



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FINDIK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN SU ALTINDA  
KALMIŞ BİR ALANDA TOPRAK VERİMLİLİĞİNİN  
JEOİSTATİSTİKSEL TEKNİKLERLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**SEZEN KULAÇ**

**DOKTORA TEZİ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ORDU 2024**

## TEZ BİLDİRİMİ

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

**SEZEN KULAÇ**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### FINDIK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN SU ALTINDA KALMIŞ BİR ALANDA TOPRAK VERİMLİLİĞİNİN JEOİSTATİSTİKSEL TEKNIKLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

SEZEN KULAÇ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 182 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. TAYFUN AŞKIN)

Toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi, sürdürülebilir tarım açısından büyük önem taşımaktadır. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde, toprak ve bitki özelliklerinin uzaysal değişimlerinin ortaya koyulmasında jeostatistiksel metodlar iyi bir olanak sağlar. Bu çalışmada, fındık yetiştiriciliği yapılan ve yılın bazı zamanlarında yağışların etkisiyle su altında kalan bir alanın verimlilik durumu, toprak ve bitki özelliklerinin uzaysal değişimleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Ordu ili Altınordu ilçesi Cumhuriyet mahallesinde yer alan yaklaşık 3.5'ha'lık alana sahip bir fındık bahçesinde, Tombul fındık çeşidi ocaklarında serbest örnekleme yapılmıştır. Çalışmada, 118 bitki ve 118 adet 0-20 cm derinlikten alınmış yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Toprak ve bitki örneklerinin seçilen özellikleri, laboratuvar analiz verileri ve arazide gerçekleştirilen bazı testler esas alınarak belirlenmiştir. Toprak özelliklerinden tekstür, hacim ağırlığı, pH, EC, organik madde,  $NH_4-N+NO_3-N$ , alınabilir P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Ca:K, Ca:Mg, Mg:K, mikrobiyal biyomas-C ve  $C_{mic}:C_{org}$ ; bitki özelliklerinden klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, klorofil a:b; N, P, K Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B belirlenerek, her bir özelliğe ait uzaysal değişim, jeostatistiksel yöntemlerle modellenmiş ve dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada seçilen toprak özelliklerine ait semivaryogramlar yaklaşık 19.8-742.7 m etki aralığına; bitki özelliklerine ait semivaryogramlar ise, 17.1-1532.7 m etki aralığında uzaysal bağımlılık sergilemişlerdir.

Çalışma alanının su altında kalan kısımlarında toprak ve bitki özellikleri bakımından büyük farklılıklar belirlenmiştir. Bu alanlarda EC değerleri daha yüksektir. Çalışma alanında toprak pH değerinin kuvvetli asit karakterden nötr karaktere doğru bir seyir göstermesi, bitkiler tarafından besin elementlerinin alınabilirliğini de etkilemiştir. Araştırma alanında fındık bitkisi yapraklarının Ca, Mg ve mikro besin elementleri bakımından genellikle yeterli, N ve K bakımından ise yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Yine çalışma sahasında, bitki ve toprak özelliklerine ait tahmin haritalarının birbirleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Toprak ve bitki özelliklerine ilişkin bu haritaların bir arada değerlendirilmesiyle; toprak verimliliğiyle ilgili olarak daha net bilgiler sağlanabilir. Bu çalışma sonucunda jeostatistiksel metodlar yardımıyla üretilen toprak ve bitki özelliklerine ait haritaların, bu alanda ve benzer fındık bahçelerinde kullanılmasıyla, fındık yetiştiriciliği için alana özgü yönetim uygulamalarıyla çok önemli faydalar sağlanabilir.

**Anahtar kelimeler:** Uzaysal Değişim, Alana Özgü Yönetim, Jeostatistik, Bitki Besin Elementi, *Corylus avellana*

## ABSTRACT

### ASSESSMENT OF SOIL FERTILITY USING GEOSTATISTICAL TECHNIQUES IN A HAZELNUT ORCHARD ON WATERLOGGED SOIL

SEZEN KULAÇ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

PHD THESIS, 182 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. TAYFUN AŞKIN)

Assessment of soil fertility status is crucial for sustainable agriculture. geostatistical methods provide a unique opportunity to determine the spatial variability of plant and soil properties and soil fertility. The objective of this study was to determine the spatial variability of soil fertility and plant nutrition status of a hazelnut orchard in a waterlogged soil affected by rainfall during at sometimes of the season. The study area is located in Ordu province, Altınordu district, Cumhuriyet neighbourhood and covers 3.5 ha. Using random sampling technique, surface soil samples (0-20 cm) were collected from 118 sampling points and plant samples from Tombul variety were collected from each tree. Selected properties of soil and plant samples were determined on the basis of laboratory analysis data and some field tests. Soil properties such as soil texture, bulk density, pH, electrical conductivity (EC), organic matter, NH<sub>4</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N, available P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Ca:K, Ca:Mg, Mg:K ratio, microbial biomass C, C<sub>mic</sub>:C<sub>org</sub>; leaf properties such as chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, chlorophyll a:b; N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B were analysed and spatial variation for each selected parameter was modelled and mapped using geostatistical methods. Semivariograms for soil properties and leaf properties showed spatial dependence with ranges of influence of about 19.8-742.7 m and 17.1-1532.7 m, respectively.

The maps showed that soil and plant properties were not similar between waterlogged and non-waterlogged areas. Waterlogged soils had higher EC values. Soil pH ranged from strongly acidic to neutral and the pH value also affected uptake of mineral nutrients. It was determined that hazelnut leaves were generally sufficient in terms of Ca, Mg and micronutrients, but insufficient in terms of N and K in the study area. The results also show that in the study area, it was determined that the prediction maps of plant and soil properties were compatible with each other. In this study, the use of geostatistical maps of soil and plant properties in this and similar hazelnut orchards will be very useful in the context of site-specific management practices for hazelnut cultivation.

**Key words:** Spatial variability, Site Specific Management, Geostatistic, Plant Nutrition, *Corylus avellana*

## TEŞEKKÜR

Doktora tez sürecinde yardımlarını esirgemeyen ve bilgilerini paylaşan Prof. Dr. Tayfun AŞKIN'a teşekkür ederim. Bu tez çalışmasında haritaların hazırlanmasındaki katkılarından dolayı, değerli bilgilerini ve yardımlarını ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN'e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her koşulda destekleyen en değerli varlıklarım aileme sonsuz teŐekkürler.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	XV
EKLER LİSTESİ.....	XVI
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1 Fındık Bitkisi ve Coğrafi Dağılımı.....	6
2.2 Dünya’da ve Türkiye’de Fındık Yetiştiriciliği.....	6
2.2 Jeoistatistiksel Yöntemler.....	9
2.2.1 Semivaryogram.....	10
2.2.2 Kriging.....	14
2.3 Toprak Özellikleriyle İlişkili Jeoistatistiksel Çalışmalar.....	15
2.4 Fındık Yetiştiriciliği Yapılan Alanlarda Jeoistatistik İle İlgili Çalışmalar.....	25
2.5 Bitki Besleme ile İlgili Bazı Jeoistatistiksel Çalışmalar.....	26
3.1. Materyal.....	28
3.1.1 Çalışma Alanı.....	28
3.1.2 Çalışma Alanı ile İlgili Genel Bilgiler.....	29
3.1.3 Çalışma Alanı İklim Özellikleri.....	29
3.1.4 Çalışma Alanından Görünümler.....	30
3.1.5 Çalışma Alanında Kültürel İşlemler, Gübreleme ve Verim.....	32
3.2 Yöntem.....	33
3.2.1 Örneklem Planı.....	33
3.2.2 Araştırmanın Yürütülmesi ve Örneklem.....	34
3.2.3 Toprak Örneklerinin Alınması.....	35
3.2.4 Toprak Analizleri.....	35
3.2.5 Bitki Örneklerinin Alınması.....	37
3.2.6 Bitki Analizleri.....	37
3.2.6.1 Bitki Örneklerinde Kuru Yakma:.....	37
3.2.7 Bitki Besin Elementi İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	38
3.2.8 Toprak Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	39
3.2.9 İstatistiksel Değerlendirme:.....	40
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	43
4.1 Bazı Toprak Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	43
4.2 Bazı Bitki Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	47
4.3 Toprak Özelliklerinin Jeoistatistiksel Analizi.....	50
4.3.1 Fiziksel Özellikler.....	50
4.3.1.1 Kil.....	50
4.3.1.2 Silt.....	53
4.3.1.3 Kum.....	56
4.3.1.4 Hacim Ağırlığı (HA).....	58

4.3.2 Biyolojik Özellikler.....	61
4.3.2.1 Organik Madde.....	61
4.3.2.2 Mikrobiyal Biyomas-C .....	64
4.3.2.3 $C_{mic}:C_{org}$ .....	67
4.3.3 Kimyasal Özellikler .....	69
4.3.3.1 Toprak Reaksiyonu (pH).....	69
4.3.3.2 Elektriksel İletkenlik (EC) .....	72
4.3.3.3 Amonyum+Nitrat Azotu .....	75
4.3.3.4 Alınabilir Fosfor.....	77
4.3.3.5 Alınabilir Potasyum .....	80
4.3.3.6 Alınabilir Kalsiyum.....	82
4.3.3.7 Alınabilir Magnezyum .....	84
4.3.3.8 Alınabilir Sodyum.....	87
4.3.3.9 Alınabilir Demir .....	89
4.3.3.10 Alınabilir Bakır .....	91
4.3.3.11 Alınabilir Çinko .....	93
4.3.3.12 Alınabilir Mangan .....	95
4.3.3.13 Alınabilir Bor .....	97
4.3.3.14 Ca:K Oranı .....	99
4.3.3.15 Ca:Mg Oranı .....	101
4.3.3.16 Mg:K Oranı .....	103
4.3.3.17 Toprak verimlilik indeksi:.....	104
4.4 Bazı Bitki Özelliklerinin Jeostatistiksel Analizi .....	106
4.4.1 Biyokimyasal Özellikler.....	106
4.4.1.1 Klorofil a .....	106
4.4.1.2 Klorofil b.....	108
4.4.1.3 Toplam Klorofil .....	110
4.4.1.4 Klorofil a:b .....	112
4.4.2 Bitki Besin Elementleri .....	114
4.4.2.1 Azot.....	114
4.4.2.2 Fosfor .....	117
4.4.2.3 Potasyum .....	119
4.4.2.4 Kalsiyum .....	122
4.4.2.5 Magnezyum.....	124
4.4.2.6 Sodyum .....	126
4.4.2.7 Demir .....	128
4.4.2.8 Bakır.....	130
4.4.2.9 Çinko .....	132
4.4.2.10 Mangan.....	134
4.4.2.11 Bor.....	136
4.5 Araştırma Alanından Alınması Gerekli Örnek Sayısı.....	138
6.KAYNAKLAR .....	145
ÖZGEÇMİŞ .....	182

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Örnek bir varyogram modeli (spherical-küresel-model) .....	11
Şekil 3.1 Çalışma alanının örnekleme noktalarını da gösteren haritası .....	28
Şekil 3.2 Çalışma alanı yükseklik haritası .....	29
Şekil 3.3 Çalışma alanının bir görüntüsü, Google Earth (Erişim tarihi: 10.02.2022) 31	
Şekil 3.4 Çalışma alanının su altındaki bir görüntüsü .....	31
Şekil 3.5 Çalışma alanının batı kısımlarındaki fındık ağaçlarında seyrek ve bodur gelişmeye ait bir görünüm .....	31
Şekil 3.6 Çalışma alanının doğu kısımlardaki fındık ocaklarından bir görüntü .....	32
Şekil 4.1 Kil içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	52
Şekil 4.2 Silt içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	55
Şekil 4.3 Kum içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	57
Şekil 4.4 Hacim ağırlığının çalışma alanındaki değişimi .....	59
Şekil 4.5 Organik madde içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	63
Şekil 4.6 Mikrobiyal biyomas C içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	65
Şekil 4.7 $C_{mic}:C_{org}$ oranının çalışma alanındaki değişimi .....	68
Şekil 4.8 Toprak reaksiyonunun (pH) çalışma alanındaki değişimi .....	71
Şekil 4.9 EC'nin çalışma alanındaki değişimi .....	74
Şekil 4.10 Amonyum nitrat azotu içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	76
Şekil 4.11 Alınabilir P içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	78
Şekil 4.12 Alınabilir K içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	81
Şekil 4.12 Alınabilir Ca içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	83
Şekil 4.14 Alınabilir Mg içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	86
Şekil 4.15 Alınabilir Na içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	88
Şekil 4.16 Alınabilir Fe içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	90
Şekil 4.17 Alınabilir Cu içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	92
Şekil 4.18 Alınabilir Zn içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	94
Şekil 4.19 Alınabilir Mn içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	96
Şekil 4.20 Alınabilir B içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi .....	98
Şekil 4.21 Ca:Mg oranının çalışma alanındaki değişimi .....	102
Şekil 4.22 Klorofil a içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	107
Şekil 4.23 Klorofil b içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	109
Şekil 4.24 Toplam klorofil içeriğinin çalışma alanındaki değişimi .....	111
Şekil 4.25 Klorofil a:b oranının çalışma alanındaki değişimi .....	113
Şekil 4.26 N konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	115
Şekil 4.27 P miktarının çalışma alanındaki değişimi .....	118
Şekil 4.28 K konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	120
Şekil 4.29 Ca konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	123
Şekil 4.30 Mg konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	125
Şekil 4.31 Na konsantrasyonu çalışma alanındaki değişimi .....	127
Şekil 4.32 Fe konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	129
Şekil 4.33 Cu konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	131
Şekil 4.34 Zn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi .....	133

<b>Şekil 4.35</b> Mn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi.....	135
<b>Şekil 4.36</b> B konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi.....	137



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 Dünya fındık üretim miktarı (bin ton) (FAO, 2021).....	7
Çizelge 2.2 Dünya fındık üretim alanı (bin ha) (FAO, 2021).....	7
Çizelge 2.3 Dünya fındık verimi (kg da <sup>-1</sup> ) (FAO, 2021) .....	8
Çizelge 3.1 Ordu ili uzun yıllar (1959-2022) sıcaklık ve yağış ortalamaları.....	30
Çizelge 3.2 Ordu ili 2021-2022 yılları sıcaklık ve yağış ortalamaları.....	30
Çizelge 3.3 Ön örneklemedeki toprak örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler (n=9)	34
Çizelge 3.4 Ön örneklemeden elde edilen tanımlayıcı istatistiklere göre %10 hata (D) ile alınması gerekli örnek sayıları (n) .....	34
Çizelge 3.5 Fındık bitkisi için bazı besin elementlerinin sınır değerleri (Olsen, 2013) .....	38
Çizelge 3.6 Bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sınır değerleri .....	39
Çizelge 3.7 Toprakta makro ve mikro besin elementlerinin sınır değerleri .....	40
Çizelge 4.1 Toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	43
Çizelge 4.2 Toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait verilerin Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılıma uygunluklarının sınanması .....	44
Çizelge 4.3 Çalışma alanı topraklarının bazı özelliklerine ait Pearson korelasyon katsayıları.....	45
Çizelge 4.3 Çalışma alanı topraklarının bazı özelliklerine ait Pearson korelasyon katsayıları (devam) .....	46
Çizelge 4.4 Yaprakların bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	47
Çizelge 4.5 Fındık bitkisi yapraklarının bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait verilerin Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılıma uygunluklarının sınanması .....	48
Çizelge 4.6 Fındık bitkisi yapraklarının bazı özelliklerinin ve topraktaki oranların birbirleriyle ilişkilerine ait Pearson korelasyon katsayıları .....	49
Çizelge 4.7 Toprak ve bitkilerdeki bitki besin elementlerinin ikili ilişkileri.....	50
Çizelge 4.8 Kil değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	51
Çizelge 4.9 Kil içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	52
Çizelge 4.10 Kil içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanları .....	53
Çizelge 4.11 Silt değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri.....	53
Çizelge 4.12 Silt içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	54
Çizelge 4.13 Silt içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	55
Çizelge 4.14 Kum değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri.....	56
Çizelge 4.15 Kum içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	56

<b>Çizelge 4.16</b> Kum içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	57
<b>Çizelge 4.17</b> Hacim ağırlığı (HA) için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	58
<b>Çizelge 4.18</b> Hacim ağırlığı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	59
<b>Çizelge 4.19</b> Hacim ağırlığı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	60
<b>Çizelge 4.20</b> Organik maddenin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	61
<b>Çizelge 4.21</b> Organik maddenin ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	62
<b>Çizelge 4.22</b> Organik madde için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	63
<b>Çizelge 4.23</b> Mikrobiyal biyomas-C içeriğinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	64
<b>Çizelge 4.24</b> Mikrobiyal biyomas C için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	65
<b>Çizelge 4.25</b> Mikrobiyal biyomas C içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	66
<b>Çizelge 4.26</b> $C_{mic}:C_{org}$ için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	67
<b>Çizelge 4.27</b> $C_{mic}:C_{org}$ oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	68
<b>Çizelge 4.28</b> $C_{mic}:C_{org}$ oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	69
<b>Çizelge 4.29</b> Toprak reaksiyonu (pH) için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	70
<b>Çizelge 4.30</b> Toprak reaksiyonu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	70
<b>Çizelge 4.31</b> Toprak reaksiyonu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	71
<b>Çizelge 4.32</b> EC için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	72
<b>Çizelge 4.33</b> EC için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	73
<b>Çizelge 4.34</b> EC için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	74
<b>Çizelge 4.35</b> Amonyum nitrat için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	75
<b>Çizelge 4.36</b> Amonyum nitrat için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	76
<b>Çizelge 4.37</b> Amonyum nitrat azotu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	77
<b>Çizelge 4.38</b> Alınabilir P için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreler .....	77
<b>Çizelge 4.39</b> Alınabilir P için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	78

<b>Çizelge 4.40</b> Alınabilir P için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	79
<b>Çizelge 4.41</b> Alınabilir K için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	80
<b>Çizelge 4.42</b> Alınabilir K için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	80
<b>Çizelge 4.43</b> Alınabilir K için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	81
<b>Çizelge 4.44</b> Alınabilir Ca için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	82
<b>Çizelge 4.45</b> Alınabilir Ca için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	83
<b>Çizelge 4.46</b> Alınabilir Ca için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	84
<b>Çizelge 4.47</b> Alınabilir Mg için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	84
<b>Çizelge 4.48</b> Alınabilir Mg için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	85
<b>Çizelge 4.49</b> Alınabilir Mg için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	86
<b>Çizelge 4.50</b> Alınabilir Na için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	87
<b>Çizelge 4.51</b> Alınabilir Na için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	88
<b>Çizelge 4.52</b> Alınabilir Na için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	89
<b>Çizelge 4.53</b> Alınabilir Fe en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	89
<b>Çizelge 4.54</b> Alınabilir Fe için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	89
<b>Çizelge 4.55</b> Alınabilir Fe için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	90
<b>Çizelge 4.56</b> Alınabilir Cu için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	91
<b>Çizelge 4.57</b> Alınabilir Cu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	92
<b>Çizelge 4.58</b> Alınabilir Cu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	93
<b>Çizelge 4.59</b> Alınabilir Zn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	93
<b>Çizelge 4.60</b> Alınabilir Zn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	94
<b>Çizelge 4.61</b> Alınabilir Zn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	95
<b>Çizelge 4.62</b> Alınabilir Mn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	95
<b>Çizelge 4.63</b> Alınabilir Mn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	96

<b>Çizelge 4.64</b> Alınabilir Mn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	97
<b>Çizelge 4.65</b> Alınabilir B için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	97
<b>Çizelge 4.66</b> Alınabilir B için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	98
<b>Çizelge 4.67</b> Alınabilir B için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	99
<b>Çizelge 4.68</b> Ca:K oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	99
<b>Çizelge 4.69</b> Ca:K oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	100
<b>Çizelge 4.70</b> Ca:K oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	100
<b>Çizelge 4.71</b> Ca:Mg oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	101
<b>Çizelge 4.72</b> Ca:Mg oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	101
<b>Çizelge 4.73</b> Ca:Mg oranı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	102
<b>Çizelge 4.74</b> Mg:K oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	103
<b>Çizelge 4.75</b> Mg:K oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	103
<b>Çizelge 4.76</b> Mg:K oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	104
<b>Çizelge 4.77</b> Çalışma alanı topraklarının besin indeks değerleri ve verimlilik dereceleri.....	105
<b>Çizelge 4.78</b> Klorofil a içeriğinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	106
<b>Çizelge 4.79</b> Klorofil a için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	106
<b>Çizelge 4.80</b> Klorofil a için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	107
<b>Çizelge 4.81</b> Klorofil b içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	108
<b>Çizelge 4.82</b> Klorofil b için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	108
<b>Çizelge 4.83</b> Klorofil b için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	109
<b>Çizelge 4.84</b> Toplam klorofil içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	110
<b>Çizelge 4.85</b> Toplam klorofil için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	110
<b>Çizelge 4.86</b> Toplam klorofil için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	111
<b>Çizelge 4.87</b> Klorofil a:b oranının değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	112

<b>Çizelge 4.88</b> Klorofil a:b oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	113
<b>Çizelge 4.89</b> Klorofil a:b oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	114
<b>Çizelge 4.90</b> Azot için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri..	114
<b>Çizelge 4.91</b> N için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	115
<b>Çizelge 4.92</b> N için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	116
<b>Çizelge 4.93</b> P için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	117
<b>Çizelge 4.94</b> P için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	117
<b>Çizelge 4.95</b> P için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	118
<b>Çizelge 4.96</b> K için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri.....	119
<b>Çizelge 4.97</b> K için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	120
<b>Çizelge 4.98</b> K için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	121
<b>Çizelge 4.99</b> Ca için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri .....	122
<b>Çizelge 4.100</b> Ca için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	122
<b>Çizelge 4.101</b> Ca için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	123
<b>Çizelge 4.102</b> Mg için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri..	124
<b>Çizelge 4.103</b> Mg için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	124
<b>Çizelge 4.104</b> Mg için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	125
<b>Çizelge 4.105</b> Na için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri...	126
<b>Çizelge 4.106</b> Na için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	126
<b>Çizelge 4.107</b> Na için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	127
<b>Çizelge 4.108</b> Fe için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri ...	128
<b>Çizelge 4.109</b> Fe için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	128
<b>Çizelge 4.110</b> Fe için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	129
<b>Çizelge 4.111</b> Cu için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri...	130
<b>Çizelge 4.112</b> Cu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	130
<b>Çizelge 4.113</b> Cu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	131
<b>Çizelge 4.114</b> Zn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri...	132
<b>Çizelge 4.115</b> Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	132

<b>Çizelge 4.116</b> Zn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	133
<b>Çizelge 4.117</b> Mn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri ..	134
<b>Çizelge 4.118</b> Mn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	134
<b>Çizelge 4.119</b> Mn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	135
<b>Çizelge 4.120</b> B için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri.....	136
<b>Çizelge 4.121</b> B için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	137
<b>Çizelge 4.122</b> B için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	138



## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>%</b>	: Yüzde
<b>B</b>	: Bor
<b>C</b>	: Kil
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>CL</b>	: Killi Tın
<b>cmol</b>	: Santimol
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>da</b>	: Dekar
<b>dS</b>	: Desi Siemens
<b>DTPA</b>	: Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
<b>EC</b>	: Elektriksel İletkenlik
<b>Fe</b>	: Demir
<b>g</b>	: Gram
<b>ha</b>	: Hektar
<b>kg</b>	: kilogram
<b>K</b>	: Potasyum
<b>L</b>	: Tın
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>MBC</b>	: Mikrobiyal Biyomas C
<b>mg</b>	: Miligram
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>N</b>	: Azot
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>NH<sub>4</sub></b>	: Amonyum
<b>NH<sub>4</sub>OAc</b>	: Amonyum Asetat
<b>NO<sub>3</sub></b>	: Nitrat
<b>OM</b>	: Organik Madde
<b>P</b>	: Fosfor
<b>pH</b>	: Ortamda Bulunan H <sup>+</sup> Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
<b>RMSS</b>	: Standardize Edilmiş Hata Kareler Ortalamasının Karekökü
<b>RSS</b>	: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü
<b>SCL</b>	: Kumlu Killi Tın
<b>VK</b>	: Varyasyon Katsayı
<b>Zn</b>	: Çinko

---

## EKLER LİSTESİ

### Sayfa

EK 1: Örnekleme noktalarının koordinatları (UTM, WGS 1984).....	161
EK 1 (devamı): Örnekleme noktalarının koordinatları (UTM, WGS 1984).....	162
EK 2: Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler.....	163
EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler .....	164
EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler .....	165
EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler .....	166
EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler .....	167
EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler .....	168
EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam).....	169
EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam).....	170
EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam).....	171
EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam).....	172
EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler .....	173
EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)..	174
EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)..	175
EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)..	176
EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)..	177
EK 5: Toprak özelliklerinin değişimleri için izotropik semivaryogram modellerinde $R^2$ ve RSS değerleri .....	178
EK 6: Bitki özelliklerinin değişimleri için izotropik semivaryogram modellerinde $R^2$ ve RSS değerleri .....	179
EK 7: Etki alanı dikkate alındığında çalışma alanında sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları.....	180
EK 8: Etki alanı dikakte alındığında, çalışma alanında sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak bitki örneği sayıları.....	181

## 1.GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler, insanların toprakları işlemek suretiyle çeşitli kültür bitkilerini yetiştirmesi ve onlardan ürün elde etmesi, bitkisel üretime dayalı olarak hayvansal üretimi gerçekleştirmesi olarak tanımlanmaktadır. Tarım ürünleri, insanların başta beslenme olmak üzere tüm temel ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Dünya üzerinde insanların hızla artan popülasyonu ile beraber tarım ürünlerine olan talep de giderek artmaktadır. Bu durum, tarımsal üretimde hem miktarın artırılması hem de devamlılığının sağlanabilmesi gereksinimini beraberinde getirmektedir.

Ülkemiz, coğrafi yapısı, iklim ve ekolojik koşullarının elverişli olması nedeniyle ürün çeşitliliği ve miktarı yönünden tarımsal üretimde küresel ölçekte büyük bir zenginliğe sahiptir. Yeryüzünde pek çok meyvenin yetiştiriciliğinin yapıldığı ülkemizde sert kabuklu meyve yetiştiriciliği hem ekonomik önemlilik derecesi, hem de insanların günlük diyetlerinde yoğun olarak tükettikleri bir besin kaynağı olması dolayısıyla önem kazanmaktadır. Fındık, ekonomik ve kültürel önemi nedeniyle yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli sert kabuklu meyvelerin başında gelmektedir (FAO, 2021). Ülkemizde fındık yetiştiriciliği, iklim ve ekolojik koşulların uygunluğunun daha fazla olması nedeniyle ekonomik anlamda Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir. Tarımsal üretim açısından fındık yetiştiriciliğinin Karadeniz Bölgesi özelinde, ülkemizde çevresel ve ekonomik etkisi oldukça fazladır. Fındık, Türkiye ekonomisine sağladığı büyük katkıların yanında, ayrıca önemli bir ihracat ürünüdür. Bununla birlikte, fındığın insan sağlığına olan katkılarının araştırmalarla net olarak ortaya koyulması ile birlikte, hem ülkemizde hem de dünyada tüketim miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum, Karadeniz Bölgesi'nde fındık yetiştiriciliğini daha da önemli bir hale getirmektedir.

Ülkemizin en önemli tarımsal ürünlerinden biri olan fındığın, son yıllarda iklim değişiklikleri, bilinçli tarımsal faaliyetlere yeterince yer verilmemesi gibi nedenlerle veriminde arzu edilen seviyeler yakalanamamıştır. Dolayısıyla, bu konuda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bilhassa verimde artışa engel olan etmenlerin belirlenmesi, fındık bitkisinin habitat koşullarındaki risk faktörlerini en az düzeye indirebilmek veya bunlara çözüm sunabilmek, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik açısından büyük bir önem taşımaktadır. Fındık bitkisinde alana özgü yönetim

stratejilerinin oluşturulması ve mikro düzeyde planlama çalışmalarının artırılması ise tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesine büyük katkılar sağlayacaktır.

Günümüzde bilimsel çalışmaların planlanması ve geliştirilmesi doğrultusunda, bitkisel verimde ve kalitede artışların sağlanmasının yanı sıra, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması da ön plana çıkmaya başlamıştır. İnsanlara sağlıklı ve kaliteli besin sunabilmede sürekliliğin sağlanabilmesi için, tarım alanlarının elverişli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle en önemli doğal kaynaklardan biri olan toprakların korunması, üretimi olumsuz etkileyecek risk faktörlerinin en az düzeye indirilmesi ve toprakların verimlilik düzeylerinin artırılması oldukça önemlidir. Toprak verimliliği, sürdürülebilir tarımın en temel unsurlarından birtanesidir. Bununla birlikte, toprak verimliliği birim alandan elde edilen ürün miktarının da (verim) bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir husus, tarımsal üretimin ve gıda güvenliğinin hem iklimsel faktörlerden hem de toprak verimliliği gibi iklim dışındaki faktörlerden etkilenebilmesidir. Bu nedenle, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için üretim alanlarında toprak-bitki-iklim ilişkisinin, çok yönlü değerlendirilmesi gerekmektedir.

Toprak-bitki sistemi, iklimsel faktörlerin etkisi altındadır. Her ne kadar bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve ürün verebilmesi için uygun toprak koşullarına ihtiyaç duyulsa da tarımsal üretimde bitkilerin maruz kaldığı bazı olumsuz doğa olayları tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu durum Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Ordu ilinde yaygın olarak fındık yetiştiriciliği yapılan tarım alanları için de söz konusudur. Ordu ili mevsimlere göre değişmekle birlikte zaman zaman yoğun yağışlara maruz kalabilmektedir. Fındık yetiştiriciliği yapılan alanlar, genelde eğimli alanlar ve dik yamaçlar olmakla birlikte, yer yer nispeten düze yakın ve taban arazilerde de fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu nedenle; kıyı bölgelerinde, düşük kotlu ya da düz ve taban arazilerde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda zaman zaman su baskınları da meydana gelebilmektedir. Tarımsal üretim yapılan alanlarda, bitki büyümesini ve verimi sınırlandıran iklimsel faktörlerden bir tanesi de su basmasıdır. Tarımsal üretimde su basması, iklimsel olaylara bağlı olarak kuraklıktan sonra en çok karşılaşılan abiyotik stres faktörüdür. İklim olaylarından kaynaklı, tahmin edilemeyen, ani ve yoğun yağış altındaki veya sulu koşullarda

tarımsal üretim yapılan alanlardaki zayıf drenaj, toprak derinliğinin yetersiz olması, geçirimsiz tabaka gibi faktörlerin etkisiyle, sıklıkla tarım alanlarında su basması sorunu ile karşılaşılabilir. Dünyada tarımsal üretim yapılan alanların %16'sının su altında kaldığı bilinmektedir. Böylesi alanlarda, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle ilerleyen yıllarda ciddi oranlarda artışların olacağı da tahmin edilmektedir (Tian ve ark., 2021). Bu durum, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla tarımsal üretim faaliyetlerinin yapıldığı ve zaman zaman su baskınına maruz kalan alanların toprak özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Su altında kalan alanlarda; fotosentetik faaliyetlerin azalması ve kök metabolizmasının zayıflaması nedeniyle, bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alınımının da azalabilmesi gibi toprak-bitki sisteminin olumsuz etkilendiği durumlarla karşılaşılabilir (Liliane ve Charles, 2020). Uzun süreli veya kısa süreli su altında kalan tarımsal alanlarda görülebilen bu olumsuz etkiler nedeniyle, ürün verimi azalmakta, oldukça büyük ekonomik kayıplar olabilmektedir. Ürünlerin su basmasından kaynaklı zarar görme ve etkilenme oranları; maruz kalma süresine, bitkilerin gelişim dönemine ve ürünlerin çeşidine göre çok değişkenlik gösterebilmektedir (Tian ve ark., 2021). Birçok bitki gibi fındık bitkisi de su basmasından olumsuz yönde etkilenmektedir. Su altında kalan fındık bitkisinin gelişimlerinde gerilemelerin olduğu dikkat çekmektedir. Ordu ilinin kıyı kesimlerinde arazilerin zaman zaman su altında kaldığı ve toprakların suyla doymuş olması ve bitki besin elementlerinin alımındaki zorluklar nedeniyle, fındık ağaçlarının gelişiminin eksik kaldığı ve bodurluk sorunlarıyla karşılaşılabilirdiği yapılan bir çalışmada da bildirilmiştir (Türkmen, 2004).

Bazı araştırmacılar, toprakların verimliliklerinin artırılmasıyla, su basmasının bitki gelişimi üzerindeki olası olumsuz etkilerinin azaltılabileceğini ifade etmişlerdir (Xie ve ark., 2009; Jimenez ve ark., 2015). Topraklar doğası gereği bazı fiziksel (tekstür, hacim ağırlığı, gözeneklilik), kimyasal (pH, organik madde, makro ve mikro besin elementleri gibi) ve biyolojik (mikroorganizma aktiviteleri gibi) özelliklere sahiptir. Toprakların bu özelliklerinin iyi bilinmesi, verimliliklerinin sürdürülebilirliği açısından da önem taşımaktadır. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesi için öncelikle topraklarda ve bitkilerde analizler yapılmalıdır. Toprak ve bitki analizlerinden elde

edilen bilgiler doğrultusunda, bitkisel üretim alanlarının verimlilik durumları ortaya koyulmalı ve toprakların verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik tedbirler alınmalıdır.

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri çok kısa mesafelerde dahi çok fazla değişkenlik gösterebildiğinden, bitkilerin gelişimleri de kısa mesafelerde önemli düzeylerde farklılıklar sergileyebilmektedir. Günümüzde tarım alanlarında yersel değişikliklerin ortaya koyulup, örnekleme yapılmayan nokta veya alanlarda tahminler yapabilmek amacıyla jeoistatistiksel teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeoistatistiksel tekniklerin tarım alanlarında kullanılmasıyla, toprak ya da bitki özelliklerinde meydana gelen değişimler net bir şekilde izlenebilmektedir. Bu nedenle, topraklarda verimlilik göstergelerinin uzaysal değişkenliklerinin belirlenmesi, hem daha ekonomik hem de tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte, jeoistatistiksel teknikler kullanılarak tahmin haritalarının da üretilebilmesi, uygulamaya aktarılacak önemli bir çıktıdır. Tarım alanlarının arzu edilen özellikler bakımından haritalanması, hem alana özgü yönetim stratejilerinin uygulanması hem de görsel olarak arazi hakkında detaylı bilgi sunması açısından alanların doğru ve sürdürülebilir kullanımına olanak sağlamaktadır.

Hem Ülkemiz, hem de Karadeniz Bölgesi için önemli bir gelir kaynağı olan fındık bitkisine gereken önemin verilmesi sağlanmalıdır. Fındık yetiştiriciliği yapılan bu bölgede, bilinçli üretici sayısı arzu edilen seviyede değildir ve üreticilerin çoğu da geleneksel yöntemlerle tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda fındık yetiştiriciliği ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalardan elde edilen sonuçların, fındık yetiştiriciliği yapmakta olan üreticilere aktarılması ve alana özgü yönetim uygulamalarından elde edilecek faydaların fındık üreticilerinde karşılık bulmasına yönelik olarak yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan jeoistatistiksel teknikler hem alana özgü yönetim stratejilerinin oluşturulmasına hem de girdi optimizasyonu sağlayarak üretim maliyetlerinin azalmasına katkı sağlamaktadır.

Karadeniz Bölgesi'nde su basması, fındık yetiştiriciliği yapılan düz ve düze yakın eğime sahip tarım arazilerinde önemli bir sorun haline gelebilmektedir. Bu alanlarda, toprakların verimlilik düzeyleri ile bu topraklarda yetiştirilen fındık

bitkisine yönelik temel veri tabanının oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada elde edilen verilerle, zaman zaman su altında kalan fındık yetiştiriciliği yapılan alanların verimlilik durumunun, jeostatistiksel tekniklerle ortaya koyulması ve bazı özelliklerinin haritalanması yörede tarımsal faaliyetlerin daha bilinçli adımlarla ilerlemesine olanak sağlayacak ve ürün yetiştirme uygunluğu hakkında iyi bir veri tabanı olabilecektir.

Bu tez çalışmasında; Ordu ilinde yaygın olan Tombul (Yağlı) fındık çeşidinin yetiştirildiği ve yılın belli zamanlarında, özellikle de yoğun yağışın etkisiyle, su altında kalan bir alandaki toprakların bazı verimlilik parametreleri ile fındık bitkisi besin elementlerinin mevcut durumunu değerlendirmek üzere, toprak ve bitki özelliklerinin değişimini jeostatistiksel tekniklerle ortaya koymak ve seçilen özelliklerin çalışma alanı için haritalanması amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Fındık Bitkisi ve Coğrafi Dağılımı

Fındık; odunsu bitkilerden olup, *Corylus* cinsi bitkiler grubuna girmektedir. Fındık bitkisi, tümü yenilebilir ve oldukça faydalı olan fındık ürününü üretmektedir. Fındık, üretimi birçok ekolojik faydaya sahip olmakla birlikte çeşitli iklim ve toprak koşullarına da adapte olmuş bir bitkidir. Ayrıca düşük girdili ve ekonomik açıdan da oldukça değerli bir üründür (Molnar, 2011).

Fındık, taksonomide Fagales takımı, Betulaceae familyasının Coryloideae alt familyası, *Corylus* cinsine aittir (Yoo ve Wen, 2002). *Corylus* cinsi içerisinde doğal olarak yetişen 25 kadar tür bulunmaktadır (Boccacci ve ark., 2015). Fındık bitkisinin en yaygın ve üzerinde en çok çalışılmış türü ise Avrupa ticaret fındığı olarak da bilinen *Corylus avellana L.*'dir (Molnar, 2011).

Fındık, kuzey yarımkürenin orta enlemlerinde ve ılıman bölgelerinde yetişmektedir (Gökırmak ve ark., 2009). Avrupa ve Anadolu'ya özgü olan *Corylus avellana L.*, Avrupa'nın Atlantik kıyısından Norveç'e kadar uzanan kuzey bölgelerde bulunmaktadır. Türkiye gen merkezli bir tür olan Türk fındığı, *Corylus colurna L.*'dir (Ayan ve ark., 2016). Avrupa fındığı olarak bilinen *Corylus avellana L.* geniş yayılış alanına sahipken, Türk fındığı olarak bilinen *Corylus colurna L.* Balkanlar, Romanya ve kuzey Türkiye ile sınırlıdır (Thompson ve ark., 1996). Ülkemizde *Corylus avellana L.* ve *Corylus colurna L.* doğal olarak yetişmektedir (Polat, 2014).

Türkiye'de en yaygın olanları Tombul, Palaz, Çakıldak, Sivri, Kara, Okay 28 ve Giresun Melezi olmak üzere 17 adet standart fındık çeşidi bulunmaktadır. Bu çeşitler içerisinde sadece Okay 28 ve Giresun Melezi bir ıslah programı sonucunda elde edilmiştir. Diğer fındık çeşitlerinin ise üretici seleksiyonları, mutasyonlar ya da tesadüf melezlemeleri sonucunda oluştuğu düşünülmektedir (Beyhan ve Balık, 2014).

### 2.2 Dünya'da ve Türkiye'de Fındık Yetiştiriciliği

Fındık bitkisinin kültür çeşitlerine; Türkiye, İtalya, ABD, İspanya, Fransa, Azerbaycan, Gürcistan, Çin, Şili ve Hırvatistan'da rastlanılmaktadır. Polonya ve Yunanistan'da ise bu ülkelere kıyasla daha az yetiştiricilik yapılmakla birlikte üretim alanları önceki yıllara kıyasla günümüzde önemli düzeyde artış göstermiştir. Dünya

findık üretimi son elli yılda üç kattan daha fazla artış göstererek, günümüzde 1 milyon tonu aşmıştır (FAO, 2021).

Türkiye, dünya findık üretiminin %63'üne sahiptir. Türkiye'yi sırasıyla İtalya (%7.8), ABD (%6.5), Azerbaycan (%6.3), Gürcistan (%4.3) ve Şili (%3.3) takip etmektedir (FAO, 2021). ABD, Gürcistan, Azerbaycan ve Şili'nin üretim miktarı son yıllarda kayda değer artış göstermiştir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1** Dünya findık üretim miktarı (bin ton) (FAO, 2021)

Yıllar	Ülkeler				
	Türkiye	İtalya	ABD	Azerbaycan	İspanya
2012	660.00	85.23	35.50	29.62	14.40
2013	549.00	112.65	40.82	31.20	15.30
2014	450.00	75.45	32.66	30.03	13.54
2015	646.00	101.64	28.12	32.26	11.42
2016	420.00	120.57	39.91	34.27	9.51
2017	675.00	131.28	29.03	45.53	10.48
2018	515.00	132.70	46.27	52.06	8.03
2019	776.04	98.53	44.45	53.79	12.37
2020	665.00	140.56	64.41	49.46	5.45
2021	684.00	84.67	70.31	67.63	7.78

Ülkemiz, dünya findık üretim alanlarının %71'ine sahiptir (FAO, 2021). Dünya findık üretim alanında ilk sırada yer alan Türkiye'yi sırasıyla İtalya (%8), Azerbaycan (%4.7), Amerika (%2.4) ve Şili (%2.3) takip etmektedir. Son yıllarda Şili'de dikim alanlarında önemli artışlar olmuştur. Türkiye'de yaklaşık 738 bin hektar alanda findık üretimi yapılmaktadır (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2** Dünya findık üretim alanı (bin ha) (FAO, 2021)

Yıllar	Ülkeler				
	Türkiye	İtalya	ABD	Azerbaycan	İspanya
2012	422.76	57.99	11.73	23.76	13.91
2013	422.50	71.46	12.14	24.82	13.80
2014	423.26	71.46	12.14	25.20	13.59
2015	434.12	72.12	13.76	27.32	13.30
2016	705.44	72.21	14.97	31.81	13.13
2017	706.66	73.77	16.19	35.78	12.80
2018	728.38	78.59	17.81	39.02	13.51
2019	734.40	79.25	20.23	43.38	13.02
2020	734.53	80.28	24.29	44.50	13.07
2021	738.92	82.59	24.68	48.97	13.11

2021 yılında dünya genelinde ortalama fındık verimi 103.65 kg da<sup>-1</sup>'dir. Dünya ortalama fındık veriminde önceki yıllara kıyasla önemli bir düşüş söz konusudur. 2012 yılında ortalama verim 153.58 kg da<sup>-1</sup> iken, 2021 yılında 103.65 kg da<sup>-1</sup>'a düşmüştür (FAO, 2021).

ABD, Azerbaycan, Çin, Şili, Gürcistan ise fındık verimi bakımından dünya ortalamasının oldukça üzerinde yer alırken, özellikle son yıllarda Türkiye ve İspanya, dünya ortalamasının oldukça altında kalmıştır. Dünya fındık piyasasına yön veren ve piyasada önemli bir yeri olan Türkiye'nin fındık veriminde kayda değer azalmaların olduğu dikkat çekicidir. Son yıllarda Şili'nin fındık veriminde önemli düzeyde artışlar olmuştur (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2.3** Dünya fındık verimi (kg da<sup>-1</sup>) (FAO, 2021)

Yıllar	Ülkeler				
	Türkiye	İtalya	ABD	Azerbaycan	İspanya
2012	156.12	146.97	302.49	124.64	103.55
2013	129.94	157.64	336.24	125.70	110.87
2014	104.62	106.32	269.00	119.17	99.64
2015	148.81	140.75	204.40	118.07	85.88
2016	59.54	174.02	266.59	107.72	72.39
2017	95.52	177.96	179.31	127.24	81.89
2018	70.70	168.85	259.80	133.43	59.44
2019	105.67	124.17	219.73	124.00	95.01
2020	90.53	175.09	265.17	111.15	41.70
2021	92.57	102.52	284.82	138.11	59.34

Türkiye'de fındık yetiştiriciliği yaygın olarak Karadeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre, 2021 yılında fındık dikim alanlarının %57'si Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, %22'si Batı Karadeniz Bölgesi'nde, %20'si Doğu Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. İstanbul ve civarlarında nispeten yetiştiricilik yapılmakla birlikte; Ege, Akdeniz ve Orta Doğu Anadolu Bölgesi'nde az miktarlarda da olsa fındık üretim alanları mevcuttur.

Ülkemizde Ordu ili, fındık üretim alanı ve miktarı bakımından ilk sırada yer almaktadır. TÜİK (2021) verilerine göre, Ordu ili, ülkemiz fındık üretim alanının %30'una ve üretim miktarının ise %24'üne sahiptir.

Ülkemizde, fındık verimi son yıllarda azalmıştır. Bununla birlikte, fındık yetiştiriciliğinin büyük bir çoğunluğunun yapıldığı Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ve Ordu ilinde verim, Batı Karadeniz Bölgesi'ne kıyasla daha da düşük seviyededir.

Ülkemizde fındık verimini etkileyen faktörler, iklim koşulları, taban arazilerde drenaj problemi, periyodisite, kırsal alanlardan kentlere göçün artması sebebiyle fındık bahçelerine gereken önemin verilememesi, gübreleme faaliyetlerinin ve kültürel işlemlerin yetersiz olması, işçilik masraflarının yüksek olması, engebeli ve çok dik eğime sahip arazilerin oldukça fazla olması, fındık bahçelerinin ortalama yaşının yükselmeye başlaması şeklinde sayılabilir.

Son on yıllık süreci değerlendirdiğimizde, ülkemiz fındık üretim alanlarında %74 oranında bir artış var iken verimde %40 oranında azalma meydana gelmiştir.

## 2.2 Jeostatistiksel Yöntemler

Jeostatistiksel yöntemler, 1960'lı yıllarda Fransız bilim adamı Georgas Matheron tarafından formüle edilmiştir. İlk olarak jeoloji biliminde kullanılmaya başlanılan jeostatistik, zamanla hidroloji, hidrojeoloji gibi pek çok bilim dalına da uygulanarak, bilimsel araştırmalarda yerini almıştır. 1980'li yıllardan itibaren ise toprak biliminin çeşitli alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Jeostatistik, konumu bilinen örnek noktalarının ölçülen değerini ve konumsal (spatial-uzaysal) modelini tanımlayan ve elde edilen verilerle, örneklenmemiş noktalardaki değerini tahmin edebilen uygulamalı istatistiğin bir dalıdır. Jeostatistik, 'örnek noktalarının uzaklığa bağlı ilişkisi' kavramı ile klasik istatistikten farklılık göstermektedir. Klasik istatistikte belirlenen temsili noktalarda ölçülen değerler, rastlantı değişkenlerinin bir fonksiyonu iken, jeostatistikte mesafenin bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir. Klasik istatistiksel metotlar, değişkenleri uzaysal bağımlılıklarına rağmen bağımsız değişkenler olarak değerlendirmektedir ve örnek ortalamasının popülasyon parametrelerini en iyi şekilde temsil ettiğini varsaymaktadır. Ancak, toprak özellikleri konumsal (uzaysal) bağımlılık gösterdiğinden dolayı klasik istatistik metotlarının, toprak özelliklerindeki değişkenliği ifade etmekte yetersiz kaldığı bilinmektedir. Jeostatistiksel yöntemler, bahsedilen uzaysal bağımlılığın belirlenmesinde başarıyla kullanılabilir (Öztaş, 1995).

Jeostatistiksel yöntemler, 'uzaysal-konumsal değişkenlik' ve 'varsayım-tahmin yaklaşımı'na dayalı olmak üzere, iki aşamada uygulanmaktadır. Birinci aşamada, incelenmek istenen örneklere ait parametrelerin, farklı konumlarda bulunan örnekler arasındaki otokorelasyonu (uzaysal bağımlılığın yapısı) belirlenmektedir.

İkinci aşamada ise, bu varyogram modeline dayalı tahminler yapılmaktadır. Burada ileri bir uzaysal interpolasyon tekniği kullanılarak, örneklenmemiş konumlardaki nokta ve alanların değeri tahmin edilerek, dağılım desenleri (haritalama) belirlenmektedir (Öztaş, 1995). Jeostatistiksel yöntemlerde, birinci aşama 'semivaryogram', ikinci aşama ise 'Kriging' olarak adlandırılmaktadır (Webster, 2021). Jeostatistikte, elde edilen verileri yorumlayabilmek için semivaryogram analizi yardımıyla uygun bir model belirlenmekte ve daha sonra bu varyogram modeline dayalı olarak tahminler yapılmaktadır. Dolayısıyla, semivaryogram ya da varyogram analizi, kriging (uzaysal tahmin) için birincil gerekliliktir. İncelenen özelliklerin varyogram yapısının belirlenmesi ve bu varyograma uygun bir modelin seçilmesi jeostatistiksel çalışmaların temelini oluşturmaktadır.

