pp. 539–579). Madison, WI,: Agron. Monogr.

Nguyen, M. L. and Goh, K. M. 1992. Nutrient cycling and losses based on a mass-balance model in grazed pastures receiving long-term superphosphate applications in new zealand. *The Journal Of Agricultural Science*. https://doi.org/10.1017/S0021859600071598

Nijs, I., Teughels, H., Blum, H., Hendrey, G. and Impens, I. 1996. Simulation of climate change with infrared heaters reduces the productivity of Lolium perenne L. in summer. *Environmental and Experimental Botany*. https://doi.org/10.1016/0098-8472(96)01021-0

Norton, D., Mamedov, A., Huang, C. and Levy, G. 2006. Soil aggregate stability as affected by long-term tillage and clay minerology. *Soil Management for Sustainability*, *38*, 422–429.

Novelli, L. E., Caviglia, O. P. and Melchiori, R. J. M. 2011. Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.015

Novelli, L. E., Caviglia, O. P., Wilson, M. G. and Sasal, M. C. 2013. Land use intensity and cropping sequence effects on aggregate stability and C storage in a Vertisol and a Mollisol. *Geoderma*, *195–196*, 260–267. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.013

Noy-Meir, I. 2003. Desert Ecosystems: Environment and Producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000325

NRC. 2001. In *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. https://doi.org/10.17226/9791

Nyberg, L. 1996. Spatial variability of soil water content in the covered catchment at Gårdsjön, Sweden. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199601)10:1<89::AID-HYP303>3.0.CO;2-W

O'Brien, S. L. and Jastrow, J. D. 2013. Physical and chemical protection in hierarchical soil aggregates regulates soil carbon and nitrogen recovery in restored perennial grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.031

Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*. https://doi.org/10.1007/BF02180317

Olsen, S. R., Cole, C. V, Watandbe, F. and Dean, L. 1954. Summary for Policymakers. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis* (pp. 1–30). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Öner, N., Erşahin, S., Ayan, S. ve Özel, H. 2016. İç Anadolu'da Yarıkurak Alanların Rehabilitasyonu. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, *2*(1–2), 32–44. Retrieved from http://dergipark.gov.tr/ajfr/issue/26952/283252

Öner, T. 2016. Yüksek Rakımlı Korunan Ve Otlatılan Mera Kesimlerinde Bazı Bitki Örtüsü İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Atatürk Üniversitesi.

Özkan, U. 2020. Türkiye Yem Bitkileri Tarımına Karşılaştırmalı Genel Bakış ve

Değerlendirme. Türk Ziraat Mühendisliği Araştırmaları Dergisi.1:1,29-43.

Ongun, A. R. 2008. Toprakların Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özelliklerinin Jeoistatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Onstad, C. A., Wolfe, M. L., Larson, C. L. and Slack, D. C. 1984. Tilled soil subsidence during repeated wetting. *Transactions - American Society of Agricultural Engineers*.

Onyango, A. A., Dickhoefer, U., Rufino, M. C., Butterbach-Bahl, K. and Goopy, J. P. 2019. Temporal and spatial variability in the nutritive value of pasture vegetation and supplement feedstuffs for domestic ruminants in Western Kenya. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(5), 637–647. https://doi.org/10.5713/ajas.18.0114

Oomen, R. J., Ewert, F. and Snyman, H. A. 2016. Modelling rangeland productivity in response to degradation in a semi-arid climate. *Ecological Modelling*, *322*, 54–70. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.11.001

Öten, M., Kiremitci, S., Erdurmuş, C., Soysal, M., Kabaş, Ö. ve Avcı, M. 2016. Antalya İlindeki Bazı Meraların Botanik Kompozisyonunun Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *47*(1), 23–30. https://doi.org/10.17097/zfd.08880

Özdemir, N., Gülser, C. and Aşkın, T. 2000. Determination of Relations between Some Soil Properties and Some Soil Moisture Constants Using Path Analysis. *International Symposium on Desertification*.

Özen, F. 2019. Evaluation of soil fertility in citrus planted areas by geostatistics analysis method. *Eurasian Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.18393/ejss.616689

Özgöz, E., Günal, H., Acir, N., Gökmen, F., Birol, M. and Budak, M. 2013. Soil quality and spatial variability assessment of land use effects in a typic haplustoll. *Land Degradation and Development*. https://doi.org/10.1002/ldr.1126

Öztan, Y. ve Okatan, A. 1985. *Çayır mera baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin tanıtım kılavuzu*. Genel Yayın No: 95, Fakülte Yayın No: 8: K.Ü. Orman Fakültesi. Karadeniz Üniversitesi Basımevi.

Özturan, K. ve Atasever, M. 2018. Süt ve Ürünlerinde Mineral Maddeler ve Ağır Metaller. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. https://doi.org/10.17094/ataunivbd.317822

Özüdoğru, M. 2000. *Çayır ve Meraların Önemi.* (79th ed.). Ankara: Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü.

Özyazıcı, M. A. ve Yıldız, A. 2017. Türkiye'nin Doğusunda Yer Alan Doğal Bir Meranın Toprak ve Bitki Örtüsünün Beslenme Dinamiği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, *20*(Özel Sayı), 109–115. https://doi.org/10.18016/ksudobil.348940

Pachepsky, Y. 2008. Promises of hydropedology. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. https://doi.org/10.1079/pavsnnr20083040

Packer, P. 1953. Effects of Trampling Disturbance on Watershed Condition, Runoff, and Erosion. *Journal of Forestry*. https://doi.org/10.1093/jof/51.1.28

Packer, P. E. 1963. Soil Stability Requirements for the Gallatin Elk Winter Range. *The Journal of Wildlife Management*. https://doi.org/10.2307/3798513

Paksoy, N., Dinç, H. and Altun, S. K. 2018. Evaluation of levels of Essential Elements and Heavy Metals in Milks of Dairy Donkeys, Goats and Sheep in Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, *50*(3). https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.1097.1105

Pallant, J. 2007. SPSS survival manual, 3rd. *Edition. McGrath Hill*.

Pan, H., Liu, H., Liu, Y., Zhang, Q., Luo, Y., Liu, X. and Li, Y. 2018. Understanding the relationships between grazing intensity and the distribution of nitrifying communities in grassland soils. *Science of the Total Environment*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.117

Parfitt, R. L. and Kimble, J. M. 1989. Conditions for Formation of Allophane in Soils. *Soil Science Society of America Journal*, *53*(3), 971–977. https://doi.org/10.2136/sssaj1989.03615995005300030057x

Parkin, T. B. 2010. Spatial Variability of Microbial Processes in Soil—A Review. *Journal of Environment Quality*. https://doi.org/10.2134/jeq1993.00472425002200030004x

Parlak, A. Ö. Parlak, M., Gökkuş, A. ve Demiray, H. C. 2015. Akdeniz (Çanakkale) Meralarının Ot Verimi ve Kalitesi ile Botanik Kompozisyonu ve Bazı Toprak Özellikleri. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, *3*(1), 99–108.

Parlak, M., Türkmen, C., Parlak, A. Ö., Gökkuş, A. ve Oral, H. H. 2018. Kış Merasında Otlatmanın Toprağın Bazı Özelliklerine Etkileri. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, *6*(2), 101–108.

Passioura, J. B. and Wetselaar, R. 1972. Consequences of banding nitrogen fertilizers in soil. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/bf01373498

Paz-Kagan, T., Ohana-Levi, N., Herrmann, I., Zaady, E., Henkin, Z. and Karnieli, A. 2016. Grazing intensity effects on soil quality: A spatial analysis of a Mediterranean grassland. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.020

Paz Ferreiro, J., Wilson, M. and Vidal Vázquez, E. 2009. Multifractal description of nitrogen adsorption isotherms. *Vadose Zone Journal*. https://doi.org/10.2136/vzj2008.0007

Pelletier, S., Bélanger, G., Tremblay, G. F., Brégard, A. and Allard, G. 2006. Dietary cation-anion difference of timothy as affected by development stage and nitrogen and phosphorus fertilization. *Agronomy Journal*. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0229

Peltzer, D. A. 2001. Plant responses to competition and soil origin across a prairie - Forest boundary. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00544.x

Peñuelas, J., Poulter, B., Sardans, J., Ciais, P., Van Der Velde, M., Bopp, L. and Janssens, I. A. 2013. Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*. https://doi.org/10.1038/ncomms3934

Perelman, S. B., Leon, R. J. C. and Bussacca, J. P. 1997. Floristic changes related to grazing intensity in a Patagonian shrub steppe. *Ecography*, *20*(4), 400–406. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1997.tb00385.x

Pérès, G., Cluzeau, D., Menasseri, S., Soussana, J. F., Bessler, H., Engels, C. and Eisenhauer, N. 2013. Mechanisms linking plant community properties to soil aggregate stability in an experimental grassland plant diversity gradient. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-013-1791-0

Perevolotsky, A. and Seligman, N. G. 1998. Role of Grazing in Mediterranean Rangeland Ecosystems. *BioScience*, *48*(12), 1007–1017. https://doi.org/10.2307/1313457

Peters, D. P. C. 2000. Climatic variation and simulated patterns in seedling establishment of two dominant grasses at a semi-arid-arid grassland ecotone. *Journal of Vegetation Science*. https://doi.org/10.2307/3246579

Peters, D. P. C., Yao, J., Browning, D. and Rango, A. 2014. Mechanisms of grass response in grasslands and shrublands during dry or wet periods. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-013-2837-y

Phillippo, M. 1983. The role of dose response trials in predicting trace element deficiency disorders. In N.F. Suttle, R. G. Gunn, W. M. Allen, K. A. Winklater, and G. Wiener (Eds.), *Trace Elements in Animal Production and Veterinary Practice*. (7th ed., pp. 51–59). Occasional Publication of the British Society of Animal Production.

Phillips, D. H. and Fitzpatrick, E. A. 1999. Biological influences on the morphology and micromorphology of selected Podzols (Spodosols) and Cambisols (Inceptisols) from the eastern United States and north-east Scotland. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00121-9

Piccolo, A. and Mbagwu, J. S. C. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*.