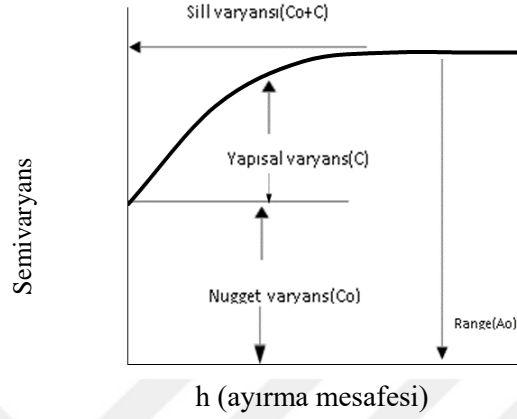
### 2.2.1 Semivaryogram

Herhangi bir alanda ölçülmek istenen noktalar arasındaki mesafe ile değişkenlerin bu noktadaki değerleri birbiriyle ilişkilidir (Journel, 1983). Birbirine daha yakın olan noktalardaki değerler, birbirine daha uzak noktalara kıyasla daha fazla benzerlik göstermektedir veya örnek noktaları (değişkenler) arasındaki mesafe arttıkça yani örnekleme noktaları birbirinden uzaklaştıkça, değerlerdeki benzerlik de azalmaktadır (Olea, 1999). Birbirine yakın mesafedeki örnekleme noktalarının birbirine benzemesi olağan bir durum olarak kabul edilmektedir (Öztaş, 1995). Jeostatistiksel yöntemlerden semivaryogram, değişkenler arasındaki bu mesafe ve değer ilişkisini istatistiksel olarak değerlendirir. Jeostatistikte konumsal değişkenler arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimi ise 'variogram fonksiyonu' ile ifade edilir (Oliver ve Webster, 2014). Varyogram, jeostatistiksel tahminin ve haritalama tekniklerinin oldukça kaliteli düzeyde geliştirilmesi ve uygulanması imkanını sağlamaktadır (Wu ve ark., 2022).

Semivaryans, birbirine  $h$  (ayırma mesafesi) mesafesinde bulunan örnek noktaları arasındaki varyansın yarısıdır. Örnek çiftleri arasındaki uzaysal bağımlılığı, sayısal olarak semivaryans tanımlar ve aşağıdaki matematiksel eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2.1)$$

Denklemdede;  $\gamma(h)$ , semivaryansı;  $N(h)$ ;  $h$  mesafesinde eşleştirilmiş örnek çiftlerinin sayısı;  $Z(x_i)$ ,  $i$  noktasında rastgele incelenen özelliğin değeri;  $Z(x_i+h)$ ,  $(x_i+h)$  noktasında rastgele incelenen değeri göstermektedir.  $Z$ ; bir özelliğin değerini;  $h$ ; örnekleme noktaları arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.



**Şekil 2.1** Örnek bir varyogram modeli (spherical-küresel-model)

İncelenen bir özelliğin örnekleme noktaları arasındaki uzaklık sıfıra eşit olduğunda ( $h=0$ ), başka bir ifadeyle; iki örnek aynı noktadan alındığında, ölçümler arasındaki varyans değeri de teorik olarak sıfıra eşit olarak kabul edilir. Bu durumda semivaryogramın daima sıfır noktasından başlaması (orjin) gerekir. Ancak, uzaklığa bağlı değişimde veriler belirlenirken örnekler farklı noktalardan alındığı için birbirine en yakın örnek çifti arasındaki mesafe dikkate alınır ve bu mesafe sınır uzaklık olarak kabul edilir. Bu mesafeden daha kısa mesafeler için veri bulunmadığından dolayı bu değer bilinemez. Dolayısıyla semivaryogram hiçbir zaman sıfır noktasından başlamaz. Semivaryogramda, örnekleme aralığından daha küçük mesafelerdeki bu varyasyon külçe etkisi veya ‘nugget effect’ olarak adlandırılır (Wu ve ark., 2022). Külçe etkisi ( $C_0$ ) yakın aralıklardaki örnekler arasındaki değişkenliği tanımlamakla birlikte, örnekleme ve analiz hatalarından kaynaklı da olabilmektedir (Tercan ve Saraç, 1998). Ayrıca, toprak özellikleri içsel (intrinsic) değişkenlikten çok fazla etkilendiği için çok kısa mesafelerde bile değişkenlik gösterebilmektedir. Bu durumda  $C_0$  değerinin sıfırdan farklı elde edilmesi ise beklenen bir sonuçtur.

Varyogramda konumsal değişkenin semivaryans değerleri, genellikle  $h$  mesafesine bağlı olarak artış göstermektedir ancak belli bir mesafeden sonra semivaryogram değeri sabit bir değer kazanır ve örnek çiftleri arasındaki mesafe artışıdan etkilenmez. Bu sabitlemenin,  $x$  eksenine paralel olarak denk geldiği

noktadaki değer, yani uzaysal bağımlılığın belirgin olduğu ayırma mesafesi ‘sill ya da tepe varyansı’ olarak ifade edilir. Sill varyansının bu noktadaki x eksenine (h mesafesi) denk gelen mesafe değeri ise ‘range veya etki aralığı’ olarak ifade edilir (Öztaş, 1995; Tercan ve Saraç, 1998). Sill ve nugget arasındaki fark ise ‘yapısal varyans (structural variance)’ olarak adlandırılır (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1995). Yapısal varyans (C), varyogram modelinin uzaysal olarak yapılandırılmış modelini temsil eder (GS<sup>+</sup>, 2008).

Toprak ve bitki özellikleri ile ilgili araştırmalarda genellikle, linear (doğrusal), spherical (küresel), exponential (üssel) ve gaussian semivaryogram modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Linear modelde varyogram, düz bir çizgi şeklindedir. Exponential ve spherical model birbirine benzemekle birlikte, exponential modelin farkı grafikteki sill varyans değerine yaklaşımının hiçbir zaman tam olmamasıdır. Bu nedenle, eksponansiyel model için etki aralığı, sill varyansının %95’ine ulaşılan mesafe değeri olarak kabul edilmektedir (GS<sup>+</sup>, 2008).

İzotropik varyogram modellerine ait matematiksel denklemler ve parametreleri şu şekildedir;

Spherical İzotropik model;

$$\gamma(h) = C_0 + C [1.5(h/A_0) - 0.5(h/A_0)^3] \quad h \leq A_0 \quad (2.2)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad h > A_0 \quad (2.3)$$

Burada;  $h$  = h mesafesi için semivaryans değeri

$C_0$  =nugget varyans  $\geq 0$

$C$ =yapısal varyans  $\geq 0$

$A_0$ = range (etki aralığı),

Ekspansiyel İzotropik Model;

$$\gamma(h)=C_0+C[1 - \exp(-h/A_0)] \quad (2.4)$$

Burada;  $h=h$  mesafesi için semivaryans değeri

$C_0$ =nugget varyans  $\geq 0$

$C$ =yapısal varyans  $\geq 0$

$A_0$ =range (etki aralığı),

Linear İzotropik Model;

$$\gamma(h) = C_0 + [h (C/A_0)] \quad (2.5)$$

Burada;  $h=h$  mesafesi için semivaryans değeri

$C$ =nugget varyans  $\geq 0$

$C$ =yapısal varyans  $\geq 0$

$A_0$ =range (etki aralığı)

Gaussian İzotropik Model;

$$\gamma(h) = C_0 + C[1 - \exp(-h^2/A_0^2)] \quad (2.6)$$

Burada;  $h=h$  mesafesi için semivaryans değeri

$C_0$ =nugget varyans  $\geq 0$

$C$ =yapısal varyans  $\geq 0$

$A_0$ =range (etki aralığı)

Variogram, hem uzaklık hem de yön ve açısal tolerans ile hesaplanır (Wu ve ark., 2021). Bir özelliğin örnek çiftleri arasındaki uzaysal bağımlılık, sadece mesafeye ya da hem mesafeye hem de yöne bağlı olabilmektedir. Semivaryogramda değişim her yönde aynı ise bölgesel değişken “izotropik”; değişim yönler göre farklılık gösteriyor ise “anizotropik” olarak adlandırılır (Mazella ve Mazella, 2013; Wu ve ark., 2021).

### 2.2.2 Kriging

Kriging, incelenen bir özelliğin veri noktaları arasındaki mesafeyi ve varyasyon derecesini (uzaysal bağımlılık) dikkate alarak, bilinmeyen nokta (Punctual Kriging) ve alanlardaki (Block Kriging) değerleri tahmin edebilen bir jeostatistiksel interpolasyon tekniğidir. Kriging interpolasyon yöntemi, semivaryans yardımıyla belirlenen bu değerleri tarafsız olarak ve minimum varyansla en uygun şekilde tahmin edebilmektedir (Webster ve Oliver, 2014).

Kriging denklemi şu şekilde açıklanmaktadır;

$$Z^t = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot Z_i \quad (2.7)$$

Burada;

$Z^t$  = incelenen özelliğin kriging tahmin değeri

$N$  = modeli oluşturan nokta sayısı

$\lambda_i$  = incelenen özelliğin her  $i$  noktasına karşılık gelen ağırlık değeri

$Z_i$  = incelenen özelliğin  $i$  noktasındaki değeri (değişken)  $i=1; n$  sayısına kadar bütün noktaların ağırlık katsayılarının toplamı 1'e eşittir. Kriging'de bu ağırlıklar, interpolasyonun tarafsız olması, tahmin hatalarının ortalamasının sıfır ve varyansının en küçük (minimum) olmasını sağlamak için belirlenmektedir (Journel ve Huijbregts, 1978; Webster ve Oliver, 2014).

Kriging interpolasyon yönteminin diğer interpolasyon yöntemlerine göre temel avantajı; tahmin edilen her nokta için bir varyans değerinin (ortalama değişkenlik değeri) hesaplanabilmesidir. Başka bir ifadeyle, konumu bilinen örnek noktalarının değerlerine göre tahmin edilen her bir noktanın değerlerinin ne kadar değişkenlik gösterdiğinin kriging yönteminde hesaplanabilmesidir. Kriging, jeostatistikte kullanılan bir tahmin yöntemidir ve tahmine dayalı yöntemlerde hata payı her zaman mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla krigingde, tahmin hatasını en aza indirmek amacıyla, her bir parametrenin örneklenen nokta için varyans değeri de belirlenebilmektedir. Burada hesaplanan kriging hata varyansları aynı zamanda tahmin edilen değerlerin güven aralığını değerlendirmek için de kullanılmaktadır. Kriging interpolasyon yönteminde herhangi bir nokta veya alan için sonuçlar güven aralığı içerisinde tahmin edilebilmektedir. Kriging interpolasyon yönteminin bahsedilen bu

doğruluk değerlendirmesi ve güven aralığının belirlenebilmesi avantajlarının yanında diğer bir avantajı ise, alana en uygun krigining tekniklerinin seçilebilmesidir (Wu ve ark., 2021).

### **2.3 Toprak Özellikleri İlişkili Jeostatistiksel Çalışmalar**

Trangmar ve ark., (1985) arazi kullanımında mekansal değişikliğin öneminin anlaşılması üzerine toprakların heterojen karakterlerinden dolayı minerallerin yapısal ve kimyasal bileşimindeki değişikliklerin küresel ölçekten mikro ölçek düzeyine kadar araştırılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlamaya yönelik olarak mekansal bağımlılığının belirlenmesinde ve tahmin edilmesinde uygulanacak en pratik, tarafsız ve güvenilir yaklaşımın jeostatistiksel tekniklerle ortaya konulabileceğini bildirmişlerdir.

Bhatti ve ark., (1993) toprakların bazı fizikokimyasal özelliklerinin uzaysal değişimini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, 4.5 ha'lık bir çalışma alanında 0-25 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde tekstür, pH, kireç, ekstrakte edilebilir fosfor ve potasyum içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, ekstrakte edilebilir fosforun yaklaşık %64'lük varyasyon katsayısı ile en yüksek değişkenliğe sahip olduğunu, ekstrakte potasyumun ise fosforun ardından %23'lük varyasyon katsayısı gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmada, toprak pH'sı ve potasyum hariç tüm toprak özelliklerinin konumsal değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir.

Cambardella ve ark., (1994) tarla koşullarındaki iki farklı alanda toprakların bazı fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerindeki mekânsal değişkenliği belirlemek amacıyla jeostatistiksel teknikler kullanarak yürüttükleri çalışmalarında; bazı toprak özelliklerinin her iki tarla koşullarında da benzer uzaysal değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, bu çalışmadan elde edilen bilgilerin benzer alanlar için yönetim uygulamalarında fayda sunabileceğini ileri sürmüşlerdir. Yine bu çalışmada; nugget varyansın sill varyansa oranının uzaysal bağımlılığın derecesini belirlemek için kullanılabileceğini, bu oranın 0.25'ten küçük olduğunda "kuvvetli" bir uzaysal bağımlılığın, 0.25 ile 0.75 arasında olduğunda "orta derecede" ve 0.75'ten büyük olması durumunda ise "zayıf" bir uzaysal bağımlılığın olduğunu bildirmişlerdir.

Aşkın (2002), Samsun ilinde 1.35 ha'lık arazide aynı hat üzerinde tepe, yamaç ve teras pozisyona sahip bir merada, toprakların strüktürel dayanıklılığının ve erozyona duyarlılığın belirlenmesinde kullanılan bazı göstergelerin uzaysal değişimlerini, jeostatistiksel yöntemlerle belirlemiştir. Araştırmacı bu çalışmada, varyasyon katsayıları dikkate alındığında hacim ağırlığının en az değişim gösteren, kireç içeriğinin ise en fazla değişim gösteren toprak özelliği olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin teras pozisyonunda, tepe ve yamaç pozisyonlarına kıyasla daha az değişim gösterdiğini ifade etmiştir. Çalışma sonucunda araştırma alanının tamamına yakın bir kısmı strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütlerine göre erozyona karşı 'dayanıklı' olarak sınıflandırılmıştır.

Corwin ve Lesch (2005), toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin belirlenmesinin, toprak biliminin en önemli araştırma konularından bir tanesi olduğunu ve alan özgü yönetim uygulamalarının temelini oluşturduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinde rastlanılan mekânsal heterojenliğin; toprak oluşum süreçleri, iklimsel süreçler ve antropojenik etkiler sonucu meydana geldiğini de ifade etmişlerdir.

Iqbal ve ark., (2005) yaklaşık 0.41 ha'lık alüvyal bir alandaki toprakların fiziksel özelliklerinin ve varyans yapısının belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, hacim ağırlığı değerlerinin en az (%0.01) değişkenlik gösteren ve doygun hidrolik iletkenlik değerlerinin ise en fazla (%1542) değişkenlik gösteren özellikler olduğu saptamışlardır. Araştırmacılar, topraklarda kum, silt ve kilin uzaysal değişkenliğinin ortaya koyulabilmesi için 400 m'lik bir örnekleme aralığının, hacim ağırlığı ve toprak hidrolik özellikleri için 100 m'lik bir örnekleme aralığının yeterli olacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar toprakların fiziksel özelliklerindeki değişimin konumsal modellenmesiyle bu alanlarda örnekleme stratejilerinin belirlenmesine yönelik kazanımlar sağlayacağını ve alana özgü yönetim uygulamalarına katkıda bulunacağını bildirmişlerdir.

Aşkın ve Kızılkaya (2006), mera topraklarındaki üreaz, alkalın fosfataz ve arilsülfataz enzim aktivitelerinin konumsal değişimini jeostatistiksel yöntemlerle belirledikleri çalışmalarında, 1.35 hektarlık alanda örnekleme noktalarından 0-20 cm toprak derinliğinden olmak üzere 77 adet toprak örneği almışlardır. Araştırmacılar

çalışma sonucunda; üreaz enzim aktivitesinin, 101.0 ile 182,7  $\mu\text{g N g}^{-1}$  toprak  $\text{h}^{-1}$  arasında; alkalın fosfataz enzim aktivitesinin, 1.56 ile 3.62  $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$  toprak  $\text{h}^{-1}$  arasında ve aril sülfataz enzim aktivitesinin, 1.50 ile 3.26  $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$  toprak  $\text{h}^{-1}$  arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Üreaz, alkalın fosfataz ve arilsülfataz enzim aktivitesi için en uygun semivaryogram modelinin linear (doğrusal) model olduğunu ve bu enzim aktivitelere ait semivaryogramların, yaklaşık 124.7 m etki aralığına sahip bir mesafede uzaysal bağımlılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kızılkaya ve Aşkın (2007), toprakta meydana gelen biyokimyasal süreçler hakkında bilgi sağlaması açısından toprak biyolojik parametreleri hakkında yapılan çalışmaların oldukça önemli olduğunu ve toprak biliminde jeostatistiksel yöntemlerin uygulanması ve yaygınlaşması nedeniyle bu parametrelerin de jeostatistiksel olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Ongun (2008), alüviyal bir arazide toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzaysal değişkenliğini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, alt toprak katmanının (30-60 cm) üst toprak katmanına (0-30 cm) kıyasla daha değişken olduğunu ve üst toprak katmanında en fazla değişken gösteren özelliğin ekstrakte edilebilir sodyum (Na), alt toprak katmanında ise alınabilir fosfor (P) olduğunu bildirmiştir. Jeostatistiksel değerlendirme neticesinde, çalışmasındaki tüm toprak özelliklerini dikkate aldığına, üst toprak katmanı için ortalama etki aralığının 168 m, alt toprak katmanı için ise 168,5 m olarak alınabileceğini ifade etmiştir.

Walder ve ark., (2008) su baskınına maruz kalan iki farklı alanda toprakların kum, silt, kil ve humus içeriklerinin uzaysal değişimini jeostatistiksel teknikleri kullanarak değerlendirmişler ve kriging yöntemleriyle bu özelliklerin haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, su baskınına maruz kalan alanların toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesinde jeostatistiksel metodların mükemmel bir olanak sağladığını ve oluşturulan haritaların geleneksel toprak haritalarına kıyasla, toprak özelliklerinin uzaysal dağılımının daha iyi anlaşılması açısından daha fazla bilgi sağladığını belirtmişlerdir.

Marchetti ve ark., (2012) Akdeniz iklim koşullarında bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişimlerini jeostatistiksel metodlarla değerlendirmek amacıyla, 100  $\text{km}^2$ 'lik bir alanda oluşturulan örnekleme noktalarından alınan 250 yüzey toprak örneğinin organik madde, kum, kil içerikleri ve C:N değerlerini

belirlemişler ve elde ettikleri verilerle örneklenmemiş noktalardaki değerleri tahmin etmek için kriging yöntemini kullanarak dağılım haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırma sonucunda; semivaryogramların etki mesafelerini; organik madde için 601 m; kum ve kil için 646 m ve C:N oranı için 3075 m olarak saptamışlar ve bütün parametreler için en uygun semivaryogram modelinin spherical (küresel) model olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, jeostatistiksel tekniklere dayalı olarak haritalanan alanın %87'sinde organik madde içeriğinin toprak tekstürüne bağlı olarak düşük olduğu ve %50'sinde ise optimum düzeyde C:N oranı olduğu ifade edilmiştir.

Foroughifar ve ark., (2013) toprakların bazı fizikokimyasal özelliklerinin uzaysal değişimlerini jeostatistiksel metodlarla belirledikleri çalışmalarında, grid örnekleme sistemine göre 1000 m aralıklarla yüzeyden olmak üzere 98 toprak örneği almışlardır. Araştırma alanında jeostatistiksel analizler neticesinde, pH, organik madde, kation değişim kapasitesi, Zn, Cu, Fe, kil için spherical (küresel) modelin, P için exponential (üssel) modelin ve Mn için ise linear (doğrusal) modelin en uygun semivaryogram modeller olduğu, ayrıca incelenen parametrelerin varyogram modellerindeki etki mesafelerinin ise 1600-7364 m arasında değiştiği bildirilmiştir.

Gülser ve ark., (2016) tarım yapılan bir arazide toprağın bazı fiziksel özelliklerinin uzaklığa bağlı olarak konumsal değişkenliğini araştırdıkları bir çalışmalarında, jeostatistiksel tekniklerden faydalanmışlar ve semivaryogramlardan elde edilen sonuçlar neticesinde kriging tahmin yönteminden istifade ederek çalışma alanının haritasını oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın sonucunda; toprak özelliklerine ait semivaryogramların konumsal etki aralığının özelliklere göre değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. En küçük etki aralığı (10.24 m) toprakların tarla kapasitesi değerlerinde; en büyük etki aralığı ise (80.19 m) kil içerikleri için tespit edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, toprakların hidrolojik özelliklerinin çok küçük ölçekli arazide bile güçlü düzeyde bir uzaysal bağımlılık gösterdiği ve bu nedenle bir arazide istenilen verimin elde edilebilmesi için toprakların verimlilik parametrelerine ilave olarak fiziksel ve hidrolik özelliklerinin de değerlendirilmesi gerektiği; alana özgü yönetimde başarı sağlanabilmesi için de hassas tarım uygulamalarında toprakların fiziksel özelliklerinin mutlaka dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Reza ve ark., (2016) su altında kalmış alüvyal bir alanda yer alan toprakların bazı fiziksel özelliklerini jeostatistiksel teknikler kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu

çalışmada, rastgele örnekleme ile yüzeyden alınan 85 örnek kullanılmış ve toprakların kum, silt, kil, tarla kapasitesi su içeriği, devamlı solma noktası, yarayışlı su içerikleri belirlenmiştir. Jeostatistiksel analizlere göre, toprakların fiziksel özellikleri yüksek değişkenlik göstermekle birlikte %68 ile en yüksek varyasyon toprakların kum içeriklerinde tespit edilmiştir. Toprak özelliklerinin kriging yöntemiyle tahmin haritalarını oluşturmak için en uygun semivaryogram modellerinin exponential (üssel) ve spherical (küresel) modeller olduğu ortaya koyulmuştur. Toprakların kil içerikleri, güçlü bir uzaysal bağımlılık gösterirken diğer toprak fiziksel özellikleri ise orta düzeyde bir uzaysal bağımlılık sergilemiştir. Toprak özelliklerinden elde edilen haritalarda, çalışma alanının kuzeybatısında kum içeriklerinin yüksek olduğu ancak tarla kapasitesi su içeriği, devamlı solma noktası ve yarayışlı su içeriğinin ise düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, herhangi bir örnekleme konumu için semivaryogram modelleri kullanılarak toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişimlerinin tahmin edilmesi açısından haritaların gözlemlenen değerlerinin, geleneksel istatistik ortalamasından daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir.

Daniel ve ark., (2017) su baskınına uğrayan bir alanda toprakların organik karbon, kum, silt, kil ve hacim ağırlığı gibi özelliklerinin uzaysal değişimlerini jeostatistiksel metodlar kullanarak ortaya koymak amacıyla ele aldıkları bir çalışmada, su baskınına maruz kalma yoğunluğuna göre sınıflandırılan üç farklı hidrolojik alanda gridler oluşturularak kesişme noktalarından 76 toprak örneği almışlardır. Araştırmacılar, diğer parametrelere kıyasla toprak hacim ağırlığının düşük varyasyon gösterdiğini (%9.7) ve seçilen tüm toprak özelliklerinin uzaysal bağımlılıklarına göre tahmin haritalarını oluşturmak için en uygun semivaryogram modelinin exponential (üssel) model olduğunu belirlemişlerdir. Toprakların hacim ağırlığı, organik karbon, silt değerleri orta derecede bir uzaysal bağımlılık, kum ve kil değerleri ise güçlü düzeyde bir uzaysal bağımlılık göstermiştir. Araştırmacılar, toprak özelliklerinin kriging yöntemiyle haritalanmasıyla, su altında kalan alanlarda yetiştirilecek ürünlerin verim potansiyellerinin ve hidrolojik ilişkilerin daha net bir şekilde ortaya koyulabileceğini ifade etmişlerdir.

Reza ve ark., (2017) su altında kalan alüvyal bir alanda yer alan toprakların pH, organik karbon, yarayışlı azot, fosfor, potasyum ve çinko içeriklerinin mekânsal

değişkenliğini belirlemek için jeoistatistiksel teknikleri kullanarak yürüttükleri bir çalışmada, rastgele örnekleme ile aldıkları 85 toprak örneği kullanmışlardır. Jeostatistiksel analizler sonucunda, kriging kullanarak tahmin haritaları oluşturmak için en uygun semivaryogram modellerinin N, P, Zn için spherical (küresel), organik karbon için exponential (üssel), pH ve K için ise Gaussian modeller olduğunu ifade etmişlerdir. Yarayışlı azot, fosfor ve çinko orta seviyede bir uzaysal bağımlılık gösterirken, pH ise güçlü düzeyde bir uzaysal bağımlılık sergilemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı fosforda (%94.3), en düşük varyasyon katsayısı ise toprak pH değerinde tespit edilmiştir. Araştırmacılar, toprak özelliklerinin kriging haritalarında farklı dağılım desenleri oluşturduğunu, Hindistan'ın yoğun olarak tarım yapılan alüvyal alanlarında toprak özellikleri için geliştirilen uzaysal dağılım haritalarının bölgeye özgü bitki besin elementi yönetimi ve toprak örnekleme stratejilerini geliştirmek açısından iyi bir kılavuz olduğunu bildirmişlerdir.

Bhunia ve ark., (2018) lateritik toprakların pH, elektriksel iletkenlik (EC), azot, fosfor, potasyum ve organik karbon içeriklerindeki mekânsal değişimi jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirmek amacıyla ele aldıkları bu çalışmalarında; kriging tekniğini kullanarak yüzey topraklarının bazı özelliklerinin tahmin haritalarını oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, incelenen toprak özellikleri için en uygun semivaryogram modelinin exponential (üssel) model olduğu ve nugget varyansın sill varyansına oranına göre azot ve fosforun güçlü derecede bir uzaysal bağımlılık sergilediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu çalışma ile oluşturulan jeostatistiksel modelin lateritik topraklardaki mekânsal değişkenliğinin ortaya koyulmasında fayda sağlayacağı ve toprak-su yönetiminin iyileştirilmesinde üreticilere yardımcı olacağını vurgulamışlardır.

Laekemariam ve ark., (2018) toprakların bazı verimlilik parametrelerini jeostatistiksel teknikler yardımıyla değerlendirmek amacıyla 789 adet toprak örneği kullanmışlardır. Araştırmada, Fe, Cu, Zn'nin güçlü derecede; pH, organik madde, toplam N, S, Ca, Mg, B, katyon değişim kapasitesi ve Mn'nin orta derecede; P ve K'nin ise zayıf derecede bir uzaysal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin konumsal değişkenliklerine göre kriging ile tahmin haritaları oluşturmak için en uygun semivaryogram modelinin organik karbon, toplam N, P, Mg, B, Fe, Zn,

katyon değişim kapasitesi, K/Mg oranı için exponential; pH, Ca, Mn için spherical; S ve K için ise Gaussian modelleri olduğu belirtilmiştir. Araştırıcılar, toprak özelliklerinin önemli derecede değişkenlik gösterdiğini (varyasyon katsayıları %10 ile %236 arasında değişkenlik göstermiştir), interpolasyon yardımıyla üretilen harita dikkate alındığında çalışma alanı topraklarının N, P, K, S, Cu bakımından yetersiz bir durumda olduğu ve bu bölgede alana özgü besin yönetiminin mutlaka oluşturulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Ramzan ve Wani (2018), Hindistan'ın Jamnu ve Keshmir bölgesinde alana özgü bitki besin yönetimi ve çevresel modelleme yapmak amacıyla alanların bitki besin haritalarını üretmek için toprak mikro elementlerinin uzaysal bağımlılığını ve değişkenliğini belirlemişlerdir. Çalışmada, grid örnekleme sistemine göre yüzey topraklarından 77 toprak örneği jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır. Topraklarda Zn, Cu, Mn, Fe, Ni, Cd ve Pb'nin varyasyon katsayılarına göre alandaki değişkenliklerinin yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (VK>%35). Toprak örneklerinin %66.4'ünde Zn'nin yetersiz olduğu; Cu ve Ni'nin orta, Fe ve Mn konsantrasyonlarının ise çok yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprakların Pb ve Cd konsantrasyonlarının standart değerlerden daha düşük olduğu ancak dikkatli yönetim uygulamaları sayesinde oluşabilecek toksisitenin önlenebileceği bildirilmiştir. Toprak mikro besin elementlerinin uzaysal değişkenliği, Fe, Mn, Ni, Cd ve Pb için exponential (üssel) model; Cu için Gaussian model ve Zn için ise spherical (küresel) model kullanılarak ordinary kriging neticesinde haritaya aktarılmıştır. Tüm mikroelementlerin semivariogramları, zayıf dereceden güçlü dereceye kadar uzaysal bir bağımlılık sergilemiştir. Araştırma sonucunda, elde edilen tahmin haritalarının, çalışma bölgesinde alana özgü mikro besin yönetimi açısından bir kılavuz olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Eljebri ve ark., (2019) farklı alanlardan alınan yüzey topraklarının pH, organik madde, katyon değişim kapasitesi, potasyum, fosfor, kum, silt ve kil içeriklerinin uzaysal değişimlerini jeostatistiksel metodlarla belirledikleri çalışmalarında; diğer toprak özelliklerine kıyasla pH değerinin oldukça düşük varyasyon gösterdiğini (%9.91) ve seçilen tüm toprak özellikleri için uzaysal bağımlılıklarına göre kriging

yardımla tahmin haritaları oluşturmak için en uygun semivaryogram modelinin spherical (küresel) model olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda; kum, kil ve silt içeriklerinin çalışma alanındaki değişimlerine ait semivaryogramlarda etki aralığının (111 ile 645 m), pH, potasyum ve fosfor kapsamlarına ait semivaryogramlardaki etki aralığına (618 ile 9755 m) kıyasla daha kısa mesafelerde bir uzaysal bağımlılık gösterdiği ortaya koyulmuştur.

Song ve ark., (2019) orman yüzey topraklarının pH, organik madde, toplam azot, yarayırlı fosfor ve yarayırlı potasyum içeriklerinin jeostatiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğini araştırdıkları çalışmalarının sonucunda; toprağın bu beş besin faktör değeri için belirlenen semivaryogram modellerinde nugget/sill oranlarına göre seçilen toprak özelliklerinin çalışma sahasındaki uzaysal değişkenliğinin 23 ile 274 km arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Chen ve ark., (2020) toprak yönetim uygulamaları ile toprak özelliklerinin konumsal ve zamansal karakterizasyonun anlaşılmasının, toprak özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesine ve yönetim modellerinin zamanında ayarlanabilmesine olanak sağladığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu amaçla, Çin’de 2007 ve 2017 yıllarında farklı ürün yetiştirme sistemleri altında tarım yapılan subtropikal alanlardaki toprak özelliklerinin ve toprak verimliliğinin uzaysal-zamansal bağımlılıklarının %10 (güçlü) ile %50 (orta) arasında değişen seviyelerde olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında, yüzey topraklarının pH, organik madde, yarayırlı azot, fosfor ve potasyum içeriklerine ait uzaysal değişimleri kriging tekniği yardımla tahmin haritalarına aktarmışlardır. Haritalarda, 2017’ye göre 2007 yılındaki tüm toprak özelliklerinin daha düzensiz bir dağılım gösterdiğini, buna ek olarak, 2007’ye göre 2017 yılında organik madde ve yarayırlı potasyumun önemli ölçüde azaldığını, azotun az miktarda azaldığını, yarayırlı fosfor ve pH’nin ise arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, 2007 yılında 2017 yılına göre yarayırlı fosfor ve organik madde değişimleri daha güçlü bir uzaysal bağımlığa sahip olmuştur. Araştırmacılar elde ettikleri haritalara göre, toprak verimlilik indeksinin tüm alanlarda azaldığını ve bu alanlarda toprak organik maddesi, yarayırlı potasyum ve fosfor içeriklerini artırmaya yönelik önlemlerin alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Fan ve ark., (2020) toprak organik maddesinin zamansal-konumsal değişimini ve stabilitesini belirledikleri çalışmalarında; 1x1 km grid örnekleme sistemine dayalı, 0-20 cm derinlikten 5207 toprak rneği almış ve yoğun olarak tarım yapılan alanların toprak organik karbon dağılımını jeoistatistiksel teknikler kullanarak kriging metoduyla haritalamışlardır. Çalışma sonucunda, örneklenen alanın %96.6'sında toprak organik karbon içeriğinin oldukça düşük olduğunu ve organik karbon miktarının 10-20 g kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, ayrıca alanların düşük toprak verimliliğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar yine bu çalışmanın sonucunda, toprak organik maddesinin zamansal-mekansal değişiminin ve stabilitesinin belirlenmesinin hem karbon emisyonu ve tutulumunun ölçülebilmesi, hem de toprağın işlevsel olarak değişiminin daha iyi anlaşılabilmesi açısından oldukça önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Narjary ve ark., (2021) tuzdan etkilenen arazilerde iyi bir bitkisel üretim ortamının sağlanabilmesi için toprak-su-ürün yönetiminde uygun koşulların sağlanması açısından, topraklarda tuz yüküne ilişkin bilgilere ihtiyaç duyulduğunu ve jeoistatistiksel tekniklerin, arazilerdeki tuz yükünün uzaysal-zamansal değişiminin belirlenmesinde oldukça güvenilir ve hızlı bilgiler sağladığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu çalışmada tuzluluk bölgelerini tahmin etmek, haritalandırmak ve tanımlamak için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Zhang ve ark., (2022) tarım yapılan arazilerden alınan yüzey topraklarını kullanarak, organik karbon, toplam fosfor ve C:P oranlarının uzaysal değişimini belirlemek için jeoistatistiksel metodlardan faydalanmışlardır. Araştırmada, bu parametrelerin orta derecede bir uzaysal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Yine bu çalışmada; toprak organik maddesi, fosfor ve C:P oranının, hem toprak verimliliğinin değerlendirilmesi açısından, hem de bu parametreleri etkileyen faktörlerin gübreleme, gıda güvenliği, toprak yönetimi, evre koruma ve küresel iklim değişikliği açısından oldukça önemli olduğu belirtilmiştir.

Encina-Rajos ve ark., (2023) toprak organik karbon stokunu birçok çevresel faktörle ilişkilendirerek tahmin etmek amacıyla, st toprak katmanından (0-30 cm)

alınan 954 adet toprak örneğinde regrasyon kriging modelinden yararlanmışlar ve mevcut bulgularla Paraguay'ın organik karbon stokunu haritalarla göstermişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmanın, Paraguay için ilk kez yapıldığını ve ülke genelinde toprak organik karbon stoklarının mekânsal dağılımının daha iyi anlaşılması amacıyla, toprak organik karbon verilerini sağladıklarını bildirmişlerdir.

Tagore ve ark., (2023) farklı noktalardan alınan 283 yüzey toprak örneğinin pH, EC, organik karbon, kireç ve mikro element içeriklerinin uzaysal değişkenliğini jeoistatistiksel teknikler yardımıyla değerlendirmişlerdir. Bu araştırma sonuçlarına göre; çalışma alanı için en uygun semivaryogram modelleri sırasıyla; pH, kireç, Zn ve B için exponential (üssel) model; Fe, EC ve organik karbon için spherical (küresel) model; Mn ve Cu için ise circular modeller olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının %54.06'sının Zn bakımından; %9.89'unun B bakımından yetersiz olduğu tespit edilirken, toprak mikro element içeriklerinin tahmin edilmesi ve dağılım haritalarının oluşturulabilmesi açısından jeoistatistiğin, klasik istatistiğe kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir.

Tiruneh ve ark., (2023) yüzey topraklarının organik karbon, kum, silt ve kil içeriklerinin uzaysal değişkenliğini ortaya koymak amacıyla, Ordinary Kriging (OK) ve IDW gibi jeoistatistiksel teknikleri kullanmışlar ve toprak özelliklerini haritalamışlardır. Araştırmacılar elde edilen haritaların, çalışma alanına özgü ve komşuları olan kesimlerdeki alanların toprak verimlilik durumlarının tahmin edilmesi açısından faydalı olabileceğini bildirmişlerdir. Toprak haritalarının, toprakların besin durumunun belirlenmesi, ürün veriminin artırılması, toprak yönetim stratejilerinin iyileştirilmesi ve ekolojik bütünlüğün sağlanması açısından üreticilere yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, toprak özelliklerinin haritalanmasıyla, sürdürülebilir toprak yönetimi açısından oldukça önemli kazanımlar sağlanabildiğini vurgulamışlardır.

## 2.4 Fındık Yetiştiriciliği Yapılan Alanlarda Jeostatistik İle İlgili Çalışmalar

Özyazıcı ve ark., (2014) Ordu ve Giresun illerinde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprakların fizikokimyasal özelliklerini değerlendirerek minimum veri setini oluşturmak amacıyla yürüttükleri çalışmalarında; jeostatistiksel yöntemlerden yararlanarak, 2500 m aralıklarla yüzeyden aldıkları toprak örneklerinde 18 toprak özelliğini değerlendirilmişlerdir. Çalışma alanında mikrobeyin elementleri, organik madde, yayayışlı bor güçlü bir uzaysal bağımlılık gösterirken, bazik katyonlar ve tekstür ise orta seviyede bir uzaysal bağımlılık sergilemiştir. Araştırmacılar elde edilen haritalara göre, fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda kısmen mikro element yetersizlikleri olduğunu ve bu alanlarda mutlaka mikro besin element gübrelemesinin yapılması gerektiğini; bunun yanı sıra Giresun'da fındık yetiştiriciliği yapılan alanların ise toprak organik madde içeriğinin düşük olduğunu ve organik madde uygulamasının gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Çavuşoğlu (2016), fındık yetiştiriciliği yapılan 1.35 ha'lık bir alandan 0-20 cm derinlikten alınan 56 yüzey toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiş ve jeostatistiksel yöntemlerle uzaysal değişimlerini ortaya koymuştur. Çalışmada, en az değişim gösteren toprak özelliğinin pH<sub>1:10</sub>; en fazla değişim gösteren özelliğın ise fosfor olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, topraklarda verimlilik açısından sorunlar olduğu ve organik madde yönetiminin sağlanması halinde, fındık bitkisinde yüksek verimlere ulaşılacağı ifade edilmiştir.

Özyazıcı ve ark., (2017) Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlardaki çalışmalarında grid örnekleme sistemiyle 3400 yüzey toprak örneğinin bazı fizikokimyasal özellikleri belirlemişler ve her bir örnekleme alanı için bazı toprak özelliklerini kullanarak parametrik yaklaşımlarla toprak verimlilik indekslerini hesaplayarak (verimlilik modeli) toprakların verimliliklerini sınıflandırmışlardır. Jeostatistiksel analiz sonucunda, toprak verimlilik indeksleri için en uygun semivaryogram modelinin exponential (üssel) model olduğu, tüm toprak özelliklerinin güçlü bir mekânsal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının %93.76'sının yüksek ve orta düzeyde, %6.15'inin ise az düzeyde toprak verimliliğine sahip olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar, kültür bitkilerinde gübrelemenin etkinliğini artırmak için toprak özelliklerinin uzaysal-zamansal

değişkenliğinin araştırılması gerektiğini ve bu konuda jeoistatistiğin oldukça fayda sağladığını bildirmişlerdir.

Çolak (2018), Samsun ilinde fındık yetiştiriciliği yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini araştırdığı çalışmasında, toprak özelliklerinin jeoistatistiksel yöntemlerle uzaysal değişimlerini belirlemiştir. Araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri için uzaysal bağımlılık etki mesafesinin en az EC'de (1506 m), en fazla ise değişebilir potasyumda (633000 m) olduğu; toprakların biyolojik özellikleri için uzaysal bağımlılığı gösteren etki mesafesinin en az fosfataz aktivitesinde (5700 m), en fazla ise arilsülfataz aktivitesinde (467100 m) olduğu belirlenmiştir. Yine bu çalışmada, Ca:K, Mg:K oranları dikkate alındığında; fındık topraklarına fizyolojik alkalın reaksiyonlu gübreler kullanılması gerektiği ve topraklarda yeterli miktarlarda olsa bile, mutlaka potasyumlu gübreleme yapılması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Kırcı ve Türkmen (2023), Ordu ili Ünye ilçesini kapsayan çalışmada, 1999, 2009 ve 2019 yıllarındaki (uzun dönem) arazi kullanımı-bitki örtüsü değişikliklerinin toprak erozyonu ve toprak organik karbonu üzerindeki etkisini jeoistatistiksel metodlarla değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, arazi kullanım türleri arasında en fazla nisbi değişimin %167 artış ile fındık alanlarında olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak organik karbonunun çalışma alanı için haritalanması amacıyla en uygun semivaryogram modelinin spherical (küresel) model olduğu ve toprak organik karbonunun 35.17 ile 87.2 t ha<sup>-1</sup> arasında yüksek değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Araştırmacılar, yüksek erozyon oranlarının görüldüğü alanlarda toprak organik karbon kaybının meydana geldiğini, bunun yanında düşük erozyon oranlarına sahip geniş alanlarda da toprak organik karbon kaybının oluşabileceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle, özellikle gerek tarımsal alanlarda ve gerekse de fındık alanlarında üretim sisteminin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak adına, çok hafif erozyonlu sahalara bile toprak koruma uygulamalarının genişletilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

## **2.5 Bitki Besleme ile İlgili Bazı Jeoistatistiksel Çalışmalar**

Oliveria ve ark., (2010) yaklaşık 1 ha'lık bir alanda 60 örnekleme noktasından alınan bitki yapraklarındaki makro ve mikro besin elementlerinin jeoistatistiksel

teknikler yardımıyla uzaysal değişimlerini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri araştırmalarının neticesinde; azot ve fosforun herhangi bir uzaysal bağımlılık göstermediğini, diğer besin elementlerinin ise orta ve güçlü seviyede bir uzaysal bağımlılık sergilediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, elde edilen bulgular sonucunda kahve yetiştiriciliğinde toprak ve yaprak gübre uygulaması için haritaların yapılmasında jeostatistiksel tekniklerden faydalanılabileceğini bildirmişlerdir.

Silva ve ark., (2013) kahve bitkisi yapraklarının makro ve mikro besin elementi statüsünün uzaysal değişimlerini jeostatistiksel teknikler yardımıyla incelemişlerdir. Sonuç olarak, K ve Zn'nin orta derecede; Ca ve B'nin güçlü derecede bir uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, uzaysal değişkenliğin kahve bitkisinin beslenme durumunun ortaya konulmasında fayda sağladığını ve bazı bitki besinlerinin eksikliği ya da fazlalığının, verimde düşüğe neden olduğunu belirtmişlerdir.

Lima ve ark., (2021) kahve bitkisi yetiştiriciliğinin yapıldığı bir alanda serbest örnekleme yöntemi ile 80 örnekleme noktasından alınan bitki yapraklarındaki makro besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, S) jeostatistiksel teknikler yardımıyla uzaysal değişimlerini ortaya koymuşlar ve her bir besin elementinin kriging teknikleriyle çalışma alanı için tahmin haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırma topraklarında makro besin elementleri için en uygun semivaryogram modelinin exponential (üssel) model olduğunu, ayrıca N ve K'nin orta derecede, diğer bitki besin elementlerinin ise güçlü düzeyde bir uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, elde edilen haritaların, kahve bitkisinin besleme durumunun ortaya konulmasında başarıyla kullanılabileceğini tavsiye etmişlerdir.

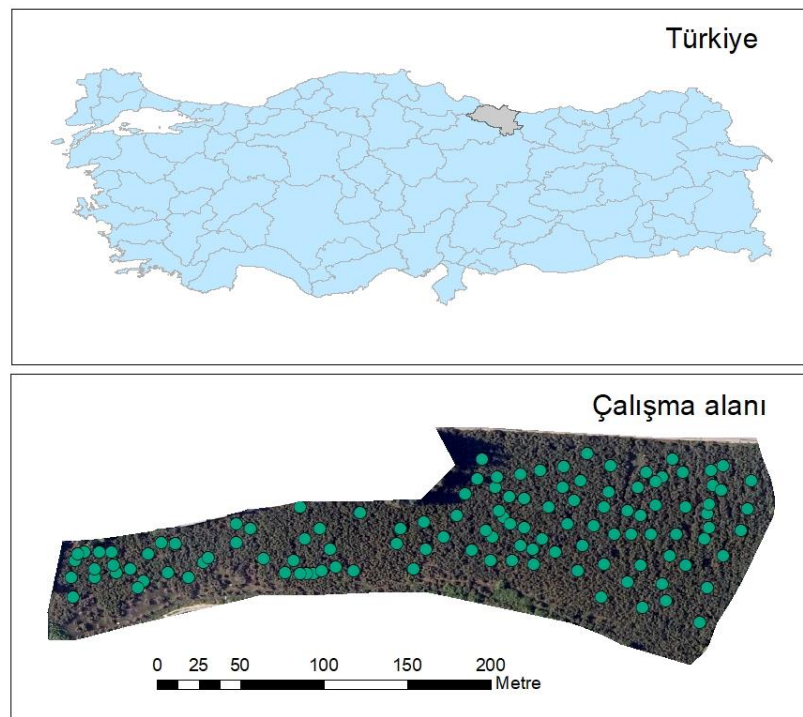
Matos ve ark., (2022) bir muz bahçesindeki bitki yapraklarının P, K, Ca ve Mg içeriklerinin uzaysal değişimlerini jeostatistiksel metodlarla belirlemek amacıyla grid örnekleme sistemine göre 42 tane yaprak ve toprak örneği almışlardır. Jeostatistiksel değerlendirme neticesinde, bitki yapraklarının K miktarları hariç diğer bitki özelliklerinin semivaryogram modellerine uyduğunu ve oldukça farklı etki mesafesi (range) değerlerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca toprakta kalsiyumun uzaysal değişkenliğinin, muz yapraklarının besin elementi değişkenliği ile benzerlik gösterdiğini ifade etmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Ordu ili, Altınordu ilçesi, Cumhuriyet mahallesinde 411200-411630 m doğu boylamları ile 4536620-4536770 m kuzey enlemleri (UTM, WGS-1984) arasında yer almakta ve yaklaşık 3,5 ha büyüklüğünde bir alan kaplamaktadır. Çalışma alanının örnekleme noktalarını da gösteren haritası Şekil 3.1’de verilmiştir.



**Şekil 3.1** Çalışma alanının örnekleme noktalarını da gösteren haritası

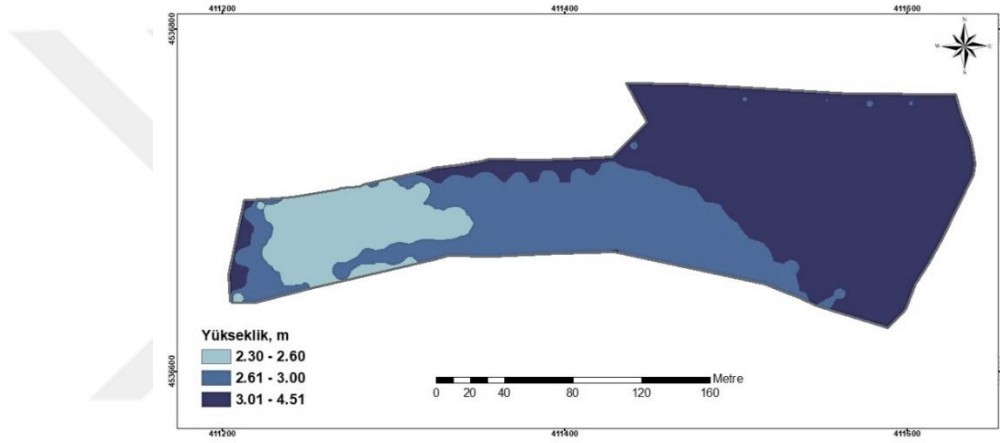
Çalışma alanında, Tombul fındık çeşidine ait ocaklar serbest örnekleme sistemi ile örnekleme noktaları olarak işaretlenmiş ve bu ocaklardaki fındık bitkilerinin taç izdüşümlerinden olacak şekilde yüzey toprak örnekleri (0-20 cm) alınmıştır. Her bir örnekleme noktası, WGS-1984 projeksiyonunda GPS yardımıyla kaydedilmiştir. Örnekleme noktalarının koordinatları EK 1’de sunulmuştur.

Ordu ili, doğuda Giresun, batıda Samsun, güneyde Sivas ve kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. Deniz seviyesinden 3000 metrelere kadar değişim gösteren yükseltilere sahip olan Ordu ilinde; sahil kıyıları hariç, güney kesimlerinde yer alan arazilerin çoğu dağlık ve engebeli bir topografyaya sahiptir. Bu arazilerin çoğu; dik, çok dik ve sarp

eğiminde (>%50 eğim) yer almaktadır. Araştırma alanı sahilde ve neredeyse kıyı bölgesinde yer aldığından dolayı düz ve düze yakın bir yüzey topografyasına sahiptir.

### 3.1.2 Çalışma Alanı ile İlgili Genel Bilgiler

Çalışma alanı için seçilen bahçede uzun yıllardır fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Toprak derinliği, ortalama 40-60 cm civarındadır. Çalışma alanında fındık ağaçlarının bulunduğu yöre alüvyal bir arazi olup, düz ve düze yakın eğime sahiptir (Anonim, 1972). Çalışma alanının 1/5000 ölçekli topoğrafik haritası yardımıyla kot farkı haritası oluşturulmuş ve elde edilen harita Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çalışma alanı yükseklik haritası

Şekil 3.2’den de görülebildiği üzere, çalışma alanı içerisinde yükseklik farklılıkları yaklaşık 2.2 m’ye kadar çıkabilmektedir. Arazide batıdan doğu doğru gidildikçe yüksekliklerde artışlar görülmektedir.

### 3.1.3 Çalışma Alanı İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Ordu iline ait uzun yıllar meteorolojik bazı veriler Çizelge 3.1’de ve 2021-22 yıllarına ait sıcaklık ve yağış ortalamaları ise Çizelge 3.2’de verilmiştir (Anonim, 2022).

**Çizelge 3.1** Ordu ili uzun yıllar (1959-2022) sıcaklık ve yağış ortalamaları

Veriler	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Ortalama Sıcaklık, °C</b>	7.0	7.0	8.2	11.4	15.7	20.4	23.2	23.5	20.3	16.2	12.2	9.0	14.5
<b>Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması, mm</b>	103.9	83.3	82.6	66.5	56.7	70.6	64.9	70.3	84.3	131.2	121.1	113.7	1049.1
<b>Ortalama Yağışlı Gün Sayısı</b>	14.35	13.76	15.4	14.16	13.48	11.25	9.75	9.87	11.87	14.32	12.95	14.3	155.5

T: Sıcaklık, °C; P: Yağış ortalaması (mm); I: Ocak; II: Şubat; III: Mart; IV: Nisan; V: Mayıs; VI: Haziran; VII: Temmuz; VIII: Ağustos; IX: Eylül; X: Ekim; XI: Kasım; XII: Aralık

**Çizelge 3.2** Ordu ili 2021-2022 yılları sıcaklık ve yağış ortalamaları

Veriler	Yıl	Aylar												Yıllık
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Ortalama Sıcaklık, °C</b>	2021	10.2	8.3	7.7	12.0	16.0	20.3	25.1	24.5	19.8	15.7	13.3	10.9	15.3
	2022	6.9	8.7	5.8	12.4	14.9	21.4	22.9	25.9	21.6	16.9	14.8	12.2	15.4
<b>Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması, mm</b>	2021	72.2	100.2	106.0	42.0	74.4	36.0	86.6	129.4	164.4	122.8	82.6	81.8	1098.4
	2022	158.6	27.2	174.8	22.2	52.4	52.6	132.8	82.4	101.6	147.8	74.4	87.8	1114.6

T: Sıcaklık, °C; P: Yağış ortalaması (mm); I: Ocak; II: Şubat; III: Mart; IV: Nisan; V: Mayıs; VI: Haziran; VII: Temmuz; VIII: Ağustos; IX: Eylül; X: Ekim; XI: Kasım; XII: Aralık

Ordu ili'nin ortalama sıcaklığı 14.5 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 1049.1 mm olup, yağışların büyük bir kısmı kış ve sonbahar aylarında gerçekleşmektedir (Çizelge 3.1).

Çalışma alanı tipik Karadeniz iklimine sahip olup yazlar nispeten serin, kışlar kıyı kesiminde ılık ve yağışlı, yüksek kesimlerde ise soğuktur. Kıyı kesimlerde oldukça fazla olan yağış miktarı iç kesimlere doğru gidildikçe azalmaktadır. Genellikle yaz ile kış mevsimleri arasında çok fazla sıcaklık farkları görülmemektedir.

#### 3.1.4 Çalışma Alanından Görünümler

Çalışma alanı ve çevresindeki, neredeyse düz ve düze yakın eğime sahip arazilerde yeralan topraklarda, çoğu durumda yoğun yağışın etkisiyle yılın belli dönemlerinde (kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde) sık sık su basmaları ve arazi yüzeyinde göllenmeler meydana gelebilmektedir. Çalışma alanının bir görünüşü Şekil 3.3'de; arazinin su altında kaldığı dönemlere ait bir fotoğrafı Şekil 3.4'de; fındık bitkilerine ait genel görünümler ise Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da sunulmuştur.



**Şekil 3.3** Çalışma alanının bir görüntüsü, Google Earth  
(Erişim tarihi: 10.02.2022)



**Şekil 3.4** Çalışma alanının su altındaki bir görüntüsü



**Şekil 3.5** Çalışma alanının batı kısımlarındaki fındık ağaçlarında seyrek ve bodur gelişmeye ait bir görünüm



**Şekil 3.6** Çalışma alanının doğu kısımlardaki findık ocaklarından bir görüntü

Çalışma alanının daha ziyade batı kısımları su altında kalmaktadır ve su fazlalığından dolayı findık ağaçlarında vejetatif gelişme bozuklukları ve bodur kalma gibi sorunların olduğu, daha seyrek findık bitkisi örtüsünün olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 3.5). Çalışma arazisi ve çevresinde hem yüzey drenaj kanalları hem de ana su tahliye kanalları mevcut olmasına rağmen, yağışlardan sonra bu arazilerin yüzeylerinde su göllenmeleri meydana gelebilmektedir.

### **3.1.5 Çalışma Alanında Kültürel İşlemler, Gübreleme ve Verim**

Çalışma alanında yapılan kültürel işlemler, gübreleme ve findık verimi ile ilgili bilgiler üretici beyanı doğrultusunda kaydedilmiştir. Bu bilgiler şu şekildedir:

- Çalışma alanındaki findık ocaklarına uzun yıllardır tek düze gübreleme yapılmıştır. Üretici, yılda bir kez olmak üzere %26 CAN (Kalsiyum amonyum nitrat) gübresini 500 g ocak<sup>-1</sup> olacak şekilde uygulamıştır.

- Üretici, bu findık bahçesinde verimin uzun yıllardır ortalama olarak 180 kg da<sup>-1</sup> civarında olduğunu, periyodisite yıllarında ise bunun ortalama 130 kg da<sup>-1</sup>'a kadar düştüğünü belirtmiştir.

- Üretici, arazinin su altında kalmayan kısımlarda yer alan findık ocaklarından elde edilen verimin, su altında kalan kısımlardaki findık ocaklarına kıyasla daha yüksek olduğunu ve su altında kalan alanlarda verimin her zaman yarı yarıya düşük olduğunu ifade etmiştir.

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Örneklem Planı

Çalışma alanından alınması gerekli örnek sayısına karar verebilmek için, öncelikle ön örneklem yapılmış (n=9) ve bu örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri belirlenmiştir. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ve aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak çalışma alanından alınması gerekli örnek sayısı saptanmıştır (Webster ve Burgess, 1984):

$$n = \frac{s^2 \cdot t^2_{\alpha=0,05, sd}}{D^2} \quad (3.1)$$

n= Alınması gereken örnek sayısı,

s<sup>2</sup>= Ön örneklemede tahmin edilen varyans,

t<sub>0,05;sd</sub>= 0,05 ihtimal düzeyinde ve serbestlik derecesinde t cetvel değeri,

D= İzin verilebilen hata düzeyi (bu hata üzerinde durulan toprak özelliğinin ortalama değerlerinin yüzdeleri şeklindedir)

Çalışma alanında ön örneklemeden elde edilen sonuçlara göre alınması gerekli örnek sayısı 49 olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanının büyüklüğü (3,5 ha) dikkate alındığında 49 toprak örneği amacı karşılamasına rağmen, araziden alınacak örnek sayısı 118 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında alınması gerekli örnek sayısını belirlemek amacıyla alınan ön toprak örneklerindeki bazı fiziksel ve kimyasal analiz verilerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3.3'de ve istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre %10 hata düzeyine göre alınması gerekli örnek sayısı Çizelge 3.4'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.3** Ön örneklemedeki toprak örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler (n=9)

<b>Toprak Özellikleri</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Sd</b>	<b>En küçük</b>	<b>En büyük</b>	<b>VK, %</b>	<b>Çarpıklık</b>	<b>Basıklık</b>
Hacim ağırlığı,	1.16	0.10	1.02	1.30	9.08	-0.19	-1.44
pH (1:1 toprak:su)	5.07	0.60	3.76	5.92	11.93	-1.04	2.55
EC (1:1 toprak:su),	0.74	0.27	0.39	0.65	37.41	0.60	-0.36
Ca	3577	1624	1833	6587	45.41	1.05	0.19
Mg	801	322	345	1364	40.16	0.58	0.26
K	161.6	48.3	99.5	252.1	29.87	0.66	0.67
Na	72.91	12.63	47.37	90.1	17.18	-1.09	2.34
Fe	109.7	40.2	65.5	171.4	36.67	0.40	-1.55
Cu	5.95	1.45	3.85	341.6	24.33	-0.00	-1.14
Zn	4.41	1.11	1.95	5.72	25.16	-1.37	2.68
Mn	241.2	65.7	152.9	341.6	27.26	0.38	-1.14

Çizelge 3.3'den de görüleceği üzere, çalışma alanında ön örnekleme sonuçlarına göre varyasyon katsayısı dikkate alındığında en az değişkenlik gösteren toprak özelliği hacim ağırlığı (VK=%9.08); en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliği ise alınabilir Ca içeriği (VK=%45.41) olmuştur.

**Çizelge 3.4** Ön örneklemeden elde edilen tanımlayıcı istatistiklere göre %10 hata (D) ile alınması gerekli örnek sayıları (n)

<b>Toprak Özellikleri</b>	<b>n</b>
Hacim ağırlığı, t m <sup>-3</sup>	4
pH	8
Elektriksel iletkenlik, dS m <sup>-1</sup>	75
Alınabilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	110
Alınabilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	90
Alınabilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	50
Alınabilir Na, cmol kg <sup>-1</sup>	17
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	72
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	32
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	34
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	40

Çizelge 3.4'den de görüleceği üzere çalışma alanından %10 hata ile alınması gerekli en fazla örnek sayısı 110 olarak tahmin edilmiştir. En fazla değişkenlik gösteren toprak özelliği, alınabilir Ca içeriği olmuştur.

### 3.2.2 Araştırmanın Yürütülmesi ve Örnekleme

Araştırma, Ordu ili Altınordu ilçesi Cumhuriyet mahallesindeki fındık bahçesinde 2021-22 yılı yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Toprak örnekleme ve yaprak örnekleme aynı anda olacak şekilde Temmuz ayında, toprak fiziksel analizleri ile ilgili arazi testleri ise Ağustos ayında yapılmıştır. Araştırma kapsamında, serbest örnekleme noktalarına denk gelen Tombul (Yağlı) çeşidi fındık ocakları işaretlenmiştir. Örnekleme noktalarının GPS ile koordinatları kaydedilmiştir (WGS-

84) (EK 1). Çalışmada, bazı toprak ve bitki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 118 örnekleme noktası kullanılırken, bitkilerin bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 75 örnekleme noktası seçilmiştir (EK 1).

### 3.2.3 Toprak Örneklerinin Alınması

Çalışma alanında toprak örnekleme, serbest örnekleme yöntemi ile işaretlenen fındık ocaklarının taç izdüşümlerinden olacak şekilde yapılmıştır. Toprakların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 0-20 cm derinlikten örnek alma küreği yardımıyla yaklaşık 2 kg bozulmuş toprak örneği alınarak ön hazırlık yapılmak üzere polietilen torbalar içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri gölgede hava kuru duruma gelinceye kadar belirli aralıklarla alt üst edilerek karıştırılmış ve kuruyan toprak örneklerinin içerisindeki taş, bitki kökleri, yabancı maddeler ayıklandıktan sonra topraklar bulaşmaya sebep olmayacak malzemedan yapılmış tahta tokmaklarla dövülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Topraklarda hacim ağırlığı belirlemesi için ise ayrı bir örnekleme yapılmıştır. Doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleri çelik silindir yardımıyla alınarak plastik torbalar içerisinde laboratuvara getirilmiştir (Demiralay, 1993).

Biyolojik analizler için alınan toprak örnekleri ise arazide her ocaktan kesek şeklinde alınmış ve plastik torbalara aktarılarak portatif soğutucu içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Biyolojik özelliklerin ortaya konulması amacıyla alınan toprak örnekleri analiz aşamasına kadar buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlemek amacıyla yapılan tüm analizler en az üç tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.4 Toprak Analizleri

**a) Toprak tekstürü:** Toprak örnekleri dispers edildikten sonra kil, silt ve kum miktarları hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

**b) Hacim ağırlığı:** Arazide doğal durumdaki topraklardan bozulmamış örnek alma silindirleri kullanılarak alınan toprağın, birim hacimdeki fırın kurusu ağırlığı ton m<sup>-3</sup> olarak ifade edilmiştir (Demiralay, 1993).

**c) Toprak reaksiyonu:** Toprakların pH değerleri, 1:1 toprak:saf su (w/v) karışımlarının mekanik çalkalayıcıda iki saat çalkalanma süresi sonunda nispeten

berraklaşan kısımlarında, cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmek suretiyle belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

**d) Elektriksel iletkenlik (EC) :** Toprakların EC değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1:1 toprak:saf su süspansiyonlarında elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülmüştür. Sonuçlar,  $dS m^{-1}$  cinsinden ifade edilmiştir (Bayraklı, 1987).

**e) Organik madde içeriği:** Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde, modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

**f)Amonyum ve nitrat azotu:** Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde, potasyum klorür çözeltisi ekstraksiyonuna tabi tutulan taze toprak örnekleri çalkalayıcıda 1 saat çalkalandıktan sonra, mavi bantlı filtre kâğıdından süzülerek elde edilen ekstrakta önce MgO daha sonra devarda alaşımı ilave edilerek amonyum ve nitrat miktarları buhar damıtma (destilasyon) yöntemi ile belirlenmiş ve sonuçlar  $NH_4-N+NO_3-N$  cinsinden  $mg kg^{-1}$  olarak ifade edilmiştir.

**g) Bitkiye yararılı P:** Araştırma konusu topraklarda pH değeri 7'den küçük olduğu için P içerikleri, Bray ve Kurtz (1945) tarafından geliştirilen yöntemine göre, spektrofotometrede belirlenmiş ve  $mg kg^{-1}$  olarak ifade edilmiştir.

**h) Alınabilir katyonlar (Na, K, Ca ve Mg):** Pratt (1965) tarafından bildirildiği şekilde toprak örneklerinin 1 N nötr amonyum asetat ile ekstrakte edilmesi ve ekstraktların AAS'de okunmasıyla belirlenmiştir.

**ı) Alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn:** Kacar (2009) tarafından bildirildiği şekilde, DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinde AAS'de belirlenmiştir.

**i) Alınabilir B:** Berger ve Truog, (1939) ve Wolf (1971) tarafından bildirildiği şekilde, topraktan sıcak su ekstraksiyonu sonrası azomethin-H çözeltisi ile renklendirilen örneklerin spektrofotometrede okunmasıyla belirlenmiştir.

**j) Mikrobiyal biyomass-C:** Anderson ve Domsch (1978) tarafından bildirildiği şekilde, substrat indirgenme yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla toprak örneklerinin üzerine belirli miktarda glikoz ilave edilerek belirli zaman sonunda üretilen  $CO_2$  miktarından biyokütle C hesaplanmıştır

### 3.2.5 Bitki Örneklerinin Alınması

Çalışma alanında toprak örneklerinin alındıkları noktalardaki ocaklarda yer alan fındık bitkilerinde yaprak örnekleme, Tombul fındık bitki çeşidinde o yılki yeni sürgünlerin sağlıklı üçüncü ve dördüncü yapraklarından olmak üzere yapılmış, alınan yaprak örnekleri hiç vakit kaybetmeden laboratuvara getirilmiş, çeşme suyu ve sonrasında saf su ile yıkanmıştır (Stebbins, 1969). Bitki örneklerinin bir kısmı klorofil belirlenmesi için taze yaprak örneği olarak kullanılmak üzere ayrılmış, kalan kısmı ise bitki kurutma dolabında 60-70 °C'de kurutulduktan sonra öğütülmüş ve analize hazır hale getirilmiştir. Fındık bitkisi yapraklarının klorofil içerikleri, mümkün olan en kısa süre içerisinde taze yaprak örnekleri kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.6 Bitki Analizleri

#### 3.2.6.1 Bitki Örneklerinde Kuru Yakma:

Kurutulup öğütülmüş 0,2 g yaprak örneği alınarak porselen krozelere konmuş ve kuru yakma yapılmıştır. Yakılan örneklerin üzerine HCl:saf su karışımı 1:3 (v/v) ilave edilmiş ve bu karışım mavi bantlı filtre kâğıtlarından süzölmüştür. Süzüklerin son hacmi, saf su ile 20 mL'ye tamamlanmıştır (Chapman ve ark., 1961). Elde edilen süzüklerde P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn ve B elementleri belirlenmiştir.

**a) Azot (N):** Kurutulmuş ve öğütölmüş bitki örneklerinde toplam N, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla örnekler 0,5 g tartılarak yaş yakma ünitesinde yakılmış ve destilasyon ünitesinde damıtılmıştır. Elde edilen ekstrakt 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile titre edilmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Bremner 1965).

**b) Fosfor (P):** Kuru yakma yöntemi ile yakılan örneklerde fosfor, vanadomolibdofosforik sarı yöntemine göre spektrofotometrik olarak belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Kitson ve Mellon 1944).

**c) Na, K, Ca ve Mg:** Chapman ve ark. (1961) tarafından bildirildiği şekilde kuru yakılmış bitki örneklerinde, AAS cihazı yardımıyla belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

**d) Fe, Cu, Zn ve Mn:** Chapman ve ark. (1961) tarafından bildirildiği şekilde kuru yakılmış bitki örneklerinde, AAS cihazı yardımıyla belirlenmiş ve mg kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

e) **Bor (B):** Wolf (1971)'e göre, kuru yakma ile elde edilmiş ekstraktın, azomethin-H çözeltisi ile renklendirilerek spektrofotometrede okunmasıyla belirlenmiş ve  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak ifade edilmiştir.

f) **Yaprak klorofil içeriği:** Hiscox ve İsrailstam (1979) tarafından bildirildiği şekilde taze yaprak örneklerinde DMSO (Dimetil sülfoksit) ekstraksiyon yöntemine göre spektrofotometrik belirlenmiştir. Bitki örneklerinden 0,25 g taze örnek, DMSO ile homojenize edilmiş ve 65 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Elde edilen ekstraktın spektrofotometrede 645 nm ve 663 nm dalga boylarında okunan absorban değerleri kaydedilmiş ve aşağıdaki formüllere göre hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar  $\text{mg g}^{-1}$  taze ağırlık biriminde ifade edilmiştir (Arnon, 1949).

$$\text{Klorofil a} = (12.7 \times A_{663} - 2.69 \times A_{645}) \times V/1000 \times \text{örnek ağırlığı} \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil b} = (22.9 \times A_{645} - 4.68 \times A_{663}) \times V/1000 \times \text{örnek ağırlığı} \quad (3.3)$$

$$\text{Toplam Klorofil} = \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b} \quad (3.4)$$

### 3.2.7 Bitki Besin Elementi İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Tombul çeşidi fındık bitkisi yapraklarında belirlenen bitki besin maddesi içeriklerinin yeterlilik değerlendirmesi Çizelge 3.5'e göre yapılmıştır.

**Çizelge 3.5** Fındık bitkisi için bazı besin elementlerinin sınır değerleri (Olsen, 2013)

Element	Birimi	Noksan	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla
N	%	< 1.80	1.81-2.20	2.21-2.50	2.51-3.00	> 3.00
P	%	< 0.10	0.11-0.13	0.14-0.45	0.46-0.55	> 0.55
K	%	< 0.50	0.51-0.80	0.81-2.00	2.01-3.00	> 3.00
Ca	%	< 0.60	0.61-1.00	1.01-2.50	2.51-3.00	> 3.00
Mg	%	< 0.18	0.19-0.24	0.25-0.50	0.51-1.00	> 1.00
Mn	$\text{mg kg}^{-1}$	< 20	21-25	26-650	651-1000	> 1000
Fe	$\text{mg kg}^{-1}$	< 40	41-50	51-400	401-500	> 500
Cu	$\text{mg kg}^{-1}$	< 2	3-4	5-15	16-100	> 100
Zn	$\text{mg kg}^{-1}$	< 10	11-15	16-60	61-100	> 100
B	$\text{mg kg}^{-1}$	< 25	26-30	31-75	76-100	> 100

### 3.2.8 Toprak Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait değerler, Çizelge 3.6'ya göre; makro ve mikro besin maddesi içeriklerinin yeterlilik değerlendirmesi ise, Çizelge 3.7'ye göre yapılmıştır.

**Çizelge 3.6** Bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sınır değerleri

	Özellik	Sınır Değeri	Değerlendirme	Literatür
Kimyasal Özellikler	pH (1:1 toprak:su)	<4.5	Aşırı asit	USDA, 1999
		4.5-5.0	Çok kuvvetli asit	
		5.1-5.5	Kuvvetli asit	
		5.6-6.0	Orta asit	
		6.1-6.5	Hafif asit	
		6.6-7.3	Nötr	
		7.4-7.8	Hafif alkalın	
		7.9-8.4	Orta alkalın	
		>8.5	Kuvvetli alkalın	
	EC, ds m <sup>-1</sup> (1:1 toprak:su)	0-0.98	Tuzluluk yok	USDA, 1999
		0.98-1.71	Çok az tuzlu	
		1.71-3.16	Az tuzlu	
		3.16-6.07	Orta tuzlu	
		>6.07	Çok tuzlu	
	Organik madde, %	0-1	Çok az	Smith ve Weldon, 1941
		1-2	Az	
		2-3	Orta	
		3-6	Fazla	
		>6	Çok fazla	
	Hacim ağırlığı, t m <sup>-3</sup>	<1.0	Çok düşük	Hazelton ve Murphy, 2007
1.0-1.3		Düşük		
1.3-1.6		Orta		
1.6-1.9		Yüksek		
>1.9		Çok yüksek		

**Çizelge 3.7** Toprakta makro ve mikro besin elementlerinin sınır değerleri

Özellik	Sınır Değeri	Değerlendirme	Literatür
Makro elementler	P, mg kg <sup>-1</sup>	<12	Düşük
		13-25	Orta
		>26	Yüksek
	Ca, cmol (+) kg <sup>-1</sup>	<1.19	Çok az
		1.19-5.75	Az
		5.75-17.50	Yeterli
		17.50-50.00	Fazla
		>50.00	Çok fazla
	Mg, cmol (+) kg <sup>-1</sup>	<0.42	Çok az
		0.42-1.33	Az
		1.33-4.00	Yeterli
		4.00-12.50	Fazla
>12.50		Çok fazla	
K, cmol (+) kg <sup>-1</sup>	<0.13	Çok az	
	0.13-0.28	Az	
	0.28-0.74	Yeterli	
	0.74-2.56	Fazla	
	>2.56	Çok fazla	
Na, cmol (+) kg <sup>-1</sup>	<0.15	Çok az	
	0.15-0.30	Az	
	0.30-1.00	Yeterli	
	1.00-2.00	Yüksek	
	>2.00	Çok yüksek	
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	<0.2	Az	
	0.2-4.5	Orta	
	>4.5	Yeterli	
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	<0.2	Yetersiz	
	>0.2	Yeterli	
Mikro elementler	Zn, mg kg <sup>-1</sup>	<0.2	Çok az
		0.2-0.7	Az
		0.7-2.4	Yeterli
		2.4-8.0	Fazla
		>8.0	Çok fazla
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	>4	Çok az	
	4-14	Az	
	14-50	Yeterli	
	50-170	Fazla	
B, mg kg <sup>-1</sup>	>170	Çok fazla	
	<1	Yetersiz	
	1-2	Yeterli	
	2.1-5	Yüksek	
>5	Çok yüksek		

### 3.2.9 İstatistiksel Değerlendirme:

#### Tanımlayıcı İstatistikler:

Araştırma sonunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, ikili ve çoklu ilişkilerin tespit edilmesinde (korelasyon analizleri), ortalama, standart sapma, verilerin normallik testleri (Kolmogorov-Simirnov testi) Minitab 20.4 bilgisayar istatistik paket programında yapılmıştır.

### **Jeostatistik:**

Araştırmada, toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitkilerin bazı kimyasal özelliklerinin uzaysal bağımlılığı, jeostatistiksel tekniklerden varyogram analizi yapılarak belirlenmiştir. Toprak ve bitki örneklerinin seçilen her bir özelliğe ait semivaryanslarının hesaplanmasında ve Kriging analizinde, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Çalışmada seçilen toprak ve bitki özelliklerine ait semivaryanslar, bilgisayar paket programı yardımıyla, saat yönünde 0°, 45°, 90° ve 135° olmak üzere dört farklı yönde hesaplanmıştır (GS<sup>+</sup> 10.0, 2014). Her bir toprak ve bitki özelliğine ait hesaplanan semivaryans değerleri, bağımlı değişken olarak y ekseninde ve örnek çiftleri arasındaki ortalama uzaklıklar da bağımsız değişken olarak x ekseninde yerleştirilerek parametrelere ait semivaryogramlar elde edilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinde uzaysal değişimi ortaya koymak üzere en uygun varyogram hesaplanırken ve varyogram modeline karar verilirken, çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r), determinasyon katsayısı (R<sup>2</sup>) ve hata kareler toplamı (residual sum of squares (RSS) değerleri baz alınmıştır (Li ve Heap, 2011). GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı, toprak ve bitki özellikleri için en uygun semivaryogram modelinin belirlenebilmesi açısından kullanılmıştır. Çalışma alanının haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 10.7 programından faydalandığı için buradaki çapraz değerlendirme kriterleri belirleyici olmuştur.

Jeostatistiksel analize başlamadan önce toprak ve bitki özelliklerinin değişkenlerinin normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilmiştir. Bu amaçla, tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve ilgili özelliğe Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi uygulanarak P-değerine bakılmıştır. P-değeri >0.05 olanların normal dağılım gösterdiği varsayılarak, herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. P-değeri 0.05'den küçük olanlara ise en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre dönüşüm uygulanmıştır. Semivaryogram hesaplanırken uyumu bozan uç değerler çıkarılarak veri setlerinin normal dağılıma yaklaşmaları sağlanmıştır. Bu uygulamadan sonra en uygun semivaryogram modelleri oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak her bir toprak ve bitki özelliğine ilişkin nugget (C<sub>0</sub>), sill (C<sub>0</sub>+C), range (A) değeri gibi varyogram model bileşenleri hesaplanmış ve ordinary kriging kullanılarak toprak ve bitki özelliklerinin örneklenmeyen noktalardaki

değerleri tahmin edilmiştir. Exponential (üssel) modelinde etkili aralık  $A=3A_0$ ; Gaussian modelinde ise  $A=3^{0.5}A_0$  olarak ifade edilmiştir. Kriging başarısının değerlendirilmesinde çapraz değerlendirmeye ait korelasyon katsayısı ( $r$ ), ve nispi hata kareler karekökü ortalaması (RMSE) değerleri kullanılmıştır. RMSE, model tahminlerinin ölçüm değerlerine olan yakınlığını göstermektedir ve RMSE değerinin 1'e yakın olması arzu edilmektedir. Yani tahminin standart hatalarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olması için değer 1'e yakın olmalıdır (Li ve Heap, 2011). Dolayısıyla çalışmada, en uygun RMSE değerini veren komşu sayısı ve etki alanı dikkate alınmıştır. Tahmin edilecek noktaya minimum 10 maksimum 16 komşu noktadaki değerler kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir.

Uzaysal bağımlılığın derecesi % nugget ( $\text{nugget/sill} \times 100$ ) değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Uzaysal bağımlılık değeri %25'den düşük ise değişkenin güçlü, %25-75 arasında orta derecede ve %75'den fazla ise zayıf bir uzaysal bağımlılık gösterdiği kabul edilmektedir (Cambardella ve ark., 1994).

Toprakların ve bitkilerin bazı özelliklerine ilişkin krige edilmiş değerlerinin haritalanmasında ise, ArcGis bilgisayar programından yararlanılmıştır (ArcGis, 2010).

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Bazı Toprak Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırma konusu toprak örneklerinde bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1’de; toprak özelliklerine ait verilerin normal dağılıma uyup uymadığı gösteren Kolmogorov-Smirnov normallik testinden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Toprak Özellikleri	Ortalama	sd	En küçük	En büyük	VK, %	Çarpıklık	Basıklık
Kil, %	29.5	5.75	21.74	44.29	19.2	0.65	-0.85
Kum, %	38.93	5.69	24.41	52.73	14.63	-0.45	-0.30
Silt, %	31.6	1.92	26.65	34.87	6.2	-0.05	-0.61
Hacim ağırlığı, t m <sup>-3</sup>	1.24	0.13	0.87	1.54	10.71	-0.06	-0.61
pH <sub>1:1</sub>	5.58	0.79	3.88	7.1	14.31	0.41	-1.08
EC <sub>1:1</sub> , dS m <sup>-1</sup>	0.40	0.16	0.13	0.79	39.83	0.20	-0.80
Organik madde, %	3.28	1.48	0.48	6.89	45.16	0.65	-0.01
NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N, mg kg <sup>-1</sup>	58.2	48.52	3.47	231.18	82.72	1.05	1.26
Alınabilir P, mg kg <sup>-1</sup>	8.85	10.07	1.86	56.06	113.79	2.62	7.39
Alınabilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	23.51	7.68	12.64	38.48	32.67	0.43	-1.39
Alınabilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	4.44	3.14	0.20	14.95	68.59	0.99	0.58
Alınabilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	0.87	0.62	0.31	3.47	70.95	1.88	3.32
Alınabilir Na, cmol kg <sup>-1</sup>	0.48	0.04	0.23	0.48	8.55	-1.44	9.77
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	91.47	40.08	17.61	191.49	43.82	-0.09	-0.77
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	3.49	0.80	1.60	5.33	23.11	0.29	-0.22
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	2.49	1.23	0.70	8.86	49.53	1.67	5.03
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	14.27	8.87	2.82	52.57	62.19	1.32	2.46
Alınabilir B, mg kg <sup>-1</sup>	0.66	0.35	0.14	1.79	53.15	0.95	0.87
Biyomas C, mg C g <sup>-1</sup>	51.03	24.06	12.32	126.90	47.16	0.71	-0.20
Cmic:Corg	14.18	12.56	11.31	86.29	88.61	3.34	14.44
Ca:K	32.60	11.30	7.67	65.99	34.66	0.07	-0.08
Ca:Mg	6.85	4.40	1.92	21.12	64.28	1.66	2.28
Mg:K	5.48	2.73	0.49	12.91	49.85	0.69	0.08

pH<sub>1:1</sub>: pH (1:1 toprak:saf su); EC<sub>1:1</sub>: Elektriksel iletkenlik (1:1 toprak:saf su); Cmic: Mikrobiyal karbon; Corg: Organik karbon; sd: Standart sapma; VK: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.1’den de görüleceği üzere, çalışma alanındaki toprak özellikleri “az” ile “yüksek” olmak üzere farklı seviyelerde değişkenlik göstermişlerdir. Wilding ve Dress (1983), toprak özelliklerinin değişimlerine ait varyasyon katsayısı değerlerinin VK < %15 az; ≤ %15 VK ≥ 35 orta; VK > %35 ise yüksek olmak üzere üç grup değişkenlik sınıfı içerisinde değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.2** Toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait verilerin Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılıma uygunluklarının sınanması

Toprak özellikleri	N	KS	P	Transformasyon tipi
Kil, %	118	0.191	0.010	Logaritmik
Kum, %	118	0.126	0.010	Logaritmik
Silt, %	108	0.057	0.150	Yok
Hacim ağırlığı, t m <sup>-3</sup>	118	0.079	0.068	Yok
pH	118	0.198	0.010	Logaritmik
Elektriksel iletkenlik, dS m <sup>-1</sup>	114	0.078	0.089	Yok
Organik madde, %	118	0.099	0.010	Yok
Amonyum nitrat, mg kg <sup>-1</sup>	112	0.186	0.010	Logaritmik
Alınabilir P, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.291	0.010	Logaritmik
Alınabilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	118	0.174	0.010	Logaritmik
Alınabilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	118	0.158	0.010	Logaritmik
Alınabilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	118	0.261	0.010	Logaritmik
Alınabilir Na, cmol kg <sup>-1</sup>	118	0.084	0.105	Yok
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.081	0.054	Yok
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.074	0.117	Yok
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.156	0.010	Logaritmik
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.127	0.010	Logaritmik
Alınabilir B, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.093	0.018	Yok
Biyomas C, mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	118	0.125	0.010	Logaritmik
Cmic:Corg	118	0.192	0.010	Logaritmik
Ca:K	118	0.065	0.150	Yok
Ca:Mg	111	0.203	0.010	Karekök
Mg:K	111	0.101	0.010	Karekök

p>0.05 ise veriler normal dağılıma uygun bir popülasyondan seçilmiştir; N: Örnek sayısı; KS: Kolmogorov-Smirnov test değeri

Çizelge 4.2’de görülebileceği üzere, K-S testine göre normal dağılıma uymayan toprak özelliklerine ait veriler, logaritma veya karekök dönüşümüne (transformasyon) tabi tutulduktan sonra jeoistatistiksel analizlerde kullanılmıştır. Toprakların organik madde ve alınabilir B içeriklerinin normal dağılıma uymadığı belirlenmiş ancak, orijinal verilerle daha yüksek ilişkiler yakalanmış ve dolayısıyla transformasyon uygulanmadan kullanılmıştır.

Araştırma konusu toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin birbirleriyle olan ilişkilerine ait Pearson katsayıları Çizelge 4.3’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.3** Çalışma alanı topraklarının bazı özelliklerine ait Pearson korelasyon katsayıları

Özellik	pH	EC	OM	AN-N	P	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn	B
EC	0.40**													
OM	-0.01	-0.02												
AN-N	-0.58**	-0.22*	-0.17											
P	0.47**	0.35**	0.12	-0.39**										
Ca	0.87**	0.58**	0.05	-0.55**	0.47**									
Mg	0.68**	0.40**	0.05	-0.30**	0.53**	0.58**								
Na	-0.22*	-0.22*	-0.10	0.03	-0.30**	-0.23*	-0.08							
K	0.63**	0.40**	0.05	-0.43**	0.86**	0.58**	0.6**	-0.32**						
Fe	-0.82**	-0.48**	0.23*	0.42**	-0.28**	-0.73**	-0.56**	0.15	-0.47**					
Cu	0.45**	0.29**	0.08	-0.40**	0.53**	0.51**	0.49**	-0.10	0.56**	-0.22*				
Zn	0.21*	0.17	0.26*	-0.23*	0.64**	0.27**	0.43**	-0.12	0.53**	-0.03	0.59**			
Mn	-0.66**	-0.18	-0.00	0.50**	-0.12	-0.50**	-0.36**	-0.12	-0.26**	0.64**	0.03	0.088		
B	0.62**	0.16	-0.00	-0.36**	0.54**	0.48**	0.49**	-0.24**	0.64**	-0.44**	0.49**	0.41**	-0.28**	
Kil	0.80**	0.53**	-0.06	-0.50**	0.52**	0.88**	0.56**	-0.22*	0.62**	-0.68**	0.50**	0.27**	-0.39**	0.48**
Silt	-0.24*	-0.20*	0.14	0.13	0.03	-0.32**	-0.02	0.19*	0.01	0.26**	-0.14	0.07	0.07	0.01
Kum	-0.70**	-0.47**	-0.03	0.46**	-0.59**	-0.77**	-0.56**	0.12	-0.64**	0.55**	-0.52**	-0.35**	0.38**	-0.46**
HA	-0.60**	-0.52**	-0.05	0.33**	-0.40**	-0.75**	-0.46**	0.35**	-0.44**	0.57**	-0.45**	-0.33**	0.24**	-0.37**
MBC	0.34**	0.23*	0.06	-0.22*	0.22*	0.36**	0.25**	-0.11	0.23*	-0.23*	0.27**	0.23*	-0.18*	0.25**
C <sub>mic</sub> :C <sub>corg</sub>	0.218*	0.11	-0.51**	-0.06	0.12	0.15	0.12	-0.06	0.14	-0.26**	0.12	0.01	-0.09	0.13
Mg	-0.30**	-0.03	-0.17	0.06	-0.24*	-0.07	-0.66**	-0.02	-0.28**	0.15	-0.26**	-0.30**	0.07	-0.30**
Ca:K	-0.17	-0.15	-0.10	0.13	-0.64**	-0.07	-0.44**	0.21*	-0.74**	0.03	-0.35**	-0.53**	-0.07	-0.42**
Mg:K	0.16	0.00	-0.01	0.03	-0.21*	0.05	0.47**	0.24**	-0.23*	-0.19*	0.022	-0.06	-0.15	-0.03

\*\* , p<0.01; \* , p<0.05; EC: Elektriksel iletkenlik, OM: organik madde, AN-N: amonyum nitrat azotu; HA: hacim ağırlığı; MBC: mikrobiyal biyomas

**Çizelge 4.3** Çalışma alanı topraklarının bazı özelliklerine ait Pearson korelasyon katsayıları (devam)

	<b>Kil</b>	<b>Silt</b>	<b>Kum</b>	<b>HA</b>	<b>MBC</b>	<b>C<sub>mic</sub>:C<sub>org</sub></b>	<b>Ca:Mg</b>	<b>Ca:K</b>	<b>Mg:K</b>	<b>İnf</b>
Kil										
Silt	-0.29**									
Kum	-0.90**	-0.04								
HA	-0.67**	0.28**	0.56**							
MBC	0.34**	-0.06	-0.28**	-0.39**						
C <sub>mic</sub> :C <sub>org</sub>	0.28**	-0.15	-0.18*	-0.15	0.48**					
Ca:Mg	-0.14	-0.18	0.20*	0.08	-0.04	0.04				
Ca:K	-0.18*	-0.31**	0.31**	0.08	-0.10	-0.06	0.43**			
Mg:K	0.04	-0.06	0.01	-0.02	-0.09	-0.09	-0.60**	0.24*		

\*\*<sub>2</sub>, p<0.01; \*<sub>2</sub>, p<0.05; EC: elektriksel iletkenlik; OM: organik madde; HA: hacim ağırlığı; MBC: mikrobiyal biyomas;

Çizelge 4.3'ten görüleceği üzere; araştırma konusu toprakların amonyum+nitrat azotu içerikleri ile Fe, Mn, kum ve hacim ağırlığı arasında önemli pozitif; P, Ca, Mg, Zn, kil, MBC arasında önemli negatif; P içerikleri ile Ca, Mg, K, Cu, Zn, B, kil içerikleri ile önemli pozitif; Fe ve kum ile önemli negatif; K içerikleri ile Cu, Zn, B, MBC içerikleri arasında önemli pozitif; Fe, kum, Ca:Mg ve Ca:K oranı arasında önemli negatif; organik madde ve Fe, Zn arasında önemli pozitif; Ca içerikleri ile Mg, K, Cu, Zn, B ve kil içerikleri arasında önemli pozitif; Na, Mn ve kum içerikleri arasında önemli negatif; Fe, Mn, amonyum+nitrat azotu, kum içerikleri ile arasında önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

#### 4.2 Bazı Bitki Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırma alanından alınan Tombul fındık çeşidi yaprak örneklerinde, bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.4'de; yaprakların bazı kimyasal özelliklerine ait verilere uygulanan Kolmogorov-Smirnov normallik testinden elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.5'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4** Yaprakların bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Bitki Özellikleri	Ortalama	Sd	En küçük	En büyük	VK, %	Çarpıklık	Basıklık
Klorofil a, mg g <sup>-1</sup>	1.18	0.19	0.71	1.48	16.65	-0.55	-0.29
Klorofil b, mg g <sup>-1</sup>	0.37	0.09	0.19	0.66	26.29	0.62	0.53
Toplam klorofil, mg g <sup>-1</sup>	1.55	0.28	0.91	2.13	18.51	-0.29	-0.48
Klorofil a:b	3.27	0.34	1.92	3.87	10.56	1.06	2.40
N, %	1.98	0.17	1.54	2.44	8.78	0.34	0.18
P, %	0.14	0.025	0.10	0.21	17.53	0.64	-0.15
K, %	0.50	0.10	0.28	0.76	21.31	0.50	-0.34
Ca, %	1.11	0.02	0.55	1.70	22.12	-0.03	-0.59
Mg, %	0.28	0.048	0.18	0.38	17.15	0.01	-0.64
Na, mg kg <sup>-1</sup>	546.68	57.99	284.8	708.07	10.61	-0.87	3.01
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	270.31	43.63	51.20	365.50	16.14	-0.21	0.04
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	19.88	2.48	11.46	24.50	12.51	-0.72	0.60
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	31.02	5.50	18.63	49.96	17.73	0.74	1.58
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	175.81	74.41	55.73	401.73	42.32	0.47	-0.21
B, mg kg <sup>-1</sup>	39.60	12.12	15.59	68.25	30.61	0.44	-0.35

VK: varyasyon katsayısı; sd: standart sapma

Çizelge 4.4'ten görüleceği üzere, fındık bitkisi yapraklarının Mn miktarı çalışma alanında oldukça yüksek değişkenlik (VK=%42.32) göstermiştir. Buna karşın yaprakların N miktarları (VK=%8.78) sınırlı bir değişim göstermiştir.

**Çizelge 4.5** Fındık bitkisi yapraklarının bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait verilerin Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılıma uygunluklarının sınanması

Bitki özellikleri	N	KS	P	Tranformasyon tipi
Klorofil a, mg g <sup>-1</sup>	75	0.090	0.137	Yok
Klorofil b, mg g <sup>-1</sup>	75	0.089	0.143	Yok
Toplam klorofil, mg g <sup>-1</sup>	75	0.084	0.150	Yok
Klorofil a:b	75	0.105	0.043	Yok
N, %	117	0.072	0.134	Yok
P, %	118	0.096	0.010	Logaritmik
K, %	117	0.079	0.071	Yok
Ca, %	108	0.072	0.150	Yok
Mg, %	116	0.053	0.150	Yok
Na, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.068	0.150	Yok
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.042	0.150	Yok
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.100	0.010	Yok
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.105	0.010	Logaritmik
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.066	0.150	Yok
B, mg kg <sup>-1</sup>	118	0.090	0.027	Logaritmik

p > 0.05 ise veriler normal dağılıma uygun bir popülasyondan seçilmiştir; KS: Kolmogorov-Smirnov test değeri

Çizelge 4.5'de görüleceği üzere, çalışma kapsamında seçilen bitki özelliklerinin çoğunluğu normal dağılım sergilemiştir ancak jeoistatistiksel analizlerde normal dağılıma uymayan bitki özelliklerine ait veriler, logaritmik dönüşüme (transformasyon) tabi tutulduktan sonra kullanılmıştır.

Tombul çeşidine ait fındık bitkisi yapraklarının bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.6'da, toprak ve bitkilerdeki mineral besin elementlerinin ikili ilişkileri ise Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.6** Fındık bitkisi yapraklarının bazı özelliklerinin ve topraktaki oranların birbirleriyle ilişkilerine ait Pearson korelasyon katsayıları

Bitki Özellikleri	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Klo a	Klo b	TK
P	0.26**													
K	0.38**	0.34**												
Ca	0.01	0.37**	0.18											
Mg	-0.02	-0.20*	-0.15	0.01										
Na	-0.11	0.13	0.01	0.16	-0.06									
Fe	0.10	0.26**	0.22*	0.48**	-0.10	0.24**								
Cu	0.11	0.22*	0.18*	0.26**	-0.08	-0.03	0.22*							
Zn	0.00	0.23*	0.13	0.15	0.21*	0.13	0.28**	0.13						
Mn	0.07	-0.36**	-0.22*	-0.07	0.55**	-0.18*	-0.20*	0.17	0.15					
B	0.21*	0.31**	0.15	0.09	0.02	-0.06	0.08	0.23*	0.08	-0.01				
Klo a	0.50**	0.08	0.20*	0.19	-0.05	0.05	0.20	0.20	0.16	0.03	-0.00			
Klo b	0.46**	0.08	0.27*	0.19	-0.09	0.06	0.18	0.20	0.16	-0.06	-0.04	0.90**		
TK	0.50**	0.08	0.23*	0.19	-0.06	0.06	0.20	0.20	0.16	0.01	-0.01	0.90**	0.95**	
Klo a:b	-0.34**	-0.13	-0.34**	-0.24*	0.17	-0.12	-0.20	-0.20	-0.12	0.18	0.07	-0.64**	-0.90**	-0.74**
<b>Topraktaki Oranlar</b>														
Ca:K	0.00	-0.33**	-0.23*	-0.18	0.10	-0.23*	-0.25**	-0.12	-0.23*	0.33**	-0.03	-	-	-
Ca:Mg	-0.20*	-0.43**	-0.49**	-0.10	0.26**	-0.11	-0.28**	-0.14	-0.16	0.36**	-0.15	-	-	-
Mg:K	-0.16	0.04	-0.16	0.10	0.10	0.15	0.03	-0.03	0.07	-0.10	-0.12	-	-	-

Çizelge 4.6' dan görüleceği üzere, fındık bitkisi yapraklarının N miktarları ile P, K, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri arasında önemli pozitif; P miktarı ile K, Ca, Fe, Zn, B arasında önemli pozitif; K ile Fe, Cu ile önemli pozitif; Mn, klorofil a:b, toprakların Ca:K ve Ca:Mg oranı ile önemli negatif; Ca miktarı ile Fe, Cu miktarı arasında önemli pozitif; klorofil a:b arasında önemli negatif; Mg miktarı ile Zn, Mn ve Ca:Mg oranı arasında önemli pozitif; Fe miktarı ile Zn ve Cu arasında önemli pozitif; toprakların Ca:K ve Ca:Mg oranları arasında önemli negatif; yaprakların Cu ve B miktarı arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

**Çizelge 4.7** Toprak ve bitkilerdeki bitki besin elementlerinin ikili ilişkileri

Toprak * Bitki	Pearson
N	0.09
P	0.48**
K	0.52**
Ca	0.52**
Mg	-0.30**
Na	-0.08
Fe	-0.28**
Cu	0.15
Zn	0.20
Mn	0.43**
B	0.23*

\*\*<sub>2</sub>, p<0.01; \*<sub>1</sub>, p<0.05

Çizelge 4.7'den görüleceği üzere, toprak ve bitkideki besin elementlerinin ikili ilişkilerinde P, K, Ca, Mn ve B arasında önemli pozitif ilişkiler; Mg ve Fe arasında ise önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir.

### 4.3 Toprak Özelliklerinin Jeostatistiksel Analizi

#### 4.3.1 Fiziksel Özellikler

##### 4.3.1.1 Kil

Toprak tekstürü; kum, silt ve kil fraksiyonlarının mineral toprak kütlelerinin yüzdesi (%) olarak oransal dağılımını ifade eder. Toprağın en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir ve toprağın en az değişikliğe uğrayan özelliğidir. Birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilişki içerisindedir. Toprakta suyun tutulmasını, hareketini, havalanmayı, bitki besin elementlerinin tutulması ve depolanmasını önemli düzeyde etkiler. Bu nedenle toprakların kum, silt ve kil haritalarının oluşturulması tarımsal üretim açısından oldukça önemlidir (Zhang ve Li, 2008).

Araştırma konusu toprakların kil içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değerini veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8** Kil değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/(C <sub>0</sub> +C)	(C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C)).100 %	SD	Range (A) m	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.006	0.175	0.97	3.0	S	577.3	0.98	7.87x10 <sup>-5</sup>

SD: Uzaysal bağımlılık; S: Güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı, 577.3 m olarak saptanmış olup, çalışma alanında kil içeriği için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve Gaussian varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Etki aralığı, incelenen toprak özelliğinin örnekleme değerlerinin uzaysal olarak bağımlı olabileceği en büyük mesafeyi ifade eder. Bu noktadan sonra, araştırılan toprak özelliğinin uzaysal bağımlılık göstermediği veya tamamen tesadüfi bir değişim gösterdiği kabul edilir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1995; Tercan ve Saraç, 1998). Çalışma alanı topraklarının kil değerlerinin uzaysal bağımlılığı “güçlü” olarak saptanmıştır (Çizelge 4.8). Diğer bazı çalışmalarda kil içeriği için Yetgin (2004), 74.3 m; Iqbal ve ark., (2005), 218 m; Marchetti ve ark., (2012), 646 m; Mitran ve ark., (2018), 800 m; gibi oldukça farklı range (etki mesafesi) değerleri bildirmişlerdir. Bu farklılıkların toprağın oluştuğu ana materyalin özellikleri, topoğrafya (Zhao ve ark., 2007), çalışma alanının büyüklüğü, örnekleme deseni ile ilişkili olabileceği söylenebilir. Iqbal ve ark., (2005), alüvyal anamateryal üzerinde oluşan toprakların tekstürlerinin heterojen bir yapı gösterdiğini ve çok kısa mesafelerde dahi büyük değişimler gösterebildiğini bildirmişlerdir. Brubaker (1989), topoğrafik pozisyonla ilişkili olarak toprak özelliklerindeki değişimi araştırdığı bir çalışmada, çok kısa mesafelerde bile toprak özelliklerinin büyük bir değişim gösterebileceğini semivaryogramlarla göstermiştir.