Pierce, F. J., Larson, W. E., Dowdy, R. H. and Graham, W. A. P. 1983. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, *38*(1), 39–44.

Pietroniro, A., Soulis, E. D. and Kouwen, N. 2002. *Deriving antecedent moisture conditions from airborne SAR for input into a flood forecasting model*. https://doi.org/10.1109/igarss.1994.399462

Pizer, N. H. 1967. Some Advisory Aspects Soil Potassium and Magnesium. *Tech. Bult*, 14–184.

Poesen, J. 2018. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*. https://doi.org/10.1002/esp.4250

Polat, H. ve Bayraklı, F. 2019. Konya Bölgesi Doğal Meraları İçerisindeki Bazı Bitkilerin Ham Protein ve Besin Elementi İçerikleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, *8*(1), 132–147.

Post, W. M., Izaurralde, R. C., Jastrow, J. D., Mccarl, B. A., Amonette, J. E., BAILEY, V. L. and ZHOU, J. 2004. Enhancement of Carbon Sequestration in US Soils. *BioScience*. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0895:eocsiu]2.0.co;2

Pourkarimi, M., M., T. M., M.H., R., R., M. H. and Davatgar N. 2012. Spatial Distribution Of Potassium And Its Relation With Some Of The Soil Characteristics And Physiographic Units In Fomanat, Guilan Province Iran. *International Journal of Agriculture: Research and Review.*, *2*(4), 343–351.

Prasad, R. 1988. A linear root water uptake model. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90055-8

Preston, R. L. and Linser, J. 1985. Potassium in animal nutrition. In R. D. Munson (Ed.), *Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy* (pp. 595–617). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.

Preusser, E., Khalil, F. A. and Göring, H. 1981. Regulation der Aktivität granulumgebundener Stärkesynthetase durch einwertige Kationen. *Biochemie Und Physiologie Der Pflanzen*. https://doi.org/10.1016/s0015-3796(81)80059-5

Pringle, A., Bever, J. D., Gardes, M., Parrent, J. L., Rillig, M. C. and Klironomos, J. N. 2009. Mycorrhizal Symbioses and Plant Invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173454

Pringle, R. M., Edmeades, D. C., Shannon, P. W. and Mansell, G. P. 1985. Duration of lime effects on the pH of North Island mineral soils. In B. L. J. Jackson and D. C. Edmeades (Eds.), *In Lime in New Zealand Agriculture*. (pp. 25–28). Ruakura Soil and Plant Research Station, Hamilton.

Puggaard, L., Lund, P., Liesegang, A. and Sehested, J. 2014. Long term effect of reduced dietary phosphorus on feed intake and milk yield in dry and lactating dairy cows. *Livestock Science*. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.10.009

Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P. and Pellant, M. 2007. Rangeland Health Attributes and Indicators for Qualitative Assessment. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/4004002

Pyrcz, M.J., Deutsch, C. V., 2003. The Whole Story on the Hole Effect. Searston, S. (ed) Geostatistical Association of Australasia, Newsletter

Qiu, Y., Fu, B., Wang, J. and Chen, L. 2001. Soil moisture variation in relation to topography and land use in a hillslope catchment of the Loess Plateau, China. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00362-0

Quétier, F., Thébault, A. and Lavorel, S. 2007. Plant traits in a state and transition framework as markers of ecosystem response to land-use change. *Ecological Monographs*. https://doi.org/10.1890/06-0054.

Radostits, O. M., Blood, D. C., Gay, C. C., Blood, D. C. and Hinchkliff, K. W. 2000. *Veterinary Medicine*. 9th edn. ELBS-Bailliere Tndal, London.

Rauzi, F. and Hanson, C. L. 1966. Water Intake and Runoff as Affected by Intensity of Grazing. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3895570

Reichmann, L. G. and Sala, O. E. 2014. Differential sensitivities of grassland structural components to changes in precipitation mediate productivity response in a desert ecosystem. *Functional Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12265

Reichmann, L. G., Sala, O. E. and Peters, D. P. C. 2013. Precipitation legacies in desert grassland primary production occur through previous-year tiller density. *Ecology*. https://doi.org/10.1890/12-1237.1

Ren, H., Han, G., Schönbach, P., Gierus, M. and Taube, F. 2016. Forage nutritional characteristics and yield dynamics in a grazed semiarid steppe ecosystem of Inner Mongolia, China. *Ecological Indicators*. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.027

Renner, F. G., Weaver, J. E. and Albertson, F. W. 2007. Grasslands of the Great Plains, Their Nature and Use. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3894065

Reyment, R. A. and Davis, J. C. 1988. Statistics and Data Analysis in Geology. *Biometrics*. https://doi.org/10.2307/2531613

Reynolds, H. L., Hungate, B. A., Chapin, F. S. and D'Antonio, C. M. 1997. Soil heterogeneity and plant competition in an annual grassland. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/2265946

Reynolds, H. L., Packer, A., Bever, J. D. and Clay, K. 2003. Grassroots ecology: Plant-microbe-soil interactions as drivers of plant community structure and dynamics. *Ecology*. https://doi.org/10.1890/02-0298

Reynolds, J. F., Kemp, P. R., Ogle, K. and Fernández, R. J. 2004. Modifying the "pulse-reserve" paradigm for deserts of North America: Precipitation pulses, soil water, and plant responses. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-004-1524-4

Reynolds, J. F., Virginia, R. A., Kemp, P. R., De Soyza, A. G. and Tremmel, D. C. 1999. Impact of drought on desert shrubs: Effects of seasonality and degree of resource island development. *Ecological Monographs*. https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0069:IODODS]2.0.CO;2

Rezaei, S. A. and Gilkes, R. J. 2005. The effects of landscape attributes and plant community on soil physical properties in rangelands. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.011

Richards, J. H. and Caldwell, M. M. 1987. Hydraulic lift: Substantial nocturnal water transport between soil layers by Artemisia tridentata roots. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/BF00379405c

Richards, L. A., Allison L ;Bernstein C A ;Bower J W ;Brown M ;Fireman J T ;Hatcher H E ;Hayward G A Pearson R C ;Reeve, L. E. and Richards Wilcox, A. L. 1954. Diagnosis and Improvement of. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1954.03615995001800030032x

Riedo, M., Gyalistras, D. and Fuhrer, J. 2000. Net primary production and carbon stocks in differently managed grasslands: Simulation of site-specific sensitivity to an increase in atmospheric CO2 and to climate change. *Ecological Modelling*. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00356-2

Rillig, M. C. and Mummey, D. L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x

Rinehart, L. 2008. Pasture, Rangeland and Grazing Management. *Management*.

Robberecht, R., Mahall, B. E. and Nobel, P. S. 1983. Experimental removal of intraspecific competitors - effects on water relations and productivity of a desert bunchgrass, Hilaria rigida. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/BF00379315

Robertson, G. P., Huston, M. A., Evans, F. C. and Tiedje, J. M. 1988. Spatial variability in a successional plant community: patterns of nitrogen availability. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1941649

Robertson, G.P. 2000. *GS+ User's Guide Version 5.* Plainwell, Michigan.

Robertson, T. R., Bell, C. W., Zak, J. C. and Tissue, D. T. 2009. Precipitation timing and magnitude differentially affect aboveground annual net primary productivity in three perennial species in a Chihuahuan Desert grassland. *New Phytologist*. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02643.x

Robinson, M. and Dean, T. J. 1993. Measurement of near surface soil water content using a capacitance probe. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/hyp.3360070108

Rodehutscord, M. 2008. Approaches for saving limited phosphate resources. *Archiv Tierzucht*.

Rosenbaum, U., Bogena, H. R., Herbst, M., Huisman, J. A., Peterson, T. J., Weuthen, A. and Vereecken, H. 2012. Seasonal and event dynamics of spatial soil moisture patterns at the small catchment scale. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/2011WR011518

Rosset, M., Montani, M., Tanner, M. and Fuhrer, J. 2001. Effects of abandonment on the energy

balance and evapotranspiration of wet subalpine grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00290-5

Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G. and Franz, E. H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling and Interpreting Ecological Spatial Dependence Published by : Ecological Society of America GEOSTATISTICAL TOOLS FOR MODELING AND INTERPRETING ECOLOGICAL SPATIAL DEPENDENCE ’. *Ecological Monographs*. https://doi.org/10.2307/2937096

Rowell, D. L. 2014) Soil Science. In *Soil Science*. https://doi.org/10.4324/9781315844855

Ruiz Sinoga, J. D., Pariente, S., Diaz, A. R. and Martinez Murillo, J. F. 2012. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004

Rutter, C. M., Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 2006. An Introduction to Applied Geostatistics. *Journal of the American Statistical Association*. https://doi.org/10.2307/2290613

Ryals, R., Kaiser, M., Torn, M. S., Berhe, A. A. and Silver, W. L. 2014. Impacts of organic matter amendments on carbon and nitrogen dynamics in grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.011

Ryel, R. J., Caldwell, M. M. and Manwaring, J. H. 1996. Temporal dynamics of soil spatial heterogeneity in sagebrush-wheatgrass steppe during a growing season. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00010459

Sabo, D. G., Johnson, G. V., Martin, W. C. and Aldon., E. F. 1979. Germination requirements of 19 species of arid land plants. *Research Paper RM-210. U.S.D.A., Forest Ser*.

Sadeghi, A., Tonazzini, A., Popova, L. and Mazzolai, B. 2014. A novel growing device inspired by plant root soil penetration behaviors. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090139

Sağlam, M. 2008. *Gökhöyük Tarım İşletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmesi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Sağlam, M. 2013. Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ile Toprak Özelliklerinin Gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, *2*(1), 7–14.