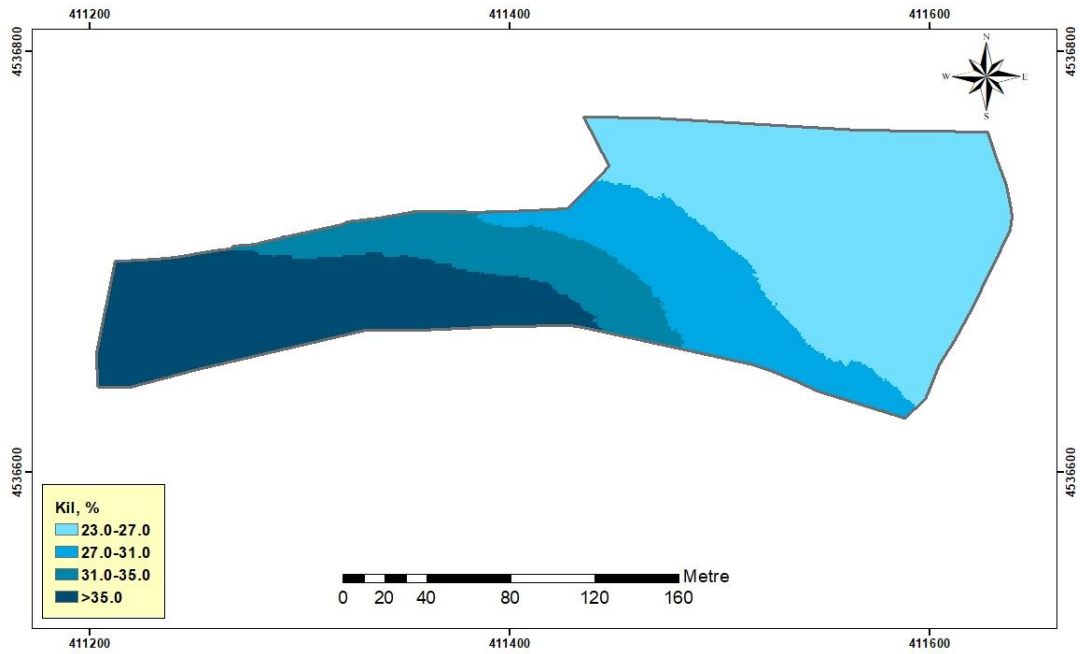
Çalışma alanında yeralan toprakların kil içerikleri için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9** Kil içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Ölçülen	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	21.7	23.7
En büyük	44.3	40.5
Ortalama	29.5	30.1
Standart Sapma	5.7	5.0
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		2.85
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.15

Çizelge 4.9'dan görüleceği üzere, araştırma konusu topraklarının kil içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça yakındır. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.15) olması ve standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi, çalışma alanında yeralan toprakların kil içeriklerinin değişimini ortaya koymak üzere seçilen Gaussian modelinin uygun olduğunu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen kil içeriği, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1** Kil içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının kil içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.10** Kil içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanları

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
23-27	15360	44.1
27-31	5978	17.2
31-35	4448	12.8
>35	9067	26.0
Toplam	34843	100

Çizelge 4.9'dan görüleceği üzere, çalışma alanındaki toprakların kil içeriği %23.71- 40.50 arasında değişmiştir. Su basmasına maruz kalan alanlarda yapılmış bir çalışmada ise yüzey topraklarının kil içeriğinin %2.6-70.6 arasında değiştiği ve ortalama %36.7 olduğu belirlenmiştir (Linnik ve ark., 2022).

Çalışma arazisinde yeralan toprakların kil içeriklerinin doğu-batı yönünde artışlar gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.1). Çalışma alanı topraklarının tekstür sınıfları, batı yönünde “killi tın” ve “kil”, doğu yönünde ise genellikle “tın” olarak belirlenmiştir (EK 3). Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının kil içeriklerinin %10.9-59.8 arasında değiştiğini, çalışma alanı topraklarının %80.4'ünün killi tekstür sınıfında olduğunu bildirmiştir. Gülser ve ark. (2016); çalışmalarında, yüzey topraklarının kil içeriklerinin ortalama %38.31 olduğunu bildirmişlerdir. Tercan ve ark., (2022), Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında; yüzey topraklarının kil içeriğinin %14.14- 68.81 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı, Karadeniz Bölgesi topraklarının genellikle kil tekstür sınıfına sahip olduğunu ifade etmiştir (Çolak 2018; Gökçe 2019).

#### 4.3.1.2 Silt

Silt içeriği için en uygun semivaryogram modeli, en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.11). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 29, 51, 60, 64, 65, 73, 81, 94, 101, 110 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.11** Silt değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/(C <sub>0</sub> +C)	(C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C)).100 %	SD	Range (A) m	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	2.35	5.29	0.55	45.0	M	162.8	0.96	0.592

SD: Uzaysal bağımlılık; M: Orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 162.8 m olarak saptanmıştır. Silt içeriği için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve Gaussian varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında siltin uzaysal değişimi “orta” olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Ongun (2008), 8.53 ha’lık alüvyal bir arazide yürüttüğü çalışmasında yüzey topraklarında silt için en uygun modelin Gaussian modeli olduğunu ve orta derecede uzaysal bağımlılık gösterdiğini bildirmiştir. Diğer çalışmalarda silt içeriği için Yetgin (2004), 90 m; Delbari ve ark., (2011), 135 m; Mitran ve ark., (2018), 1100 m; gibi oldukça farklı range değerleri belirtmişlerdir.

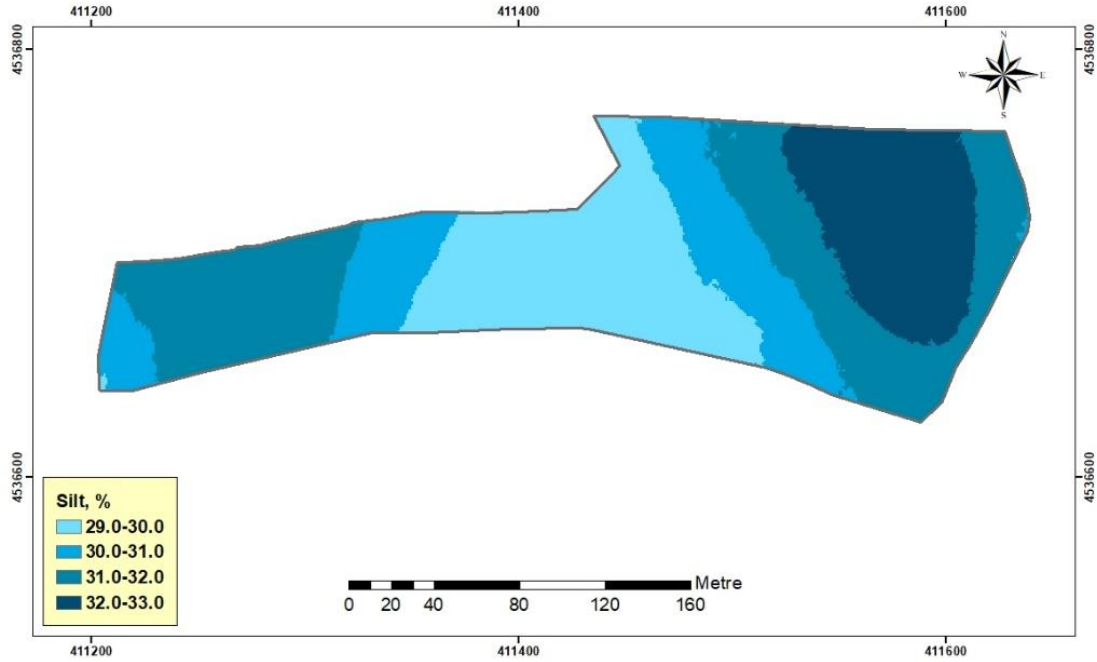
Çalışma alanında yeralan toprakların silt içerikleri için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12** Silt içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	108	34853
En küçük	26.7	29.1
En büyük	34.9	33.0
Ortalama	31.6	31
Standart Sapma	1.9	1.1
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		1.66
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.02

Çizelge 4.12’den görüleceği üzere; çalışma alanında silt içeriklerinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e yakın (1.02) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi, silt içeriklerinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında toprakların silt içeriklerindeki değişim, Nokta Kriging ile tahmin edilen silt içeriklerinin haritaya aktarılmasıyla gösterilmiştir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2** Silt içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının silt içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.13’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.13** Silt içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
29-30	15360	25.9
30-31	5978	20.3
31-32	4448	34.5
32-33	9067	19.3
<b>Toplam</b>	<b>34843</b>	<b>100</b>

Çizelge 4.12’den görüleceği üzere, çalışma alanının silt içeriği %29.13-32.95 arasında değişmiştir. Çalışma alanının %74’ünün %30’dan daha fazla silt içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının silt içeriklerinin %10-40 arasında değiştiğini, çalışma alanı topraklarının yarısından fazlasının silt içeriğinin %10-25 arasında olduğunu bildirmiştir. Gülser ve ark. (2016); çalışmasında yüzey topraklarının silt içeriklerinin %14.49-36.38 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Tercan ve ark., (2022), Karadeniz Bölgesi’nde yapmış oldukları çalışmalarında yüzey topraklarının silt içeriğinin %10.63-41.19 arasında değiştiğini ve ortalama %10.63 olduğunu bildirmişlerdir.

### 4.3.1.3 Kum

Araştırma konusu toprakların kil içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değerini veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır

**Çizelge 4.14** Kum değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/(C <sub>0</sub> +C)	(C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C)).100 %	SD	Range (A) m	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.055	0.16	0.966	3.40	S	742.70	0.94	8.31x10 <sup>-5</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 742.70 m olarak saptanmıştır. Kum içeriği için bulunan değerler, bu metreye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve Gaussian varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında kum içeriklerinin uzaysal bağımlılığı “güçlü” olarak belirlenmiştir. Mitran ve ark. (2018); yarı kurak iklim koşullarında yapmış oldukları çalışmada yüzey topraklarının kum içerikleri için en uygun model Gaussian model olarak tanımlamış ve güçlü uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmiştir. Diğer bazı çalışmalarda kum içeriği için Yetgin (2004) 127.9 m; Delbari ve ark., (2011) 145 m; Marchetti ve ark., (2012) 646 m; Mitran ve ark., (2018) 400 m; gibi oldukça farklı range değerleri belirtmişlerdir.

Kum içeriğinin ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.15’de verilmiştir.

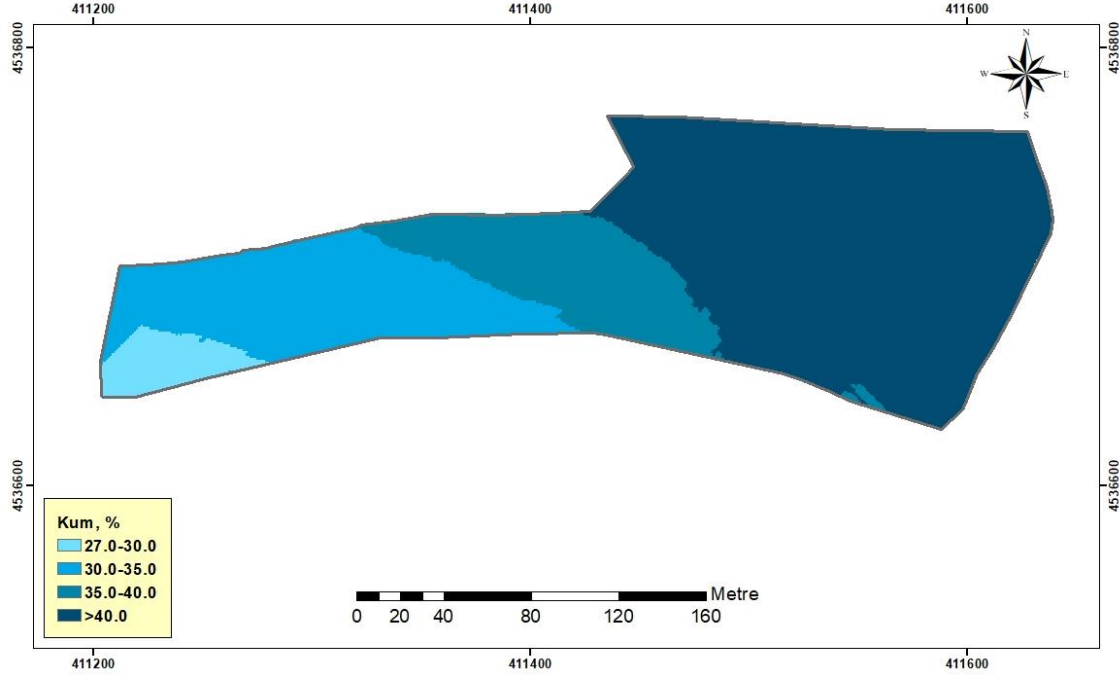
**Çizelge 4.15** Kum içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	24.4	28.0
En büyük	52.7	44.7
Ortalama	38.9	38.7
Standart Sapma	5.7	4.5
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		3.54
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.27

Çizelge 4.15’den görüleceği üzere; çalışma alanında kum içeriklerinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e yakın (1.27) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma

değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla kum içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen kum içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3** Kum içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının kum içerikleri için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.16** Kum içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
27-30	1444	4.1
30-35	7681	22.0
35-40	5460	15.7
>40	20268	58.2
<b>Toplam</b>	<b>34843</b>	<b>100</b>

Çizelge 4.15'den de görüleceği üzere, çalışma alanının kum içerikleri %28.0-44.7 arasında değişmiştir. Çalışma alanı topraklarının yarısından fazlasının kum içeriği %40'dan fazladır. Ayrıca, çalışma alanında yüzey topraklarının kum içerikleri batı doğu yönünde artış göstermiştir (Şekil 4.3). Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının kum içeriklerinin %23.6-81.1 arasında değiştiğini, çalışma alanının yarısından fazlasının kum içeriğinin %40'dan fazla olduğunu

belirlemiştir. Özyazıcı ve ark., (2014); Ordu ve Samsun'da yüzey topraklarının silt içeriğinin %16.85-85.70 arasında değiştiğini ve ortalama %51.72 olduğunu belirlemiştir. Gülser ve ark., (2016); yüzey topraklarının silt içeriklerinin ortalama %30.11 olduğunu bildirmiştir.

#### 4.3.1.4 Hacim Ağırlığı (HA)

Toprak hacim ağırlığı, toprağın en önemli fiziksel özelliklerden birisidir. Bitkilerin kök gelişimi için önemli olan havalanma kapasitesi yani toprağın porozitesi (gözeneklilik) ve toprakta su-hava transferi hakkında bilgi verir. Toprak oluşum süreçlerinin karmaşık olması, insan aktiviteleri ve ekolojik koşullar nedeniyle toprak hacim ağırlığı uzaysal olarak heterojenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle toprak hacim ağırlığının konumsal değişkenliği hakkında bilgi edinmek, tarımsal alanlarda toprakların verimliliği ve kalitesinin artırılması ve bu konuda önlemler alınabilmesi açısından önem taşımaktadır (Aşkın ve Özdemir, 2003).

Hacim ağırlığı için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.17).

**Çizelge 4.17** Hacim ağırlığı (HA) için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/(C <sub>0</sub> +C)	(C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C)).100 %	SD	Range (A) m	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.007	0.054	0.87	13.0	S	489.5	0.96	2.52x10 <sup>-5</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 489.5 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanı topraklarında hacim ağırlığı için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında hacim ağırlığının uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Araujo ve ark. (2018); yüzey topraklarının hacim ağırlığı değerleri için en uygun modeli Gaussian model olarak tanımlamış ve güçlü bir uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmiştir. Diğer bazı çalışmalarda yüzey topraklarının hacim ağırlıkları değişimi için Yetgin (2004), 60 m; Iqbal ve ark., (2005), 106 m; Ongun (2008), 75.69 m; Sağlam (2008), 1054 m; gibi oldukça farklı etki aralığı değerleri belirtmişlerdir.

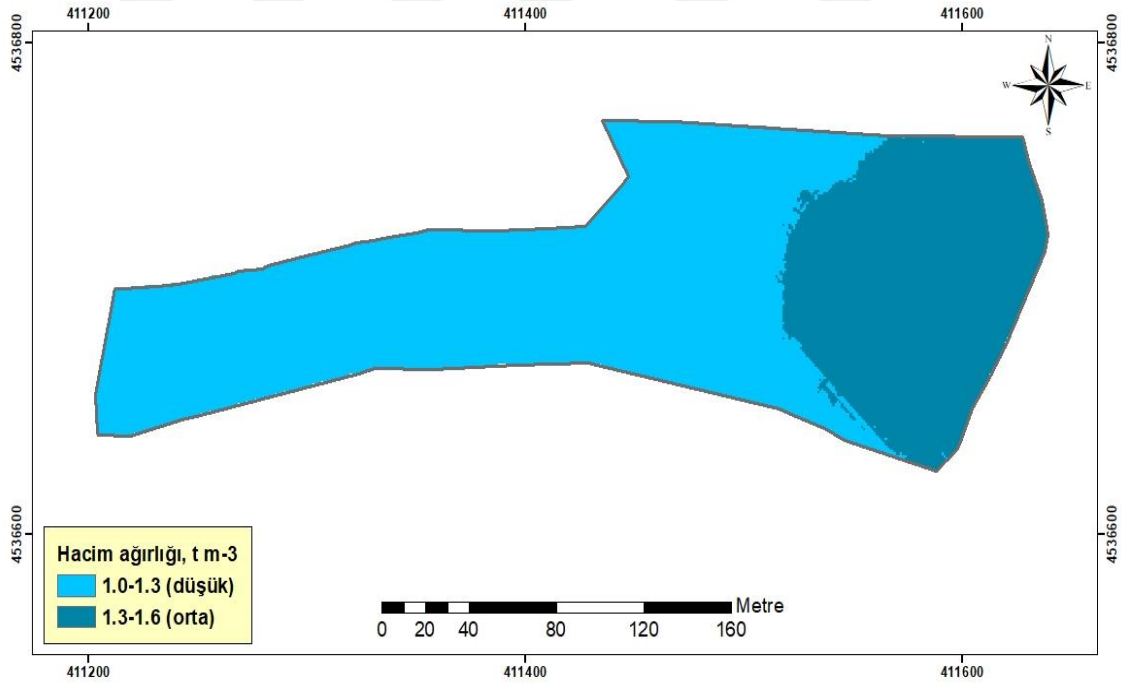
Hacim ağırlığı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.18** Hacim ağırlığı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.87	1.07
En büyük	1.54	1.36
Ortalama	1.24	1.23
Standart Sapma	0.13	0.09
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.088
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.02

Çizelge 4.18'den görüleceği üzere; araştırma alanındaki toprakların hacim ağırlığının analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.02) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla hacim ağırlığının çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen hacim ağırlığı, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.4).



**Şekil 4.4** Hacim ağırlığının çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanında, hacim ağırlığının arazi içerisindeki değişimi tekstür bileşenlerinin (kil ve kum) dağılımı ile oldukça yakın bir ilişki göstermiştir. Çalışma alanının hacim ağırlığı ile kum ve kil içeriği haritaları incelendiğinde (Şekil 4.1 ve

Şekil 4.3), kil içeriğinin artış gösterdiği alanlarda hacim ağırlığının azaldığı, kum içeriğinin artış gösterdiği alanlarda ise hacim ağırlığı değerlerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 4.3’de incelendiğinde hacim ağırlığı ile kilin önemli düzeyde negatif ( $r=-0.67$ ) ve kum ile pozitif ilişki ( $r=0.56$ ) gösterdiği belirlenmiştir. Hacim ağırlığının toprak tekstüründen etkilendiği bilinmektedir (Chaudhari ve ark., 2013; Gülser ve ark., 2016; Wang ve ark., 2023).

Çalışma alanının hacim ağırlığı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar ise Çizelge 4.19’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.19** Hacim ağırlığı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı ( $t\ m^{-3}$ )	Alan ( $m^2$ )	Alan (%)
1.0-1.3 (Düşük)	23253	66.7
1.3-1.6 (Orta)	11600	33.3
Toplam	34843	100

Çizelge 4.18’den görüleceği üzere; çalışma alanında tahmin edilen hacim ağırlığı 1.07- 1.36  $t\ m^{-3}$  arasında değişmiş ve ortalama 1.23  $t\ m^{-3}$  olarak saptanmıştır. Çalışma alanında toprakların hacim ağırlığı batı doğu yönünde artış göstermiş ve alanın büyük bir kısmında hacim ağırlığı düşük olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4). Bununla birlikte, çalışma alanının su altında kalan kısımlarında su altında kalmayan kısımlara kıyasla topraklar daha düşük hacim ağırlığına sahiptir. Daniel ve ark., (2017), su altında kalmış bir alanda yapmış oldukları çalışmalarında üç farklı hidrolojik zonun yüzey topraklarının hacim ağırlığını incelemişler ve nehir kenarına yakın olan zonun topraklarının en düşük hacim ağırlığı değerine (1.26  $t\ m^{-3}$ ), nehir kenarına uzak olan zonun ise en yüksek hacim ağırlığı değerine (1.41  $t\ m^{-3}$ ) sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, su baskınına maruz kalma süresi ve sıklığı ile ilgili olarak hacim ağırlığının nehirden uzaklaşma mesafesi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Saint-Lauret ve ark., (2017), nehir kenarlarına yakın alanlarda yapmış oldukları çalışmalarında, toprakların hacim ağırlığının su altında kalan (0.92- 0.96  $t\ m^{-3}$ ) ve su altında kalmayan alanlara (1.12  $t\ m^{-3}$ ) kıyasla önemli düzeyde değişiklik gösterdiğini; bunun da alanların toprak tekstüründe kum ve silt oranıyla ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların bulguları, bu çalışmada elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Çalışma alanı topraklarının büyük bir kısmı killi tın ve tın tekstür sınıfındadır. Tınlı ve killi tınlı tekstüre sahip topraklar için ideal hacim ağırlığı  $1.40 \text{ g cm}^{-3}$ 'den az olduğunda; killi tekstüre sahip toprakların hacim ağırlığının ise  $1.10 \text{ g cm}^{-3}$ 'den az olması durumunda bitki kök gelişiminin olumsuz etkilenmediği rapor edilmiştir (USDA 1999). Çalışma alanı topraklarının yaklaşık %14'ünün bitki kök gelişimi için ideal hacim ağırlığı değerlerine sahip olmadığı tespit edilmiştir.

### 4.3.2 Biyolojik Özellikler

#### 4.3.2.1 Organik Madde

Toprak organik maddesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli rol oynar. Toprak organik maddesi, toprak verimliliğinin önemli bir göstergesidir ve tarımsal sürdürülebilirliğin en önemli unsurlarından biridir. Bununla birlikte, toprak organik madde içeriğinin diğer toprak özellikleri hakkında da önemli bilgiler verebileceği ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2008; Rumpel ve Kögel-Knabner, 2011).

Organik madde içeriği için en uygun semivaryogram modeli exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.20** Organik maddenin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Exp	1.202	2.405	0.50	50.0	M	151.50	0.40	1.55

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 151.50 m olarak saptanmıştır. Organik madde için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında organik madde içeriğinin uzaysal bağımlılığı 'orta' olarak belirlenmiştir. Song ve ark., (2017); yüzey topraklarının organik madde içeriğinin orta derecede uzaysal bağımlılık gösterdiğini ve range değerinin 4570 m olduğunu belirlemiştir. Diğer bazı araştırmacılar da toprak organik maddesinin orta derecede uzaysal değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir (Miao ve ark., 2006; Aşkın ve ark., 2014). Bu farklılıkların vejetasyon, topografya, çalışma alanının büyüklüğü, arazi kullanımı ve çevresel faktörler ile ilişkili olduğu söylenebilir (Ren ve ark., 2011).

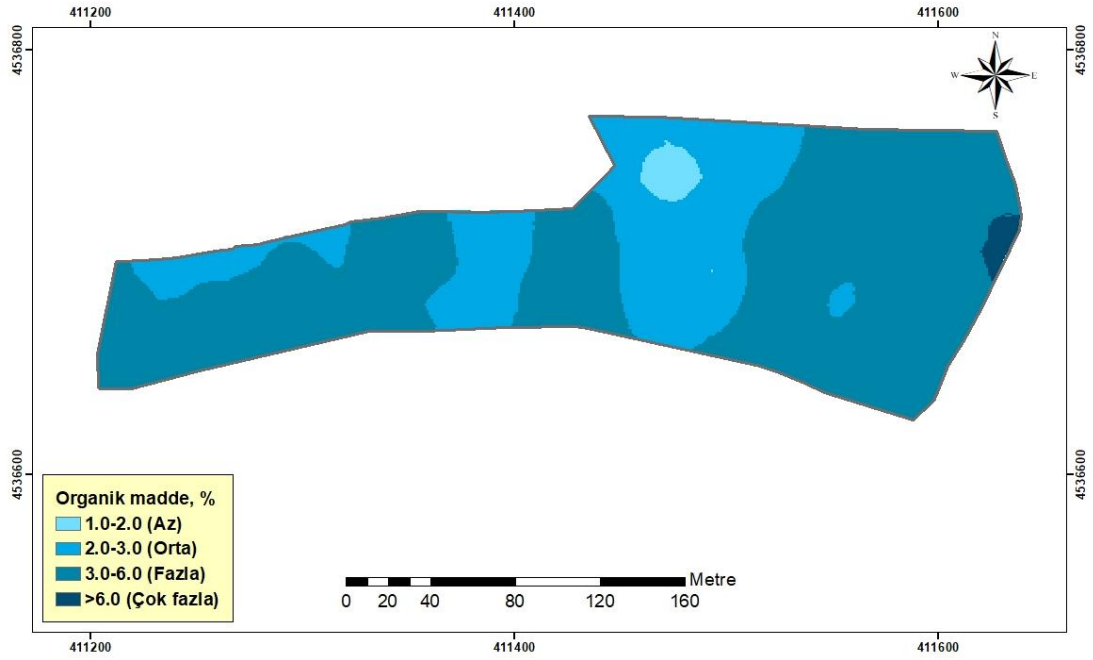
Organik madde içeriğinin ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.21’de verilmiştir.

**Çizelge 4.21** Organik maddenin ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

<b>Tanımlayıcı İstatistik</b>	<b>Analizde bulunan</b>	<b>Kriging ile tahmin edilen</b>
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.48	1.72
En büyük	6.89	6.15
Ortalama	3.28	3.45
Standart Sapma	1.48	0.89
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		1.32
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.95

Çizelge 4.21 incelendiğinde, organik maddenin analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (0.95) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de birbirine oldukça yakın elde edilmesi dolayısıyla organik madde içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Ordinary kriging kullanılarak nokta kriging ile tahmin edilen organik madde içeriği, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5** Organik madde içeriğinin çalışma alanındaki dağılımı

Çalışma alanının organik madde içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar ise Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.22** Organik madde için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	567	1.63
Orta	10148	29.12
Fazla	23812	68.32
Çok fazla	326	0.94
Toplam	34843	100

Çizelge 4.21’den görüleceği üzere, çalışma alanının organik madde içeriği az ile çok fazla arasında değişmiştir. Smith ve Weldon, (1941) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanının büyük bir kısmının organik madde içeriğinin fazladır. Diğer araştırmacılar da fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprak organik madde içeriğinin genellikle yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Karaca ve ark., (1998), fındık bahçelerinin organik madde miktarının %0.35-4.84 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özyazıcı ve ark., (2017), Orta ve Doğu Karadenizde yapmış oldukları çalışmalarında yüzey toprağının organik madde içeriğinin %0.3-12.91 arasında değişim gösterdiğini ve ortalama olarak organik madde içeriğinin %3.35 olduğunu belirlemişlerdir. Ay ve Kızılkaya, (2021), fındık yetiştiriciliği yapılan alanların toprak organik madde içeriklerinin genellikle yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma alanının büyük bir kısmında organik madde içeriğinin yüksek olmasının nedeni, fındık bitkisi yetiştiriciliğinin yapılması ve homojen bir bitki örtüsü altında bulunması olarak açıklanabilir. Toprak organik maddesinin temel kaynaklarından birisi de bitkisel artıklardır. Fındık, yaprak döken çok yıllık bir bitkidir ve biriken bitki artıkları toprak yüzeyindeki organik madde içeriğini artırabilmektedir. Buna ek olarak, fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yağışlı iklim koşullarının olması dolayısıyla toprakta organik madde birikimi olabilmektedir.

#### 4.3.2.2 Mikrobiyal Biyomas-C

Mikrobiyal biyomas, bitkilerin toprak ile bağlantı kurmasını sağlayan önemli bir parametredir. Toprakta organik karbonun yaklaşık %2-3'ü mikrobiyal biyomas karbondan oluşmaktadır ve toprakta besin döngüsünü hızlı bir şekilde sağladığı için bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin önemli bir kaynağı olarak kabul edilmektedir (Jenkinson and Ladd, 1981). Mikrobiyal biyomas, toprakta birçok önemli faaliyet gerçekleştirdiğinden dolayı toprak verimliliği ve kalitesinin sağlanması, sürdürülebilirliğinin korunması üzerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Mikrobiyal biyomas-C içeriği için en uygun semivaryogram modeli, exponential model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23** Mikrobiyal biyomas-C içeriğinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.023	0.223	0.897	10.3	S	20.40	0.14	7.68x10 <sup>-3</sup>

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 20.40 m olarak saptanmıştır. Biyomas-C için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında, mikrobiyal biyomas C içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir. Piegne ve ark., (2009); Wang ve ark., (2013), yapmış oldukları çalışmalarında ise yüzey topraklarının mikrobiyal biyomas C içeriklerinin güçlü bir uzaysal bağımlılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

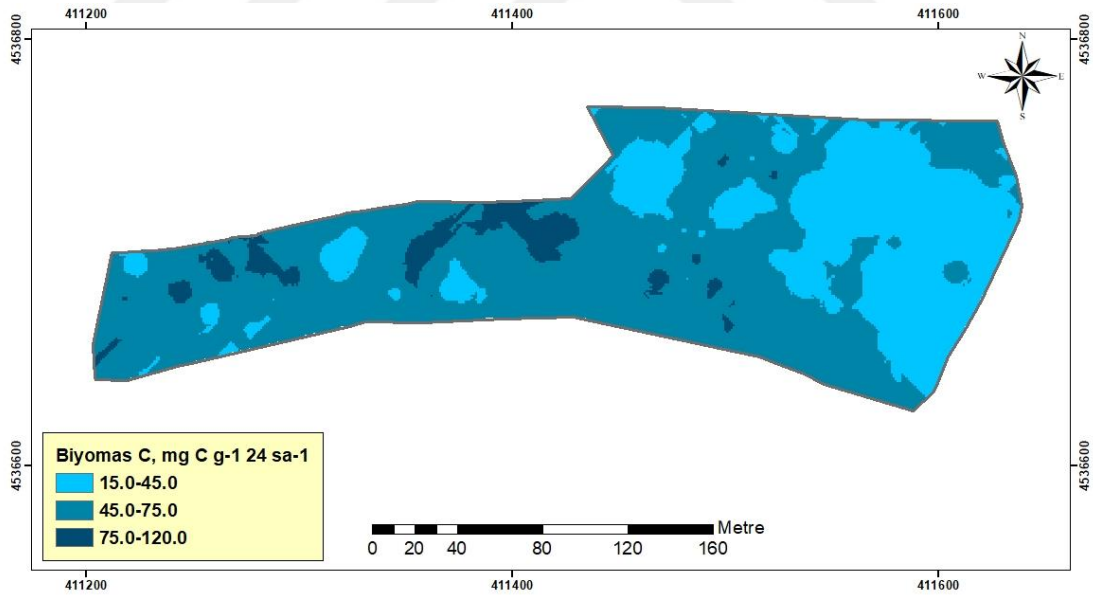
Mikrobiyal biyomas C içeriklerini ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.24'de verilmiştir.

**Çizelge 4.24** Mikrobiyal biyomas C için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	12.32	15.19
En büyük	126.90	110.22
Ortalama	51.03	52.51
Standart Sapma	24.06	13.65
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		23.28
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.90

ArcGIS 10.7 programında RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (0.90) olması ve standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla mikrobiyal biyomas-C içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen mikrobiyal biyomas C içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.6).



**Şekil 4.6** Mikrobiyal biyomas C içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının mikrobiyal biyomas C içerikleri için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.25'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.25** Mikrobiyal biyomas C içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
15.0-45.0	567	31.1
45.0-75.0	10148	63.4
75.0-120.0	23812	5.5
Toplam	34843	100

Çizelge 4.24'den de görüleceği üzere, çalışma alanında yüzey topraklarının mikrobiyal biyomas C içeriği 15.2-110.2 mg C g<sup>-1</sup> 24 sa<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey toprakların mikrobiyal biyomas C içeriğinin uzaysal değişkenliğini incelediği çalışmasında mikrobiyal biyomas C içeriğinin 26.24-151.3 µg C g<sup>-1</sup> 24 sa<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Ay ve Kızılkaya, (2021), Ordu ve Giresun ilinde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yapmış oldukları çalışmalarında; Ordu ilinde yer alan fındık bahçelerinden alınan toprakların mikrobiyal biyomas karbon miktarlarının ortalama 58.14 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> olduğunu; Giresun ilinde ise ortalama mikrobiyal biyomas karbon miktarının 40.76 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> olduğunu belirlemişlerdir. Kızılkaya ve ark. (2022); fındık yetiştiriciliği yapılan altı farklı bahçede yüzey topraklarının mikrobiyal biyomas C içeriklerini belirledikleri çalışmalarında 31.41–79.09 mg CO<sub>2</sub>-C 100 g<sup>-1</sup> 1 sa<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kara ve Baykara, (2014), fındık, orman ve çayır mera alanlarında yürüttükleri çalışmalarında yüzey topraklarının mikrobiyal biyomas C içeriklerinin sırasıyla 295.6, 376.6 ve 383.6 µg g<sup>-1</sup> MBC olduğunu ve fındık yetiştiriciliği yapılan alanların mikrobiyal biyomas C içeriklerinin diğer tarımsal alanların mikrobiyal biyomas C içeriklerinden daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Şekil 4.6'dan görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının C<sub>mic</sub> içeriği genellikle doğu batı yönünde artış göstermiştir. C<sub>mic</sub> içeriğinin topraktaki makro besin elementleri, pH ve kil ile önemli düzeyde pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Birçok araştırmacı çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmiştir (Röver ve Kaiser, 1999; Müller ve Höper, 2004; Heinze ve ark., 2014; Sphon ve Chodak, 2015; Çolak, 2018).

#### 4.3.2.3 $C_{mic}:C_{org}$

Toprakta organik karbonun yaklaşık %2-3'ü mikrobiyal biyomas karbondan oluşmaktadır (Jenkinson ve Ladd, 1981). Mikrobiyal biyomas karbon organik maddenin canlı kısmından oluşmaktadır ve oldukça dinamik özellik göstermektedir. Mikrobiyal biyomas karbon içeriğinin organik karbona oranı ( $C_{mic}:C_{org}$ ) tarımsal ekosistemde bir denge içerisinde olmalıdır. Bu oranın artması ya da azalması toprakta karbon kaybı ya da birikimi hakkında bilgi vermektedir (Insam ve Domsch, 1988). Bu oranın artması, topraktaki toplam organik karbon içerisindeki mikrobiyal biyomas karbonun azaldığını gösterirken, azalması ise mikrobiyal biyomas karbonun arttığını ifade etmektedir (Çolak, 2018). Dolayısıyla, toprak organik maddesinin yönetiminde sadece toprak organik karbonu değil aynı zamanda  $C_{mic}:C_{org}$  oranı ve mikrobiyal biyomas karbonun belirlenmesi de oldukça önemlidir ve daha hassas bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Sparling, 1992).

$C_{mic}:C_{org}$  oranı için en uygun semivaryogram modeli, exponential model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

**Çizelge 4.26**  $C_{mic}:C_{org}$  için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Exp	0.039	0.428	0.91	9.0	S	19.80	0.06	0.0581

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 19.80 m olarak saptanmıştır.  $C_{mic}:C_{org}$  oranı için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında  $C_{mic}:C_{org}$  oranının uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Çolak, (2018); çalışmasında fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda  $C_{mic}:C_{org}$  oranının güçlü bir uzaysal bağımlılık gösterdiğini belirlemiştir.

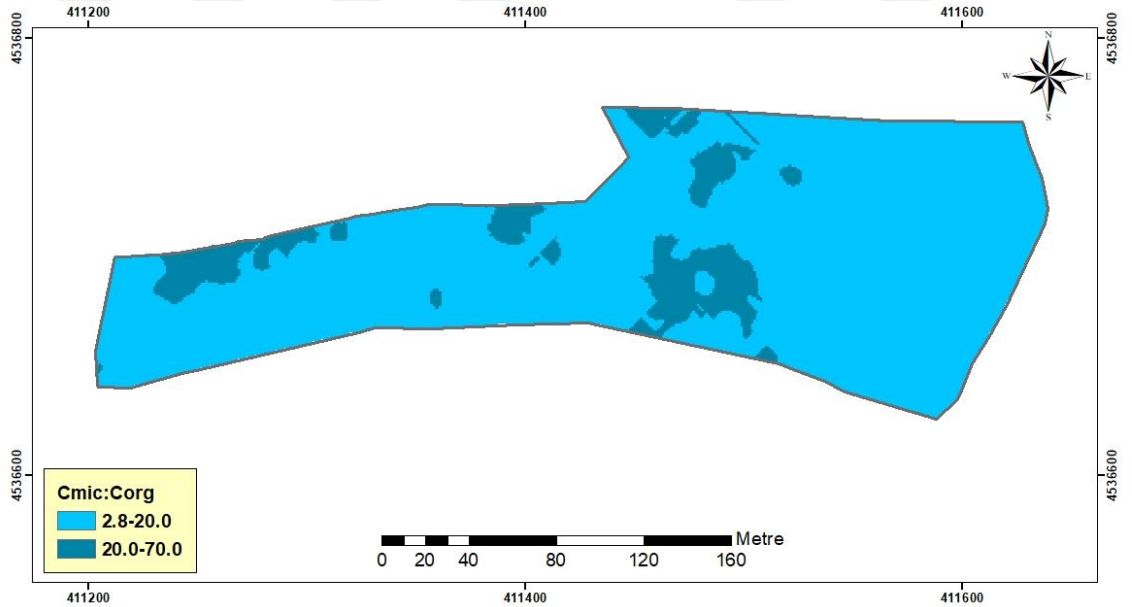
$C_{mic}:C_{org}$  oranının ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.27'da verilmiştir.

**Çizelge 4.27**  $C_{mic}:C_{org}$  oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	11.3	2.8
En büyük	86.3	66.7
Ortalama	14.18	13.53
Standart Sapma	12.56	5.86
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		11.83
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.93

Çizelge 4.27 incelendiğinde,  $C_{mic}:C_{org}$  oranının analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine nispeten olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (0.93) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla  $C_{mic}:C_{org}$  oranını çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen  $C_{mic}:C_{org}$  oranı, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.7).



**Şekil 4.7**  $C_{mic}:C_{org}$  oranının çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının  $C_{mic}:C_{org}$  oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.28’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.28**  $C_{mic}:C_{org}$  oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
2.8-20	30847	88.5
20-70	4006	11.5
Toplam	34843	100

Çizelge 4.27’den görüleceği üzere, çalışma alanında yüzey topraklarının  $C_{mic}:C_{org}$  oranı %2.8-66.7 arasında değişmiş ve ortalama %13.53 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmının  $C_{mic}:C_{org}$  oranı %2.8-20.0 arasındadır. Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının  $C_{mic}:C_{org}$  oranının %1.17-30.67 arasında değiştiğini bildirmiştir. Kara ve Baykara (2014), fındık, orman, mera alanında yapmış oldukları çalışmalarında yüzey topraklarının  $C_{mic}:C_{org}$  oranının fındık tarımı yapılan alanlarda ortalama %1.35 olduğunu ve fındık tarımı yapılan alanlarda  $C_{mic}:C_{org}$  oranının orman ve mera alanlarına kıyasla oldukça yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

$C_{mic}:C_{org}$  oranının toprak organik maddesi ile önemli düzeyde negatif ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Insam ve Dosmsch, (1988) ve Çolak (2018) yapmış oldukları çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmiştir.  $C_{mic}:C_{org}$  oranı tarımsal alanlarda iklimsel ve çevresel faktörlerden oldukça etkilenmektedir (Insam ve ark., 1989). Mikroorganizmalar, toprak organik maddesini karbon ve enerji kaynağı olarak kullandıklarından dolayı, toprak organik madde içeriği bu oranı etkileyen en temel toprak özelliğidir (Meli ve ark., 2002).

### 4.3.3 Kimyasal Özellikler

#### 4.3.3.1 Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak pH’sı mikroorganizma faaliyetleri, bitki gelişimi ve besin elementlerinin yararlılığı açısından önemli bir toprak kimyasal özelliği olup, çoğu bitki gelişimi için toprakların pH’sının 6.5-7.5 arasında olması istenir (McCauley ve ark., 2017).

Toprak reaksiyonu için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.29).

**Çizelge 4.29** Toprak reaksiyonu (pH) için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.003	0.08	0.97	3.0	S	451.37	0.99	2.197x10 <sup>-5</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 451.37 m olarak saptanmıştır. Toprak reaksiyonu için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında toprak reaksiyonunun (pH) uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir. Diğer bazı araştırmalarda da toprak reaksiyonunun güçlü derecede uzaysal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir (Foroughifar ve ark., 2013; Bhunia ve ark., 2018; Song ve ark., 2019).

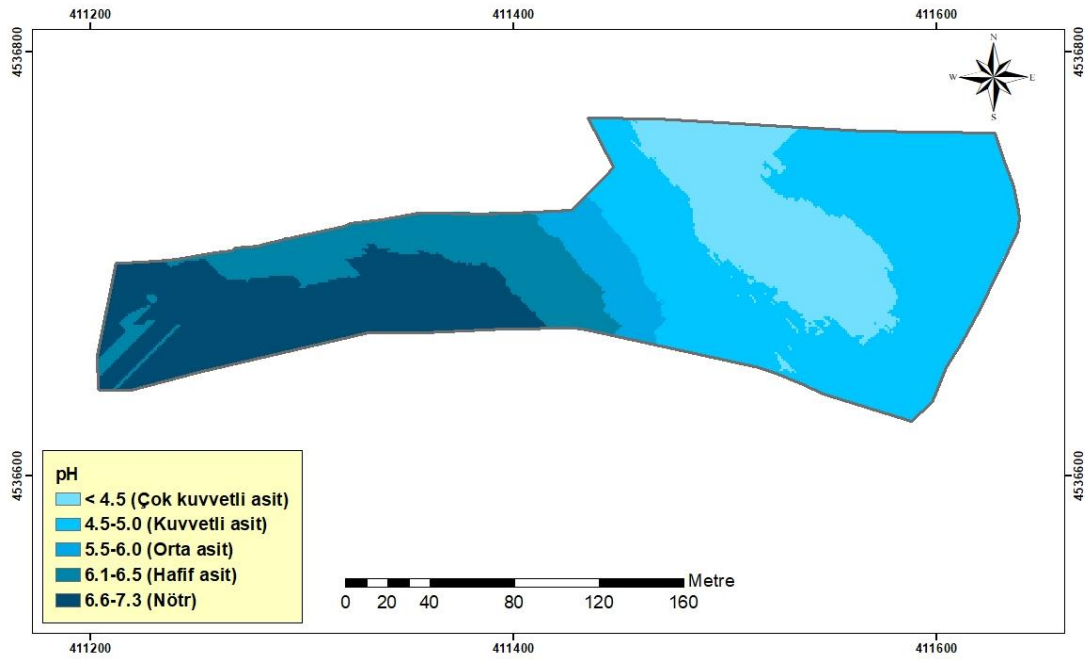
Toprak reaksiyonunun ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.30’da verilmiştir.

**Çizelge 4.30** Toprak reaksiyonu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	3.88	4.80
En büyük	7.1	6.83
Ortalama	5.58	5.61
Standart Sapma	0.79	0.69
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.35
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.17

Çizelge 4.30 incelendiğinde; çalışma alanının toprak pH’si için analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.17) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla toprak pH’sinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen toprak pH’si, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.8).



**Şekil 4.8** Toprak reaksiyonunun (pH) çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının toprak reaksiyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.31’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.31** Toprak reaksiyonu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Çok kuvvetli asit	6185	17.75
Kuvvetli asit	14505	41.62
Orta asit	1702	4.88
Hafif asit	4837	13.88
Nötr	7624	21.87
<b>Toplam</b>	<b>34843</b>	<b>100</b>

Çizelge 4.30’dan görüleceği üzere, interpolasyon haritasında çalışma alanının toprak reaksiyonu çok kuvvetli asitten nötr karaktere doğru değişmiştir. USDA (1999) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, çalışma alanı topraklarının %78.13’ünün asit reaksiyona, %21.87’si ise nötr reaksiyona sahiptir (Çizelge 4.34). Reza ve ark., (2017), alüvyal bir alanda yapmış oldukları çalışmalarında toprak pH’sinin asit karakterden alkalın karaktere doğru değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanların yüzey toprak pH’sinin 4.91-7.50 arasında değiştiğini ve çalışma alanının yaklaşık %81’inin asit karakterli toprak reaksiyonuna sahip olduğunu bildirmiştir. Özyazıcı ve ark., (2014); fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprak pH’sinin 3.44-8.07 arasında değiştiğini ve çalışma alanının genellikle asit karakterli

olduğunu tespit etmişlerdir. Karadeniz Bölgesi'nde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey toprak pH'sinin genellikle asit karakterli olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanı yüzey topraklarının pH değeri doğu batı yönünde artmış ve asit reaksiyondan nötr reaksiyona doğru yaklaşım göstermiştir. Ayrıca, çalışma alanının, toprak reaksiyonu ve alınabilir Ca, Mg, K içeriğine ait tahmin haritaları birbirine benzerlik göstermektedir. Alınabilir Ca, Mg, K içeriğinin fazla düzeyde olduğu alanlarda toprak pH'si nötre yakındır. Tarım alanlarında yüzeysel akışla, toprak içerisinde çözünmüş halde bulunan bitki besin elementleri taşınabilmektedir. Yağış miktarı, eğim, toprak yapısı, vejetasyon gibi faktörler yüzeysel akışı en çok etkileyen etmenler arasında yer almaktadır (Sharply, 1985; Gascho ve ark., 1998; Canton ve ark., 2011). Çalışma arazisinin uzun süreli yağışa maruz kalması ve topoğrafyası dolayısıyla yüzeysel akışla bazik katyonların taşınımını mümkün olabilir. Toprakta Ca ve Mg kayıplarının yüzeysel su akışı ile taşınımını genellikle yüksektir (Schick ve ark., 2000). Bunun nedeni, bu katyonların topraktaki kolloidler tarafından güçlü bir şekilde adsorbe edilmesi ve böylece, su ile kolayca taşınabilir duruma gelmesi olarak açıklanmaktadır (Bertol ve ark., 2003).

Toprak pH'si ile alınabilir Ca, Mg, K içeriği önemli pozitif ilişki gösterirken; alınabilir Fe ve Mn ile önemli negatif ilişki göstermiştir (Çizelge 4.3). Kumar ve ark., (2021), toprak pH'si ile Ca ve Mg arasında pozitif; Mn ile negatif çok önemli ilişkiler tespit etmişlerdir. Recha ve ark., (2022), toprak pH'si ile Ca, Mg, K arasında pozitif; Fe ve Mn ile negatif çok önemli ilişkiler saptamışlardır.

#### 4.3.3.2 Elektriksek İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik için en uygun semivaryogram modeli, spherical (küresel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.32). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 30, 34, 37, 53 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.32** EC için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Spherical	0.016	0.035	0.55	45.0	M	363.10	0.93	$2.05 \times 10^{-5}$

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 363.10 m olarak saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında elektriksel iletkenliğin (EC) uzaysal değişimi ‘orta’ olarak belirlenmiştir. Bhunia ve ark., (2018); yüzey topraklarının EC değeri için orta derecede uzaysal bağımlılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Behera ve ark., (2022); çalışmalarında yüzey topraklarının EC değeri için range değerini 178 m; uzaysal bağımlılığını ise orta derecede olarak tespit etmişlerdir.

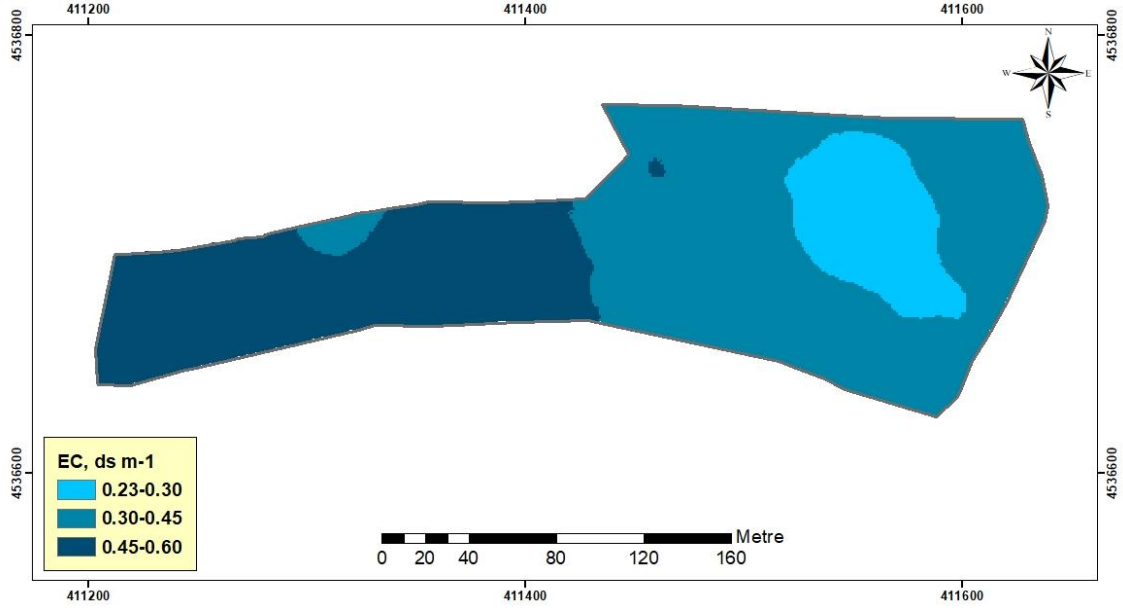
EC için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.33’de verilmiştir.

**Çizelge 4.33** EC için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	114	34853
En küçük	0.13	0.23
En büyük	0.79	0.55
Ortalama	0.40	0.40
Standart Sapma	0.16	0.08
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.13
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.97

Çizelge 4.33’den görüleceği üzere; çalışma alanında analizle bulunan EC değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine nispeten yakındır. RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın (0.97) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla EC’nin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen EC değeri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.9).



**Şekil 4.9** EC'nin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının EC'si için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar ise Çizelge 4.34'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.34** EC için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ds m <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.23-0.30	4479	12.85
0.30-0.45	18602	53.37
0.45-0.60	11772	33.78
Toplam	34843	100

Çizelge 4.33'den görüleceği üzere, çalışma alanında toprakların elektriksel iletkenlik değerleri 0.23 ds m<sup>-1</sup> ile 0.55 ds m<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama 0.40 ds m<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. USDA (1999)'nın belirlediği sınır değerlerine göre, çalışma alanının tamamı düşük elektriksel iletkenliğe (EC) sahiptir (Çizelge 3.6). Ordu ilinde yıllık yağış miktarının fazla olması, toprakta tuz birikiminin oluşmamasındaki en önemli faktörlerden biridir. Çolak (2018), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının EC değerinin oldukça düşük elektriksel iletkenliğe sahip olduğunu bildirmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde yapılan diğer çalışmalarda da araştırmacılar toprakların genellikle düşük EC değerine sahip olduğunu bildirmişler (Horuz, 1996; Özyazıcı ve ark., 2013; Gökçe, 2019).

Tarım topraklarında elektriksel iletkenlik 0.98 ds m<sup>-1</sup>'den fazla olduğunda hafif tuzluluk tehlikesi olabilmektedir (Çizelge 3.6). Çalışma alanında tuzlulukla ilgili

herhangi bir sorun olmamakla birlikte, arazide toprakların EC değeri doğu-batı yönünde artmıştır (Şekil 4.11). Çalışmada, su altında kalan alanlarda toprakların EC değeri su altında kalmayan alanlardak topraklara kıyasla daha yüksek miktarda bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının EC ve alınabilir Ca, Mg, K haritaları incelendiğinde benzer yaklaşım göstermektedir. Bu durum, bu alanda suda çözünebilir kationların (Ca, Mg, K, Na) daha yüksek miktarda bulunması ile açıklanabilir. Bu kationlar, EC miktarında artışa neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra, su altında kalan topraklar, tuzların sızmasını önlediğinden dolayı tuzluluğa oldukça yatkındır (Amer, 2021).

Toprak EC'si ile alınabilir Ca, Mg, K içeriği önemli pozitif ilişki göstermiştir (Çizelge 4.3). Narjary ve ark., (2021) su altında kalan alanlarda yapmış yapmış oldukları çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.3.3.3 Amonyum+Nitrat Azotu

Amonyum nitrat azotu için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 95, 96, 97, 98, 99, 100 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.35** Amonyum nitrat için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.32	2.662	0.90	10.0	S	492.6	0.90	0.159

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 492.6 m olarak saptanmıştır. Amonyum nitrat için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında amonyum nitrat içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Diğer bazı çalışmalarda toprakların amonyum ve nitrat içeriklerinin oldukça farklı range değerleri ve uzaysal bağımlılık gösterebileceği bildirilmiştir (Lopez- Gradanos ve ark., 2002; Gallardo, 2003; Wang ve ark., 2007).

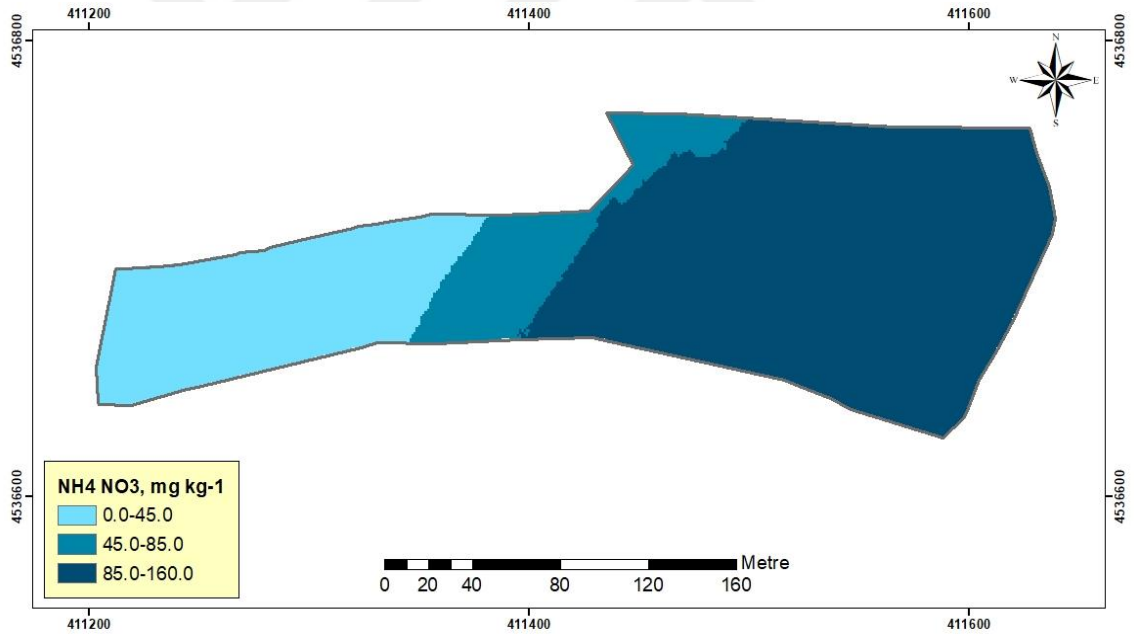
Amonyum nitrat içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.36'da verilmiştir.

**Çizelge 4.36** Amonyum nitrat için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	112	34853
En küçük	3.4	9.2
En büyük	231.2	162.5
Ortalama	58.2	82.4
Standart Sapma	48.5	42.7
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		80.07
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.08

Çizelge 4.36'dan görüleceği üzere; RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (1.08) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla amonyum nitrat içeriklerinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen amonyum nitrat içeriği, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.10).



**Şekil 4.10** Amonyum nitrat azotu içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının amonyum nitrat içeriklerini için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.37’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.37** Amonyum nitrat azotu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0-45	8612	24.7
45-85	4166	12
85-160	22075	63.3
Toplam	34843	100

Çizelge 4.36’dan de görüleceği üzere, çalışma alanında yüzey topraklarının amonyum nitrat içerikleri 11.65-155.76 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Nitekim arazide, su altında kalan kısımlardaki topraklar, su altında kalmayan kısımlardaki topraklara kıyasla daha düşük düzeyde amonyum nitrat azotu içermektedir. Su altında kalan topraklarda azot kaybı sıklıkla görülebilmektedir. Nielsen (2015), yapmış olduğu çalışmasında su altında kalma koşullarında topraklarda yıkanma ve denitrifikasyonla azot kaybının olabileceğini bildirmiştir. Topraklarda su basması, nitrat konsantrasyonlarında azalmaya neden olabilmektedir (Unger ve ark., 2009; Zurweller ve ark., 2015). Zurweller ve ark., (2015), su baskınına maruz alanın topraktaki NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonunun su baskınına maruz kalmayan kontrol alanına kıyasla %61 daha düşük olduğunu ve azot kaybının oldukça hızlı olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.3.3.4 Alınabilir Fosfor

Alınabilir fosfor için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.38).

**Çizelge 4.38** Alınabilir P için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreler

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.142	2.294	0.938	6.2	S	629.94	0.97	0.0151

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 629.94 m olarak saptanmıştır. Alınabilir P için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında alınabilir P içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir. Diğer bazı araştırmalarda da toprakların alınabilir P içeriğinin güçlü derecede uzaysal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir (Bhunia ve ark., 2018; Chen ve ark., 2020).

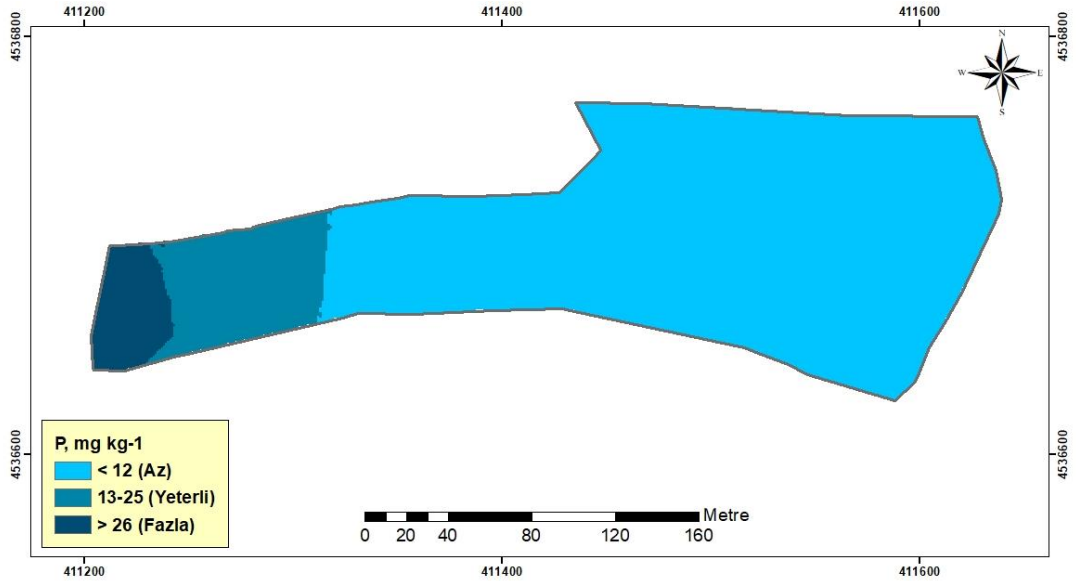
Alınabilir P içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.39’da verilmiştir.

**Çizelge 4.39** Alınabilir P için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	1.86	2.78
En büyük	56.06	39.08
Ortalama	8.85	7.79
Standart Sapma	10.07	7.11
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		5.85
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.23

Çizelge 4.39’dan görüleceği üzere; çalışma alanında alınabilir fosforun analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.23) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir P içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir P içeriği, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11** Alınabilir P içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir P içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.40'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.40** Alınabilir P için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	28812	82.67
Yeterli	4173	11.97
Fazla	1868	5.36
Toplam	34843	100

Çizelge 4.39'dan de görüleceği üzere, interpolasyon haritasında çalışma alanı topraklarının alınabilir P içerikleri 2.78-39.08 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 7.79 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bingham (1962) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanının %82.67'sinin az, %11.97'sinin yeterli, %5.36'sının ise fazla düzeyde alınabilir P içermektedir. Çalışma alanının büyük bir kısmında alınabilir P içeriği az düzeydedir (Şekil 4.13). Karadeniz Bölgesi'nde fındık yetiştirilen alanlardaki benzer çalışmalarda toprakların genellikle az düzeyde alınabilir fosfor içerdiği bildirilmiştir (Çolak, 2018; Ay, 2019; Durmuş, 2019).

Bununla birlikte arazide doğudan batıya doğru gidildikçe toprakların alınabilir P içeriği artış göstermiştir. Bu durum, toprak pH'sinin asit reaksiyondan nötre yaklaşmasına bağlı olarak fosfor yarayışlılığının artması ile açıklanabilir. Alınabilir fosforun yarayışlılığı toprak pH'si ile doğrudan ilişkilidir. Bitkilerin gelişimi için en önemli makro elementlerden biri olan fosfor, toprak reaksiyonu 6.5-7.5 arasında optimum düzeyde yarayışlıdır (Truog, 1935). Çalışma alanı topraklarının büyük bir kısmında fosfor içeriğinin az olmasının nedeni, asit karakterli koşullarından dolayı fosfor yarayışlılığının oldukça sınırlı olması ile açıklanabilir. Asit reaksiyonlu topraklarda Fe ve Al hidroksit ve oksitlerinin yüksek miktarda çözünürlüğünden dolayı fosfor yarayışlılığı oldukça sınırlıdır (McDowell ve Condron, 2000; Hao ve ark., 2002). Bu koşullarda, çözünebilir haldeki fosfor bileşikleri, Fe ve Al ile birleşerek çözünmez bileşikler oluşturur. Bitkiler tarafından alınabilir serbest fosforun, alınmaz halde yarayışsız duruma geçmesi ise 'fosfor fiksasyonu' olarak tanımlanmaktadır.

Çalışma alanı topraklarının pH'si ve alınabilir P ile Fe tahmin haritaları birbirini destekleyen benzer yaklaşımlar göstermektedir. Alınabilir P içeriği ile toprak pH'si önemli düzeyde pozitif ilişki gösterirken ( $r=0.47$ ), alınabilir Fe içeriği ise önemli

düzeyde negatif ilişki ( $r=-0.82$ ) göstermiştir (Çizelge 4.3). Reza ve ark., (2017) ve Chen ve ark., (2020), toprakların alınabilir P içeriği ile pH'si arasında önemli düzeyde pozitif ilişki; Özyazıcı ve ark., (2014), pH ile Fe arasında negatif ilişkiler tespit etmişlerdir.

#### 4.3.3.5 Alınabilir Potasyum

Alınabilir K için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.41).

**Çizelge 4.41** Alınabilir K için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Gaussian	0.037	1.743	0.98	2.0	S	695.07	0.97	$7.55 \times 10^{-3}$

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 695.07 m olarak saptanmıştır. Alınabilir K için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında alınabilir K içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.41). Bhunia ve ark., (2018), çalışmalarında toprakların alınabilir K içeriğinin güçlü bir uzaysal bağımlılık gösterdiğini ve range değerinin 1210 m olduğunu belirlemişlerdir. Chattarjee ve ark., (2015), çalışmalarında alınabilir K içeriğinin güçlü bir uzaysal bağımlılık sergilediğini ve range değerini 55 m olarak belirlemişlerdir.

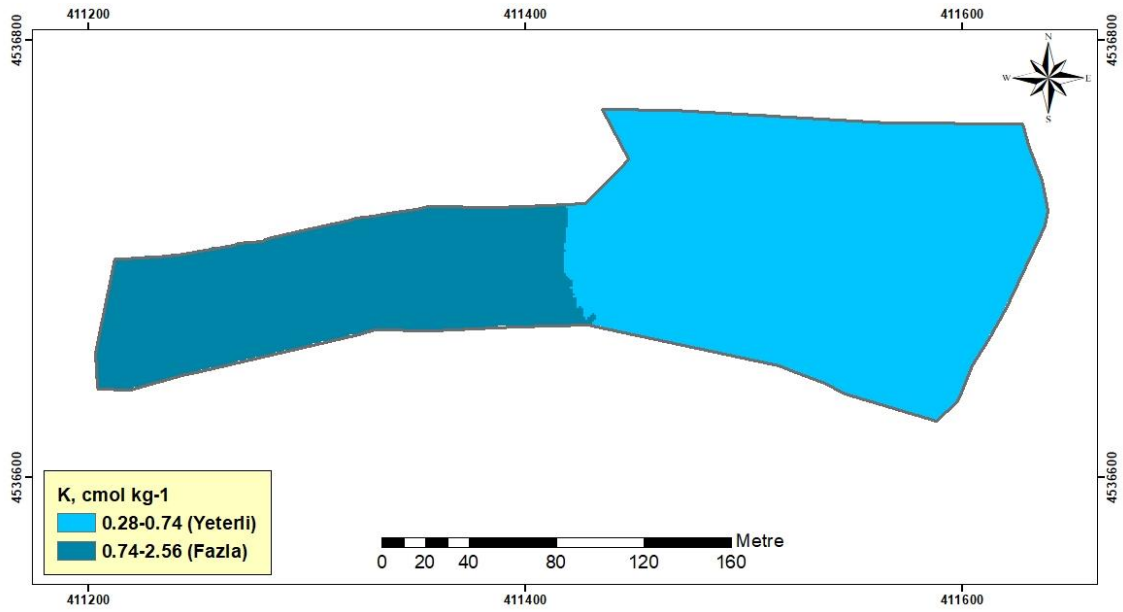
Alınabilir K içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.42'de verilmiştir.

**Çizelge 4.42** Alınabilir K için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.31	0.44
En büyük	3.47	2.56
Ortalama	0.87	0.83
Standart Sapma	0.62	0.47
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.33
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.63

Çizelge 4.42'den görüleceği üzere; çalışma alanında alınabilir K içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakındır. RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (1.63) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir K içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir K içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.12).



**Şekil 4.12** Alınabilir K içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir K içeriği için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.43'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.43** Alınabilir K için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yeterli	23008	66
Fazla	11845	34
Toplam	34843	100

Çizelge 4.42'den görüleceği üzere, çalışma alanında toprakların alınabilir K içerikleri 0.44 -2.56 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 0.83 cmol kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Sillinpaa (1990) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanının %66'sının yeterli, %34'ünün ise fazla düzeyde alınabilir K içermektedir (Şekil 4.12). Bununla birlikte, Karadeniz Bölgesi'nde fındık bahçelerinde yapılan

benzer çalışmalarda toprakların alınabilir K içeriğinin genellikle yüksek olduğu bildirilmiştir (Gökçe, 2019).

Araştırma konusu toprakların alınabilir K içerikleri arazinin doğu batı yönde artış göstermiştir (Şekil 4.14). Potasyum yarayırlılığı, toprak pH'si 5.5'in üzerinde olduğunda artmaktadır. Toprak pH'sinin 5.5'in üzerinde olan alanlarda, arazinin batı kısımlarında, alınabilir potasyum içeriğinin arttığı görülmektedir. Ayrıca, toprakların alınabilir K içeriği ile kil ve pH'nin önemli düzeyde pozitif ilişki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Benzer çalışmalarda toprak pH'si ile K'nin pozitif ilişki (Bhunja ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2021); K ile kil içeriği arasında pozitif ilişki (Gorai ve ark., 2022) tespit etmişlerdir.

#### 4.3.3.6 Alınabilir Kalsiyum

Alınabilir Ca için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44).

**Çizelge 4.44** Alınabilir Ca için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.008	0.308	0.975	2.5	S	362.34	0.98	1.087x10 <sup>-3</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 362.34 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında alınabilir Ca içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir. Kumar ve ark. (2021), yüzey topraklarının Ca içeriğinin range değerinin 4125 m olduğunu ve güçlü uzaysal bağımlılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Behera ve ark., (2022); çalışmalarında yüzey topraklarının Ca içeriği için range aralığının 77 m olduğunu ve güçlü uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir.

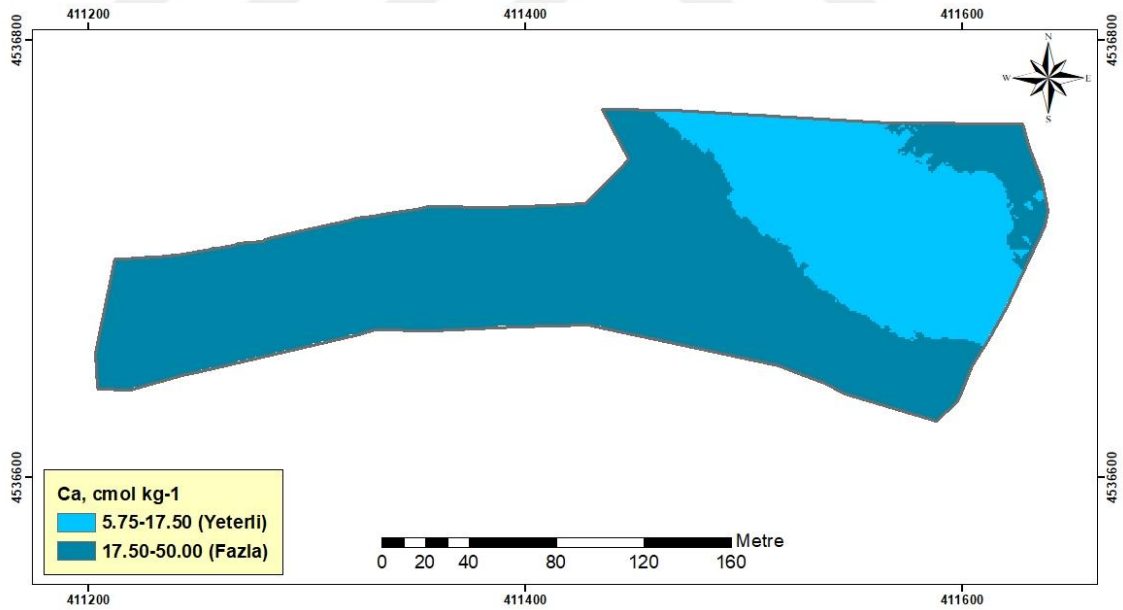
Alınabilir Ca içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.45'de verilmiştir.

**Çizelge 4.45** Alınabilir Ca için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	12.64	15.60
En büyük	38.48	39.25
Ortalama	23.51	24.10
Standart Sapma	7.68	7.55
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		2.52
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.23

Çalışma alanında alınabilir Ca içeriğinin analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça yakındır. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.23) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Ca içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Ca içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.13).



**Şekil 4.12** Alınabilir Ca içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Ca içerikleri için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.46'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.46** Alınabilir Ca için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yeterli	10109	29
Fazla	24744	71
Toplam	34843	100

Çizelge 4.45'den görüleceği üzere, çalışma alanında yüzey topraklarının alınabilir Ca içerikleri 15.60-39.25 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Sillinpaa (1990) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanının %29'unun yeterli, %71'inin ise fazla düzeyde alınabilir Ca içerdiği belirlenmiştir. Çolak (2018); fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüzey topraklarının Ca içeriklerinin genellikle çok fazla düzeyde kalsiyum içerdiğini saptamıştır. Gökçe (2019), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprakların alınabilir Ca değerlerinin 3.06 cmol/kg ile 47.13 cmol/kg arasında değiştiğini ve ortalama 18.09 cmol/kg olduğunu, toprakların büyük bir kısmının alınabilir Ca içerikleri bakımından yeterli ve fazla düzeyinde olduğunu tespit etmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alınabilir Ca içeriklerinin doğu yönünden batı yönüne doğru artmaktadır (Şekil 4.13). Bunun nedeni, Ca katyonlarının yüzey akışıyla batı bölgesine taşınması ve burada birikmesi olabilir. Toprakta Ca elementi, yüzey akışıyla kolayca taşınabilmektedir (Schick ve ark., 2000). Ayrıca, kalsiyumun birikmesi toprak pH'sini arttırabilmektedir (Wood ve ark., 2005). Toprakların alınabilir Ca içeriği ile pH'nin önemli düzeyde pozitif (r=0.87) gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.3). Benzer çalışmalarda toprak pH'si ile Ca'nın pozitif ilişki (Behera ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2021) tespit edilmiştir.

#### 4.3.3.7 Alınabilir Magnezyum

Alınabilir Mg için en uygun semivaryogram modeli, en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.47).

**Çizelge 4.47** Alınabilir Mg için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.43	1.354	0.682	31.8	M	431.97	0.87	0.0453

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 431.97 m olarak saptanmıştır. Alınabilir Mg için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir. Çalışma alanında alınabilir magnezyum içeriğinin uzaysal değişimi ‘orta’ olarak belirlenmiştir. Behere ve Shukla (2015), yapmış oldukları çalışmalarında yüzey topraklarının Mg içeriklerinin orta ve güçlü derece uzaysal bağımlılık sergilediğini belirlemişlerdir.

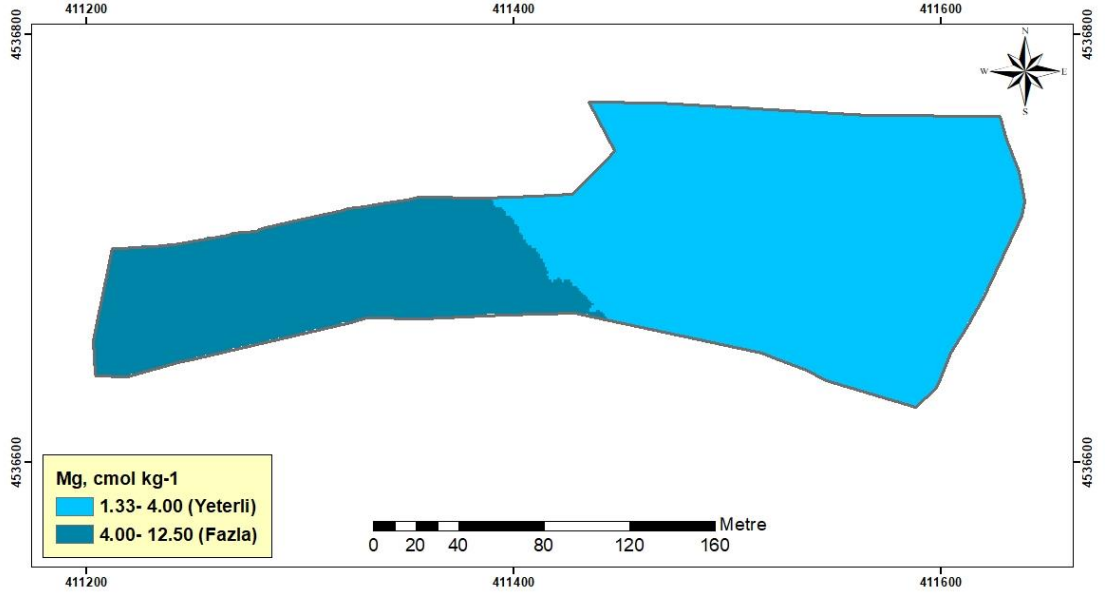
Alınabilir Mg içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.48’de verilmiştir.

**Çizelge 4.48** Alınabilir Mg için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.20	1.82
En büyük	14.95	9.40
Ortalama	4.44	3.89
Standart Sapma	3.14	2.06
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		2.29
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.64

Çizelge 4.48’den görüleceği üzere; çalışma alanında alınabilir Mg içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’den küçük (0.64) olması gerçek değerlerden daha yüksek tahmin yapıldığını göstermektedir. Ancak, tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Mg içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Mg içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.14).



**Şekil 4.14** Alınabilir Mg içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Mg içerikleri için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.49’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.49** Alınabilir Mg için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yeterli	23428	67.22
Fazla	11425	32.78
Toplam	34843	100

Çizelge 4.48’den görüleceği üzere, çalışma alanının yüzey topraklarının alınabilir Mg içerikleri 1.82-9.40 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Sillinpaa (1990)’nın belirlediği sınır değerlerine göre, çalışma alanının %67.22’sinin yeterli, %32.78’inin ise fazla düzeyde alınabilir Mg içerdiği belirlenmiştir.

Alınabilir Mg içerikleri arazinin doğu bölgesinde yeterli düzeyde, batı bölgesinde ise fazla düzeydedir (Şekil 4.14). Bunun nedeni, çalışma alanında yüzey akışla Mg katyonlarının batı bölgesine taşınması ve burada birikmesi olabilir. Ayrıca, alınabilir Ca ve Mg haritaları oldukça benzer yaklaşımlar göstermiştir. Toprakta kalsiyum ve magnezyum elementleri, yüzey akışıyla kolayca taşınabilmektedir (Schick ve ark., 2000).

Toprakların alınabilir Mg içeriği ile pH'nin önemli düzeyde pozitif ilişki göstermiştir (Çizelge 4.3). Benzer başka bir çalışmada da toprak pH'si ile Mg arasında pozitif ilişki (Behera ve ark., 2015) tespit edilmiştir.

#### 4.3.3.8 Alınabilir Sodyum

Alınabilir sodyum için en uygun semivaryogram modeli, exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.50).

**Çizelge 4.50** Alınabilir Na için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.0003	0.0017	0.82	18.0	S	39.60	0.45	5.72x10 <sup>-7</sup>

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 39.60 m olarak saptanmıştır. Alınabilir Na için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında alınabilir Na içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir. Rivera-Monray ve ark., (2004); Weindporf ve Zhu (2010) yapmış oldukları çalışmalarında toprakların sodyum içeriklerinin güçlü uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir.

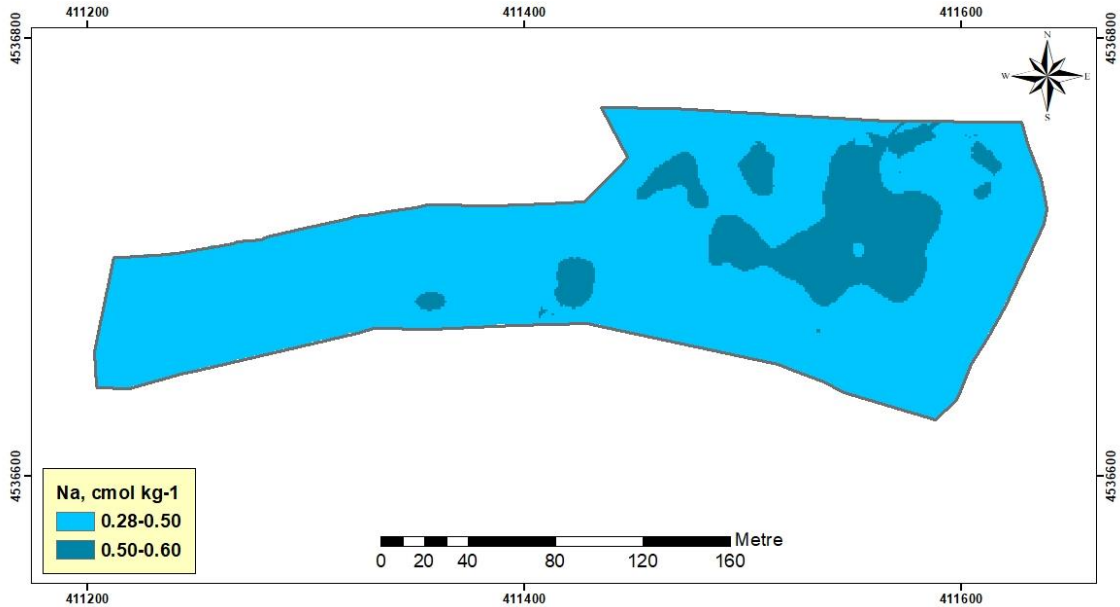
Alınabilir Na içeriği için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.51'de verilmiştir.

**Çizelge 4.51** Alınabilir Na için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.23	0.28
En büyük	0.48	0.55
Ortalama	0.48	0.47
Standart Sapma	0.04	0.02
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.042
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.07

Çizelge 4.50 incelendiğinde; çalışma alanında alınabilir Na içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (1.07) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Na içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Na içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.15).



**Şekil 4.15** Alınabilir Na içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Na içerikleri için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.52'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.52** Alınabilir Na için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.28-0.50	29342	84.19
0.50-0.60	5511	15.81
Toplam	34843	100

Çizelge 4.51'den görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının alınabilir Na içerikleri 0.28- 0.55 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 0.47 cmol kg<sup>-1</sup> belirlenmiştir. Loue (1968)'in belirlediği sınır değerlerine göre toprakların tamamı yeterli düzeyde sodyum içermektedir.

#### 4.3.3.9 Alınabilir Demir

Alınabilir Fe için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.53).

**Çizelge 4.53** Alınabilir Fe en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	480.0	4070.0	0.88	12.0	S	325.45	0.97	313668

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 325.45 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında alınabilir Fe içeriğinin uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir. Ramzan ve Wani, (2018) çalışmalarında yüzey topraklarının Fe içeriğinin güçlü bir uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir.

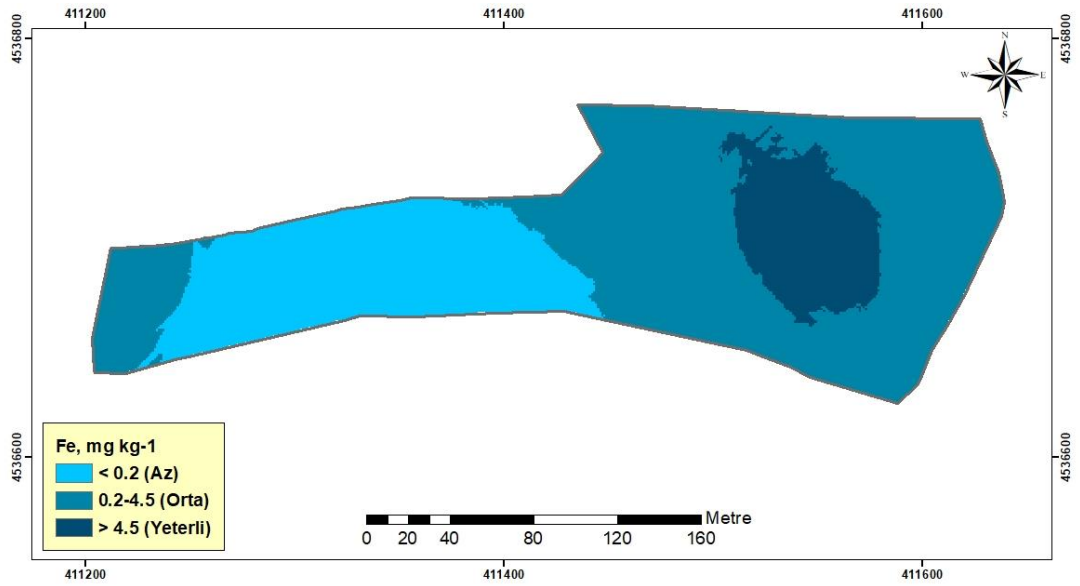
Alınabilir Fe içeriği için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.54'de verilmiştir.

**Çizelge 4.54** Alınabilir Fe için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	17.61	29.26
En büyük	191.49	129.40
Ortalama	91.47	88.25
Standart Sapma	40.08	29.85
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		25.13
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.10

Çizelge 4.54'den görüleceği üzere; çalışma alanında alınabilir Fe içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine nispeten yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.10) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Fe içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Fe içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.16).



**Şekil 4.16** Alınabilir Fe içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Fe için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.55'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.55** Alınabilir Fe için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	9841	28.24
Orta	20467	58.72
Yeterli	4545	13.04
Toplam	34843	100

Çizelge 4.54'den de görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının alınabilir Fe içerikleri 29.26-129.40 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 88.25 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Follet ve Lindsay (1970)'ın belirlediği sınır değerlerine göre, çalışma

alanının %28.24'ünün az, %58.72'sinin orta, %13.04'ünün yeterli düzeyde alınabilir Fe içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alınabilir Fe içerikleri doğu batı yönünde azalmıştır (Şekil 4.16). Bu durum, çalışma alanının batı yönüne doğru toprak pH'sinin asit karakterden nötr karaktere yaklaşması, kil miktarının daha fazla olması ve aynı zamanda arazinin su altında kalma koşulları ile ilişkili olabilir. Genel bir kural olarak demirin davranışlarını etkileyen ve yöneten etkenler redox potansiyeli (indirgenme ve yükseltgenme koşulları) ve toprak pH'sidir. Nötr pH koşulları Fe minerallerinin çökmesini desteklerken, indirgenme veya asit koşullar Fe minerallerinin mobilizasyonu desteklemektedir. Demir yarayırlılığını etkileyen bir diğer etmen ise kil tekstür bünyeli topraklardaki kil mineralleridir. Demir, kil minerallerine tutulduğu için yarayırlılığı oldukça azalmaktadır (Colomba ve ark., 2014).

Toprakların alınabilir Fe içeriği ile kil içeriğinin ( $r=-0.67$ ) ve pH'nin ( $r=-0.82$ ) önemli düzeyde negatif ilişki göstermiştir (Çizelge 4.3). Özyazıcı (2014), Çolak (2018), Srinivasan ve ark., (2022) yapmış oldukları çalışmalarında benzer sonuçlar tespit etmişlerdir.

#### 4.3.3.10 Alınabilir Bakır

Alınabilir bakır için en uygun semivaryogram modeli, spherical (küresel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56).

**Çizelge 4.56** Alınabilir Cu için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Spherical	0.328	0.816	0.60	40.0	M	376.0	0.95	7.86x10 <sup>-3</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 376.0 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında alınabilir Cu içeriğinin uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Alınabilir Cu için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir. Kumar ve ark., (2021), yapmış oldukları çalışmalarında yüzey topraklarının Cu içeriği için range değerini 58.1 m olarak orta derecede uzaysal bağımlılık sergilediğini belirlemişlerdir. Tagore ve ark., (2023), toprakların Cu içeriği için orta derecede uzaysal bağımlılık tanımlamışlardır.

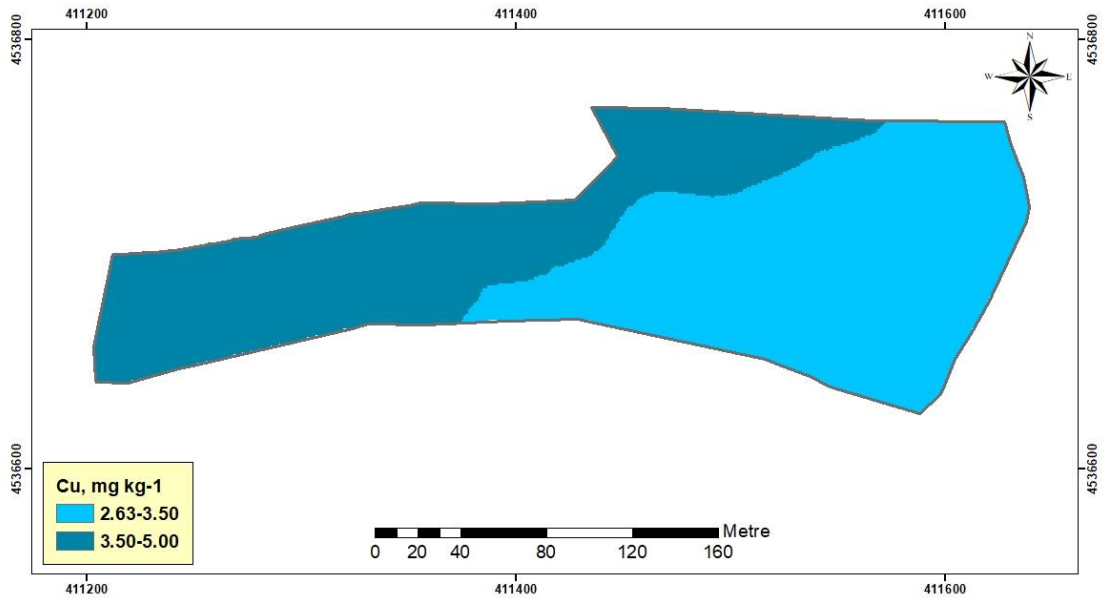
Alınabilir Cu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.57’de verilmiştir.

**Çizelge 4.57** Alınabilir Cu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	1.60	2.63
En büyük	5.33	4.59
Ortalama	3.49	3.51
Standart Sapma	0.80	0.48
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.65
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.02

Çizelge 4.57 incelendiğinde, alınabilir Cu içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine nispeten olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.02) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Cu içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Cu içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.17).



**Şekil 4.17** Alınabilir Cu içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Cu içerikleri için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.58’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.58** Alınabilir Cu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
2.63-3.50	19126	54.9
3.50-5.0	15727	45.1
Toplam	34843	100

Çizelge 4.57’den görüleceği üzere, çalışma alanının Cu içerikleri 2.63-4.59 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 3.51 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Follet ve Lindsay (1970) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanının tamamı alınabilir Cu bakımından yeterlidir. Bununla birlikte elde edilen haritada, toprakların Cu içeriklerinin doğu batı yönünde artış göstermiştir (Şekil 4.17). Bu durum, toprak pH’sinin asit karakterden nötr karaktere yaklaşması ile ilişkili olabilir. Topraklarda Cu yayırlılığının yüksek derecede toprak reaksiyonu ile ilişkilidir. Cu alınımı pH 5.5-7.0 arasında artmaktadır. Ayrıca, Cu ve pH arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Weindorf ve Zhu, (2009), benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.3.3.11 Alınabilir Çinko

Alınabilir çinko için en uygun semivaryogram modeli, en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Exponential model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.59).

**Çizelge 4.59** Alınabilir Zn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.0001	0.182	0.999	0.10	S	32.70	0.59	2.655x10 <sup>-3</sup>

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece

Model için etki aralığı 32.70 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında alınabilir Zn içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir. Weindorf ve Zhu, (2009); Ramzan ve Wani, (2018) yapmış oldukları araştırmalarında yüzey topraklarının Zn içeriklerinin güçlü bir uzaysal bağımlılık sergilediğini tespit etmişlerdir.

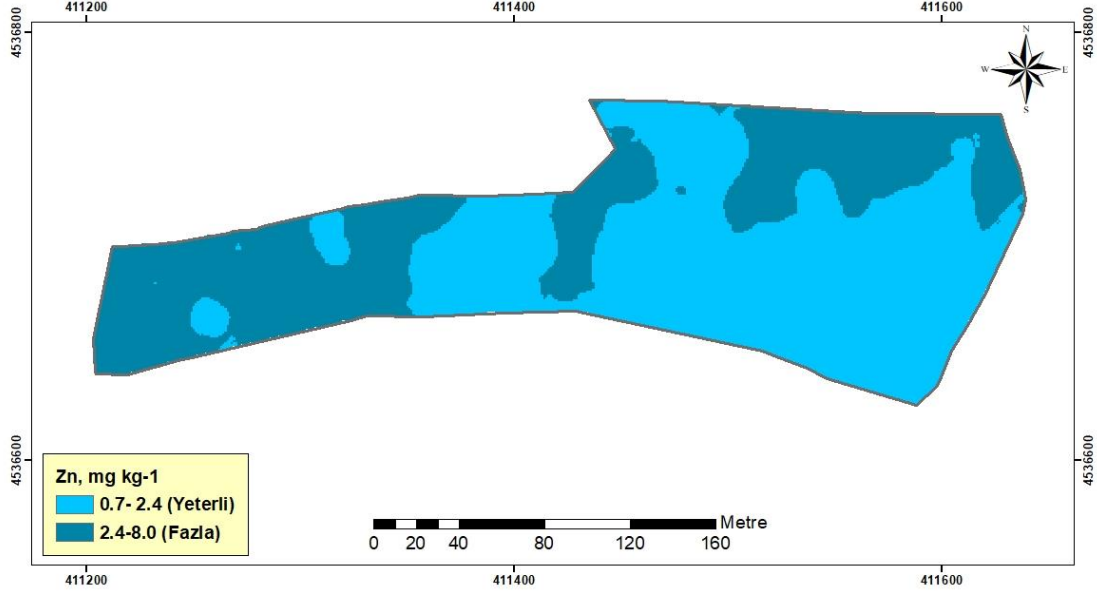
Alınabilir Zn içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.60’da verilmiştir.

**Çizelge 4.60** Alınabilir Zn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.70	0.78
En büyük	8.86	8.29
Ortalama	2.49	2.44
Standart Sapma	1.23	0.80
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		1.06
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.11

Çizelge 4.60 incelendiğinde; çalışma alanında alınabilir Zn içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (1.11) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Zn içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Zn içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.18).



**Şekil 4.18** Alınabilir Zn içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Zn içerikleri için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.61' de sunulmuştur.

**Çizelge 4.61** Alnabilir Zn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yeterli	19977	57.3
Fazla	14876	42.7
Toplam	34843	100

Çizelge 4.60'dan görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının alınabilir Zn içerikleri 0.78-8.29 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 2.44 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Sillinpaa (1990) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanının alınabilir Zn içerikleri bakımından %57.3'ünün yeterli, %42.7'sinin fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında toprakların Zn içerikleri doğu batı yönünde artış göstermiştir (Şekil 4.18). Bu durum, toprak pH'sinin asit karakterden nötr karaktere yaklaşması ile ilişkili olabilir. Çinkonun alınımı pH 5.5-7.0 arasında artmaktadır. Ayrıca, Zn ve pH arasında (r= 0.21) önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Burgos ve ark., (2006); Panday ve ark., (2019); Zhou ve ark., (2022) çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.3.3.12 Alnabilir Mangana

Alnabilir mangana için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.62).

**Çizelge 4.62** Alnabilir Mn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.260	0.671	0.613	38.7	M	255.47	0.94	0.0135

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 255.47 m olarak saptanmıştır. Ayrıca, çalışma alanında alınabilir Mn içeriğinin uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir. Zhao ve ark., (2009); Kumar ve ark., (2021); Behera ve ark., (2022) araştırmalarında alınabilir Mn için orta derecede uzaysal bağımlılık tanımlamışlardır.

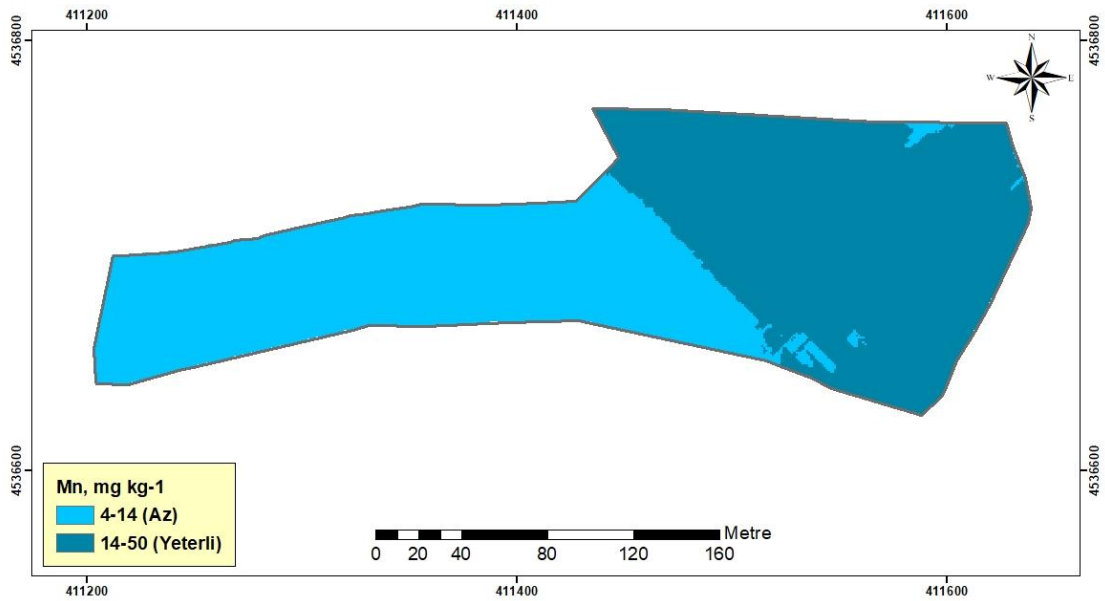
Alınabilir Mn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.63’de verilmiştir.