Şahinoğlu, O. 2010. *Bafra İlçesi Koşu Köyü Merasında Uygulanan Farklı Islah Yöntemlerinin Meranın Ot Verimi, Yem Kalitesi ve Botanik Kompozisyonu Üzerine Etkileri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Sala, O. E., Lauenroth, W. K. and Parton, W. J. 1992. Long-term soil water dynamics in the shortgrass steppe. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1940667

Sala, O. E. and Paruelo, J. M. 1997. Ecosystem Services in Grasslands. *Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 237–252.

Salako, F. K., Babalola, O., Hauser, S. and Kang, B. T. 1999. Soil macroaggregate stability under different fallow management systems and cropping intensities in southwestern Nigeria. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00006-3

Saleh, A. M. 2018. Spatial Variability Mapping of Some Soil Properties in Jadwal Al_Amir Project/Babylon/Iraq. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*.

https://doi.org/10.1007/s12524-018-0795-x

Saleska, S. R., Harte, J. and Torn, M. S. 1999. The effect of experimental ecosystem warming on CO2 fluxes in a montane meadow. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1999.00216.x

Sarathjith, M. C., Das, B. S., Vasava, H. B., Mohanty, B., Sahadevan, A. S., Wani, S. P. and Sahrawat, K. L. 2014. Diffuse Reflectance Spectroscopic Approach for the Characterization of Soil Aggregate Size Distribution. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj2013.08.0377

Sayar, M. S., Han, Y., Basbag, M., Gul, İ. and Polat, T. 2015. Rangeland improvement and management studies in the southeastern anatolia region of Turkey. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*.

Sayer, E. J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. https://doi.org/10.1017/S1464793105006846

Schlegel, P., Wyss, U., Arrigo, Y. and Hess, H. D. 2016. Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Animal Feed Science and Technology*, *219*, 226–233. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.022

Schlesinger, W. H., Abrahams, A. D., Parsons, A. J. and Wainwright, J. 1999. Nutrient losses in runoff from grassland and shrubland habitats in Southern New Mexico: I. Rainfall simulation experiments. *Biogeochemistry*. https://doi.org/10.1023/A:1006020831706.

Schlesinger, W. H. and Pilmanis, A. M. 1998. Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2691-7_9

Schlesinger, W. H. and Pilmanis, A. M. 2013. Plant-soil interactions in deserts. In *Plant-induced soil changes: Processes and feedbacks*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2691-7_9

Schlesinger, W. H., Raikks, J. A., Hartley, A. E. and Cross, A. F. 1996. On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems. *Ecology*.

Schlesinger, W. H., Reynolds, J. F., Cunningham, G. L., Huenneke, L. F., Jarrell, W. M., Virginia, R. A. and Whitford, W. G. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.247.4946.1043

Schwartz, R. C., Evett, S. R. and Unger, P. W. 2003. Soil hydraulic properties of cropland compared with reestablished and native grassland. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00093-4

Schwinning, S., Belnap, J., Bowling, D. R. and Ehleringer, J. R. 2008. Sensitivity of the Colorado Plateau to change: Climate, ecosystems, and society. *Ecology and Society*. https://doi.org/10.5751/ES-02412-130228

Schwinning, S. and Ehleringer, J. R. 2001. Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00576.x.

Schimansky, C. 1981 The influence of certain experimental parameters on the flux characteristics of Mg-28 on the case of barely seedlings grown in hydroculture. Landwirtsch Forsch 34:154–165

Schymanski, S. J., Sivapalan, M., Roderick, M. L., Hutley, L. B. and Beringer, J. 2009. An optimality-based model of the dynamic feedbacks between natural vegetation and the water balance. *Water Resources Research*. https://doi.org/10.1029/2008WR006841

Scoging, H. 1982. Spatial variations in infiltration, runoff and erosion on hillslopes in semi-arid Spain. *Badland Geomorphology and Piping*.

Scott, B. J. and Robson, A. D. 1990. Distribution of magnesium in subterranean clover (Trifolium subterraneum L.) in relation to supply. *Australian Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1071/AR9900499

Scurlock, J. M. O. and Hall, D. O. 1998. The global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x

Seferoğlu, S. ve Ertan, E. 2009. Aydın İli Nazilli İlçesi Kestane Plantasyonlarının Verimlilik Durumları. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *6*(2), 17–24.

Şeker, C. (1997). Penetrasyon Direnci ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Ournal of Agriculture and Forestry*, *23*, 583–588.

Seneviratne, S. I., Corti, T., Davin, E. L., Hirschi, M., Jaeger, E. B., Lehner, I. and Teuling, A. J. 2010. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004

Şengönül K, Kara, Ö., Ş, P. ve H, Ş. 2009. Bartın Uluyayla Yöresindeki Mera Vejetasyonunun Bazı Kantitatif Özelliklerinin Saptanması ve Ekolojik Yapının Belirlenmesi. *Journal of Bartin Faculty of Forestry*, *11*(6), 81–94.

Senock, R. S., Devine, D. L., Sisson, W. B. and Donart, G. B. 2007. Ecophysiology of Three C 4 Perennial Grasses in the Northern Chihuahuan Desert. *The Southwestern Naturalist*. https://doi.org/10.2307/3672235

Serin, Y. 2001. Yem Bitkileri Kültürüne Giriş. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:*

Sessitsch, A., Weilharter, A., Gerzabek, M. H., Kirchmann, H. and Kandeler, E. 2001. Microbial Population Structures in Soil Particle Size Fractions of a Long-Term Fertilizer Field Experiment. *Applied and Environmental Microbiology*. https://doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001

Seynaeve, M., de Widle, R., Janssens, G. and de Smet, B. 1996. The influence of dietary salt level on water consumption, farrowing and reproductive performance of lactating sows. *Journal of Animal Science*, *74*, 1047–1055.

Shah, N. H., and Paulsen, G. M. 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1026237816578

Shen, W., Reynolds, J. F. and Hui, D. 2009. Responses of dryland soil respiration and soil carbon pool size to abrupt vs. gradual and individual vs. combined changes in soil temperature, precipitation, and atmospheric [CO2 ]: A simulation analysis. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01857.x

Shi, D. C. and Zhao, K. F. 1997. Effects of sodium chloride and carbonate on growth of Puccinellia tenuiflora and on present state of mineral elements in nutrient solution. *Acta Prataculturae Sinnica*, *6*, 51–61.

Shouse, P. J., Russell, W. B., Burden, D. S., Selim, H. M., Sisson, J. B. and Van Genuchten, M. T. 1995. Spatial variability of soil water retention functions in a silt loam soil. *Soil*

*Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-199501000-00001

Shtangeeva, I., Viksna, A. and Grebnevs, V. 2020. Geochemical (soil) and phylogenetic (plant taxa) factors affecting accumulation of macro- and trace elements in three natural plant species. *Environmental Geochemistry and Health*, *42*(1), 209–219. https://doi.org/10.1007/s10653-019-00337-z

Shukla, A. K., Tivari, P. K., Pakhare, A. and Prakash, C. 2016a. Zinc and Iron in Soil, Plant, Animal and Human Health. *Indian Journal of Fertilisers*, *12*(11), 133–149.

Shukla, A. K., Behera, S. K., Lenka, N. K., Tiwari, P. K., Prakash, C., Malik, R. S. and Chaudhary, S. K. 2016b. Spatial variability of soil micronutrients in the intensively cultivated Trans-Gangetic Plains of India. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.004

Shukla, Arvind K., Behera, S. K., Pakhre, A. and Chaudhari, S. K. 2018. Micronutrients in Soils, Plants, Animals and Humans. *Indian Journal of Fertilisers*, *14*(4), 30–54.

Shukla, M. K., Lal, R., Owens, L. B. and Unkefer, P. 2003. Land use and management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in the North Appalachian Region of Ohio. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-200303000-00003

Sims, P. L., Risser, P. G., Burney, E. C., Blocker, H. D., May, S. W., Parton, W. J. and Wiens, J. A. 1983. The True Prairie Ecosystem. US/IBP Synthesis Series, Volume 16. *The Journal of Ecology*. https://doi.org/10.2307/2259754

Şimşek, U. 2018. Doğal meralarda vejetasyon ve toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. https://doi.org/10.17474/artvinofd.413138

Singer, J. W. 2002. Fresh versus field-cured grass quality, mineral, and nitrate concentration at different nitrogen rates. *Crop Science*.

Singer, M. J. and Le Bissonnais, Y. 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. *Geomorphology*. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(97)00102-5

Singh, J., Hundal, J. S., Sharma, A., Singh, U., Sethi, A. P. S. and Singh, P. 2018. Phosphorus Nutrition in Dairy Animals: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.397

Singh, J. S., Milchunas, D. G. and Lauenroth, W. K. 1998. Soil water dynamics and vegetation patterns in a semiarid grassland. *Plant Ecology*. https://doi.org/10.1023/A:1009769620488

Singh, V. and Bohra, B. 2005. Livestock feed resources and feeding practices in hill farming systems: A review. *Indian Journal of Animal Sciences*.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A. and Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1016125726789

Six, J., Elliott, E. T, and Paustian, K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6

Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K. and Batten, K. M. 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347

Şılbır, Y. ve Polat, T. 1996. Şanlıurfa İli Tektek Dağlarında Korunan ve Otlatılan Alanlarında Lup Yöntemine Göre Bitki Türleri ve Bitki Kompozisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 3.Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kongresi*. Erzurum.

Skarpe, C. 2001. Effects of Large Herbivores on Competition and Succession in Natural Savannah Rangeland. In G. P. Tow and A. Lazenby (Eds.), *Competitional Succession in Pastures*. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=ObBtJ7gHGeYCandlpg=PA175anddq=Effects of Large Herbivores on Competition and Succession in Nature Savanna Rangelandsandhl=trandpg=PR4#v=onepageandq=Effects of Large Herbivores on Competition and Succession in Nature Savanna Rang

Smith, C. W., Johnston, M. A. and Lorentz, S. 1997. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00029-3

Smith, G. S., Middleton, K. R. and Edmonds, A. S. 1978. A classification of pasture and fodder plants according to their ability to translocate sodium from their roots into aerial parts. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. https://doi.org/10.1080/03015521.1978.10426039

Smith, J. L., Halvorson, J. J. and Bolton, H. 1994. Spatial relationships of soil microbial biomass and C and N Mineralization in a semi-arid shrub-steppe ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90137-6

Smith, P. 2014. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/gcb.12561

Smith, P. 2016. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/gcb.13178

Snyder, K., Herrick, J. and Mitchel, K. 2006. Patterns and controls of soil water in the Jornada Basin. Structure and Function of a Chihuahuan Desert Ecosystem. *The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site*, *Oxford Uni*, 67–81.