**Çizelge 4.63** Alınabilir Mn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	2.82	4.68
En büyük	52.57	20.80
Ortalama	14.27	12.40
Standart Sapma	8.87	4.03
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		8.02
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.00

Çizelge 4.63 incelendiğinde; çalışma alanında alınabilir Mn içeriğinin analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine nispeten yakın olduğu, ancak ortalama değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1 olması (1.00) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir Mn içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir Mn içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19** Alınabilir Mn içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir Mn içerikleri için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.64’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.64** Alınabilir Mn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	16801	48.2
Yeterli	18052	51.8
Toplam	34843	100

Çizelge 4.63’den görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının alınabilir Mn içerikleri 4.68- 20.80 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 12.40 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Sillinpaa (1990) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanı topraklarının %48.2’sinin az, %51.8’inin yeterli düzeyde Mn içeriğine sahiptir.

Çalışma alanı topraklarının alınabilir Mn içerikleri doğu batı yönünde azalmıştır (Şekil 4.19). Bu durum, arazide doğu batı yönünde toprak reaksiyonunun asit karakterden nötr karaktere doğru artış göstermesi ile açıklanabilir. Topraklarda Mn, toprak reaksiyonu 5.0-6.5 arasında yarayıldır. Ayrıca, toprakların Mn içeriği ile pH arasında (r=-0.66) önemli negatif ilişkiler tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Hedge ve ark., (2019); Kumar ve ark., (2021); Behera ve ark., (2022), çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.3.3.13 Alınabilir Bor

Alınabilir bor için en uygun semivaryogram modeli Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65).

**Çizelge 4.65** Alınabilir B için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.06	0.688	0.914	8.6	S	867.24	0.90	1.5x10 <sup>-3</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 867.24 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında alınabilir B içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir. Behera ve ark., (2022), çalışmalarında toprakların alınabilir B içeriği için range değerini 257 m olarak belirlemiş ve güçlü derecede uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir. Wei ve ark., (2019); yapmış oldukları çalışmalarında ise güçlü bir uzaysal bağımlılık belirlemişlerdir.

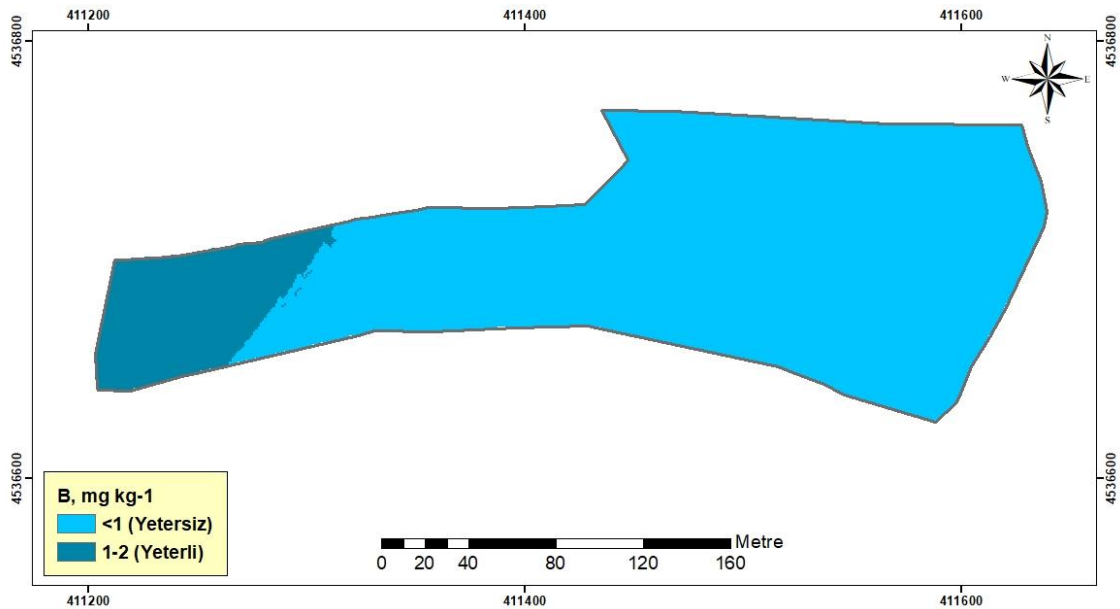
Alınabilir B içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.66’da verilmiştir.

**Çizelge 4.66** Alınabilir B için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.14	0.44
En büyük	1.79	1.20
Ortalama	0.66	0.66
Standart Sapma	0.35	0.21
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.27
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.06

Çizelge 4.66’dan görüleceği üzere; çalışma alanında alınabilir B içeriklerinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.06) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla alınabilir B içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen alınabilir B içerikleri, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.20).



**Şekil 4.20** Alınabilir B içeriklerinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının alınabilir B içerikleri için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.67’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.67** Alınabilir B için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yetersiz	30143	86.5
Yeterli	4710	13.5
Toplam	34843	100

Çizelge 4.69’dan görüleceği üzere, çalışma alanı toprakların alınabilir B içerikleri 0.44-1.20 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama 0.66 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Berger ve Truog (1940) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, çalışma alanının %86.5’i yetersiz, %13.5’i yeterli düzeyde alınabilir B içermektedir (Şekil 4.20). Bu durum, toprağın asit karakterli olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, toprak pH’sinin nötr olduğu alanlarda alınabilir bor içeriğinin artış göstermektedir. Toprakta alınabilir bor içeriği ve toprak reaksiyonu yakın ilişki içerisinde. Toprakta bor adsorpsiyonunu etkileyen en önemli etmenlerden birinin toprak pH’si olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Berger ve Truog, 1945). Toprakta suda çözünebilir bor içeriği toprak pH’sinin artmasıyla genellikle artış eğilimindedir (Truog, 1945). Bununla birlikte, toprakta alınabilir B ile pH arasında (r=0.62, p<0.05) pozitif çok önemli ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

#### 4.3.3.14 Ca:K Oranı

Ca:K oranı için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.68).

**Çizelge 4.68** Ca:K oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	58.20	272.2	0.79	21.0	S	304.5	0.99	547

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 304.5 m olarak saptanmıştır. Ca:K oranı için bulunan değerler, bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında Ca:K oranının uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.68).

Ca:K oranı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.69’da verilmiştir.

**Çizelge 4.69** Ca:K oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	7.67	13.85
En büyük	65.99	48.78
Ortalama	32.60	33.41
Standart Sapma	11.30	7.28
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		8.63
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.08

Çizelge 4.69’dan görüleceği üzere; çalışma alanında Ca:K oranının analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın (1.08) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Ca:K oranının çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanının Ca:K oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.70’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.70** Ca:K oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
>12 (K noksanlığı riski)	34843	100
Toplam	34843	100

Çizelge 4.69’dan görüleceği üzere, çalışma alanında topraklarının Ca:K oranı 3.85-48.78 arasında değişmiştir. İdeal bir toprakta Ca:K oranı 12’dir ve dengeli kabul edilebilir. Fındık bahçesi topraklarının tamamının Ca:K oranının istenilen seviyede olmadığı ve alanın tamamının potasyum noksanlığı riski ile karşı karşıya olduğu belirlenmiştir. Ay (2022), Ordu ve Giresun ilindeki fındık bahçelerinde yapmış olduğu çalışmada toprakların Ca:K oranını incelemiş ve toprakların %75.8’nin potasyum riski ile karşı karşıya olduğunu bildirmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alınabilir K içeriği yeterli düzeydedir. Ancak, Ca:K oranı dikkate alındığında alanının büyük bir kısmında potasyum noksanlığı riski

belirlenmiştir. Toprakta alınabilir katyonların birbirleriyle olan ilişkileri besin elementlerinin noksanlıklarının tespit edilmesinde oldukça önemlidir. Topraklarda alınabilir K yeterli olsa bile, Ca:K oranının artması bir çok bitkide potasyum noksanlığına neden olabilmektedir. Bu nedenle, besin elementi noksanlıklarının tespitinde sadece toprakta alınabilir K belirlemeleri yeterli olmayıp Ca:K oranının da mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir.

#### 4.3.3.15 Ca:Mg Oranı

Ca:Mg oranı için en uygun semivaryogram modeli, exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.71). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 3, 7, 28, 32, 50, 56, 80 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.71** Ca:Mg oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.316	0.633	0.50	50.0	M	96.90	0.29	0.0933

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 96.90 m olarak saptanmıştır. Ca:Mg oranı için bulunan değerler 96.90 metre ayırma mesafesine kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında Ca:Mg oranının uzaysal değişimi ‘orta’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.71).

Ca:Mg oranı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.72’de verilmiştir.

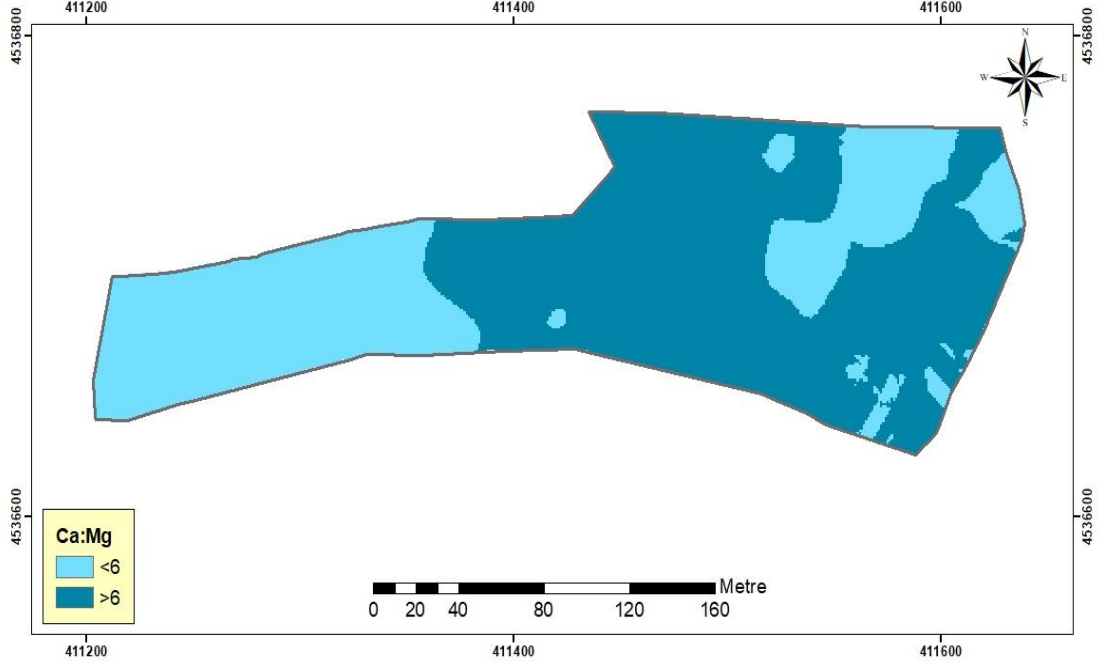
**Çizelge 4.72** Ca:Mg oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	111	34853
En küçük	1.92	3.67
En büyük	21.12	13.44
Ortalama	6.85	6.56
Standart Sapma	4.40	1.81
Tahmin hataları <sup>2</sup>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		4.00
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.05

Çizelge 4.72’den görüleceği üzere; çalışma alanında Ca:Mg oranının analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın (1.05) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Ca:Mg

oranının çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Ca:Mg oranı, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.21).



**Şekil 4.21** Ca:Mg oranının çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Ca:Mg oranı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.73’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.73** Ca:Mg oranı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
<6 (Ca noksanlığı riski)	13590	39.0
>6 (Mg noksanlığı riski)	21263	61.0
Toplam	34843	100

Çizelge 4.72’den görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının Ca:Mg oranı 13.67-13.44 arasında değişmiştir. Fındık bahçesi topraklarının %39’unda Ca noksanlığı riski, %61’inde Mg noksanlığı riski belirlenmiştir (Çizelge 4.73). Ay (2022), Ordu ve Giresun ilinde fındık bahçelerinde yapmış olduğu çalışmasında toprakların Ca:Mg oranını incelemiş ve toprakların %83’nde kalsiyum noksanlığı, %12.9’unda ise magnezyum noksanlığı riski ile karşı karşıya olduğunu bildirmiştir.

#### 4.3.3.16 Mg:K Oranı

Mg:K oranı için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre, GS+ 10.0 bilgisayar paket programı tarafından Exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.74). En uygun semivariogram modelinin oluşması için veri setinden 3, 28, 32, 80, 102, 105, 109 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.74** Mg:K oranı için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.194	0.39	0.50	50.0	M	68.40	0.61	9.147e-03

Exp:Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 68.40 m olarak saptanmıştır. Mg:K oranı için bulunan değerler 68.40 metre ayırma mesafesine kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında Mg:K oranının uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir.

Mg:K oranı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.75'de verilmiştir.

**Çizelge 4.75** Mg:K oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	111	34853
En küçük	0.49	2.63
En büyük	12.91	8.32
Ortalama	5.48	5.32
Standart Sapma	2.73	0.89
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		2.69
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.04

Çizelge 4.75'den görüleceği üzere; çalışma alanında Mg:K oranının analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1'e oldukça yakın (1.04) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Mg:K oranının çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Çalışma alanının Mg:K oranı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.76'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.76** Mg:K oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
>2 (K noksanlığı riski)	34843	100
Toplam	34843	100

Çizelge 4.75'den görüleceği üzere, çalışma alanı topraklarının Mg:K oranı 2.63-8.32 arasında değişmiştir. İdeal bir toprakta Mg:K oranı 2:1'dir. Çalışma alanının tamamının Mg:K oranı 2:1'den fazla olmakla birlikte, bu orandaki dengesizlik topraklarda potasyum noksanlığı riskini açığa çıkarmaktadır. Ay (2022), Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinde yapmış olduğu araştırmasında, toprakların Mg:K oranı sırasıyla 1.93-104.81 ve 0.41-154.86 değerleri arasında olduğunu ve her iki ilde de fındık bahçelerinin tamamına yakınının potasyum noksanlığı riski ile karşılaştığını bildirmiştir.

#### **4.3.3.17 Toprak verimlilik indeksi:**

Çalışma alanı topraklarının verimlilik durumunu değerlendirmek için, toprağın bazı kimyasal özellikleri analiz edilmiş ve laboratuvar sonuçlarına göre elde edilen veriler, Çizelge 3.6'da belirtilen sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve daha sonra toprakların verimlilik indeksleri aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Besin İndeksi} = [(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C)] / \text{Toplam örnek sayısı} \quad (4.1)$$

A= Düşük kategorideki örnek sayısı; B= Orta kategorideki örnek sayısı; C= Yüksek kategorideki örnek sayısı

Çalışma alanı topraklarının verimlilik derecelerini değerlendirmek için, Parker (1951) tarafından bildirilen besin indeks değerleri kullanılmıştır. Besin indeks değerleri düşük, orta ve yüksek olarak üç kategoriye ayrılmış; 1.67<düşük; 1.67-2.33 orta, 2.33>yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının besin indeksleri ve buna karşılık gelen verimlilik dereceleri Çizelge 4.77'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.77** Çalışma alanı topraklarının besin indeks değerleri ve verimlilik dereceleri

Toprak Özelliği	Örneklerin % Dağılımı			Besin İndeksi	Verimlilik Derecesi
	Düşük	Orta	Yüksek		
pH	96	0	22	1.19	Düşük
EC	0	0	118	3.00	Yüksek
Organik madde	23	32	63	2.34	Yüksek
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub>	25	25	68	2.36	Yüksek
K	0	77	41	2.35	Yüksek
P	97	10	11	1.25	Düşük
Ca	0	40	78	2.66	Yüksek
Mg	15	55	48	2.28	Orta
Fe	0	0	118	3.00	Yüksek
Cu	0	0	118	3.00	Yüksek
Zn	0	73	45	2.38	Yüksek
Mn	70	47	1	1.42	Düşük
B	96	22	0	1.19	Düşük

Çizelge 4.77 incelendiğinde, çalışma alanı topraklarında belirlenen özellikler için düşük, orta ve yüksek verimlilik derecesi gösterebildiği belirlenmiştir. Besin indeks analizleri, çalışma alanında toprak reaksiyonu, alınabilir P, Mn ve B içeriklerinin düşük olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Topraklarda tuzluluk bakımından bir sorun olmamakla birlikte, alınabilir Mg içeriği orta; amonyum nitrat, organik madde ve alınabilir K, Ca, Fe, Cu, Zn içeriği bakımından yüksektir. Toprakların amonyum nitrat içerikleri, toplam azotun %5'i yarayılışlı azot olarak kabul edilerek ve Sillinpaa (1990) Tarafından bildirilen toplam azotun sınır değerleri baz alınarak sınıflandırılmıştır.

## 4.4 Bazı Bitki Özelliklerinin Jeostatistiksel Analizi

### 4.4.1 Biyokimyasal Özellikler

#### 4.4.1.1 Klorofil a

Klorofil a için en uygun semivaryogram modeli, en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek belirlenmiştir belirlenmiştir (Çizelge 4.78).

**Çizelge 4.78** Klorofil a içeriğinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.005	0.039	0.873	12.7	S	33.60	0.45	2.00x10 <sup>-4</sup>

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 33.60 m olarak saptanmıştır. Klorofil a için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin klorofil a içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.78).

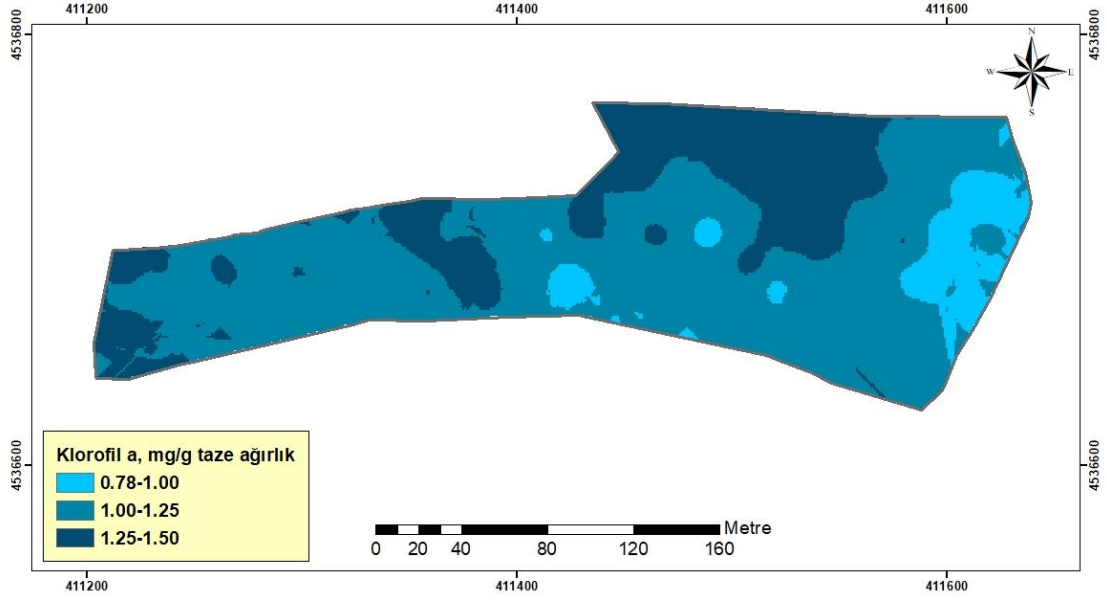
Klorofil a içeriği için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.79’da verilmiştir.

**Çizelge 4.79** Klorofil a için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	75	34853
En küçük	0.71	0.78
En büyük	1.48	1.46
Ortalama	1.18	1.17
Standart Sapma	0.19	0.11
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.20
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.05

Çizelge 4.79 incelendiğinde, klorofil a içeriğinin analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir.. RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın (1.05) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla klorofil a içeriklerinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen klorofil a içeriği, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.22)



**Şekil 4.22** Klorofil a içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının klorofil a içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.80’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.80** Klorofil a için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg/g taze ağırlık)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.78-1.00	3082	8.8
1.00-1.25	22342	64.1
1.25-1.50	9429	27.1
Toplam	34843	100

Çizelge 4.79’den görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkisi yapraklarının klorofil a içeriği 0.78-1.46 mg/g taze ağırlık arasında değişmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmında bitkilerin klorofil a içeriği 1.00-1.25 mg/g taze ağırlık arasındadır. Diaz ve ark., (2005), Portekiz’de %0-25-75-100 seviyelerine göre farklı sulama koşullarının fındık bitkisi klorofil içeriklerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, en yüksek klorofil a içeriklerinin en yüksek uygulamadan elde edildiğini bildirmişlerdir. Mog ve ark., (2019), kajuda yapmış olduğu çalışmada kontrole kıyasla en yüksek klorofil içeriğini 1.43 mg/g taze ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Sert kabuklu meyvelerde yapılan diğer çalışmalarda ise bitki klorofil a içerikleri ceviz için 0.28-1.94 mg/g taze ağırlık (Muradoğlu ve Gündoğdu, 2011); badem için genç yapraklarda 5.25 mg/L, yaşlı yapraklarda ise 14.25 mg/L (Kamble ve ark., 2015), gibi oldukça farklı değerler belirlenmiştir.

Bitkide klorofil a ile klorofil b ve toplam N arasında önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Mog ve ark., (2019), araştırmalarında klorofil a ile b arasında önemli pozitif ilişki; Latha ve ark., (1994), bitki klorofil a içeriği ile toplam N arasında önemli pozitif ilişkiler tespit etmişlerdir.

#### 4.4.1.2 Klorofil b

Klorofil b için en uygun semivaryogram modeli, en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre, exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.81).

**Çizelge 4.81** Klorofil b içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.0007	0.0094	0.98	2.0	S	27.9	0.21	3.216x10 <sup>-5</sup>

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 27.90 m olarak saptanmıştır. Klorofil b için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin klorofil b içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.81).

Klorofil b içeriği için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.82’de verilmiştir.

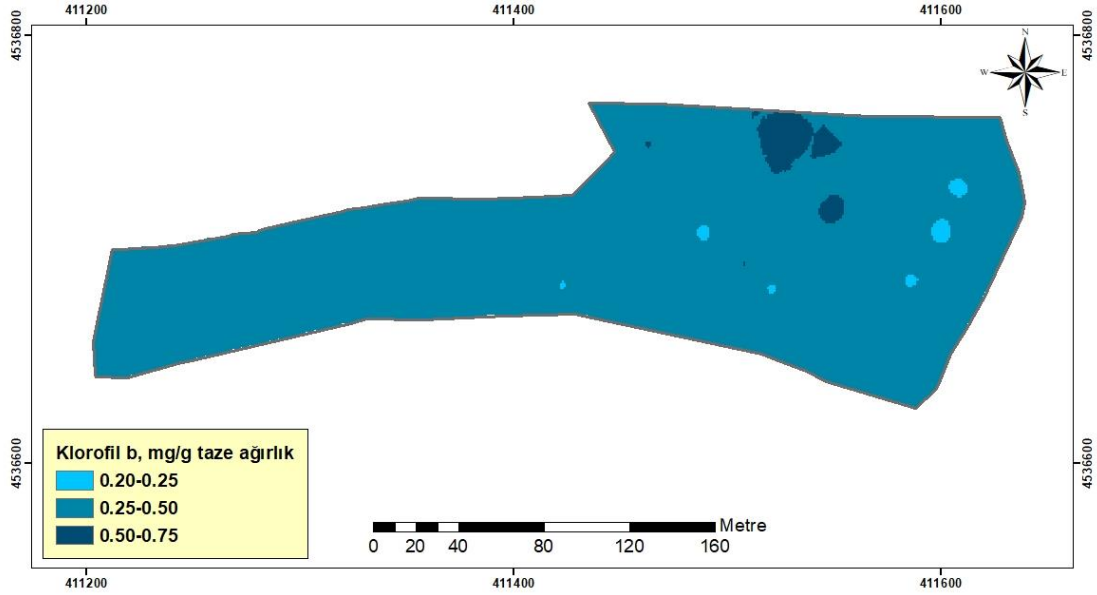
**Çizelge 4.82** Klorofil b için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	75	34853
En küçük	0.19	0.20
En büyük	0.66	0.63
Ortalama	0.37	0.36
Standart Sapma	0.09	0.05
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.10
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.11

Çizelge 4.82 incelendiğinde, klorofil b içeriğinin analizle bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.11) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla klorofil b içeriklerinin

çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen klorofil b içeriği, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (şekil 4.23).



**şekil 4.23** Klorofil b içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının klorofil b içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar izelge 4.83’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.83** Klorofil b için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg/g taze ağırlık)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.20-0.25	218	0.6
0.25-0.50	33808	97
0.50-0.75	827	2.4
Toplam	34843	100

Çizelge 4.82’den görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkisi yapraklarının klorofil b içeriği 0.20-0.63 mg/g taze ağırlık arasında değişmiştir. Çalışma alanındaki fındık bitkilerinin neredeyse tamamının klorofil b içeriği 0.25-0.50 mg/g taze ağırlık arasındadır. Sert kabuklu meyvelerde yapılan diğer çalışmalarda ise bitki klorofil a içerikleri ceviz için 0.06-0.41 mg/g taze ağırlık (Muradoğlu ve Gündoğdu, 2011); badem için ge yapraklarda 3.04 mg/L, yaşlı yapraklarda ise 12.19 mg/L (Kamble ve ark., 2015), gibi oldukça farklı değerler belirlenmiştir.

#### 4.4.1.3 Toplam Klorofil

Bitkiler karbonu özümsemek, metabolizmalarını çalıştırmak ve büyümelerini hızlandırmak amacıyla fotosentezi kullanırlar (Scialdone ve Howard, 2015). Dolayısıyla fotosentez, bitkilerin büyümesi ve gelişmesine olanak sağlayan önemli bir süreçtir. Klorofiller, bitkilerin fotosentezinde görev alan esas pigmentlerdir ve fotosentezde oldukça önemli rol oynarlar. Birim alandaki klorofil miktarı, bitkilerin fotosentez kapasitesinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Palta, 1990). Bu nedenle klorofilin miktarı hakkında bilgi sahip olunması oldukça önemlidir.

Toplam klorofil için en uygun semivaryogram modeli, exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.84).

**Çizelge 4.84** Toplam klorofil içeriklerinin değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.010	0.084	0.877	12.3	S	33.0	0.40	1.125x10 <sup>-3</sup>

Exp:exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 33.0 m olarak saptanmıştır. Toplam klorofil için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında toplam klorofil içeriğinin uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.84).

Toplam klorofil içeriği için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.85’de verilmiştir.

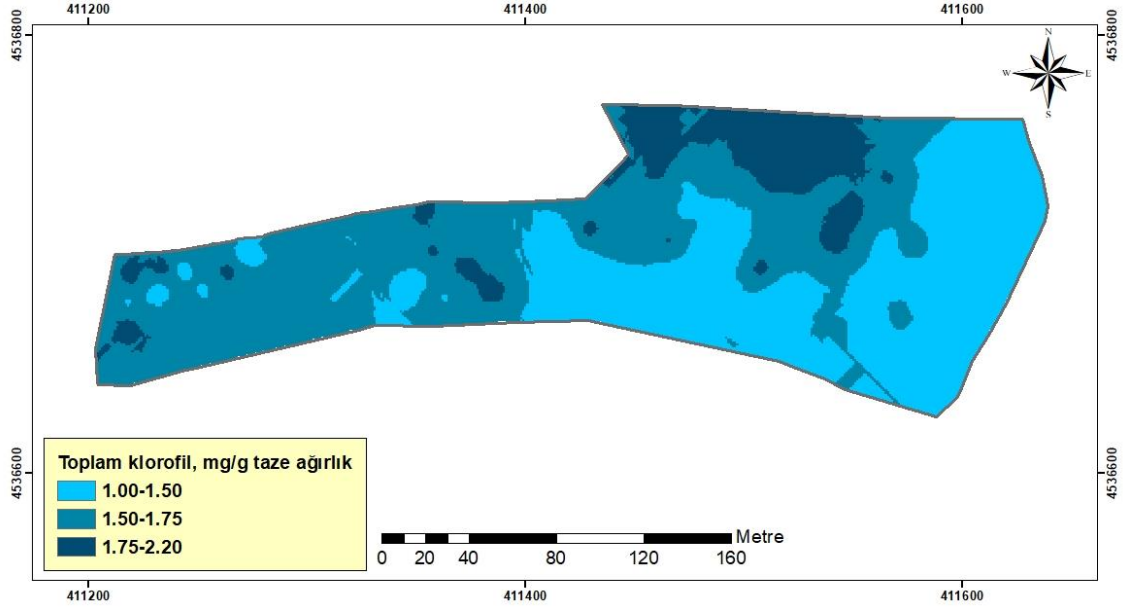
**Çizelge 4.85** Toplam klorofil için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	75	34853
En küçük	0.91	1.00
En büyük	2.13	2.07
Ortalama	1.55	1.54
Standart Sapma	0.28	0.17
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.29
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.04

Çizelge 4.85 incelendiğinde, ArcGIS 10.7 programında toplam klorofil içeriğinin analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (1.04) olması ve

tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla toplam klorofil içeriğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen toplam klorofil içeriği, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Toplam klorofil içeriğinin çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının toplam klorofil içeriği için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.86’da sunulmuştur.

Çizelge 4.86 Toplam klorofil için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg/g taze ağırlık)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
1.0-1.5	14411	41.35
1.0-1.75	16216	46.53
1.75-2.0	4226	12.12
Toplam	34843	100

Çizelge 4.85’den de görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkisi yapraklarının toplam klorofil içeriği 1.00-2.07 mg/g taze ağırlık arasında değişmiş ve ortalama 1.54 mg/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, arazinin su altında kalan bölgesindeki bitkilerde yani batı bölgesinde doğu bölgesine kıyasla klorofil içeriklerinde bir düşüş olmadığı söylenebilir. Bitkilerde, su baskınının etkileri fizyolojik olarak farklılık gösterebilmektedir (Blom ve Voesebeck, 1996).-Garrison ve

ark., (2012), fındık bitkisinin sürgün gelişimi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında bitkileri farklı ortamlarda yetiştirerek toplam klorofil içeriğini incelemiş ve bitkilerin toplam klorofil içeriğinin 1.39-3.51 mg/g taze ağırlık arasında değiştiğini, klorofil içeriği arttıkça yaprak alanının küçüldüğünü bildirmişlerdir.

Bununla birlikte, klorofilin yapısında bulunan azotun, eksikliğinde klorofil miktarı ve fotosentez olumsuz etkilenmektedir. Çalışma alanındaki fındık bitkilerin yaprak N konsantrasyonu yeterli düzeyde bulunmuştur. Ayrıca, toplam klorofil içeriği ile toplam N miktarı önemli pozitif ilişki göstermiştir (Çizelge 4.6). Sert kabuklu meyvelerde yapılan diğer çalışmalarda araştırmacılar benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Simorte ve ark., 2001; Wang ve ark., 2021). Liu ve ark., (2010), cevizde yapmış oldukları çalışmalarında azotlu gübrelemenin bitki yaprak klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Huang ve ark., (2023), cevizde azot noksanlığı koşullarında bitkilerin yaprak klorofil içeriklerinin de azaldığını bildirmişlerdir.

#### 4.4.1.4 Klorofil a:b

Klorofil a:b oranı için en uygun semivaryogram modeli, spherical (küresel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.87).

**Çizelge 4.87** Klorofil a:b oranının değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Spherical	0.001	0.114	0.99	1.0	S	21.0	0.12	9.281x10 <sup>-3</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 21.0 m olarak saptanmıştır. Klorofil a:b oranı için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında bitkilerin klorofil a:b oranının uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.87).

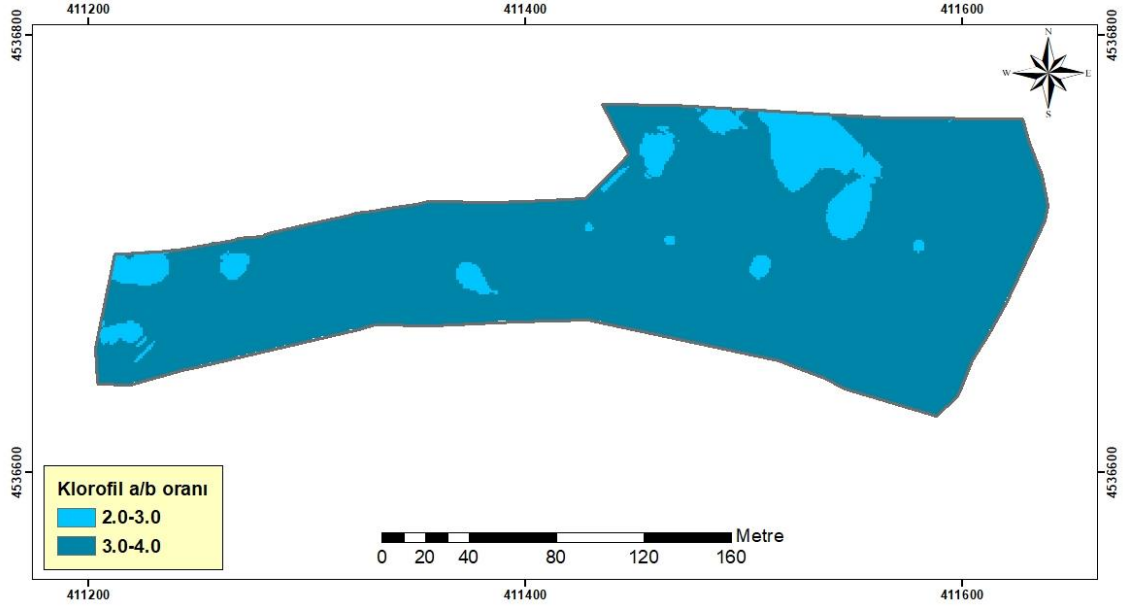
Klorofil a:b oranı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.88’de verilmiştir.

**Çizelge 4.88** Klorofil a:b oranı için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	75	34853
En küçük	1.92	2.00
En büyük	3.87	3.86
Ortalama	3.27	3.28
Standart Sapma	0.34	0.21
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.37
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.15

Çizelge 4.88 incelendiğinde; çalışma alanında klorofil a/b oranının analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.15) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla klorofil a:b oranının çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen klorofil a:b oranının, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.25).



**Şekil 4.25** Klorofil a:b oranının çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının klorofil a:b oranı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.89'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.89** Klorofil a:b oranı için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
2.0-3.0	3048	8.7
3.0-4.0	31805	91.3
Toplam	34843	100

Çizelge 4.89'dan de görüleceği üzere, çalışma alanındaki fındık bitkisi yapraklarının klorofil a:b oranı 2.0-3.86 arasında değişmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmında fındık bitkilerinin klorofil a/b oranı 3.0-3.86 arasındadır.

Klorofilde, a:b oranı genellikle 3:1 şeklindedir. Ancak bu oran bitkinin türüne, çevre koşullarına, gübreleme, örnekleme zamanına göre değişebilmektedir (Katayama ve Shida, 1970).

#### 4.4.2 Bitki Besin Elementleri

##### 4.4.2.1 Azot

N için en uygun semivaryogram modeli exponentail (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.90). En uygun semivariogram modelinin oluşması için veri setinden 117 numaralı değer çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.90** Azot için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> + C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.017	0.035	0.50	50.0	M	237.3	0.74	7.75x10 <sup>-5</sup>

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 237.30 m olarak saptanmıştır. N için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin N miktarının uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.90). Gallordo ve Covelo, (2005), çalışmalarında bitkide azot miktarının orta derecede uzaysal bağımlılık sergilediğini bildirmişlerdir.

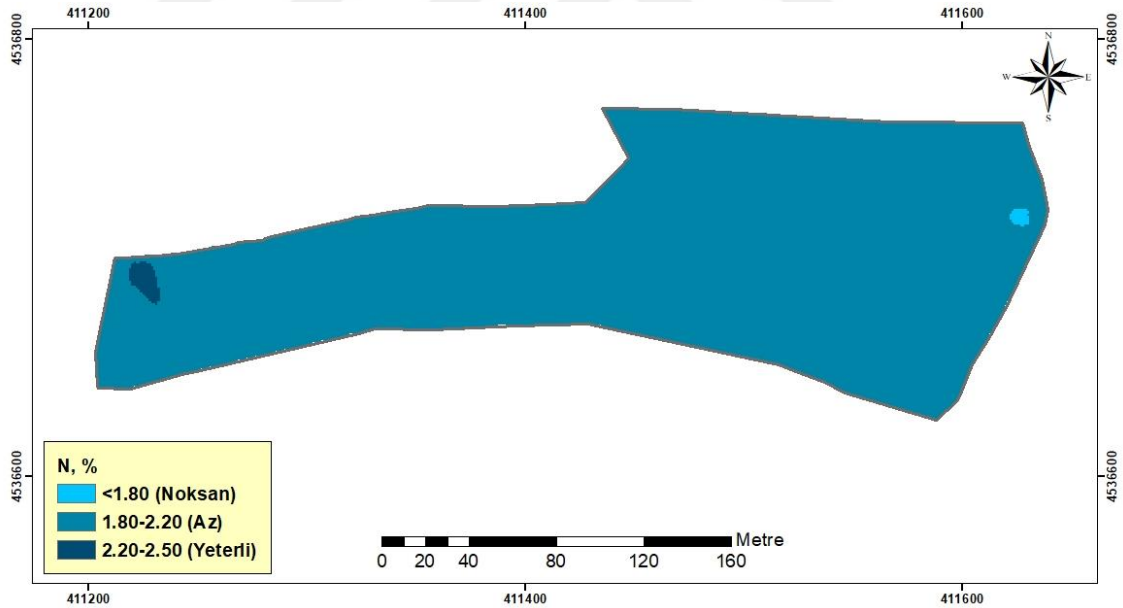
Bitkilerin N konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.91'de verilmiştir.

**Çizelge 4.91** N için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	117	34853
En küçük	1.54	1.79
En büyük	2.44	2.22
Ortalama	1.98	1.97
Standart Sapma	0.17	0.08
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.16
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.99

Çizelge 4.91 incelendiğinde, bitkilerin N konsantrasyonlarının analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (0.99) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla N konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen azot konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.26).



**Şekil 4.26** N konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının azot konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.92'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.92** N için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

<b>Dağılım Aralığı</b>	<b>Alan (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Alan (%)</b>
Noksan	57	0.2
Az	34617	99.3
Yeterli	179	0.5
<b>Toplam</b>	<b>34843</b>	<b>100</b>

Çizelge 4.91'den de görüleceği üzere, fındık bitkisi yapraklarının N konsantrasyonu % 1.79-2.22 arasında değişmiştir. Arazinin tamamına yakınında fındık bitkisi yapraklarının N miktarı az düzeydedir (Şekil 4.26). Fındık bitkisinde yapılan diğer araştırmalarda da bitkilerin azot içeriklerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Horuz (1996), fındık bitkileri üzerinde yapmış olduğu çalışmada, fındık bitkisi yapraklarının azot içeriğinin %1.38-3.54 arasında değiştiğini ve bitkilerin büyük bir kısmının azot bakımından yetersiz olduğunu bildirmiştir. Bektaş (2019), fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitkilerin yaprak toplam azot içeriklerinin tamamında azot noksanlığı olduğunu bildirmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkilerinin azot içeriklerinin mevsimlere göre değişiklik gösterdiğini, Palaz çeşidine ait yaprakların N içeriğinin %1.49-%3.33 arasında değiştiğini, Tombul çeşidinde ise N içeriğinin %1.19-3.48 arasında değiştiğini ve bitkilerin sadece bir kısmının yeterli düzeyde azot içerdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar fındık bitkilerinin yaprak N içeriğinin genellikle noksan olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışma alanının özellikle su altında kalan bölgesindeki toprakların azot içeriklerinde azalma belirlenmiştir. Nielsen (2015), yapmış olduğu çalışmada su altında kalma koşullarında topraklarda yıkanma ve denitrifikasyonla azot kaybının olabileceğini ve bu koşullarda kök fonksiyonlarının da sınırlanmasıyla bitkilerin azot alınımının azalabileceğini bildirmiştir. Azot, bitkilerin vejetatif gelişimi ve ürün verimi için oldukça önemli bir besin elementidir. Kacar ve Katkat, (1998), olgunluk dönemine yaklaşıldıkça bitkilerin azot içeriklerinde azalmaların olduğunu ve bunun proteine göre karbonhidratların daha fazla bitki içerisinde birikmesiyle ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Ayrıca, bitkilerin gelişimlerinin her döneminde azota ihtiyaç duyduğunu ve azotun, toprakta gereksinim duyulan miktardan fazla olsa bile bitkinin azot içeriğinde azalmanın yine de olabileceğini belirtmişlerdir.

#### 4.4.2.2 Fosfor

Bitkiler fosforu fosfat anyonu olarak alırlar. Fosfor bitkilerde optimum büyüme ve gelişme için mutlak gerekli bitki besin elementlerden biridir (Kacar ve Katkat 2007).

Bitkide P için en uygun semivaryogram modeli Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.93).

**Çizelge 4.93** P için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	0.017	0.058	0.715	28.5	M	412.74	0.95	3.58x10 <sup>-5</sup>

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 412.74 m olarak saptanmıştır. Bitkide P için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin P konsantrasyonunun uzaysal değişimi ‘orta’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.93).

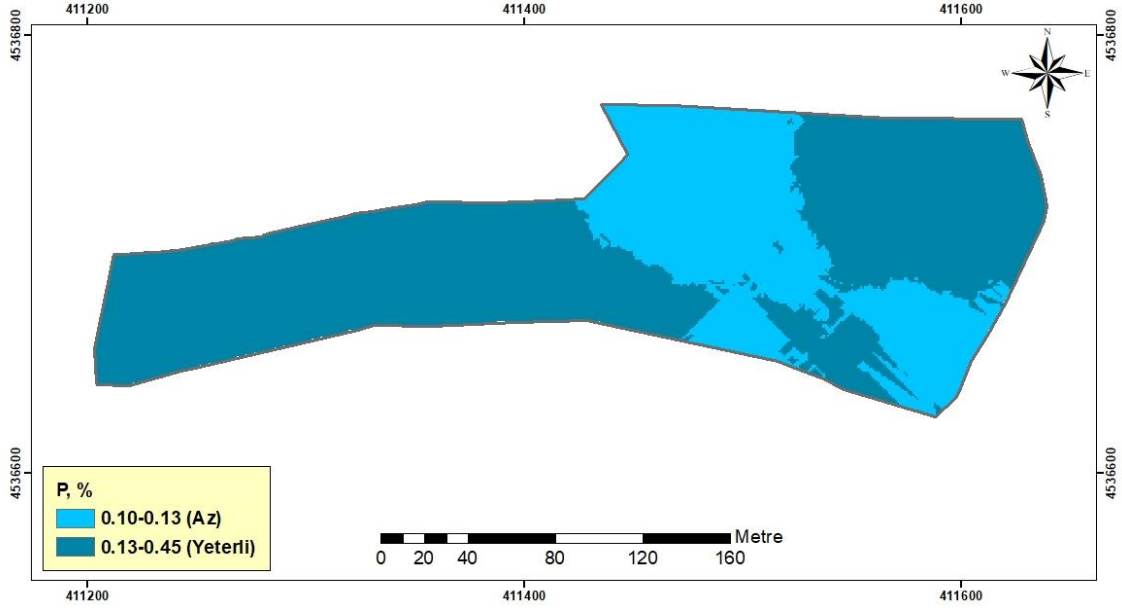
Bitkide P konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.94’de verilmiştir.

**Çizelge 4.94** P için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	0.10	0.12
En büyük	0.21	0.18
Ortalama	0.14	0.15
Standart Sapma	0.025	0.015
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.02
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.04

Çizelge 4.94’den görüleceği üzere; çalışma alanında bitkide P konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin de 1’e oldukça yakın (1.04) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla P konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen P konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.27).



**Şekil 4.27** P miktarının çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının P miktarı için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.95’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.95** P için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	11115	31.9
Yeterli	23738	68.1
Toplam	34843	100

Çizelge 4.94’den görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkilerinin yaprak P konsantrasyonu %0.12-0.18 arasındadır. Fındık bitkilerinin %31.9’unun az, %68.1’ninin ise yeterli düzeyde yaprak P miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29). Fındık bitkisinde yapılan diğer araştırmalarda da bitkilerin fosfor içeriklerinin genellikle yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Horuz (1996), fındık bitkileri üzerinde yapmış olduğu çalışmasında, yapraklarının toplam fosfor içeriğinin %0.093-2.73 arasında değiştiğini ve bitkilerin büyük bir kısmının yeterli düzeyde fosfor içerdiğini bildirmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkilerinin fosfor içeriklerinin mevsimlere göre değişiklik gösterdiğini, Palaz çeşidine ait yaprakların P içeriğinin %0.105-0.301 arasında değiştiğini, Tombul çeşidinde ise P içeriğinin %0.113- 0.394 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çalışma alanının doğu bölgesinde bitkilerin yaprak P konsantrasyonları az düzeydedir. Bu durum, doğu bölgesinde toprakların kuvvetli asit koşullarından dolayı toprakta alınabilir durumdaki fosforun yarayışsız duruma geçmesi ve bu nedenle

bitkilerin fosfor alınımının sınırlı olması ile açıklanabilir. Bitkilerin fosfor kapsamları, toprak pH'sinden ve fosforun topraktaki formundan etkilenmektedir. Asit reaksiyonlu topraklarda fosfor, bitkilerin alamayacağı çözünemez formlarda bileşikler oluşturduğundan dolayı bitkilerin fosfor alınımının azaldığı bildirilmiştir (Haynes 1982; Zheng, 2010; Patle ve ark., 2019).

Korelasyon tablosu incelendiğinde toprak alınabilir P ile bitki P arasında çok önemli pozitif ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Laekemariam ve ark., (2015); Arain ve ark., (2017) ve Zhang ve ark., (2018) araştırmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, toprak reaksiyonun düşük olduğu asit koşullarda, toprakların fosfor içeriklerinin de düşük olduğu ve buna bağlı olarak bitkilerin fosfor konsantrasyonlarının da azaldığı tespit edilmiştir.

#### 4.4.2.3 Potasyum

Bitkiler potasyumu  $K^+$  iyonu olarak alırlar. Potasyum bitkilerde ürün miktarı ve ürünün kalitesini artırmaktadır (Kacar ve Katkat 2007).

Potasyum için en uygun semivaryogram modeli, spherical model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.96). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 89 numaralı değer çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.96** K için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Spherical	0.0035	0.010	0.63	37.0	M	44.10	0.85	$2.81 \times 10^{-6}$

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 44.10 m olarak saptanmıştır. Bitkide K için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin potasyumunun uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.96).

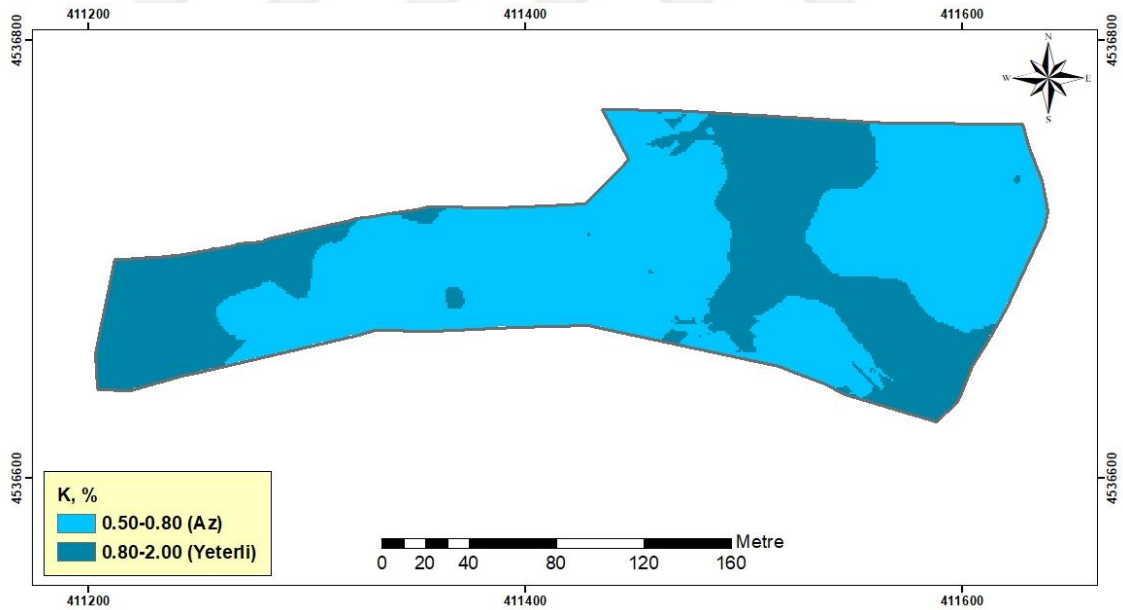
Bitkide K konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.100'de verilmiştir.

**Çizelge 4.97** K için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	117	34853
En küçük	0.28	0.36
En büyük	0.76	0.73
Ortalama	0.50	0.50
Standart Sapma	0.10	0.07
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.09
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.05

Çizelge 4.97'den görüleceği üzere; çalışma alanında bitkilerin K konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.05) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla K konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen K konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.28).



**Şekil 4.28** K konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının bitkilerin K konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.98'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.98** K için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	22194	63.7
Yeterli	12659	36.3
Toplam	34843	100

Çizelge 4.97’den da görüleceği üzere, fındık bitkisi yapraklarının K konsantrasyonu %0.36-0.73 arasındadır. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin %63.7’sinin az, %36.3’ünün ise yeterli düzeyde K konsantrasyonuna sahiptir. Çalışma alanının büyük bir kısmında fındık bitkilerinin yaprak K konsantrasyonları az düzeydedir (Şekil 4.28). Horuz (1996) çalışmasında fındık bitkisi yapraklarının toplam K kapsamalarının %0.32-0.93 ise %0.26-0.78 arasında değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca bitki örneklerinin büyük bir kısmında yaprakların potasyum noksanlığının olduğunu belirtmiştir. Adiloğlu ve Adiloğlu (2006), fındık bitkileri üzerinde yapmış olduğu çalışmasında bitki K içeriklerinin %0.50-2.14 arasında değiştiğini ve fındık bitkilerinin az bir kısmının potasyum noksanlığı gösterdiğini bildirmişlerdir. Coşkun (2010), fındık bitkilerinde yürütmüş olduğu çalışmasında bitki yapraklarının potasyum içeriğinin %0.33-0.60 arasında değiştiğini bildirmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkiçeşitlerine ait yaprakların K içeriklerini sırası ile %0.32- 1.45 ve %0.41-1.46 aralığında bulmuştur.

Çalışma alanında toprakların alınabilir K içeriği yeterli düzeyde olmasına rağmen, alanın büyük bir kısmında bitkilerin yaprak toplam K konsantrasyonları az düzeydedir. Bu durum, topraktaki Ca:K oranı ile açıklanabilir. Ca, K, Mg elementlerinin bitki bünyesine alınimleri sadece topraktaki miktarlarına bağlı olmamakla birlikte aynı zamanda birbirine olan oranlarına da bağlıdır. İdeal bir toprakta Ca:K oranı 12 olmalıdır. Bu oranının artması birçok bitkide potasyum noksanlığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Çalışma alanı topraklarının Ca:K oranı haritası incelendiğinde, alanın büyük bir kısmının potasyum noksanlığı riski ile karşı karşıya kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, bitkilerin K konsantrasyonları ve toprakların Ca:K oranları haritaları benzer yaklaşımlar göstermektedir.

Toprak ve bitki K arasında pozitif ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Slaton ve ark., (2010) ve Bektaş (2019) yapmış olduğu çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.4.2.4 Kalsiyum

Bitkiler kalsiyumu  $Ca^{+2}$  iyonu olarak almaktadır. Bitkilerin iyi bir gelişim göstermesi için yüksek miktarda kalsiyum gereklidir (Kacar ve Katkat 2007).

Ca için en uygun semivaryogram modeli, exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.99). En uygun semivariogram modelinin oluşması için 2, 6, 10, 23, 72, 76, 81, 82, 88, 118 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.99** Ca için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Exp	0.0415	0.122	0.66	34	M	1532.7	0.71	$3.57 \times 10^{-4}$

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 1532.7 m olarak saptanmıştır. Ca için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin yaprak kalsiyum miktarının uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.99).

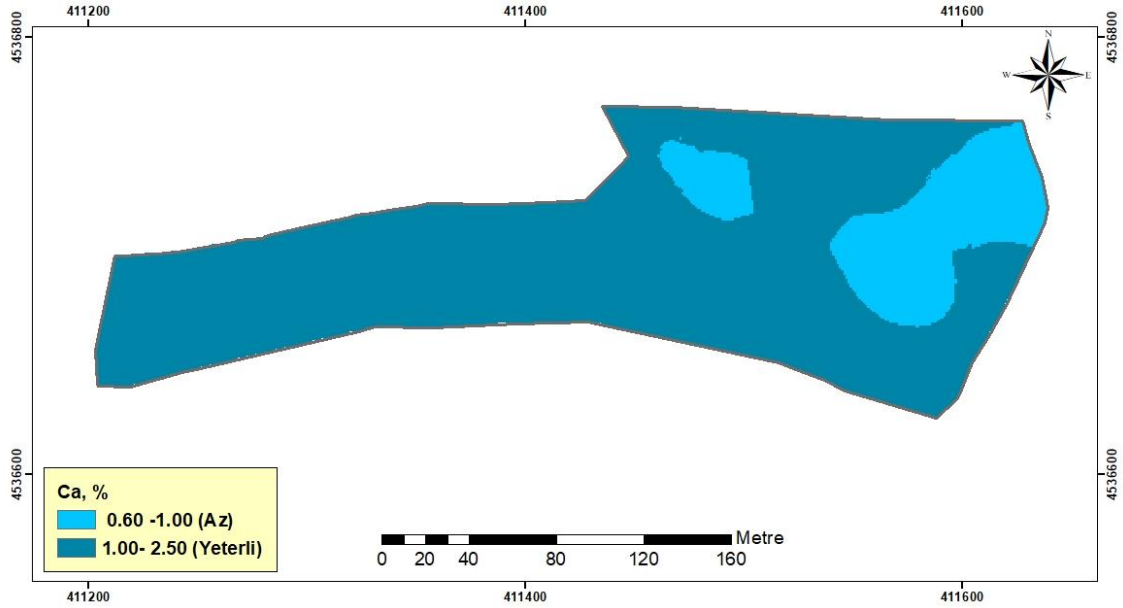
Bitkide Ca konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.100'de verilmiştir.

**Çizelge 4.100** Ca için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	108	34853
En küçük	0.55	0.93
En büyük	1.70	1.33
Ortalama	1.11	1.16
Standart Sapma	0.02	0.11
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.219
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.00

Çizelge 4.100'den görüleceği üzere; çalışma alanında Ca konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1 (1.00) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Ca konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Ca konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.29).



**Şekil 4.29** Ca konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Ca konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.101’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.101** Ca için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	5818	16.7
Yeterli	29035	83.3
Toplam	34843	100

Çizelge 4.100’den görüleceği üzere, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin Ca konsantrasyonları %0.93-1.33 arasındadır. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanı fındık bitkisi yapraklarının %16.7’sinin az, %83.3’ünün ise yeterli düzeyde Ca konsantrasyonuna sahiptir. Horuz (1996), çalışmasında fındık bitkisi yapraklarının toplam Ca kalsiyum içeriğinin yeterli düzeyde olduğunu belirtmiştir. Adiloğlu ve Adiloğlu (2006), fındık bitkileri üzerinde yapmış olduğu çalışmasında bitki Ca içeriklerinin %0.50-2.14 arasında değiştiğini ve fındık bitkilerinin az bir kısmının kalsiyum noksanlığı gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, alanın büyük bir kısmında bitkilerin yaprak toplam Ca konsantrasyonu yeterli düzeydedir. Araştırmacıların bulguları elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Bununla birlikte, çalışma alanının doğu bölgesinde bitkilerin Ca konsantrasyonu az düzeydedir. Bu durum, doğu kısımlarda toprağın asit karakterli olması ile açıklanabilir. Toprak pH'sinin artmasıyla birlikte toprakta kalsiyumun yarayırlılığı da artmakla birlikte, asit toprak koşullarında kalsiyumun yarayırlılığı oldukça azalmaktadır. Toprak Ca ve bitki Ca arasında pozitif ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.7). McGahan ve ark., (2009), Bektaş (2019) çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

#### 4.4.2.5 Magnezyum

Bitkiler magnezyumu  $Mg^{+2}$  iyonu olarak almaktadır. (Kacar ve Katkat 2007). Mg için en uygun semivaryogram modeli exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.102). En uygun semivariogram modelinin oluşması için veri setinden 30 ve 31 numaralı değerler çıkartılmıştır.

**Çizelge 4.102** Mg için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Exp	0.0012	0.0056	0.793	20.7	S	1532.7	0.71	4.078x10 <sup>-4</sup>

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 1532.7 m olarak saptanmıştır. Mg için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin yaprak Mg miktarının uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir.

Mg konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.103'de verilmiştir.

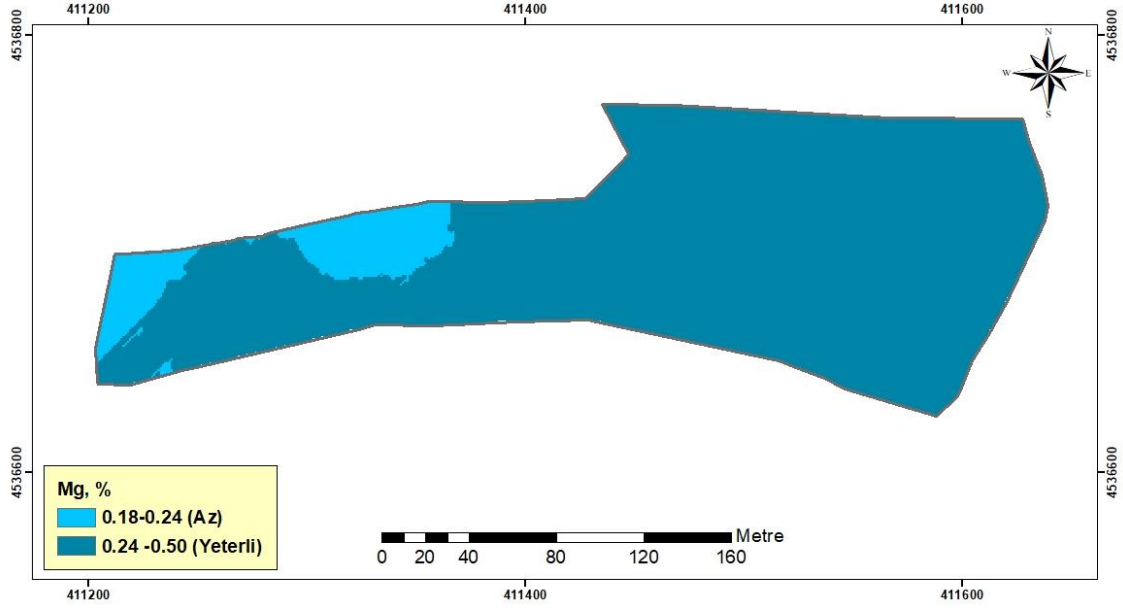
**Çizelge 4.103** Mg için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	116	34853
En küçük	0.18	0.21
En büyük	0.38	0.33
Ortalama	0.28	0.278
Standart Sapma	0.048	0.030
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		0.040
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.08

Çizelge 4.103'den görüleceği üzere; çalışma alanında fındık bitkilerinin yaprak Mg konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin

birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.08) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Mg konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Mg konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.30).



**Şekil 4.30** Mg konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Mg konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.104'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.104** Mg için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Az	3082	8.8
Yeterli	31771	91.2
Toplam	34843	100

Çizelge 4.103 'den görüleceği üzere, çalışma alanında bitkilerin yaprak Mg konsantrasyonu %0.21-0.33 arasındadır. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre oluşturulan interpolasyon haritasında, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin %8.8'inin az, %91.2'sinin ise yeterli düzeyde Mg konsantrasyonuna sahiptir (Şekil 4.30). Horuz (1996), fındık bitkisi yapraklarının Mg kapsamalarının %0.16-0.56 arasında değiştiğini ve bitkilerin çoğunlukla magnezyum içeriği bakımından yeterli düzeyde olduğunu belirtmiştir Öztürk (2016), Palaz fındık bitkisi

çeşisinin yaprak Mg içeriğinin %0.25-0.58 ve Tombul çeşitlerine ait yaprakların Mg içeriklerinin ise %0.34-0.63 aralığında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada, alanın büyük bir kısmında bitkilerin yaprak toplam Mg konsantrasyonları yeterli düzeydedir. Araştırmacıların bulguları elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

#### 4.4.2.6 Sodyum

Bitkiler sodyumu  $Na^+$  iyonu olarak alırlar. (Kacar ve Katkat 2007). Sodyum için en uygun semivaryogram modeli, Gaussian model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.105).

**Çizelge 4.105** Na için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Gaussian	2094.0	4189.0	0.50	50.0	M	127.82	0.40	9731614

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 127.82 m olarak saptanmıştır. Na için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin yaprak Na konsantrasyonunun uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.105).

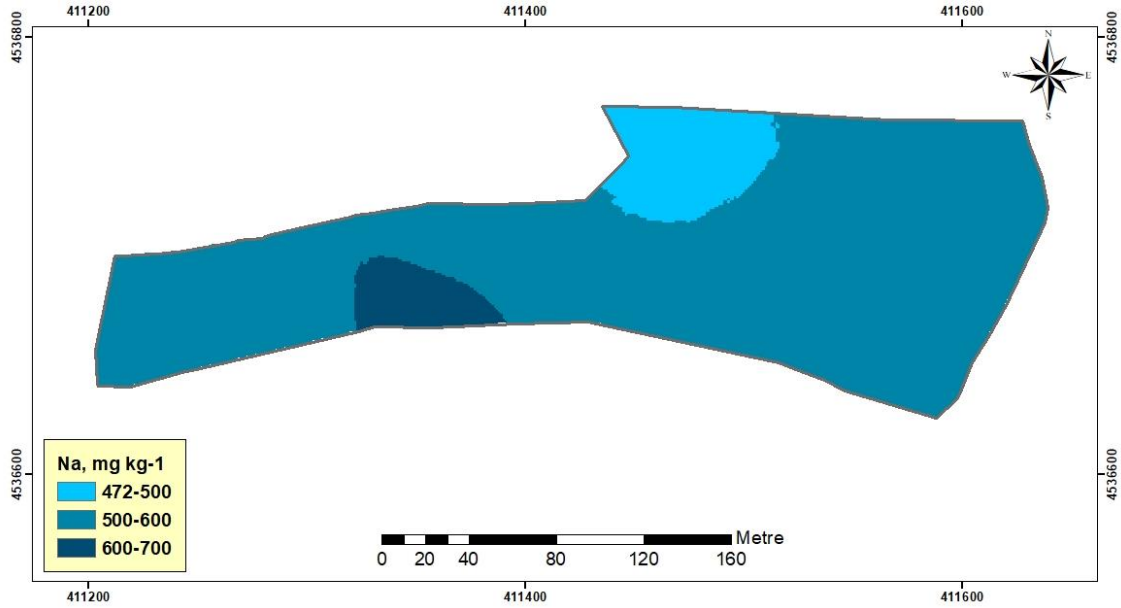
Bitkide Na konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.106'da verilmiştir.

**Çizelge 4.106** Na için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	284.8	472.73
En büyük	708.07	612.62
Ortalama	546.68	547.89
Standart Sapma	57.99	30.84
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		51.99
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.07

Çizelge 4.106'dan görüleceği üzere; çalışma alanında Na konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (1.07) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Na konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Na konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 Na konsantrasyonu çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Na konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.107’de sunulmuştur.

Çizelge 4.107 Na için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
472-500	3287	9.4
500-600	29941	85.9
600-700	1625	4.7
Toplam	34843	100

Çizelge 4.106’den da görüleceği üzere, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin yaprak Na konsantrasyonu 472.73-612.62 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmında fındık bitkisi yapraklarının Na konsantrasyonu 500-600 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır (Çizelge 4.110). Bektaş (2019), Tombul çeşit fındık bitkisi yapraklarının toplam Na içerikleri 105.7- 121.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında, Palaz fındık bitkisi yapraklarının toplam Na içeriklerinin ise 97.3- 110.3 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir.

#### 4.4.2.7 Demir

Bitkiler demiri  $Fe^{+2}$  iyonu olarak alırlar. Bitkilerde demirin alınımı çeşitlere göre farklılık göstermektedir (Kacar ve Katkat 2007).

Fe için en uygun semivaryogram modeli exponential (üssel) model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.108).

**Çizelge 4.108** Fe için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Exp	968.0	1937.0	0.50	50.0	M	57.30	0.64	161225

Exp: Exponential; SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 57.30 m olarak saptanmıştır. Fe için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin yaprak demir konsantrasyonunun uzaysal değişimi 'orta' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.108).

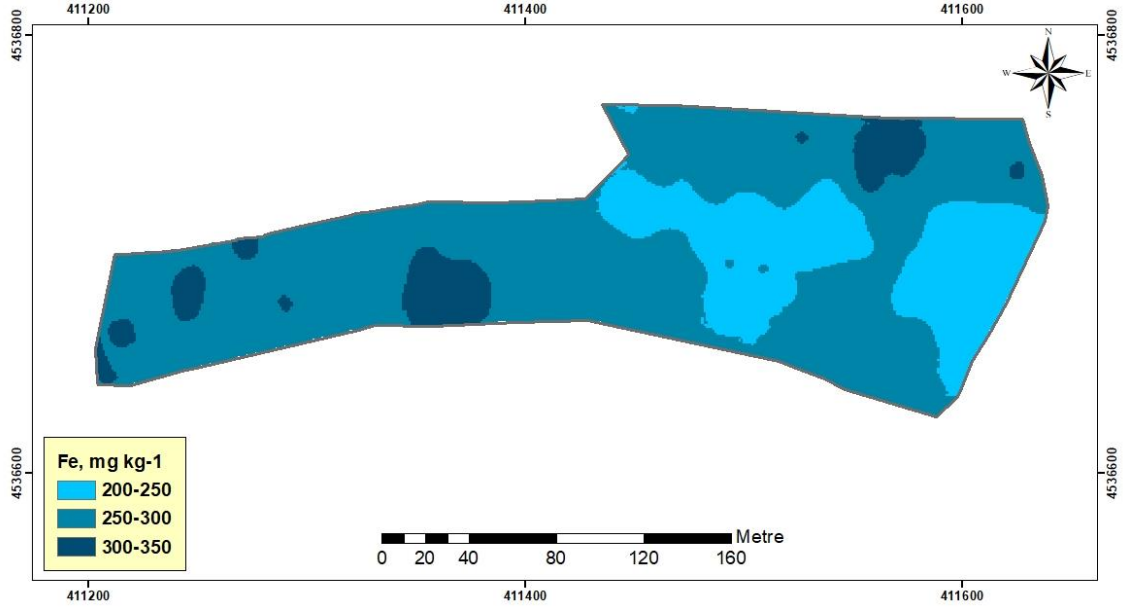
Fe için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.109'da verilmiştir.

**Çizelge 4.109** Fe için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	151.20	200.88
En büyük	365.50	333.21
Ortalama	270.31	269.96
Standart Sapma	43.63	23.50
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		40.61
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.88

Çizelge 4.109'dan görüleceği üzere; çalışma alanında Fe konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1'e oldukça yakın (0.88) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Fe konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Fe konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.32).



**Şekil 4.32** Fe konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Fe konsantrasyonunu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.110’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.110** Fe için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
200-250	8106	23.3
250-300	23953	68.7
300-350	2794	8.0
Toplam	34843	100

Çizelge 4.109’den de görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkilerinin yaprak Fe konsantrasyonları 200.9-333.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Olsen ve ark. (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanında fındık bitkilerinin tamamının yaprak Fe konsantrasyonu yeterli düzeydedir. Horuz (1996), çalışmasında fındık bitkisi yapraklarının toplam demir içeriklerinin 140.33- 1241.14 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, bitkilerin yeterli ve yüksek düzeyde demir içerdiğini bildirmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmasında yaprakların Fe içeriğinin 92.30 ppm 482.70 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bektaş (2019); fındık bitkisi yapraklarının demir içerikleri incelediği çalışmasında bitkilerin çoğunda demir içeriklerinin yeterli düzeyde olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada, fındık bitkilerinin yaprak Fe konsantasyonlarının yeterli düzeyde bulunması, toprakların alınabilir Fe içeriklerinin de yeterli düzeyde bulunmasıyla açıklanabilir.

#### 4.4.2.8 Bakır

Bitkiler bakırı  $Cu^{+2}$  iyonu olarak alırlar. Bitkilerin Cu içerikleri genellikle az miktardadır (Kacar ve Katkat 2007).

Cu için en uygun semivaryogram modeli exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.111).

**Çizelge 4.111** Cu için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Exp	0.44	5.863	0.925	7.5	S	17.10	0.06	12.1

Exp: exponential; SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 17.10 m olarak saptanmıştır. Cu için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin bakır konsantrasyonunun uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.111).

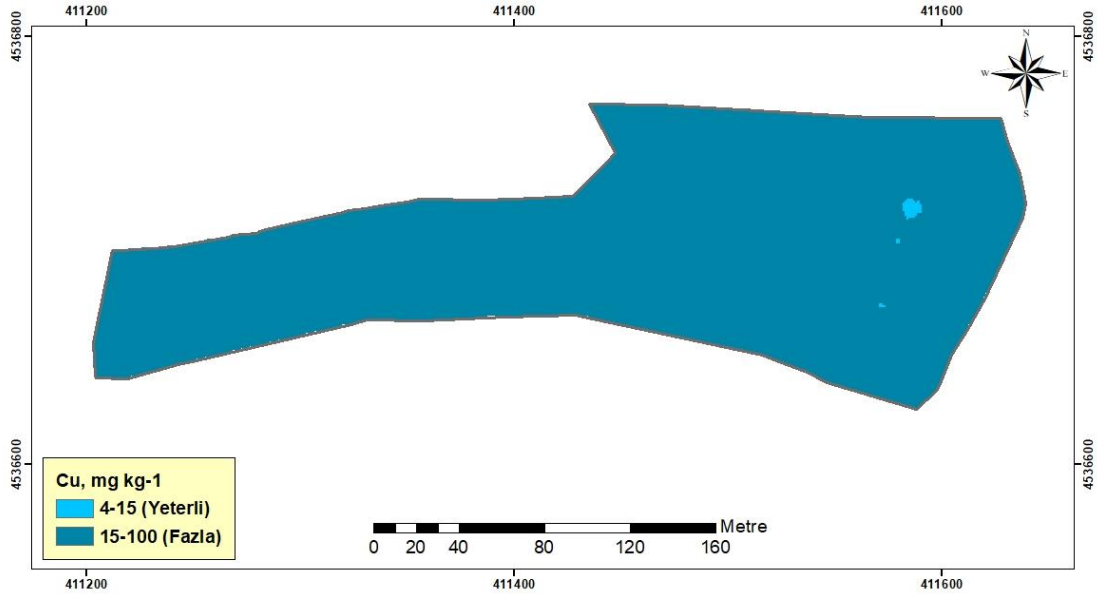
Cu konsantrasyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.112’de verilmiştir.

**Çizelge 4.112** Cu için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	11.46	12.28
En büyük	24.50	23.69
Ortalama	19.88	19.86
Standart Sapma	2.48	1.34
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		2.49
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		0.99

Çizelge 4.112’den görüleceği üzere; çalışma alanında Cu konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1’e oldukça yakın (0.99) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Cu konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Cu konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 Cu konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Cu konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.113'de sunulmuştur.

Çizelge 4.113 Cu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yeterli	72	0.2
Fazla	34781	99.8
Toplam	34843	100

Çizelge 4.112'den de görüleceği üzere, çalışma alanında bitkilerin yaprak Cu konsantrasyonu 12.28-23.69 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, fındık bitkilerinin tamamının yaprak Cu konsantrasyonu fazla düzeydedir (Çizelge 4.111). Horuz (1996), fındık bitkileri üzerinde yapmış olduğu çalışmasında, fındık bitkisi yapraklarının toplam Cu içeriklerinin 2.69-20.23 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Adiloğlu ve Adiloğlu (2006), fındık bitkisi yapraklarının bakır içeriklerinin 13.2-80.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve bitkilerin yüksek ve fazla düzeyde Cu içerdiğini bildirmişlerdir. Öztürk (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmasında yaprakların Cu içeriğinin yeterli düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Bektaş (2019); fındık bitkisinde

yürütmüş olduğu çalışmasında yapraklarının bakır içeriklerinin yeterli düzeyde olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada, fındık bitkilerinin de yaprak Cu konsantasyonları yeterli düzeyde bulunması, toprakların alınabilir Cu içeriklerinin de yeterli düzeyde bulunmasıyla açıklanabilir.

#### 4.4.2.9 Çinko

Bitkiler çinkoyu  $Zn^{+2}$  iyonu olarak alırlar. Bitkilerin Zn alınımı genellikle az miktardadır ve bitkilere göre değişkenlik göstermektedir (Kacar ve Katkat 2007).

Zn için en uygun semivaryogram modeli spherical (küresel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.114).

**Çizelge 4.114** Zn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget ( $C_0$ )	Sill ( $C_0+C$ )	$C/C_0+C$	$(C_0/C_0+C) \times 100$ (%)	SD	Range (A) (m)	$r^2$	RSS
Spherical	0.014	0.034	0.588	41.2	M	73.70	0.79	$9.282 \times 10^{-5}$

SD: uzaysal bağımlılık; M: orta derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 73.70 m olarak saptanmıştır. Zn için bulunan değerler 73.70 metre ayırma mesafesine kadar birbirleriyle ilişki içerisinde ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir (Çizelge 4.114). Çalışma alanında bitkilerinin çinko konsantrasyonunun uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.114).

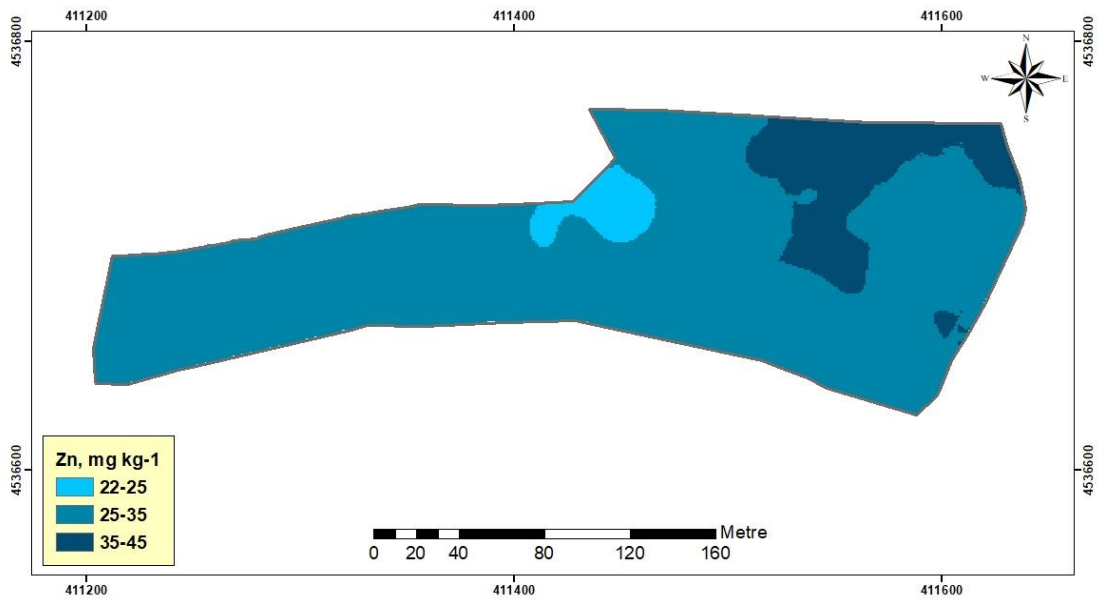
Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.115’de verilmiştir.

**Çizelge 4.115** Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	18.63	22.32
En büyük	49.96	40.16
Ortalama	31.02	30.69
Standart Sapma	5.50	3.38
<b>Tahmin hataları</b>		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		5.01
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.00

Çizelge 4.115'den görüleceği üzere; çalışma alanında bitkilerin Zn konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1 (1.00) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Zn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Zn konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Zn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Zn konsantrasyonunun için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.116'da sunulmuştur.

Çizelge 4.116 Zn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
22-25	1221	3.5
25-35	29019	83.3
35-45	4613	13.2
Toplam	34843	100

Çizelge 4.115'den görüleceği üzere, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin Zn konsantrasyonları 22.32-40.16 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanının büyük bir kısmında fındık bitkilerinin yaprak toplam Zn konsantrasyonları yeterli düzeydedir. Horuz (1996), fındık bitkileri

üzerinde yapmış olduğu çalışmasında, yaprakların toplam Zn içeriklerinin 6.44-120.6 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve bitkisi örneklerinin büyük bir kısmının Zn bakımından yeterli olduğunu bildirmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmasında yaprakların Zn içeriğinin yeterli düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Bektaş (2019); fındık bitkisinde yürütmüş olduğu çalışmasında yapraklarının tamamına yakınının Zn içeriklerinin yeterli düzeyde olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Çalışma alanındaki fındık bitkilerinin yaprak Zn konsantrasyonlarının yeterli düzeyde bulunması, toprakların alınabilir Zn içeriklerinin de yeterli düzeyde bulunmasıyla açıklanabilir.

#### 4.4.2.10 Manganez

Bitkiler manganez  $Mn^{+2}$  iyonu olarak alırlar. (Kacar ve Katkat 2007). Mn için en uygun semivaryogram modeli gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.117).

**Çizelge 4.117** Mn için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Gaussian	2530	11170	0.774	22.6	S	398.71	0.92	3057459

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 398.71 m olarak saptanmıştır. Mn için bulunan değerler bu mesafeye ne kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Ayrıca, çalışma alanında bitkilerin manganez konsantrasyonunu uzaysal değişimi ‘güçlü’ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.117).

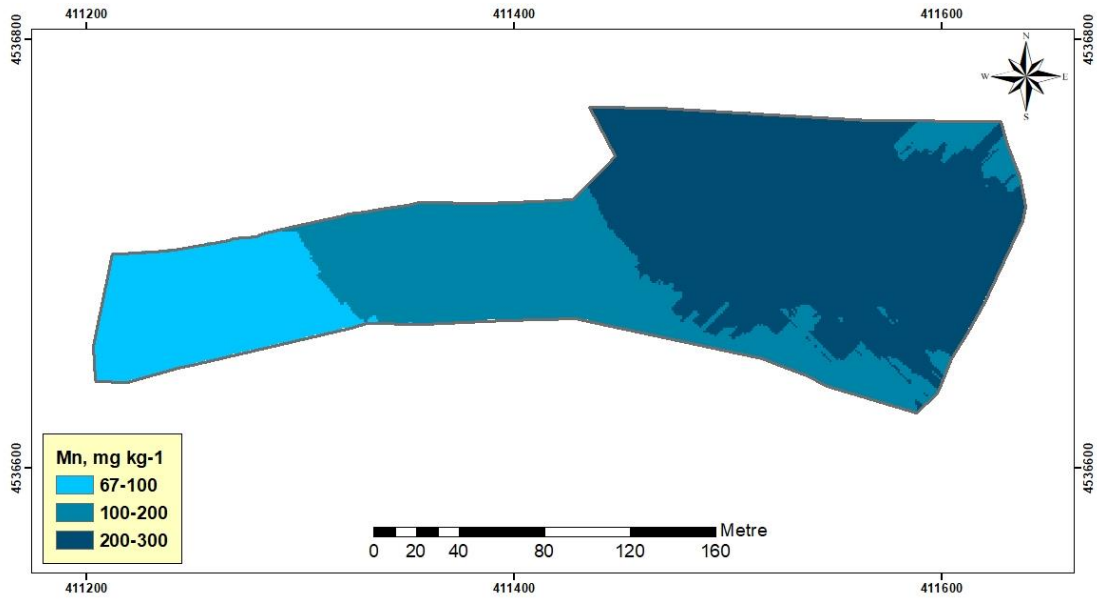
Mn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.118’de verilmiştir.

**Çizelge 4.118** Mn için ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistik	Analizde bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	118	34853
En küçük	55.73	76.10
En büyük	401.73	246.49
Ortalama	175.81	174.54
Standart Sapma	74.41	50.59
Tahmin hataları		
Hata kareler ortalamasının karekökü (RMS)		51.92
Standardize edilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSS)		1.00

Çizelge 4.118'den görüleceği üzere; çalışma alanında bitkilerin Mn konsantrasyonunun analize bulunan değerleriyle tahmin edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. RMSS değerinin 1 (1.00) olması ve tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin de daha küçük elde edilmesi dolayısıyla Mn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Nokta Kriging ile tahmin edilen Mn konsantrasyonu, bu bitki özelliğinin çalışma alanındaki değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.35).



**Şekil 4.35** Mn konsantrasyonunun çalışma alanındaki değişimi

Çalışma alanının Mn konsantrasyonu için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.119'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.119** Mn için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (mg kg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
67-100	5836	16.74
100-200	11240	32.25
200-300	17777	51.01
Toplam	34843	100

Çizelge 4.118'den görüleceği üzere, çalışma alanındaki fındık bitkilerinin yaprak Mn konsantrasyonları 76.1-246.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Olsen (2013) tarafından belirlenen sınır değerlerine göre, bitkilerin tamamında yaprak Mn konsantrasyonu yeterli düzeydedir. Horuz (1996), fındık bitkileri üzerinde yapmış

olduğu çalışmada, yaprakların toplam Mn içeriklerinin 44.28-1297.51 kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirlemiş ve bitki örneklerinin büyük bir kısmının Mn içeriği bakımından yeterli ve yüksek olduğunu bildirmiştir. Adiloğlu ve Adiloğlu (2006), fındık bitkisi üzerinde yürütmüş oldukları çalışmalarında, bitki yapraklarının Mn içeriklerinin yeterli ve yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Öztürk (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmada yaprakların Mn içeriğinin yeterli düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Bektaş (2019); fındık bitkisinde yürütmüş olduğu çalışmada yapraklarının Mn içeriklerinin yeterli ve fazla düzeyde olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Çalışma alanında fındık bitkilerinin yaprak Mn konsantrasyonları batı yönünden doğu yönüne doğru artmıştır. Bu durum, toprak pH'sinin asit koşullarından dolayı toprakta Mn içeriğinin artması ile açıklanabilir. Toprakta Mn içeriğinin artması bitkilerin Mn alınımını da artırmıştır. İnterpolasyon haritaları incelendiğinde, çalışma alanında toprakların Mn içeriği ve yaprakların Mn konsantrasyonları dağılım haritalarının benzer yaklaşım göstermektedir. Ayrıca, toprak Mn ve bitki Mn arasında (r=0.43) çok önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

#### 4.4.2.11 Bor

Bor, bitkilerin normal olarak gelişebilmesi için mutlak gerekli olan mikro besin elementlerinden birisidir. Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. (Kacar ve Katkat 2007).

Bor için en uygun semivaryogram modeli en küçük hata kareler toplamı (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre, GS<sup>+</sup> 10.0 bilgisayar paket programı tarafından spherical (küresel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.120).

**Çizelge 4.120** B için en uygun semivaryogram modeli ve model parametreleri

Model	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	C/C <sub>0</sub> +C	(C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C)x100 (%)	SD	Range (A) (m)	r <sup>2</sup>	RSS
Spherical	0.0001	0.0912	0.99	1.0	S	20.80	0.471	8.716e-04

SD: uzaysal bağımlılık; S: güçlü derece uzaysal bağımlılık

Model için etki aralığı 20.80 m olarak saptanmıştır. B için bulunan değerler bu mesafeye kadar birbirleriyle ilişki içerisindedir ve uygun varyogram modeli bu etki mesafesine kadar geçerlidir. Çalışma alanında bitkilerin bor miktarının uzaysal değişimi 'güçlü' olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.120).



Çalışma alanının B için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.122’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.122** B için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

<b>Dağılım Aralığı</b>	<b>Alan (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Alan (%)</b>
Noksan	2393	6.9
Az	2945	8.4
Yeterli	29515	84.7
<b>Toplam</b>	<b>34843</b>	<b>100</b>

Çizelge 4.121’den görüleceği üzere, çalışma alanında fındık bitkilerinin yaprak B konsantrasyonları 15.81-69.05 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Olsen (2013) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre, çalışma alanında fındık bitkilerinin %6.9’unun noksan, %8.4’ünün az, %84.7’sinin ise yeterli düzeyde B konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Öztürk (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmada yaprakların B içeriğinin genellikle yeterli düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Bektaş (2019); fındık bitkisinde yürütmüş olduğu çalışmada, yapraklarının B içeriklerinin genellikle yeterli ve fazla düzeyde olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Toprak B ile yaprak B arasında çok önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Bektaş (2019), fındık bitkisi üzerinde yapmış olduğu çalışmada benzer sonuçlar bulmuştur.

#### **4.5 Araştırma Alanından Alınması Gerekli Örnek Sayısı**

Araziden alınması gerekli örnek sayısı, toplam alanın her bir toprak ve bitki özelliği için bulunan etki mesafesinin karesine bölünmesi ile tahmin edilmiştir. Bu yaklaşımla belirlenen örnek sayısından az olmamak kaydıyla, arazide gridlerin kesişim noktalarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınabilir (Trangmar ve ark., 1985). Fındık yetiştiriciliği yapılan çalışma arazisinde sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları EK 7’de ve bitki örneği sayıları ise EK 8’de verilmiştir.

## 5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaygın olarak fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı bir kısmı Orta ve bir kısmı da Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yeralan Ordu ilinde, yılın belli zamanlarında yoğun yağışın etkisiyle su basması etkisinde kalan fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı bir alanda, toprağın bazı verimlilik parametreleri ile bitki besin elementlerinin alınımını jeoistatistiksel teknikler yardımıyla değerlendirmek üzere yapılan bu çalışmada, serbest örnekleme yöntemiyle 118 toprak ve 118 bitki örneği alınmıştır.

Toprağın fiziksel özelliklerinden tekstür, hacim ağırlığı, başlangıç, kimyasal özelliklerinden pH, EC, organik madde, alınabilir amonyum+nitrat azotu, alınabilir P, alınabilir katyonlar (Na, K, Ca ve Mg), alınabilir mikroelementler (Fe, Cu, Mn ve Zn), Ca:K, Ca:Mg, Mg:K oranları; biyolojik özelliklerinden ise mikrobiyal biyomas-C ve  $C_{mic}:C_{org}$  belirlenmiştir. Bitkilerin biyokimyasal özelliklerinden ise klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, klorofil a:b; kimyasal özelliklerinden ise N, P, makro besin elementleri (Ca, Mg, Na ve K) ve mikro besin elementleri (Fe, Cu, Zn, Mn ve B) belirlenmiştir. Toprak ve bitki özelliklerinin elde edilen verilerin konumsal dağılımları jeoistatistiksel olarak değerlendirilip, her bir özellik için çok sayıdaki tahmin değerleri haritaya aktarılmıştır.

Çalışma alanı için seçilen özelliklere ait semivaryogram modelleri ve bileşenleri birbiriyle oldukça uyumlu elde edilmiştir. Toprak özelliklerinden kum, kil, silt, pH, amonyum nitrat azotu, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, B, Ca:K oranı, hacim ağırlığı, için en uygun semivaryogram modeli Gaussian semivaryogram model; EC, ve Cu için spherical model; Na, Zn, organik madde, mikrobiyal biyomas C,  $C_{mic}:C_{org}$ , Ca:Mg ve Mg:K oranı için exponential model olarak belirlenmiştir. Bitki özelliklerinden ise, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, N, Ca, Mg, Fe, Cu için en uygun semivaryogram modeli exponential semivaryogram model; P, Na ve Mn için Gaussian semivaryogram model, toplam K, Zn ve B için spherical semivaryogram model olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanının yürütüldüğü bölgelerde ve benzeri alanlarda yapılacak çalışmalarda örnekleme aralığı olarak toprak ve bitki özelliklerine ait etki değerlerinden yararlanılabilir. Toprakların kimyasal özellikleri değerlendirildiğinde ise, en az etki aralığı çinkoda (32.70 m), en yüksek etki aralığı potasyumda (695.07 m) belirlenmiştir. Bu durum, mikrobiyal biyomas C'nin ve çinkonun kısa mesafelerde

daha yüksek değişkenliğe sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle benzer çalışmalarda örnekleme aralığının bu mesafelerden fazla olmaması gerektiğini ifade edebiliriz.

Araştırma alanında toprakların tekstürü genellikle kil bünyesinde olup alınabilir K içeriği de yeterli ve fazla düzeydedir. Toprakların alınabilir K içeriğinin yeterli ve fazla olması toprak tekstüründe kil içeriğinin fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Çalışma alanının batı bölgesinde topraklar genellikle kil bünyeye, doğu bölgesinde ise tın bünyeye sahiptir. Bununla birlikte, toprakların biyolojik özelliklerinden mikrobiyal biyomas C ve  $C_{mic}:C_{org}$  oranının uzaysal bağımlılığının oldukça düşük etki aralığına sahip olması, kısa mesafelerde bile büyük değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir. Toprakların biyolojik özellikleri oldukça dinamiktir. Toprakların biyolojik özelliklerinin kısa mesafelerde bile değişkenlik göstermesi, toprakların fiziksel, kimyasal özelliklerinden, iklim ve çevre faktörlerinden etkilenebildiğini göstermektedir.

Bitkilerin seçilen özelliklerine ait uzaysal bağımlılık etki mesafeleri en az bakır (17.10 m), en fazla ise Ca ve Mg'de (1532.70 m) belirlenmiştir. Bununla birlikte, bitkilerin biyokimyasal özellikleri de kısa mesafelerde büyük değişkenlik göstermiştir. Bu nedenle benzer çalışmalarda örnekleme aralığının bu mesafelerden fazla olmaması gerektiğini ifade edebiliriz

Çalışmada kullanılan toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitkilerin biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ilişkin tahmin haritaları birbirleriyle uyum göstermektedir. Bu durum, toprakların verimlilik durumlarını ve bitkilerin besin elementi alınımalarını ortaya koymak üzere çalışmada kullanılan bu özelliklerin birbirlerini desteklediklerini göstermektedir.

Çalışma alanının topografyasının besin elementlerinin taşımını üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Çalışma alanında, suya doygun batı kısımlarda toprakların pH ve EC değerleri daha yüksek değerlerdedir. Bu durum, yüzey akışıyla taşınan ve burada biriken bazik katyonların zamanla toprak pH ve EC değerlerini arttırdığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, fındık bahçesi toprakları genellikle asit reaksiyon göstermiştir. . Bu nedenle, toprak reaksiyonunu ideal seviyeye getirebilmek için, kireçleme yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte sadece kireç uygulaması yeterli olmayıp toprak verimliliğini artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübrelerin de alkalın karakterli olması gerekmektedir. Çalışma alanı topraklarında kireç materyalleri seçiminde, topraktaki Ca:Mg, Mg:K ve Ca:K oranlarının ideal seviyelerini bozmayacak türden kireç kaynağı tercih edilmelidir.

Çalışma alanı topraklarının organik madde içeriklerinin fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprak verimliliği açısından organik maddenin muhafaza edilmesi son derece önemlidir.

Çalışma alanı topraklarının tuzlulukla ilgili herhangi bir sorun olmamakla birlikte, su altında kalan alanın daha fazla EC miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanlarda tuzluluğun artmasına neden olabilecek yanlış gübre uygulamalarından kaçınılmalıdır. Gübreleme uygulamalarında tuzluluk indexi düşük gübreler tercih edilebilir ya da buna ek olarak yapraktan gübre uygulamalarının yapılması önerilebilir.

Çalışma alanında elde edilen sonuçlara göre, toprakların %43.2'sinin tın, %56.8'inin ise kil bünyeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki bu tekstür farklılıkları toprakların hacim ağırlığı gibi fiziksel özellikleri üzerine de oldukça etkili olmuştur.

Çalışma alanının batı bölgesinde bitki gelişimi için ideal pH koşulları ve toprakta yeterli miktarda besin elementi olmasına rağmen arazinin su baskınına maruz kalmasının bitkilerin zayıf gelişim göstermesine neden olduğunu ifade edebiliriz. Çalışma alanının su altında kalan batı bölgesinde fındık bitkileri her ne kadar iyi bir gelişim göstermese de bu koşullarda kendine bir habitat alanı oluşturarak az da olsa ürün verebilme yeteneği sergilemiştir.

Çalışma alanı topraklarının Ca, Mg, K içerikleri değerlendirildiğinde; bu katyonların arazinin doğu kısımlarında yeterli, batıkısımlarında ise fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu katyonların birbirileri ile ilişkileri değerlendirildiğinde ise, alanın büyük bir kısmında toprakların potasyum noksanlığı gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Ca:K oranı 12 olması gerekirken bu oran çalışma alanında ortalama 33.41 düzeyine

çıkıştır. Bu durum, fındık yetiştirilen topraklarda K içeriği yeterli olsa bile, mutlaka topraklara potasyumlu gübrelemenin yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bölgede genellikle kalsiyum amonyum nitrat gübresinin tercih edilmesi dolayısıyla tek düze gübrelemenin yapılması bu dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, toprak analiz sonucuna göre belirlenen miktarda ve besin içeriğinde olan gübrelerin kullanılması tavsiye edilebilir.

Bununla birlikte, arazinin batı bölgesinde yıkanmadan dolayı toprakların azot içeriği daha azdır. Bu durum, su altında kalan alanlarda azot kaybının daha fazla olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, su altında kalan alanlarda toprağa azot uygulaması yapmak yerine yapraktan beslenme önerilebilir.

Toprakların alınabilir P ve mikro besin elementleri haritaları toprak pH değerinin değişimiyle beraber arazide oldukça farklı bir dağılım göstermiştir. Çalışma alanı topraklarının mikro besin elementleri değerlendirildiğinde, batı bölgesinde alınabilir Cu ve B yeterli; alınabilir Zn fazla; alınabilir Fe ve Mn az; doğu bölgesinde ise alınabilir P az, alınabilir B yetersiz, alınabilir Fe, Mn ve Cu ise yeterli olarak belirlenmiştir. Toprak pH'sinin asit karakterden nötr karaktere doğru bir yaklaşım göstermesi bu besin elementlerin alınabilirliğini oldukça etkilemiş ve asit koşullarda antagonistik etkileşimlerin olduğu ifade edilebilir. Toprağın asit reaksiyona sahip olmasından dolayı arazinin doğu bölgesinde toprak fosfor içeriğinin az olduğu belirlenmiştir. Bu durum, asit koşullarda fosforun fiksasyona uğrayarak yararlı formaya geçmesinden kaynaklanmaktadır.

Toprakta fosfor alınımını artırmak için toprağa kireç uygulamasının yapılması tavsiye edilebilir. Kireçleme, toprak pH değerini ideal seviyeye gelebilmesine yardımcı olup besin elementinin alınımına fayda sağlamaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken diğer bir konu, kireçlemenin toprak analiz sonucunda belirlenen kireç ihtiyacına göre uygulanmasıdır. Bununla birlikte, fosfor içerikli gübrelerin çoğu toprakta asit reaksiyon gösterdiğinden dolayı sadece bu gübrelerin uygulanması fiksasyonu artırabilir ve bitkilerin fosfordan faydalanması azalabilir. Bu durumda, kireçleme ile birlikte topraktan gübre uygulamasına ek olarak yapraktan gübre uygulaması önerilebilir.

Çalışma alanında bitkilerinin toplam klorofil içerikleri 1.00-2.07 mg/g taze ağırlık arasında değişmiştir. Bu değer, literatürde bildirilen değerler içerisinde. Arazinin su altında kalan bölgesindeki bitkilerde her ne kadar zayıf bir gelişim söz konusu olsa da yaprakların klorofil içeriklerinde bir düşüş olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte, bitkilerin klorofil a/b oranı 3.0-3.86 arasındadır. Bitkilerde klorofil a:b oranı genellikle 3:1 şeklindedir. Bu durum, fındık bitkisinin bu koşullara adaptasyon sağlayabildiğini göstermektedir. Ancak adaptasyon stratejilerinin ortaya koyulması açısından konu uzmanı araştırmacılar tarafından yapılacak daha ileri bir çalışmaya ihtiyaç vardır.