Solomon, A. M., Prentice, I. C., Leemans, R. and Cramer, W. P. 1993. The interaction of climate and land use in future terrestrial carbon storage and release. *Water, Air, and Soil Pollution*. https://doi.org/10.1007/BF01105024

Soussana, J.-F., Soussana, J.-F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J. and Arrouays, D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management*. https://doi.org/10.1079/sum2003234

Sparling G. P., Lilburne, L. and Vojvodić-Vuković, M. 2008. Provisional targets for soil quality indicators in New Zealand. In *Palmerston North* (Manaaki Wh). New Zealand,.

Spehn, E. M., Joshi, J., Schmid, B., Alphei, J. and Körner, C. 2000. Plant diversity effects on soil heterotrophic activity in experimental grassland ecosystems. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1023/A:1004891807664

Sperrazza, J. M. and Spremulli, L. L. 1983. Quantitation of cation binding to wheat germ ribosomes: Influences on submit association equilibria and ribosome activity. *Nucleic Acids Research*. https://doi.org/10.1093/nar/11.9.2665

Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. Retrieved October 3, 2019, from https://books.google.com.tr/books/about/The_Chemistry_of_Soils.html?id=IzCqN7ZxHIoCandsource=kp_coverandredir_esc=y

Stevenson, F. J. and Cole, M. A. 1999. *Cycles of Soils: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients* (Second Edi). New York: Departmant of Natural Resources and Environmental Sciences.

Stocker, R., Korner, C., Schmid, B., Niklaus, P. A. and Leadley, P. W. 1999. A field study of the effects of elevated CO2 and plant species diversity on ecosystem-level gas exchange in a planted calcareous grassland. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00198.x

Su, Y. Z., Zhao, H. L., Zhang, T. H. and Zhao, X. Y. 2004. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi-arid sandy grassland in northern China. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00157-0

Su, Y. Z., Wang, F., Zhang, Z. H. And Du, M. W. 2007. Soil Properties and Characteristics of Soil Aggregate in Marginal Farmlands of Oasis in the Middle of Hexi Corridor Region, Northwest China. *Agricultural Sciences in China*. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(07)60103-5

Sun, X., Wang, H., Forristal, D., Fu, W., Tunney, H. and Zhang, C. 2019. Limited Spatial Transferability of the Relationships Between Kriging Variance and Soil Sampling Spacing in Some Grasslands of Ireland: Implications for Sampling Design. *Pedosphere*. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(19)60801-5

Suttle, N. F. 2010. Mineral nutrition of livestock: Fourth edition. In *Mineral Nutrition of Livestock: Fourth Edition*.

Sverdrup, H., Warfvinge, P. and Rosén, K. 1992. A model for the impact of soil solution Ca: Al ratio, soil moisture and temperature on tree base cation uptake. *Water, Air, and Soil Pollution*. https://doi.org/10.1007/BF00482616.

Şen, Ç. 2010. Kilis ilinin bazı köylerindeki meralarda vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. s. 96, Adana.

Tang, F. K., Cui, M., Lu, Q., Liu, Y. G., Guo, H. Y. and Zhou, J. X. 2016. Effects of vegetation restoration on the aggregate stability and distribution of aggregate-associated organic carbon in a typical karst gorge region. *Solid Earth*. https://doi.org/10.5194/se-7-141-2016

Tanner, W. and Caspari T.1996. Membran transport carriers. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.47:595-626.

Taşdemir, V. 2015. *Elazığ İli Karakoçan İlçesi Bahçecik Köyü Merasında Verim ve Botanik Kompozisyonunun Saptanması Üzerine Bir Çalışma*. Bingöl Üniversites.

Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B. and Conover, D. M. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.009

Telle, P. P., Preston, R. L., Kintner, L. D. and Pfander, W. H. 1964. Definition of the Ovine Potassium Requirement. *Journal of Animal Science*. https://doi.org/10.2527/jas1964.23159x

Temel, S., Şimşek, U., Erdel, E., Tohumcu, F. ve Gökmen, F. 2016. Farklı Toprak Özelliklerinin Kurak Taban Çayırların Floristik Kompozisyonu Üzerine Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. https://doi.org/10.21566/tarbitderg.281891

Temiz, H. and Soylu, A. 2012. Heavy Metal Concentrations İn Raw Milk Collected From Different Regions Of Samsun, Turkey. *International Journal Of Dairy Technology*, *65*(4), 516–522. Https://Doi.Org/10.1111/J.1471-0307.2012.00846.X

Terzioğlu, Ö. ve Yalvaç, N. 2004. Van Yöresi Doğal Meralarında Otlatmaya Başlama Zamanı, Kuru Ot Verimi ve Botanik Kompozisyonun Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, *14*(1), 23–26.

Thomey, M. L., Collins, S. L., Vargas, R., Johnson, J. E., Brown, R. F., Natvig, D. O. and Friggens, M. T. 2011. Effect of precipitation variability on net primary production and soil respiration in a Chihuahuan Desert grassland. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02363.x

Thompson, D. J. 1972. Potassium in Animal Nutrition. In *International Minerals and Chemical Corporation*. Libertyville, Illinois.

Thornley, J. H. M. and Cannell, M. G. R. 1997. Temperate grassland responses to climate change: An analysis using the Hurley Pasture Model. *Annals of Botany*. https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0430

Tian, F. P., Zhang, Z. N., Chang, X. F., Sun, L., Wei, X. H. and Wu, G. L. 2016. Effects of biotic and abiotic factors on soil organic carbon in semi-arid grassland. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000080

Tian, L., Zhao, L., Wu, X., Fang, H., Zhao, Y., Yue, G. and Chen, H. 2017. Vertical patterns and controls of soil nutrients in alpine grassland: Implications for nutrient uptake. *Science of The Total Environment*, *607–608*, 855–864. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.080

Tillman, D. 1985. The resource-ratio hypothesis of plant succession. *American Naturalist*. https://doi.org/10.1086/284382

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. and Havlin John. L. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers* (5th ed.). Canada: Macmillan Publishing company.

Tisdall, J. M. 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00000100

Tisdall, J. M. and Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x

Torres, M. N., Rodríguez, J. P. and Leitão, J. P. 2017. Geostatistical analysis to identify characteristics involved in sewer pipes and urban tree interactions. *Urban Forestry and Urban Greening*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.013

Tosun, F. 1996. Türkiye'de Kaba Yem Üretiminde Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Yetiştiriciliğinin Dünü, Bugünü ve Yarını. *Türkiye 3. Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi*, 1–15. Erzurum.

Trangmar, B. B., Yost, R. J., Wade, M. K., Uehara, G. and Sudjadi, M. 1987. Spatial Variation of Soil Properties and Rice Yield on Recently Cleared Land. *Soil Sci. Soc. Am. J*, *51*(3), 668–674.

Trangmar, B. B., Yost, R. S. and Uehara, G. 1986. Application of Geostatistics to Spatial

Studies of Soil Properties. *Advances in Agronomy*. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60673-2

Trlica, M. J. and Biondini, M. E. 1990. Soil water dynamics, transpiration, and water losses in a crested wheatgrass and native shortgrass ecosystem. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00012822

Tufarelli, V., Cazzato, E., Ficco, A. and Laudadio, V. 2010. Evaluation of Chemical Composition and In vitro Digestibility of Appennine Pasture Plants Using Yak (Bos grunniens) Rumen Fluid or Faecal Extract as Inoculum Source. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *23*(12), 1587–1593. https://doi.org/10.5713/ajas.2010.10151

Tunney, H., Sikora, F. J., Kissel, D., Wolf, A., Sonon, L. and Goulding, K. 2010. A comparison of lime requirements by five methods on grassland mineral soils in Ireland. *Soil Use and Management*. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00263.x

Turan, M., Katkat, A., Özsoy, G. ve Taban, S. 2010. Bursa İli Alüviyal Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ve Potansiyel Beslenme Sorunlarının Belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. https://doi.org/10.20479/uuzfd.79031

Turgut, B., Öztaş, T. ve Aksakal, E. 2010. Bazı Toprak Özelliklerinin Penetrasyon Direnç Değerlerine Doğrudan ve Dolaylı Etkileri. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*.

TÜİK 2019. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr . (01.12.2020).

Türk, M., Bayram, G., Budaklı, E. ve Çelik, N. 2003. Sekonder mera vejetasyonunda farklı ölçüm metodlarının karşılaştırılması ve mera durumunun belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *17*, 65–77.

Türker, A. H. 2006. Mersin-Tarsus Oluk Koyak Köyü Topak Ardıç Mevkisinde 1997 Yılından Beri Korunmuş Ağaçlandırma Sahasındaki Otsu Vejetasyonun Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitütüsü.Yüksek Lisans Tezi.78s.

Ülgen, N. ve Yurtsever, N. 1974. *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi* (28th ed.). Ankara: Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın.

Ünal, S., Mutlu, Z., Mermer, A., Ünal, Ö. U. E., Özaydın, K. A., Avağ, A. ve Aslan, S. 2012. Çankırı İli Meralarının Mera Durumu ve Sağlığının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, *5*(2), 131–135.

Underwood, E. J. and Suttle, N. F. 1999. The Mineral Nutrition Of Livestock (3rd ed.). UK: CABI Publishing.

Unger, P. W. 2009. Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. In *Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect*.

Unger, P. W., Van Doren Jr., D. M. and Gassel, D. K. 1982. *Tillage Effects on Soil Bulk Density and Mechanical Impedance*. https://doi.org/10.2134/asaspecpub44.c4

Uprety, D., Hejcman, M., Száková, J., Kunzová, E. and Tlustoš, P. 2009. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic and inorganic fertilizers. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. https://doi.org/10.1007/s10705-009-9263-x

URL1. 2021. Mera Alanlarının Yıllar İtibariyle Değişimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı website. https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri

URL2. 2020. Coğrafya. Retrieved from Kültür ve Turizm Bakanlığı website: https://cankiri.ktb.gov.tr/TR-70595/cografya.html

URL3. 2020. İllere ait mevsim normalleri.

Uslu, S. Ö. 2005. *Kahramanmaraş İli Türkoğlu İlçesi Araplar Köyü Yeniyapan Merasında Botanik Kompozisyonun Tespiti ve Farklı Gübre Uygulamalarının Meranın Verim ve Botanik Kompozisyonuna Etkileri Üzerinde Araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi.

Utset, A. and Cid, G. 2001. Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00204-5

Uzun, F., Garipoğlu, A. V. ve Algan, D. 2010. Meralarımızda görülen sarı peygamber çiçeği (Centaurea solstitialis L.)'nin bitkisel özellikleri ve kontrolü. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, *25*(3), 213–222.

Uzun, F., Garipoğlu, V. A. ve Dönmez, B. H. 2015. Mera Yabancı Otlarının Kontrolünde Keçilerin Kullanımı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, *1*(1), 40–50.

Uzun, F., İspirli, K., Alay, F. ve Çankaya, N. 2016. Doğal Meralardaki Vejetasyon Örtüsü ve Yapısı Üzerine Otlatma ve Topoğrafyanın Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. https://doi.org/10.19159/tutad.76350c

Valentine, T. A., Hallett, P. D., Binnie, K., Young, M. W., Squire, G. R., Hawes, C. and Bengough, A. G. 2012. Soil strength and macropore volume limit root elongation rates in many UK agricultural soils. *Annals of Botany*. https://doi.org/10.1093/aob/mcs118

Vallentine, J. F. 2012. Grazing Management. In *Grazing Management*. https://doi.org/10.1016/C2009-0-02468-4

van Dam, N. M., Qiu, B. L., Hordijk, C. A., Vet, L. E. M. and Jansen, J. J. 2010. Identification of Biologically Relevant Compounds in Aboveground and Belowground Induced Volatile Blends. *Journal of Chemical Ecology*. https://doi.org/10.1007/s10886-010-9844-9

Van Den Pol-van Dasselaar, A., Van Beusichem, M. L. and Oenema, O. 1998. Effects of soil moisture content and temperature on methane uptake by grasslands on sandy soils. *Plant and Soil*. 204(2).213-222. https://doi.org/10.1023/A:1004371309361

van der Putten, W. H., van Dijk, C. and Troelstra, S. R. 1988. Biotic soil factors affecting the growth and development of Ammophila arenaria. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/BF00379970

Van der Putten, Wim H., Bardgett, R. D., Bever, J. D., Bezemer, T. M., Casper, B. B., Fukami, T. and Wardle, D. A. 2013. Plant-soil feedbacks: The past, the present and future challenges. *Journal of Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12054

Van Do, T., Sato, T., Yamamoto, M., Kozan, O., Thang, N. T., Hai, V. D. and Van Thuyet, D. 2019. A New Method for Estimating Coarse Root Production in Forest Ecosystem. *Forest Science*, *65*(2), 117–124. https://doi.org/10.1093/forsci/fxy043

Van Es, A. J. H. 1982. The nutrient requirements of ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/0377-8401(82)90027-x

Van Wijk, M. T. 2011. Understanding plant rooting patterns in semi-arid systems: An integrated model analysis of climate, soil type and plant biomass. *Global Ecology and Biogeography*. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00601.x

Vaz, C. M. P., Bassoi, L. H. and Hopmans, J. W. 2001. Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00173-8

Vaz, C. M. P., Manieri, J. M., de Maria, I. C. and Tuller, M. 2011. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.07.016

Vaz, C. M. P., Manieri, J. M., De Maria, I. C. and Van Genuchten, M. T. 2013. Scaling the dependency of soil penetration resistance on water content and bulk density of different soils. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj2013.01.0016

Veihmeyer, F. J. and Hendrickson, A. H. 2008. Soil-Moisture Conditions In Relation To Plant Growth. *Plant Physiology*. Https://Doi.Org/10.1104/Pp.2.1.71

Vejnovic, J., Djuric, B., Lombnæs, P. and Singh, B. R. 2018. Concentration of trace and major elements in natural grasslands of Bosnia and Herzegovina in relation to soil properties and plant species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1388439

Venkatesh, B., Lakshman, N., Purandara, B. K. and Reddy, V. B. 2011. Analysis of observed soil moisture patterns under different land covers in Western Ghats, India. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.12.006

Verheyen, K., Bulteel, H., Palmborg, C., Olivié, B., Nijs, I., Raes, D. and Muys, B. 2008. Can complementarity in water use help to explain diversity-productivity relationships in experimental grassland plots? *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s00442-008-0998-x

Vetter, S. 2013. Development and sustainable management of rangeland commons – aligning policy with the realities of South Africa's rural landscape. *African Journal of Range and Forage Science*, *30*(1–2), 1–9. https://doi.org/10.2989/10220119.2012.750628

Vieira, S.R., Hatfield, J. L., Nıelsen, D. R. and Bıggar, J. W. 1983. Geostatistical Theory And Application To Variability Of Some Agronomical Properties. *Hilgardia*, *51*(3), 1–75.

Vieira, S.R. and Gonzalez, A. P. 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. *Bragantia*. https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000100016

Villamil, B. V., Amiotti, N. M. and Peinemann, N. 2001. Soil degradation related to overgrazing in the semi-arid southern caldenal area of Argentina. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-200107000-00002

Vindušková, O. and Frouz, J. 2013. Soil carbon accumulation after open-cast coal and oil shale mining in Northern Hemisphere: A quantitative review. *Environmental Earth Sciences*. https://doi.org/10.1007/s12665-012-2004-5

Virgilip, D. N., Monti, A. and Venturi, G. 2006. Spatial Variability of Switchgrass (Panicum Virgatum L.) Yield as Related to Soil Parameters in a Small Field. *Field Crops Research*, *101*(2), 232–239.

Vivoni, E. R., Rinehart, A. J., Méndez-Barroso, L. A., Aragón, C. A., Bisht, G., Cardenas, M. B. and Wyckoff, R. L. 2008. Vegetation controls on soil moisture distribution in the Valles Caldera, New Mexico, during the North American monsoon. *Ecohydrology*, *1*(3), 225–238. https://doi.org/10.1002/eco.11

Vogelsang, K. M. and Bever, J. D. 2009. Mycorrhizal densities decline in association with normative plants and contribute to plant invasion. *Ecology*. https://doi.org/10.1890/07-

2144.1

von Uexküll, H. R. and Mutert, E. 1995. Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF00009558

Waide, R. B., Willig, M. R., Steiner, C. F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S. I. and Parmenter, R. 2002. The Relationship Between Productivity and Species Richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.30.1.257

Walker, B. H., Ludwig, D., Holling, C. S. and Peterman, R. M. 2006. Stability of Semi-Arid Savanna Grazing Systems. *The Journal of Ecology*. https://doi.org/10.2307/2259679

Wang, Z. 2001. *Geostatistics and its application in ecology* (Science Pr). Beijing.

Wang, K., Lu, J. Y. and Shao, X. Q. 2004. Measures of restoring and rebuilding desertified grassland. *Acta Agrestia Sinica*, *3*, 240–245.

Wang, B., Liu, G. Bin, Xue, S. and Zhu, B. 2011. Changes in soil physico-chemical and microbiological properties during natural succession on abandoned farmland in the Loess Plateau. *Environmental Earth Sciences*. https://doi.org/10.1007/s12665-010-0577-4

Wang, Y., Shao, M. and Liu, Z. 2013. Vertical distribution and influencing factors of soil water content within 21-m profile on the Chinese Loess Plateau. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.10.011

Wang, B., Wen, F., Wu, J., Wang, X. and Hu, Y. 2014a. Vertical profiles of soil water content as influenced by environmental factors in a small catchment on the hilly-gully loess plateau. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109546

Wang, Hui, Liu, Y. ming, Qi, Z. ming, Wang, S. yi, Liu, S. xiang, Li, X. and Zhu, X. qiang. 2014b. The Estimation of Soil Trace Elements Distribution and Soil-Plant-Animal Continuum in Relation to Trace Elements Status of Sheep in Huangcheng Area of Qilian Mountain Grassland, China. *Journal of Integrative Agriculture*. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60504-3

Wang, B., Zhang, G. H., Yang, Y. F., Li, P. P. and Liu, J. X. 2018. The effects of varied soil properties induced by natural grassland succession on the process of soil detachment. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.007

Wang, Huanhe, Li, J., Zhang, Q., Liu, J., Yi, B., Li, Y. and Di, H. 2019. Grazing and enclosure alter the vertical distribution of organic nitrogen pools and bacterial communities in semiarid grassland soils. *Plant and Soil*, *439*(1–2), 525–539. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04045-6

Warren, S. D., Nevill, M. B., Blackburn, W. H. and Garza, N. E. 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050050x

Warrick, A. W., Myers, D. E. and Nielsen, D. 1986. Geotatistical methods applied to soil sciences methods of soil analysis. In *Part I. Physical And Mineralogical Methods* (No:9 Secon, pp. 53–82).

Watmough, S. A. and Dillon, P. J. 2003. Base Cation and Nitrogen Budgets for a Mixed Hardwood Catchment in South-central Ontario. *Ecosystems*. https://doi.org/10.1007/s10021-002-0164-y

Weber, R. and Biskupski, A. 2008. Effect of penetration resistance, bulk density and moisture content of soil on selected yield components of winter triticale in relation to method of

cultivation. *International Agrophysics*, *22*(2), 171–177.

Webster, R. 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*. https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2001.00383.x

Webster, R. and Oliver, M. A. 2004 *Geostatistics for Environmental Scientists.* John Wiler and Sons, England.

Webster, R. and Oliver, M. A. 2006. Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey. *Biometrics*. https://doi.org/10.2307/2532283

Webster, R. and Oliver, M. A. 2008. Geostatistics for Environmental Scientists: Second Edition. In *Geostatistics for Environmental Scientists: Second Edition*. https://doi.org/10.1002/9780470517277

Wei, J.-B., Xiao, D.-N., Zeng, H. and Fu, Y.-K. 2008. Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region, northeastern China. *Environmental Geology*, *53*(8), 1663–1672. https://doi.org/10.1007/s00254-007-0773-z

Wei, X., Shao, M., Fu, X., Horton, R., Li, Y. and Zhang, X. 2009. Distribution of soil organic C, N and P in three adjacent land use patterns in the northern Loess Plateau, China. *Biogeochemistry*. https://doi.org/10.1007/s10533-009-9350-8

Weiler, M. and Naef, F. 2003. An experimental tracer study of the role of macropores in infiltration in grassland soils. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/hyp.1136

Weinmann, H. 1940. Seasonal chemical changes in the roots of some South African highveld grasses. *Journal of South African Botany*, *6*, 131–145.

Welch, D. and Scott, D. 1995. Studies in the Grazing of Heather Moorland in Northeast Scotland. VI.20-Year Trends in Botanical Composition. *The Journal of Applied Ecology*. https://doi.org/10.2307/2404656

Weltzin, J. F. and McPherson, G. R. 1997. Spatial and temporal soil moisture resource partitioning by trees and grasses in a temperate savanna, Arizona, USA. *Oecologia*. https://doi.org/10.1007/s004420050295

Wendland, M., Diepolder, M. and Capriel, P. 2012. Leitfaden für Düngung von Acker- und Grünland. *Bayerische Landesanstalt Für Landwirtschaft (LfL)*.

Wendroth, O., Pohl, W., Koszinski, S., Rogasik, H., Ritsema, C. J. and Nielsen, D. R. 1999. Spatio-temporal patterns and covariance structures of soil water status in two Northeast-German field sites. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00260-1

Western, A. W. and Blöschl, G. 1999. On the spatial scaling of soil moisture. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00232-7

Westra, S., Fowler, H. J., Evans, J. P., Alexander, L. V., Berg, P., Johnson, F. and Roberts, N. M. 2014. Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. *Reviews of Geophysics*. https://doi.org/10.1002/2014RG000464

Wheeler, D. M. and Connor, M. B. O. 1998. Why do pastures respond to lime? *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*.

Wheeler, S. J. and Sivakumar, V. 2000. Influence of compaction procedure on the mechanical behaviour of an unsaturated compacted clay. Part 2: Shearing and constitutive modelling. *Geotechnique*. https://doi.org/10.1680/geot.2000.50.4.369

Whelan, B. M., McBratney, A. B. and Rossel, R. A. 1996. Spatial prediction for precision agriculture. *Precision Agriculture Proceedings of the 3rd International Conference*, 331–342. Madison, WI.

White, P. J. 2000. Calcium channels in higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes*. https://doi.org/10.1016/S0005-2736(00)00137-1

Whitehead, D. C. 2000. Nutrient elements in grassland. Introduction. In *Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships*. https://doi.org/10.1079/9780851994376.0001

Whitehead, D. C. 2009. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships. Introduction. In *Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships*. https://doi.org/10.1079/9780851994376.0001

Whiteley, G. M. and Dexter, A. R. 1981. The dependence of soil penetrometer pressure on penetrometer size. *Journal of Agricultural Engineering Research*. https://doi.org/10.1016/0021-8634(81)90080-9

Whiteley, G. M., Utomo, W. H. and Dexter, A. R. 1981. A comparison of penetrometer pressures and the pressures exerted by roots. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/BF02182016

Wick, A. F., Huzurbazar, S. V. and Stahl, P. D. 2009. Use of bayesian methods to model soil aggregation in undisturbed semiarid Grasslands. *Soil Science Society of America Journal*. https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0185

Wilcox, B. P. and Wood, M. K. 1988. Hydrologic Impacts of Sheep Grazing on Steep Slopes in Semiarid Rangelands. *Journal of Range Management*. https://doi.org/10.2307/3899383

Wilding, L. P. 1994. Factors of soil formation: contributions to pedology. *Factors of Soil Formation. Proc. Symposium, Denver, 1991*. https://doi.org/10.2136/sssaspecpub33.c2

Williams, A. G., Ternan, J. L., Fitzjohn, C., de Alba, S. and Perez-Gonzalez, A. 2003. Soil moisture variability and land use in a seasonally arid environment. *Hydrological Processes*. https://doi.org/10.1002/hyp.1120

Williams, C. H. 1980. Soil acidification under clover pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. https://doi.org/10.1071/EA9800561

Wilson, A. D. 1966. The tolerance of sheep to sodium chloride in food or drinking water. *Australian Journal of Agricultural Research*. https://doi.org/10.1071/AR9660503

Wilson, D., Blöschl, G., Grayson, R. and Western, A. 2003. Spatial Variability of Soil Moisture and Its Implications for Scaling. In *Scaling Methods in Soil Physics*. https://doi.org/10.1201/9780203011065.ch8

Wright, S. F., Starr, J. L. and Paltineanu, I. C. 1999. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal*.

Wu, G. L., Liu, Y., Fang, N. F., Deng, L. and Shi, Z. H. 2016. Soil physical properties response to grassland conversion from cropland on the semi-arid area. *Ecohydrology*. https://doi.org/10.1002/eco.1740

Wu, Z., Dijkstra, P., Koch, G. W., Peñuelas, J. and Hungate, B. A. 2011. Responses of terrestrial ecosystems to temperature and precipitation change: A meta-analysis of experimental manipulation. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02302.x

Xie, Z., Le Roux, X., Wang, C., Gu, Z., An, M., Nan, H. and Ma, X. 2014 Identifying response groups of soil nitrifiers and denitrifiers to grazing and associated soil environmental drivers in Tibetan alpine meadows. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.024

Xu, R. K., Zhao, A. Z., Yuan, J. H. and Jiang, J. 2012. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars. *Journal of Soils and Sediments*. https://doi.org/10.1007/s11368-012-0483-3

Xu, W. and Wan, S. 2008. Water- and plant-mediated responses of soil respiration to topography, fire, and nitrogen fertilization in a semiarid grassland in northern China. *Soil Biology and Biochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.10.003

Xu X., Xiaoli, C., Yan, Z., Yiqi, L., Honghua, R. and Wang, J. 2010. *Variation of Soil Labile Organic Carbon Pools along an Elevational Gradient in the Wuyi Mountains*.

Yahdjian, L. and Sala, O. E. 2006. Vegetation structure constrains primary production response to water availability in the patagonian steppe. *Ecology*. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[952:VSCPPR]2.0.CO;2

Yalçın, M, Çimrin, K. M. ve Tutuş, Y. 2018. Hatay ili Kırıkhan –Reyhanlı Bölgesi Çayır-Mera Topraklarının Besin Elementi Durumları ve Bunların Bazı Toprak Özellikleri ile İlişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*. https://doi.org/10.18016/ksudobil.342009

Yalçın, M., ve Çimrin, K. M. 2019. Determination of Molybdenum Contents and Relation of Some Heavy Metals in the Soil of Meadow-Pasture Terraces Between Kırıkhan-Reyhanlı. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i1.13-21.1997

Yang, C., Chong, J., Li, C., Kim, C., Shi, D. and Wang, D. 2007a. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali resistant halophyte Kochia sieversiana during adaptation to salt and alkali conditions. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9251-3

Yang, X., Ding, Z., Fan, X., Zhou, Z. and Ma, N. 2007b. Processes and mechanisms of desertification in northern China during the last 30 years, with a special reference to the Hunshandake Sandy Land, eastern Inner Mongolia. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.10.002

Yang, Yuanhe, Ji, C., Ma, W., Wang, S., Wang, S., Han, W. and Smith, P. 2012a. Significant soil acidification across northern China's grasslands during 1980s-2000s. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02694.x

Yang, L., Wei, W., Chen, L. and Mo, B. 2012b. Response of deep soil moisture to land use and afforestation in the semi-arid Loess Plateau, China. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.09.041

Yang, L., Chen, L., Wei, W., Yu, Y. and Zhang, H. 2014a. Comparison of deep soil moisture in two re-vegetation watersheds in semi-arid regions. *Journal of Hydrology*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.03.049

Yang, L., Wei, W., Chen, L., Chen, W. and Wang, J. 2014b. Response of temporal variation of soil moisture to vegetation restoration in semi-arid Loess Plateau, China. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.12.005

Yang, Yi, Tilman, D., Furey, G. and Lehman, C. 2019. Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. *Nature Communications*.

https://doi.org/10.1038/s41467-019-08636-w

Yao, R. J., Yang, J. S., Zhang, T. J., Gao, P., Yu, S. P. and Wang, X. P. 2013. Short-term effect of cultivation and crop rotation systems on soil quality indicators in a coastal newly reclaimed farming area. *Journal of Soils and Sediments*. https://doi.org/10.1007/s11368-013-0739-6

Yao, X., Fu, B., Lü, Y., Chang, R., Wang, S., Wang, Y. and Su, C. 2012. The multi-scale spatial variance of soil moisture in the semi-arid Loess Plateau of China. *Journal of Soils and Sediments*. https://doi.org/10.1007/s11368-012-0481-5

Yaşar Korkanç, S. and Korkanç, M. 2016. Physical and chemical degradation of grassland soils in semi-arid regions: A case from Central Anatolia, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.08.021

Yates, C. J., Norton, D. A. and Hobbs, R. J. 2000. Grazing effects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia: Implications for restoration. *Austral Ecology*. https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01030.x

Yavuz, R. ve Karagül, R. 2014. Meranın Otlatma Kapasitesi ve Botanik Kompozisyonuna Bazı Islah Yöntemlerinin Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, *1*, 6–11.

Yavuz, T., Sürmen, M., Töngel, M. Ö., Avağ, A., Özaydın, K. ve Yıldız, H. 2012. Amasya Mera Vejetasyonlarının Bazı Özellikleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, *5*(1), 181–185.

Yazıcı, E. 2018. Trabzon İli Akçaabat İlçesindeki İnek Sütlerindeki Metal Ve Mineral Madde İçeriklerinin Icp-Ms Yöntemiyle Belirlenmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.

Yetgin, B. 2004. Toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle analizi.Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Yıldız, A. 2016. Van İli Gürpınar İlçesi Kırkgeçit Köyü Farklı Mera Kesimlerinin Botanik Kompozisyonu, Ot Verimi ve Kalitesi ile Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. Siirt Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisan Tezi. 67s.

Yıldız, A. ve Özyazıcı, M. A. 2017. Karasal İklim Kuşağında Bulunan Farklı Mera Kesimlerinin Botanik Kompozisyonu, Ot Verimi ve Ot Kalitesinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *4*(3), 218–231. https://doi.org/10.19159/tutad.292549.

Yılmaz, M. 2009. Tokat Ekolojik Koşullarında Korunan Doğal Bir Mera Vejetasyonunun Bitki Toplulukları Yönünden İncelenmesi ve Veriminin Belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Poster Bildiriler, Hatay.

York, A. 2012. Aboveground-Belowground Linkages. Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change . R.D. Bardgett and D.A. Wardle . Oxford University Press , Oxford , 2010 . x + 301 pp. Price A $61.95 (paperback), also available in hardback. ISBN 978 0 19 95468. *Austral Ecology*. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2012.02405.x

Yoshihara, Y., Mizuno, H. and Ito, T. Y. 2014. Effects of soil-salt accumulation on sheep body weight in Mongolian grassland: evidence of excess salt in plant and wool samples. *Landscape and Ecological Engineering*. https://doi.org/10.1007/s11355-014-0266-7

Young, I. M. and Ritz, K. 2000. Tillage, habitat space and function of soil microbes. *Soil and Tillage Research*. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00106-3

Yu, C., Zhang, Y., Claus, H., Zeng, R., Zhang, X. and Wang, J. 2012. Ecological and

environmental issues faced by a developing tibet. *Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1021/es2047188

Yuan, Z. Q., Jiang, X. J., Liu, G. J., Jin, H. J., Chen, J. and Wu, Q. B. 2019. Responses of soil organic carbon and nutrient stocks to human-induced grassland degradation in a Tibetan alpine meadow. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.001

Yunusbaev, U. B., Musina, L. B. and Suyundukov, Y. T. 2003. Dynamics of steppe vegetation under the effect of grazing by different farm animals. *Russian Journal of Ecology*, *34*(1), 43–47. https://doi.org/10.1023/A:1021815005312.

Zar, J. 1984. *Biostatistical Analysis* (2nd ed.). Prentice-Hall Englewood Cliffs NJ.

Zhang, Y. G., Xu, Z. W., Jiang, D. M. and Jiang, Y. 2013. Soil exchangeable base cations along a chronosequence of Caragana microphylla plantation in a semi-arid sandy land, China. *Journal of Arid Land*. https://doi.org/10.1007/s40333-013-0140-8

Zhang, Y. G., Yang, S., Fu, M. M., Cai, J. P., Zhang, Y. Y., Wang, R. Z. and Jiang, Y. 2015. Sheep manure application increases soil exchangeable base cations in a semi-arid steppe of Inner Mongolia. *Journal of Arid Land*. https://doi.org/10.1007/s40333-015-0004-5

Zhang, Bin, Zhu, J., Pan, Q., Liu, Y., Chen, S., Chen, D. and Han, X. 2017a. Grassland species respond differently to altered precipitation amount and pattern. *Environmental and Experimental Botany*. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.02.006

Zhang, Xiao, Zhao, W., Liu, Y., Fang, X., Feng, Q. and Chen, Z. 2017b. Spatial variations and impact factors of soil water content in typical natural and artificial grasslands: a case study in the Loess Plateau of China. *Journal of Soils and Sediments*. https://doi.org/10.1007/s11368-016-1505-3

Zhang, Bin, Thomas, B. W., Beck, R., Willms, W. D., Zhao, M. and Hao, X. 2018a. Slope position regulates response of carbon and nitrogen stocks to cattle grazing on rough fescue grassland. *Journal of Soils and Sediments*. https://doi.org/10.1007/s11368-018-1992-5

Zhang, Xueyao, Liu, M., Zhao, X., Li, Y., Zhao, W., Li, A. and Huang, J. 2018b. Topography and grazing effects on storage of soil organic carbon and nitrogen in the northern China grasslands. *Ecological Indicators*. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.068

Zhang, Bingwei, Cadotte, M. W., Chen, S., Tan, X., You, C., Ren, T. and Han, X. 2019a. Plants alter their vertical root distribution rather than biomass allocation in response to changing precipitation. *Ecology*. https://doi.org/10.1002/ecy.2828

Zhang, Bin, Beck, R., Pan, Q., Zhao, M. and Hao, X. 2019b. Soil physical and chemical properties in response to long-term cattle grazing on sloped rough fescue grassland in the foothills of the Rocky Mountains, Alberta. *Geoderma*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.03.029

Zhao, Y., Peth, S., Krümmelbein, J., Horn, R., Wang, Z., Steffens, M. and Peng, X. 2007. Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. *Ecological Modelling*. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.02.019

Zheng, H. Y. and Li, J. D. 1999. *Salt tolerant species and vegetation of the alkali-saline grassland in Songnen Plain.* (Science Pr). Beijing.

Zhi-yuan, C., Wang, Y., Jie, L., Zhang, J. J. and He, N.P. 2016. Soil organic carbon contents, aggregate stability, and humic acid composition in different alpine grasslands in Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Mountain Science*. https://doi.org/10.1007/s11629-015-3744-y

Zhou, L., Tucker, C. J., Kaufmann, R. K., Slayback, D., Shabanov, N. V. and Myneni, R. B. 2001. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. https://doi.org/10.1029/2000JD000115

Zhou, Z. C., Gan, Z. T., Shangguan, Z. P. and Dong, Z. B. 2010. Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau (China). *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.05.005

Zhou, Z., Sun, O. J., Luo, Z., Jin, H., Chen, Q. and Han, X. 2008. Variation in small-scale spatial heterogeneity of soil properties and vegetation with different land use in semiarid grassland ecosystem. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9633-1

Zhu, G. Y., Shangguan, Z.P. and Deng, L. 2017. Soil aggregate stability and aggregate-associated carbon and nitrogen in natural restoration grassland and Chinese red pine plantation on the Loess Plateau. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.10.004

Zhu, H. D., Shi, Z. H., Fang, N. F., Wu, G. L., Guo, Z. L. and Zhang, Y. 2014. Soil moisture response to environmental factors following precipitation events in a small catchment. *Catena*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.04.003

Zhu, H., Fu, B., Wang, S., Zhu, L., Zhang, L., Jiao, L. and Wang, C. 2015. Reducing soil erosion by improving community functional diversity in semi-arid grasslands. *Journal of Applied Ecology*. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12442

Zutter, B. R., Glover, G. R. and Gjerstad, D. H. 1986. Effects of herbaceous weed control using herbicides on a young loblolly pine plantation. *Forest Science*.

# ÖZGEÇMİŞ


**Adı Soyadı** : Ülkü YILMAZ

**Doğum Yeri** : Ankara

**Doğum Tarihi** : 1984

**Medeni Hali** : Evli

**Yabancı Dili** : İngilizce

**Adres** : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Çankırı-Merkez

**Tel** : +90 376 212 2757 (3306)

**E-posta** : ulkudikmen@karatekin.edu.tr - ulkuu0633@gmail.com


**Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

| | |
|---|---|
| **Lise** | Kurtuluş YDA Lisesi |
| **Lisans** | Gaziosmanpaşa Üniversitesi/Ziraat Fakültesi/Ziraat Mühendisliği (2005-2009) |
| **Yüksek Lisans** | Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlmi ve Ekoloji Bölümü (2009-2012 ) |
| **Doktora** | Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlmi ve Ekoloji Bölümü (2013 - 2021) |

| Çalıştığı Kurum | Görevi | Yıl |
|---|---|---|
| Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi | Araştırma Görevlisi | 2010- |

**Proje Deneyimi**

1. Timur, P. U. Erşahin, S. Sünal, S. ve **Dikmen, Ü.** 2016-2017. Çankırı Kent Merkezinde Bitkilerdeki Başlıca Ağır Metallerin Uzaysal Değişimi (OF060416B30) Yardımcı Araştırmacı (Destekleyen Kuruluş: BAP).

2. Timur, B. Ö. Erşahin, S. Sünal, S. ve **Dikmen, Ü**. 2016-2017. Çankırı Kent Merkezinde Topraktaki Başlıca Ağır Metallerin Uzaysal Değişimi (OF060416B31) Yardımcı Araştırmacı (Destekleyen Kuruluş: BAP)

3. Erşahin, S. ve **Dikmen, Ü.** 2016-2019. Yarı Kurak ve Yarı Nemli Meralarda İklim, Bitki ve Toprak Özelliklerinin Çoklu Etkileşimlerinin Analizi (OF270516D03) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri) [Lisansüstü Tez Projesi]

4. Kuşvuran, A., Kuşvuran, Ş. ve **Yılmaz, Ü**. 2018-2020. Guar (Cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub.) Jasmonik ve Salisilik Asit Uygulamalarının Tuza Toleransa Etkileri. (KYO150219B23) Yardımcı Araştırmacı (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri)

**Eserler**

**A. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI, SSCI ve AHCI de taranan Uluslararası Dergilerde Yayınlanmış Makaleler)**

1. Erşahin, S., Bilgili, C. B., **Dikmen, Ü**. and Ercanlı, İ., 2016. Net Primary Productivity of Anatolian Forests in Relation to Climate, 2000-2010. 62(6):698-702.. Forest Science. https://doi.org/10.5849/forsci.15-171.

2. Camcı Çetin, S., Yılmaz, A. E., Erşahin, S.,**Yılmaz, Ü.,** Sünal Kavaklıgil, S., 2019. Soil Properties Were Evaluated as Reflecting Parameters in Low Intensity Forest Fires In Cankırı, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin.28 (4). Pp. 2575–2581. Issn:1018-4619.

3. Kuşvuran, A., Kaytez, İ. A., **Yılmaz, Ü. and** Kuşvuran, Ş., 2019. The Effects of Exogenous Amino Acid on Growth,Ionic Homeostasis, Biochemical Composition Andantioxidative Activity of Guar (Cyamopsıstetragonoloba (L.) Taub.) Seedlings. Applied Ecology and Environmental Research.17.1589-1623. DOI:10.15666/aeer.

**B. Ulusal Hakemli Dergilerdeki Makaleler**

1. Dikmen, Ü. İptaş, S. ve Erşahin, S. 2012. Yarı-Kurak Eğimli Bir Merada Toprak Özellikleri ve Bitki Çeşitliliğinin Uzaysal Dağılım İlişkileri.. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5(2):91-97, 2012.ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X . Bilgili, B.C., Erşahin, S., **Dikmen, Ü.** ve Karahan, G. 2017. Konya Kapalı Havzasında Farklı Arazi Örtülerinde Net Birincil Üretimin Jeoistatistiksel Analizi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi (AJFR), 3(1):14-22.

2. Erşahin, S., Karahan, G., Gül, E., Sünal, S., Dikmen, Ü. And Bilgili, B.C. 2018. Spatial Distribution of Some Toxic Elements in Some Urban Soils of Çankırı, Turkey. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi. 4(2): 133-143.

3. Sünal, S., **Dikmen, Ü.,** Erşahin, S., Aşkın, T., Bender Özenç, D., Tarakçıoğlu, C., Korkmaz, K., Kutlu, T,, 2018. Orta Karadeniz Bölgesi Kolüvyal-Alüvyal Topraklarda Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliği. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi.

**C. Uluslararası Kongre/Sempozyum da sunulan bildiriler/posterler**

1. Yılmaz, Ü., Sünal Kavaklıgil, S., Erşahin, S., 2019. Yarı Kurak Meralarda Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu (Sözlü Bildiri).

2. Sünal Kavaklıgil, S., **Yılmaz, Ü**., Erşahin, S., 2019. Pedoloji Araştırmalarına Yeni Ve Güçlü Bir Bakış Açısı: Hidropedoloji. Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu. (Sözlü Bildiri).

3. **Dikmen, Ü**., Sünal, S., Erşahin, S., 2018. Long-Term Tillage and Wheat Monoculture Effects on Soil Chemical Properties in Semi-Arid Agriculture Lands. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Poster Bildiri).

4. **Dikmen, Ü**., Sünal, S., Erşahin, S., 2018. Soil Penetration Resistance as Related to Water Content and Bulk Density in Semi-Arid and Semi-Humid Grasslands. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Sözlü Bildiri).

5. **Dikmen, Ü.,** Sünal, S., Erşahin, S., 2018. Spatial Variability of Soil K Content in a Typical Semi-Arid Grassland. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Poster Bildiri)

6. Sünal, S., **Dikmen, Ü**., Erşahin, S. , 2018. Soil Carbon Content in Semi-arid Cultivated Landform. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Poster Bildiri).

7. Sünal, S., **Dikmen, Ü.,** Erşahin, S., 2018. Soil Morphologic Variables as Related to Slope Positions on a Semi-Arid Landscape. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Poster Bildiri)

8. Sünal, S., Dikmen, Ü., Erşahin, S. , 2018. Factor Analysis of Hydropedological Variables on a Semi-Arid Cultivated Landform. International Agricultural Science Congress 09-12 May 2018, Van (Sözlü Bildiri).

9. **Dikmen, Ü.,** Sünal, S., Erşahin, S., **2017.** Spatial Variability in Total Soil Phosphorus in a Semi-Arid Pasture: Effect of Slope Aspect. 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS, TEKİRDAĞ.(poster).

10. **Dikmen, Ü.,** Sünal, S., Erşahin, S., **2017.** SOIL CHEMICAL PROPERTIES AS AFFECTED BY LAND USE IN ADJACENT TYPIC HAPLUSTEPS, MOLLIC USTIFLUVENTS, AND LITHIC USTIPSAMMENTS. 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS, TEKİRDAĞ.16-18 may (poster).

11. Camcı Çetin, S., Yılmaz, A. E., Sünal, S., **Dikmen, Ü.,** Erşahin, S., **2017.** Comparing infiltration rate at patchily burned and unburned spots in a semi-arid needle leaf forest. 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS, Tekirdağ. (Sözlü Bildiri).

12. Sünal, S., **Dikmen, Ü.** and Erşahin, S. **2017**. Soil physical properties as affected by land use ın adjacent typic haplusteps, mollic ustifluvents, and lithic ustipsamments. 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS, Tekirdağ (poster).

13. **Dikmen, Ü.**, Sünal S., Erşahin, S., **2017**. PLANT DIVERSITY as RELATED to SLOPE ASPECT and SOIL PHYSICAL PROPERTIES. 5th International Participation Soil and Water Resources Congress. Kırklareli. (Sözlü Bildiri).

14. **Dikmen, Ü.,** Sünal S. and Erşahin, S. **2017**. Change of Desertification Indices with the Effect of Aspect In Semi-Arid Areas. 5th International Participation Soil and Water Resources Congress. Kırklareli. (Poster).

15. Sünal, S., **Dikmen, Ü**., Erşahin, S., **2017.** Hydropedology As A Powerful Tool For Soıl Researches. 5th International Participation Soil and Water Resources Congress. Kırklareli. (Sözlü Bildiri).

16. Sünal, S., **Dikmen, Ü**., Erşahin, S., Aşkın, T. Tarakçıoğlu, C. Özenç, D.B. Korkmaz. and Kutlu, T. **2017**. Spatıal Varıatıon Of Colluvıal-Alluvıal Soıls Of Chemıcal Propertıes In Central Black Sea Regıon . 5th International Participation Soil and Water Resources Congress. Kırklareli. (Poster).

17. Sünal, S., **Dikmen, Ü.,** Timur, Ö.B., Timur, U.P. and Erşahin, S. **2017**. Effect of Soil Bulk Density to Urban Plant in Semi-Arid Landscape. International Congress on Landscape Architecture Bosna (Poster)

18. Sünal, S., **Dikmen, Ü.** and Erşahin, S. **2017.** Soıl Penetratıon Resıstance As Affected By Slope Aspect And Soıl Horızonatıon In Gypsıc Haplustepts. 5th International Participation Soil and Water Resources Congress. Kırklareli. (Sözlü Bildiri).

19. Sünal, S. **Dikmen, Ü.** and Erşahin, S. 2016. Saturated Hydraulic Conductivity Differences as Affected by Slope Properties and Soil Horizonation in Gypsic Haplustepts . Eurosoil 2016. (Sözlü Bildiri).

20. **Dikmen, Ü.** Erşahin, S., 2014. Tipik Bir Yarı Kurak Merada Bazı Çölleşme Göstergelerinin Bakıyla Değişimi. II. Uluslararası Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. Konya. (Sözlü bildiri)

21. Erşahin, S., Bilgili, B. C., **Dikmen, Ü.** and Ercanlı, İ. 2014. MODIS Predicted NPPs of Different Forest Covers as Related to Climate Variables in Turkey (Abstract Procedings), The 3rd. FOREBIOM WORKSHOP: Potentials of Biochar to Mitigate Climate Change, 5-6 June Eskişehir, Turkey.

22. Karahan, G., Erşahin, S., Döker, S., Uslu, M., Gül, E., Sünal, S., **Dikmen, Ü**. 2014. Vertical and Horizantal Distribution of Heavy Metals in Sodic Urban Soils in Çankırı. 9th International Soil Science Congress on 'The Soul of Soil and Civilization',14-16 October, 2014. Side, Antalya, Turkey.

**D. Ulusal Kongre/Sempozyum Bildirileri**

1. Sünal, S., Dikmen, Ü. Ve Erşahin, S. 2014. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği . I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu (Poster).

2. Erşahin, S., Bilgili, B.C., **Dikmen, Ü**. ve Sünal, S., 2014. Konya Kapalı Havzasında Birincil Net Üretimin Jeoistatistiksel Analizi. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, 10-12 Mayıs 2014, Çankırı. (Sözlü Bildiri).

3. Bilgili, B.C., Erşahin, S., **Dikmen, Ü.,** Karahan, G. 2014. Konya Kapalı Havzasında Farklı Arazi Örtülerinde Net Birincil Üretimin Jeoistatistiksel Analizi. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss: 268-278, 10-12 Eylül 2014, Çankırı.

4. Erşahin, S. Aşkın, T. Sünal, S. Özenç, D. B. Tarakçıoğlu, C. Korkmaz, K. Kutlu, T. **Dikmen, Ü.**, 2013. Orta Karadeniz Bölgesinde Kolüvyal-Alüvyal Toprakların Uzaysal Değişkenliği. III. Ulusal Toprak Ve Su Kaynakları Kongresi. Tokat. (Sözlü Bildiri).

5. **Dikmen, Ü.** İptaş, S. Erşahin, S. 2012. Yarı-Kurak Eğimli Bir Merada Toprak Özellikleri ve Bitki Çeşitliliğinin Uzaysal Dağılım İlişkileri. Tarım Sempozyumu (Prof. Dr. Selahattin İptaş Anısına) Çankırı (Poster).

6. **Dikmen, Ü.**, Sünal, S. Erşahin, S. 2011. Ağaç Yetiştiriciliğinde Sıra Arası Bitkilerin Su Kullanım Etkinliği. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Eskişehir (Poster)