Çalışma alanında fındık bitkisi yapraklarının P, Ca, Mg ve mikro besin elementleri bakımından genellikle yeterli olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, bu besin elementlerinin toprakta yeterli ve fazla miktarda bulunmasıdır. Bununla birlikte arazinin büyük bir kısmında yaprakların toplam N ve K konsantrasyonlarının az düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Topraklarda potasyumun noksanlığı ve fosforun fiksasyonu sonucunda yararışlılığının azalması nedeniyle bitkilerin bu besin elementlerinden faydalanması sınırlanmıştır. Bu alanda Ca/K oranının istenilen seviyelere getirilmesi pratikte pek mümkün olmadığından dolayı topraktan potasyumlu gübre uygulamasına ek olarak yapraktan gübre uygulaması önerilmektedir. Ayrıca, azota bitkinin her dönem ihtiyaç duyması ve bitkilerin fosfordan daha fazla yararlanabilmesi açısından bu besin elementlerini içeren kompoze gübrelerin yapraktan uygulanması önerilmektedir. Bu gübre uygulamaları fındıkta verim ve kalitenin artırılması açısından mutlaka fayda sağlayacaktır.

Çalışma alanı için seçilen toprak ve bitki özelliklerinin dağılım haritaları, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanı sıra bitki özelliklerinin de mutlaka dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Toprak ve bitki özelliklerine ilişkin dağılım haritalarının bir arada değerlendirilmesiyle, çalışma alanı için toprak verimliliğiyle ilgili olarak daha net bilgiler sağlanabilir. Ayrıca, çalışma alanı için oluşturulan dağılım haritaları, bu alanda ve benzer çalışmalarda gelecekte toprak yönetimiyle ilgili kararların alınmasında, uygulayıcıya büyük kolaylıklar sağlayabilir.

Çalışma alanının aluviyal bir arazi üzerinde olması ve topografyada yükseklik farklılıklarının bulunması, kısa mesafelerde dahi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin oldukça değişken olmasına neden olmuştur. Toprakların bu özelliklerinin çok kısa mesafelerde değişiklik göstermesi ise arazide bitkilerin besin maddesi alınımı ve gelişimini oldukça etkilemiştir. Bu durum, arazi üzerinde birbirinden farklılık gösteren noktaların mutlaka alana özgü yönetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, jeostatistiksel metodlar yardımıyla doğruya yakın bir şekilde üretilen toprak ve bitki haritalarının kullanılması, alana özgü yönetim uygulamalarında mutlaka fayda sağlayacaktır. Bu çalışmada jeostatistiksel metodlarla üretilen haritalar, ülkemiz için önemli bir ekonomik kaynak olan fındık bitkisinin gübrenmesi ve ürün yetiştirme uygunluğu hakkında kaynak sağlayacaktır.

## 6.KAYNAKLAR

- Adiloğlu, A. & Adiloğlu, S. (2006). An Investigation on Nutritional Problems of Hazelnut Grown on Acid Soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36:2219-2226.
- Alemayeh TY., Ayana, G., Reichert, JM. & Tilahun, K. (2023). Geospatial modeling and mapping of soil organic carbon and texture from spectroradiometric data in Nile basin, *Remote sensing Applications: Society and Environment*, 29,100829.
- Alhassoun, R. (2011). Studies on Factors Affecting the Infiltration Capacity of Agricultural Soils, Doctoral dissertation, Julius Kühn-Institut, Quedlinburg, Germany.
- Amer, R. (2021). Spatial Relationship between Irrigation Water Salinity, Waterlogging, and Cropland Degradation in the Arid and Semi-Arid Environments. *Remote Sens.*, 13, 1047, <https://doi.org/10.3390/rs13061047>.
- Anderson, IPE. & Domsch, KHA. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of mikrobial biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 10:215-221.
- Anonim, (2022). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtları. Ordu İstasyonu. Ankara.
- Araújo, D.C.S., Montenegro, S.M.G.L., Montenegro, A.A.A., Silva Junior, V.P. & Santos, S.M.D. (2018). Spatial variability of soil attributes in an experimental basin in the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(1):38-44.
- Arain, M.Y., Memon, K.S., Akhtar, M.S., Memon, M. (2017). Soil and plant nutrient status and spatial variability for sugarcane in lower Sindh (Pakistan). *Pakistan J. Bot.*, 49:531-540.
- Aşkın, T.&Kızılkaya, R. (2006). Assessing spatial variability of soil enzyme activities in pasture topsoils using geostatistics. *Eur. J. Soil Biol.*,42:230-237.
- Askin, T. & Kizilkaya, R. (2006). Assessing spatial variability of soil enzyme activities in pasture topsoils using geostatistics. *Eur. J. Soil Biol.*, 42, 230-237.
- Askin, T. & Kizilkaya, R. (2007). "Spatial distribution patterns of soil microbial biomass carbon within the pasture," *Agric. Conspect. Sci.*, 72(1),75–79.
- Askın, T., Turkmen, F., Tarakcioglu, C., Kulac, S. & Aygun, S. (2017). DTPA-extractable micronutrients: a geostatistical study from Ordu, Turkey. *Eurasian J Soil Sci*, 6, 154.
- Aşkın, T. & N. Özdemir. (2003). Soil Bulk Density as Related to Soil Particle Size Distribution and Organic Matter Content. *Agriculture* 9 (2): 52–55.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Olekhov, V., Mudrykh, N., Samafalova, I., & Türkmen, F. (2014). Toprak organik karbonu: Jeostatistiksel bir yaklaşım. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 13-18.

- Ay, A. (2019). Ordu ve Giresun yöresindeki fındık bahçesi topraklarının biyolojik özellikleri ve bunların diğer toprak özellikleriyle ilişkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Ay, A. & Kızılkaya, R. (2021). Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinin toprak özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(1), 71-78.
- Ayan, S., Aydınözü, D., Yer, EN. & Ünalın, E. (2016). Türk Fındığı *Corylus colurna* L.'nin Kuzeybatı Anadolu ormanlarındaki yeni bir yayılış alanı: Kastamonu-Ağlı Müsellimler, Tunuslar Mevkii. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 9(1), 128-135.
- Balık, Hİ. & Beyhan, N. (2014). Ordu'nun Ünye ilçesinde palaz fındık çeşidinin klon seleksiyonu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 179-185.
- Bayraklı F. 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. O.M.Ü Yayınları. No:17. Samsun.
- Bektaş, Z. 2019. Organik ve konvansiyonel tarım yapılan fındık bahçesinin toprak ve yaprak analizleriyle beslenme durumlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Berger, KC. & Truog E. (1939). Boron Determination in Soils and Plants. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 11, 540-545.
- Bertol, I., Mello, EL., Guadagnin, JC., Vedana Zapparolli, AL. & Carrafa, MR. (2003). Nutrient losses by water erosion. *Scientia Agricola*, 60, 581-586.
- Bhatti, AU., Wadood, A., Khattak, RA. & Khan, F. (1993). Special variability of some soil properties of Malakandher Farm. *Sarhad J Agric.*, 9(6), 619-32.
- Bhunja, GS., Shit, PK. & Chattopadhyay, P. (2018). Assessment of spatial variability of soil properties using geostatistical approach of lateritic soil (west bengal, india). *Ann. Agrar. Sci.*, 16, 436-443.
- Bingham, FT. (1962). Chemical Soil Tests For Available Phosphorus. *Soil Sci.* 94, 87 - 95.
- Blom, C., Voeselek, L. (1996). Flooding: the survival strategies of plants. *Trees*, 11, 290- 295.
- Boccacci, P., Beltramo, C., Sandoval Prando, MA., Lembo, A., Sartor, C., Mehlenbacher, S. A., Botta, R. & Torello Marinoni, D. (2015). *In Silico* Mining, Characterization and Cross-Species Transferability of EST-SSR Markers for European Hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Mol. Breed.* 35, 21.
- Bouyoucos, GD. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Bradford, JM. (1986). Penetrability. In: *Methods of Soil Analysis*. Klute, A. (Ed.). Part I, 2nd ed. ASA, Madison, WI, 468 pp.
- Bray, RH. & Kurtz, LT. (1945). Determinations of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59, 39-45.

- Bremner, JM. (1965). Inorganic forms of nitrogen In: C.A. Methods of Soil Analysis, Part 2. Ed: Black et. al., Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA. *Agronomy*, 9, 1179-1237.
- Burgos, P., Madejon, E., Perez-De-Mora, A., Cabrera, F. (2006). Spatial variability of the chemical characteristics of a trace-element-contaminated soil before and after remediation. *Geoderma*, 130, 157-175.
- Brubaker, S.C., 1989. Evaluating soil variability as related to landscape position using different statistical methods (Phd thesis), Texas A&M University, p:217.
- Busscher, WJ. (2011). Hard-pan soils - Management. In: Glinski, J., Horabik, J. Lipiec, J., editors. Encyclopedia of Agrophysics. The Netherlands: Springer. 357-359 pp.
- Camberdella, CA., Moorman, TB., Novak, JM., Parkin, TB., Karlen, DL., Turco, RF. & Konopka AE. (1994). Field scale variability soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1501-1511.
- Cantón, Y., Solé-Benet, A., de Vente, J., Boix-Fayos, C., Calvo Cases, A., Asensio, C., Puigdefábregas, J. (2011). A review of runoff generation and soil erosion across scales in semiarid south-eastern Spain. *J. Arid Environ.*, 75 (12), 1254-1261.
- Chapman, HD., Pratt, PF. & Parker, F. (1961). Methods of Analysis for Soils, Plant and Waters. Univ. Of California. Div. Of Agric. Sci.
- Chaudhari, PR., Ahire, DV., Ahire, VD., Chkravarty, M. & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *Int. J. Sci. Res. Publ.*, 3, 1-8.
- Chatterjee, S., Santra, P., Majumdar, K., Ghosh, D., Das, I. & Sanyal, SK. (2015). Geostatistical approach for management of soil nutrients with special emphasis on different forms of potassium considering their spatial variation in intensive cropping system of West Bengal, India. *Environ Monit Assess*, 187,1-17.
- Chen, S., Lin, B., Li, Y. & Zhou, S. (2020). Spatial and temporal changes of soil properties and soil fertility evaluation in a large grain-production area of subtropical plain China. *Geoderma*, 357, Article 113937.
- Chodak, M. & Niklinska, M. (2010). Effect of texture and tree species on microbial properties of mine soils. *Appl. Soil Ecol.* 46, 268-275.
- Colombo, C., Palumbo, G., He, J. Z., Pinton, R., and Cesco, S. (2014). Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes. *J. Soils Sediments*, 14, 538-548.
- Corwin, DL., & Lesch, SM. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 32-45.
- Coşkun, N. (2010). Fındık bahçelerinde toprak ve ürünlerdeki mikro element dağılımının ve aralarındaki korelasyonun incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Samsun.

- Cox, W. & McFarlane, DJ. (1995). The causes of water logging in shallow soils and their drainage in southwestern Australia. *J. Hydrol.*, 167, 175-194.
- Çavuşoğlu, D. (2016). Fındık yetiştiriciliği yapılan bir alanda toprak verimliliğinin jeostatiksel tekniklerle değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Çolak, B. (2018). Samsun’da fındık yetiştiriciliği yapılan toprakların bazı özellikleri. Doktora Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Daniel, S., Gabiri, G., Kirimi, F., Glasner, B., Näschen, K., Leemhuis, C., Steinbach, S. & Mtei, K. (2017). Spatial Distribution of Soil Hydrological Properties in the Kilombero Floodplain, Tanzania. *Hydrology*, 4, 57.
- Delbari, M., Afrasiab, P. & Loiskandl, W.(2011). Geostatistical analysis of soil texture fractions on the field scale. *Soil Water Res.*, 6, 173-189.
- Demiralay, İ. (1993). Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No.143. Erzurum.
- Diaz, R., Silva, AP., Carvalho, JL., Goncalvez, B. & Moutinho-Pereira, J. (2005). Effect of irrigation on physiological and biochemical traits of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Acta Hort.*, 686, 201-206.
- Durmuş, M. (2019). Aynı iklim kuşağında farklı arazi kullanımları altındaki toprakların bazı özelliklerindeki değişim. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Eljebri, S., Mounir, M., Faroukh, AT., Zouahri, A., Tellal, R. (2019). Application of geostatistical methods for the spatial distribution of soils in irrigated plain of Doukkala, Morocco. *Model Earth Sys Environ*.
- Encina-Rojas A., Ríos-Velázquez, D., Sevilla-Linares, V., Villarreal, S., Angel Ken Moriya, M., Olivera, C., Vargas, R., Olmedo, F., Barreras, A. & Guevara, M. (2023). First soil organic carbon report of Paraguay. *Geoderma Regional*, 32, e00611.
- FAO, (2021). FAOSTAT. Resmi İstatistik Portalı. (Erişim tarihi: 10.01.2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Fan, M., Lal, R., Zhang, H., Margenot, AJ., Wu, J., Wu, P., Zhang, L., Yao, J., Chen, F. & Gao, C. (2020). Variability and determinants of soil organic matter under different land uses and soil types in eastern China. *Soil Till. Res.*, 198, 104544.
- FAO-UNESCO. (1974). Soil Map of the World, vol. 1, Legend. UNESCO, Paris.
- Follet, RH. & Lindsay, WL. (1970). Profile distribution of Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado soils. Colorado Exp. Station Tech. Bull. 110.
- Foroughifar, H., Pakpour, A., Jafarzadeh, AA., Miransari, M. & Torabi, H. (2013). Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including

- micronutrients. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44, 1273-1281.
- Gallardo, A. (2003). Spatial variability of soil properties in a floodplain forest in northwest Spain. *Ecosystems*, 6, 564-576.
- Gallardo, A. & Covelo, F. (2005). Spatial pattern and scale of leaf N and P concentration in a *Quercus robur* population. *Plant and Soil*, 273,269-277.
- Gascho, G.J. Nitrate-nitrogen, soluble, and bioavailable phosphorus in runoff from simulated rainfall after fertilizer application. (1998). *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 1711-1718.
- Gokirmak, T., Mehlenbacher, SA. & Bassil, NV. (2009). Characterization of European hazelnut (*Corylus avellana*) cultivars using SSR markers. *Genet. Resour. Crop. Evol.*, 56, 147-172.
- Gorai, T., Ahmed, N. & Sahoo, RN. (2022). Farm-scale Mapping of Soil Phosphorus and Potassium Fractions Using Geostatistical Technique. *International Journal of Plant & Soil Science* 34(23), 1257-1270.
- Gökçe, C. (2019). Orta Karadeniz Bölgesindeki fındık bahçelerinde sürdürülebilir toprak yönetimi açısından toprak özelliklerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Gulser, C., Ekberli, I., Candemier, F. & Demir, Z. (2016). Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian J. Soil Sci.*, 5, 192-200.
- Haynes, RJ. (1982). Effects of liming on phosphate availability in acid soils - a critical review. *Plant and Soil*, 68, 289-308.
- Hazelton, P. & Murphy, B. (2007). Interpreting soil test results: what do all the numbers mean?.Ed: Rayment, GE., Higginson, FR. CSIRO publishing, Collinwood, Melbourne, 60 pp.
- Hegde, R., Gopali, B., Niranjana KV., Bhaskar, BP. & Singh, SK. (2019) Spatial variability and mapping of selected soil properties in Kalligaudanahalli Microwatershed, Gundlupet Taluk, Chamamarajnagar district under hot semi arid agrosubregion of Central Karnataka Plateau. *India. Springer Nature, SN applied Sci* 1:518.
- Heinze, S., Raupp, J. & Joergensen, RG.(2010). Effects of fertilizer and spatial heterogeneity in soil pH on microbial biomass indices in a long-term field trial of organic agriculture. *Plant and Soil*, 328, 203-215.
- Hiscox, JD. & Isrealstam GF. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration, *Can. J. Bot.*, 57, 1332-1334.

- Hobe, S., Fey, H., Rogl, H. & Paulsen, H. (2003). Determination of relative chlorophyll binding affinities in the major light-harvesting chlorophyll a/b complex. *J. Biol. Chem.*, 278, 5912-5919.
- Horuz, A. (2002). Bafra ve Çarşamba ovalarında toprakların azot durumlarını belirlemede kullanılan bazı kimyasal yöntemlerin mısır bitkisi yetiştirerek tarla denemeleriyle kalibrasyonları. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Samsun.
- Hu, M., Dong, M., Tian, X., Wang, L. & Jiang, Y. (2021). Trends in Different Grades of Precipitation over the Yangtze River Basin from 1960 to 2017. *Atmosphere*, 12, 413.
- Huang, X., Wei, L., Xia, Y., Wang, Y., Feng, D., Zhang, H. & Sun, X. (2023). Growth and Physiological Changes of *Juglans Regia* L. Seedlings under Nitrogen Deficiency Stress. *Pol. J. Environ. Stud.*, 32(1), 567-577.
- Insam, H. & K. H. Domsch (1988). Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites, *Microb. Ecol.*, 15, 177-188.
- Insam, H. & Haselwandter, K. (1989). Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia*, 79, 174-178.
- Insam H. & Parkinson D. (1989). Domsch K.H. Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 21, 211-221.
- Iqbal, J., Thomasson, JA., Jenkins, J., Owens, PR. & Whisler, FD. (2005). Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Sci Soc Am J.*, 69, 1338-1350.
- Jackson, ML. (1962). *Soil Chemical Analysis*. Prentice- Hall. Inc. Eng. Cliff. USA.
- Jenkinson, DS. & Ladd, JN. (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Ed: Powl, EA., Ladd, JN., Dekker, New York, *Soil Biochemistry*, 5, 415-471 pp.
- Jiménez, JC., Cardoso, JA., Arango-Londoño, D., Fischer G. & Rao I. (2015). Influence of soil fertility on waterlogging tolerance of two *Brachiaria* grasses. *Agronomía Colombiana* 33, 20-28.
- Journel, AG. & Huijbregts, CJ. (1978). *Mining Geostatistics*, vol. 600, Academic press, London.
- Journel, AG. (1983). Nonparametric estimation of spatial distribution, *Mathematical Geology*, 15(3), 445-468.
- Kacar, B. (2009). *Toprak Analizleri (İkinci Baskı)*. Nobel Yayın No: 1387, ISBN 978-605-395-184-1, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. & Katkat, V. (2008). *Bitki besleme*. Nobel Yayın No: 849, Fen Bilimleri: 30,7 S. Nobel Basımevi, Ankara.
- Kamble, PN., Giri, SP., Mane, RS. & Tiwana, A. (2015). Estimation of chlorophyll content in young and adult leaves of some selected plants. *Univers. J. Environ. Res. Technol.*, 5 (6):306-310.

- Kara, O. & Baykara, M. (2014). Changes in soil microbial biomass and aggregate stability under different land uses in the Northeastern Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 186, 3801-3808.
- Karaca, A., Kızılkaya, R., Horuz, A. & Arcak, S. (1998). Fındık tarımı yapılan toprakların biyokimyasal aktivite özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Pamukkale Üniv. Müh. Bilimleri Dergisi*, 4:813-822.
- Katayama, Y. & Shida, S.(1970). Studies on the change of chlorophyll a and b contents due to projected materials and some environmental conditions. *Cytologia*. 35,171-180.
- Kaur, G., Singh, G., Motavalli, P., Nelson, KA., Orlowski, JM., Golden, BR. (2020). Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: a review. *Agron. J.* 112, 1475-1501.
- Kenney, TC. (1977). Residual strength of mineral mixtures. *Proceedings of the 9th ICSMFE*, 155-160.
- Kırcı, A. & Türkmen, F. (2023). Assessment of long-term land use and land cover change effects on soil erosion and soil organic carbon stock in humid ecosystem condition. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34, 199-215.
- Kızılkaya, R., Dumbadze, G., Gülser, C. & Jgenti, L.(2022). Impact of NPK fertilization on hazelnut yield and soil chemical-microbiological properties of Hazelnut Orchards in Western Georgia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11(3), 206-215.
- Kitson, LE. & Mellon, MG. (1944). Colorimetric determination of phosphorus as molibdovanado phosphoric acid. *Indus.and Engin.Chem.Anal.Ed.*16, 379-383.
- Kızılkaya, R. & Aşkın, T. (2007). The spatial variability of soil dehydrogenase activity: a survey in urban soils. *Agric. Res.*, 10, 262-273.
- Kumar, P., Kumar, P. & Shukla, A.(2021). Spatial modeling of some selected soil nutrients using geostatistical approach for Jhandutta Block (Bilaspur District), Himachal Pradesh, India. *Agric. Res.*, 10, 262-273.
- Laekemariam, F., Kibret, K., Mamo, T. & Gebrekidan, H. (2016). “Soil-plant nutrient status and their relations in maize-growing fields of Wolaita zone, southern Ethiopia,” *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47 (11), 1343-1356.
- Laekemariam, F., Kibret K., Mamo, T. & Halu, S. (2018). Accounting spatial variability of soil properties and mapping fertilizer types using geostatistics in southern Ethiopia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 49 (1), 124-137.
- Lal, R. & Shukla, MK. (2004). Principles of soil physics. New York: Marcel Dekker, Inc.

- Lathna, A., John, PS., George, M. & Krishman, M. (1994). Productivity of cashew as influenced by chlorophyll and leaf nitrogen content. *Journal of Tropical Agriculture*, 32, 86-88.
- Li, J. & Heap, AD. (2011). A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. *Ecological Informatics*, 6, (3-4), 228-241.
- Liliane, NT. & Charles, MS. (2020). Factors Affecting Yield of Crops. In *Agronomy—Climate Change and Food Security*; InTech Open: London, UK, (32), 137-144.
- Lima, J., Soares, C., Silva, S., Fonseca, A., Pajehu, L. & Medauar, C. (2021). Fuzzy classification in mapping the nutritional status of coffeea canephora. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.*, 52, 2304-2317.
- Linnik, VG., Bauer, TV., Minkina, TM., Mandzhieva, SS. & Mazarji, M. (2020). Spatial distribution of heavy metals in soils of the flood plain of the seversky donets river (Russia) based on geostatistical methods. *Environ. Geochem. Health*, 44 (2), 319-343.
- Liu, W., Wang, H., Shi, Y., Gao, Y., Zhang, Z., Duan, H., Fang, J., He, F. (2010). The effect of different N, P, K rates on photosynthesis rate and chlorophyll content of leaves of walnut saplings. *Act. Hort.*, 861, 283-288.
- Liu, C., Tang, CS., Shi, B. & Suo, WB. (2013). Automatic quantification of crack patterns by image processing. *Comput. Geosci.* 57, 77-80.
- Loue, A. (1968) Diagnostic petiolarie de prospection. Etudes sur la nutrition et la fertilisation potasiques de la vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace services Agronomiques 31-41.
- Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Atenciano S., Garcia-Ferrer, A., de la Orden, MS., Garcia-Torres, L. (2002). Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant and Soil*, 246, 97-105.
- Manyevere, A., Muchaonyerwa, P., Mnkeni, PN. & Dhau, I. (2017). Spatial variability of selected soil micronutrients under smallholder crop production in Zanyokwe, Eastern Cape, South Africa. *S Afr J Plant Soil*, 34(5), 339-349.
- Marchetti, A., Piccini, C., Francaviglia, R. & Mabit, L. (2012). Spatial distribution of soil organic matter using geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in central Italy. *Pedosphere*, 22, 230-242.
- Matos, AP., Matias, SSR., Nóbrega, JCA & Nunes, TPM. 2022. Spatial distribution of soil attributes and macronutrients in banana leaves under the application of limestone. *Rev. Ciênc. Agron.*, 53. e20207293
- Mazzella, A. & Mazzella, A. (2013). The importance of the model choice for experimental semivariogram modeling and its consequence in evaluation process, *J.Eng.*
- McCauley A, Jones C, Olson-Rutz K (2017). Soil pH and organic matter. Nutrient Management Module No: 8, Montana State University Extension, p. 16

- McDowell, R. & Condon, L. (2000) Chemical nature and potential mobility of phosphorus in fertilized grassland soils. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 57, 225-233.
- McGahn, DG., Southard, RJ. & Claassen, VP. (2009). Plant available calcium varies widely in soils on serpentinite landscapes. *SSSAJ* 73, 2087-2095.
- Meli, S., Porto, M., Belligno, A., Bufo, SA., Mazzatura, A. & Scopa, A.(2002). Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of the Total Environment*, 285(1-3), 69-77.
- Miao, Y., Mulla, DJ. & Robert, PC. (2006). Spatial Variability of Soil Properties, Corn Quality and Yield in Two Illinois, USA Fields: Implications for Precision Corn Management. *Precis. Agric.*, 7, 5-20.
- Mitran, T., Solanky, V., Suresh, GJ., Sujatha, G., Sreenivas, K. & Ravisankar, T. (2019). Predictive mapping of surface soil texture in a semiarid region of India through geostatistical modeling. *Model. Earth Syst. Environ.*, 5 (2), 645-657.
- Mog, B., Janani, P., Nayak, M., Adiga, J. & Meena, R. (2019). Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. *Sci. Hortic.*, 257, 108748.
- Molnar, TJ. (2011). *Corylus.C., Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Forest Trees, Springer-Verlag, Ed: Kole, C. 15-48.
- Muradoglu, F. & Gündogdu, M. (2011). Stomata size and frequency in some walnut (*Juglans regia*) cultivars. *Int. J. Agric. Biol.*, 13, 1011-1015.
- Müller, T. & Höper, H. (2004). Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 877-888.
- Narjary, B., Kumar, S., Meena, M., Kamra, SK. & Sharma DK. (2021). Spatio-temporal mapping and analysis of soil salinity: an integrated approach through electromagnetic induction (EMI), multivariate and geostatistical technique. *Geocarto Int.*, 37, 8602-8623.
- Nielsen, RL. (2015). Effects of flooding or ponding on corn prior to tasseling. Retrieved from <http://www.kingcorn.org/news/timeless/pondingyoungcorn.html>
- Nosir, S., Stanislav PM., Steinberger, Y. & Kersten, M. (2009). Soil biogeochemical properties of Angren industrial area, Uzbekistan. *J Soils Sediments*, 9, 206-215.
- Novák V., Šimůnek J. & van Genuchten MT. (2000). Infiltration of water into soils with cracks, ASCE. *J Irrig. and Drain. Engineering*, 126 (1), 41-47.
- Olea R. (1999). *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- Oliver, M. & Webster, RA. (2014). Tutorial guide to Geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *Catena*, 113, 56-69.

- Oliveira, RB., Lima, JSS, Silva, SA., Antuniassi, UR. & Silva, AF. (2010). Spatial variability of the nutritional condition of canéfora coffee aiming specific management. *Coffee Science*, 5(3), 190-196.
- Olsen., J. (2013). Growing Hazelnuts in the Pacific Northwest: Orchard Nutrition. EM 9080. A publication of Oregon State University Extension, Corvallis, OR
- Ongun, AR. (2008). Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir, 131 ss.
- Ozyazici, MA., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkocak, A. & Mihalikova, M. (2014). Minimum data set analysis in hazelnut areas using multivariate statistics and geostatistics methods. *Proceedings of 9th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization"*, 14-16 October, Side, Antalya, Türkiye, 602-610.
- Özyazıcı, MA., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkoçak, A & Türkmen, F. (2017). Mapping and assessment-based modeling of soil fertility differences in the central and eastern parts of the Black Sea region using GIS and geostatistical approaches. *Arab. J. Geosci.*, 1045, 1-9.
- Öztaş, T. (1995). Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp. I:271280, Ankara.
- Öztaş, T., 1996. Eğimli bir arazide erozyonla kaybolan toprak derinliğindeki değişimin Kriging analizi ile belirlenmesi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu "Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı", 13-15 Mayıs, Mersin, s. 327-335.
- Öztürk, Y. (2014). Palaz ve Tömbul çeşit fındık bitkisi yapraklarında besin maddesi içeriklerinin mevsimsel değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Palta, J.P.. 1990. Leaf chlorophyll content. *Remote Sensing Reviews*, 5: 207-213.
- Panday, D., Ojha, RB., Chalise, D., Das, S. & Twanabasu, B. (2019). Spatial variability of soil properties under different land use in Dang district of Nepal. *Cognet Food Agric* 5:1600460.
- Parker FW, Nelson WL, Winters E & Miles JE. (1951). The broad interpretation and application of soil test summaries. *Agron. J.*, 43(3): 103-112.
- Peigné, J., Vian, JF., Cannavacciuolo, M., Bottollier, B. & Chaussod, R. (2009). Soil sampling based on field spatial variability of soil microbial indicators. *Eur. J. Soil Biol.*, 45, 488-495.
- Polat, S. (2014). A new distribution area of Turkish filbert (*Corylus colurna* L.) in Turkey. *Marmara University, Atatürk Education Faculty, Marmara Geographical Review, Istanbul, Turkey*, 29, 136-149.
- Pratt, PF. (1965). Methods of soil analysis. Part II. Chemical and Microbiological properties.

- Sillanpää, M. (1990). Micronutrient assessment at country level: An international study. *FAO Soils*
- Bulletin No. 63, FAO, Rome. Rahman, GA., Talaat, AM. & Zawe, C (2016). Assessment of infiltration rate for sustainability of reclaimed area in Harare region Zimbabwe. *Middle East Journal of Agriculture*, 5(1): 1-5.
- Ramzan, S. & Wani, MA. (2018). Geographic information system and geostatistical techniques to characterize spatial variability of soil micronutrients including toxic metals in an agricultural farm. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(4), 463-477.
- Recha, JW., Olale, KO., Sila, AM., Ambaw, G., Radeny, M. & Solomon, D. (2022). Measuring soil quality indicators under different climate-smart land uses across east African climate-smart villages. *Agronomy*, 12(2), 530.
- Ren, C., Wang, Z., Song, K., Zhang, B., Liu, D., Yang, G. & Liu, Z. (2011). Spatial variation of soil organic carbon and its relationship with environmental factors in the farming-pastoral ecotone of Northeast China. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20, 253-261.
- Reza, SK., Nayak, DC., Chattopadhyay, T., Mukhopadhyay, S., Singh, SK. & Srinivasan, R. (2016). Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: A geostatistical approach. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62, 972-981.
- Reza, SK, Nayak, DC., Mukhopadhyay, S., Chattopadhyay, T., Singh, SK. (2017). Characterizing spatial variability of soil properties in alluvial soils of India using geostatistics and geographical information system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(11), 1489-1498.
- Rivera Monroy, VH., Twilley, RR., Medina, E., Moser, EB., Botero, L., Francisco, AM. & Bullard, E. (2004). Spatial variability of soil nutrients in disturbed riverine mangrove forests at different stages of regeneration in the San Juan River Estuary, Venezuela. *Estuaries*, 27, 44-57.
- Röver, M. & Kaiser, EA. (1999) Spatial heterogeneity within the plough layer: low and moderate variability of soil properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 175– 187.
- Rumpel, C. & Kögel-Knabner, I. (2011). Deep soil organic matter—a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant Soil*, 338, 143-158.
- Sağlam, M. (2008). Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Sahrawat, K. (2005). Fertility and organic matter in submerged rice soils. *Current Science*, 88(5), 735–739.
- Saint-Laurent, D., Gervais-Beaulac, V., Paradis, R., Arsenault-Boucher, L. & Demers, S. (2017). Distribution of soil organic carbon in riparian forest soils affected by frequent floods (Southern Québec, Canada). *Forests*, 8(4), 124-139.

- Sales, MH., Souza CM., Jr, Kyriakidis, PC., Roberts, DA. & Vidal, E. (2007) Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: a case study for Rondonia, Brazil *Ecol. Modelling*, 205, 221-230.
- Schick, J., Bertol, I., Balbinot, AA. Jr. & Batistela, O. (2000). Water erosion in an aluminic humic cambisol under different soil management systems and cultures, II: Nutrient and organic carbon losses. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 24, 437-447.
- Scialdone, A. & Howard, M. (2015). How plants manage food reserves at night: quantitative models and open questions. *Front. Plant Sci.* 6, 204.
- Secu, CV., Minea, I. & Stoleriu, I. (2015). Geostatistical modeling of water infiltration in urban soils. *Carpathian J. Earth Environ. Sci.* 10, 95-104.
- Sharpley, AN. (1985). Depth of surface soil-runoff interaction as affected by rainfall, soil slope and management. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, 49, 1010-1015.
- Shuman, LM. (1988). Effect of organic matter on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. *Soil Sci.*, 146, 192-198.
- Silva, S., Lima, JSS. & Bottega, EL. (2013). Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status, *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 13(3), 556-564.
- Silva, RB., Iori, P., Tavares, RLM., Souza, ZM., Lima, CC., Melo Silva, FA. & Souza Bento, M. (2022). Do water dynamics and land use in riparian areas change the spatial pattern of physical-mechanical properties of a Cambisol?. *Precis. Agric.* 1-24 pp.
- Simorte, V., Bertoni, G., Dupraz, C. & Masson, P. (2001). Assessment of nitrogen nutrition of walnut trees using foliar analysis and chlorophyll measurements. *J Plant Nutr.*, 24:1645-1660.
- Slaton, NA., Golden, BR., Delong, RE. & Mozaffari, M. (2010). Correlation and calibration of soil potassium availability with soybean yield and trifoliolate potassium. *Soil Science Society of America Journal*, 74,1642-1651
- Smith, HW & Weldon, MD. (1941). A comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *Soil Science Society American Proceeding*, 5, 177-182.
- Soil Quality Institute Staff. (1999). "Soil Quality Test Kit Guide." NRCS, August.
- Song, DP., Li, H., Liu, SJ., Zou, GY. & Liu, DS. (2019). A geostatistic investigation of the comprehensive evaluation of fertility and spatial heterogeneity of forest soil nutrients in hilly and mountainous regions of southern China. *Arab J Geosci*, 12:292.
- Sparling, GP. (1992). Ratio of microbial biomass carbon as a scientific indicator of changes in soil organic matter. *Aust J Soil Res.*, 30,195-207.
- Spohn, M. & Chodak, M. (2015). Microbial respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 81,128-133.
- Srinivasan, R., Shashikumar, BN. & Singh, SK. (2022). Mapping of soil nutrient variability and delineating site-specific management zones using fuzzy

- clustering analysis in Eastern Coastal region, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50, 533-547.
- Tagore, GS., Sethy, SK., Kulhare PS & Sharma, GD. (2023). Characterization of Spatial Variability of Micro Nutrients in Soils: Classical Vs. Geo- Statistical Approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54 (4): 472–487.
- Tercan, AE. & Saraç. C. (1998). Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 48.
- Tercan, E., Dengiz, O., Özkan, B. & Dereli, MA.(2022). "Geographic information system–assisted site quality assessment for hazelnut cultivation using multi-criteria decision analysis in the Black Sea region Turkey". *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 35908-35933.
- Thompson, MM., Lagerstedt, HB. & Mehlenbacher, SA. (1996). Hazelnuts. Fruit Breeding: Nuts, Ed: Janick, J. & Moore, JN., Wiley, New York, 3, 125-184.
- Tian, L., Zhang, Y., Chen, P., Zhang, F., Li, J., Yan, F., Dong Y. & Feng, B. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Front. Plant Sci.*, 12.
- Tiruneh, GA., Meshesha, DT., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, AA. (2023). Geospatial modeling and mapping of soil organic carbon and texture from spectroradiometric data in Nile basin. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 29.
- Togbévi, QF., Van Der Ploeg, M., Tohoun, KA., Agodzo, SK&, Preko, K. (2022). Assessing the effects of anthropogenic land use on soil infiltration rate in a tropical West African watershed (Ouriyori, Benin). *Appl Environ Soil Sci*.
- Trangmar, BB., Yost, RS. & Uehara, G.(1985). Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Argon*. 38, 45-94.
- TÜİK, (2021). [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). (Erişim tarihi: 10.01.2022).
- TÜİK (2022). [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). (Erişim tarihi: 10.01.2023).
- Türkmen, F. (2004). Ordu'da Melet Irmağı ve Turnasuyu nehirleri arasında kalan arazilerin detaylı arazi kabiliyet sınıflaması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ordu.
- Tyler, G. & Olsson, T. (2001). Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. *Plant and Soil*, 230, 307-321.
- Unger, IM., Motavalli, PP. & Muzika, R. (2009). Changes in soil chemical properties with flooding: A field laboratory approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131, 105-110.
- USDA. (2008). Soil Quality Indicators Natural Resources Conservation Service.
- Wälder K., Wälder O., Rinklebe J., Menz J. (2008). Estimation of Soil Properties with Geostatistical Methods in Floodplains. *Arch Agron Soil Sci*, 54,275-295.
- Wang, Y., Zhu, H. & Li, Y. (2013). Spatial heterogeneity of soil moisture, microbial biomass carbon and soil respiration at stand scale of an arid scrubland. *Environmental Earth Sciences*, 70, 3217-3224.

- Wang, ZM., Zhang, B., Song, KS., Liu, DW., Li, F., Guo, ZX., Zhang, SM. (2018). Soil organic carbon under different landscape attributes in croplands of Northeast China. *Plant Soil Environ.*, 54 (10), 420-427.
- Wang, P., Su, X., Zhou, Z., Wang, N., Liu, J. & Zhu, B. (2023). Differential effects of soil texture and root traits on the spatial variability of soil infiltrability under natural revegetation in the Loess Plateau of China. *Catena*, 220, Part A, 106693.
- Webster, R. & Burgess, TM. (1984). Sampling and bulking strategies for estimating soil properties in small regions. *Journal of Soil Science*, 35, 127-140.
- Webster, R. (2021). Geostatistics: Modelling spatial variation: Encyclopedia of Soils in the Environment, Reference module in earth systems and environmental sciences. Seawater Use and Desalination Technology, Ed: In Gray, S., Semiat, R., Duke, M., Rahardianto, A. & Cohen, Y. 73-109.
- Weindorf, DC. & Zhu, Y. (2010). Spatial variability of soil properties at Capulin Volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. *Pedosphere*, 20, 185– 197.
- Whelan, BM., McBratney, AB. & Rossel, RA. (1996). Spatial prediction for precision agriculture. *Precision Agriculture Proceedings of the 3rd International Conference*, 331– 342. Madison, WI.
- Wilding, LP. & Drees, LR. (1983). Spatial variability and pedology. In: Pedogenesis and soil taxonomy I. *Concepts and interactions*, ed LP Wilding, Amsterdam, 83-116 pp.
- Wolf, B.(1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials,compost, manures, water and nutrient solutions. *Commun. Soil Sci.Plant Anal.*, 2, 363-374.
- Wood, CW., Adams, JF. & Wood, BH. (2005). Macronutrients. Encyclopedia of Soils in the Environment, 387-393.
- Wu, J., He, J. & Christakos, G. (2021). Quantitative analysis and modeling of earth and environmental data: space-time and spacetime data considerations. Elsevier, Netherland.
- Wälder, K., Wälder, O., Rinklebe, J. & Menz, J. (2008). Estimation of Soil Properties with Geostatistical Methods in Floodplains. *Arch Agron Soil Sci*, 54, 275-295.
- Xie, Y., Ren, B. & Li, F. (2009). Increased nutrient supply facilitates acclimation to high-water level in the marsh plant *Deyeuxia angustifolia*: the response of root morphology. *Aquatic Bot.* 91, 1-5.
- Yetgin, B. 2004. Toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tokat.
- Yoo, K. O. & Wen, J. (2002). Phylogeny and biogeography of *Carpinus* and subfamily *Coryloideae* (Betulaceae). *Int. J. Plant Sci.* 163, 641-650.
- Zhang, C. & Li, W.(2008). “Regional-Scale Modeling of the Spatial Distribution of Surface and Subsurface Textural Classes in Alluvial Soils Using Markov Chain Geostatistics.” *Soil Use and Management* 24 (3), 263–272.

- Zhang, H., Ouyang, Z., Jiang, P., Li, M. & Zhao, X. (2022). Spatial distribution patterns and influencing factors of soil carbon, phosphorus, and C:P ratio on farmlands in southeastern China. *Catena*, 216, 106409.
- Zhao, Y., Peth, S., Krümmelbein, J., Horn, R., Wang, Z., Steffens, M. & Peng, X. (2007). Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. *Ecological Modelling*. 205(1-2), 241-254.
- Zheng, SJ. (2010). Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. *Ann. Bot.*, 106, 183-184.
- Zhukov, O., Yorkina, N., Budakova, V. & Kunakh O. (2021). Terrain and tree stand effect on the spatial variation of the soil penetration resistance in Urban Park. *International Journal of Environmental Studies*, 1-17.
- Zou, R., Zhang, Y., Hu, Y., Wang, L., Xie, Y.; Liu, L., Yang, H., Liao, J. (2022). Spatial variation and influencing factors of trace elements in farmland in a lateritic red soil region of China. *Agronomy*. 12 (2), 478.
- Zurweller, BA., Motavalli, PP., Nelson, KA. & Dudenhoefter, CJ. (2015). Short-term soil nitrous oxide emissions as affected by enhanced efficiency nitrogen fertilizers and temporarily waterlogged conditions. *Journal of Agricultural Science*, 7, 1-14.



# **EKLER**

**EK 1: Örnekleme noktalarının koordinatları (UTM, WGS 1984)**

No	Doğu, m	Kuzey, m	No	Doğu, m	Kuzey, m
1*	411594	4536651	30	411521	4536682
2*	411599	4536672	31*	411524	4536697
3*	411608	4536691	32	411531	4536709
4	411619	4536706	33*	411537	4536720
5	411623	4536719	34	411540	4536729
6*	411625	4536736	35*	411541	4536745
7	411574	4536664	36	411508	4536693
8	411586	4536685	37	411515	4536710
9*	411597	4536701	38	411519	4536724
10*	411599	4536716	39	411523	4536736
11	411602	4536733	40	411527	4536752
12	411608	4536745	41*	411495	4536686
13*	411560	4536660	42*	411500	4536701
14	411572	4536674	43	411504	4536720
15*	411576	4536691	44	411512	4536732
16	411580	4536704	45*	411513	4536744
17	411586	4536720	46	411482	4536688
18	411584	4536741	47	411487	4536697
19*	411551	4536675	48	411489	4536708
20	411559	4536685	49*	411489	4536725
21	411565	4536704	50	411499	4536742
22	411568	4536721	51	411469	4536688
23	411572	4536738	52*	411470	4536702
24	411535	4536666	53	411477	4536714
25*	411537	4536686	54*	411480	4536726
26	411543	4536704	55*	411487	4536740
27	411551	4536718	56	411458	4536694
28*	411557	4536732	57	411466	4536706
29*	411562	4536741	58	411474	4536718

\* Biyokimyasal analizlerde kullanılmayan bitki örnekleri

**EK 1 (devamı): Örnekleme noktalarının koordinatları (UTM, WGS 1984)**

No	Doğu, m	Kuzey, m	No	Doğu, m	Kuzey, m
59	411472	4536732	89*	411243	4536685
60	411473	4536738	90	411242	4536693
61	411441	4536702	91	411235	4536693
62	411449	4536715	92*	411226	4536693
63*	411454	4536728	93	411220	4536688
64	411461	4536737	94	411218	4536678
65	411464	4536749	95	411219	4536666
66	411430	4536695	96*	411232	4536678
67	411429	4536711	97*	411222	4536692
68	411415	4536707	98	411232	4536683
69	411413	4536698	99	411261	4536676
70	411423	4536683	100	411300	4536690
71	411387	4536682	101	411600	4536708
72*	411376	4536684	102	411600	4536722
73	411363	4536680	103	411607	4536730
74	411359	4536680	104	411601	4536742
75	411368	4536682	105	411578	4536749
76	411355	4536720	106	411568	4536735
77	411351	4536688	107	411559	4536715
78*	411355	4536680	108	411553	4536704
79*	411346	4536681	109*	411494	4536695
80*	411325	4536707	110*	411481	4536710
81*	411317	4536710	111*	411391	4536717
82*	411288	4536678	112	411367	4536707
83*	411280	4536698	113	411358	4536701
84	411272	4536699	114	411373	4536695
85	411264	4536692	115*	411333	4536689
86*	411297	4536687	116	411317	4536699
87	411253	4536683	117	411276	4536681
88	411245	4536681	118	411258	4536672

\* Biyokimyasal analizlerde kullanılmayan bitki örnekleri

## EK 2: Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler

No	OM %	pH 1:1	EC 1:1 dS m <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Alınabilir makroelementler				Ca:Mg	Ca:K	Mg:K	Alınabilir mikroelementler				
						Ca	Mg	Na	K				Fe	Cu	Zn	Mn	B
						cmol kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>				
1	6.55	5.27	0.49	80.3	2.09	19.38	3.11	0.45	0.54	6.2	35.7	5.7	101.73	3.36	1.73	13.68	0.53
2	5.92	5.20	0.17	84.9	2.58	15.27	3.52	0.49	0.40	4.3	38.3	8.8	104.82	2.66	1.47	14.07	0.89
3	5.92	5.06	0.26	16.3	2.48	17.68	0.20	0.46	0.42	86.6	42.5	0.5	94.45	2.57	1.30	10.68	0.52
4	6.90	5.30	0.18	29.3	4.08	16.66	2.62	0.50	0.49	6.4	33.9	5.3	120.22	3.49	2.38	23.09	0.74
5	6.90	5.19	0.45	60.1	3.96	16.13	3.27	0.47	0.59	4.9	27.3	5.5	110.16	3.46	2.43	25.51	0.54
6	6.55	5.19	0.45	39.4	3.30	17.33	3.38	0.50	0.52	5.1	33.2	6.5	127.14	3.21	3.13	13.81	0.35
7	6.27	5.25	0.23	25.1	6.32	21.03	0.84	0.43	0.50	24.9	42.1	1.7	129.93	3.70	1.73	23.45	0.55
8	6.90	5.09	0.25	28.4	2.93	16.77	1.61	0.46	0.53	10.4	31.9	3.1	132.25	2.68	1.98	13.35	0.38
9	3.94	4.78	0.53	95.2	4.90	16.38	2.33	0.46	0.53	7.0	31.2	4.4	143.78	2.79	2.14	21.04	0.26
10	3.78	5.21	0.23	33.8	2.90	19.29	1.12	0.45	0.47	17.2	41.0	2.4	144.57	2.92	1.70	12.72	0.35
11	2.83	5.10	0.28	43.4	3.52	19.23	1.35	0.41	0.54	14.2	35.7	2.5	90.52	2.79	1.65	14.25	0.34
12	2.93	5.07	0.65	59.5	2.29	19.95	2.12	0.51	0.38	9.4	52.9	5.6	68.67	2.84	1.81	6.28	0.20
13	2.93	4.76	0.63	66.5	4.82	20.46	4.07	0.46	0.64	5.0	32.1	6.4	102.55	3.62	1.42	24.67	0.28
14	1.39	4.95	0.14	40.9	2.31	12.65	3.44	0.50	0.31	3.7	40.7	11.1	77.62	2.14	0.79	8.53	0.48
15	2.05	4.34	0.27	55.3	3.96	13.11	0.81	0.56	0.50	16.1	26.2	1.6	111.03	1.96	1.37	20.12	0.31
16	3.34	4.73	0.29	59.0	2.75	14.96	3.05	0.50	0.54	4.9	27.9	5.7	131.46	2.35	1.73	15.99	0.34
17	2.83	4.85	0.32	67.0	1.97	16.64	3.85	0.54	0.57	4.3	29.2	6.8	125.83	2.77	1.56	10.99	0.31
18	3.53	4.63	0.46	47.7	6.77	17.17	2.66	0.47	0.53	6.4	32.4	5.0	158.23	4.00	4.65	36.25	0.45
19	2.30	4.49	0.42	71.6	5.09	17.74	2.83	0.45	0.68	6.3	25.9	4.1	170.05	3.68	1.87	37.47	0.33
20	3.12	5.13	0.32	56.3	2.31	15.93	1.94	0.50	0.52	8.2	30.8	3.8	112.39	2.40	1.35	6.58	0.31
21	3.24	5.05	0.18	38.7	2.80	15.74	2.00	0.53	0.46	7.9	34.5	4.4	111.86	2.20	1.69	6.74	0.36
22	4.53	5.01	0.30	47.5	4.97	15.25	6.06	0.52	0.69	2.5	22.3	8.8	145.91	3.18	2.31	16.71	0.44
23	4.22	5.34	0.26	19.4	4.16	18.87	3.04	0.51	0.60	6.2	31.3	5.0	106.14	2.83	2.84	7.63	0.29
24	4.57	5.24	0.27	42.1	3.49	18.46	3.87	0.51	0.47	4.8	39.4	8.3	128.95	3.41	1.92	9.14	0.40
25	2.80	5.14	0.32	52.4	2.85	19.51	3.90	0.55	0.61	5.0	32.0	6.4	125.35	3.39	1.73	7.35	0.55

OM:organik madde; EC:elektriksel iletkenlik

**EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler**

No	OM %	pH 1:1	EC 1:1 dS m <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	Ca:Mg	Ca:K	Mg:K	Fe	Cu	Zn	Mn	B
						cmol kg <sup>-1</sup>											
26	3.78	5.30	0.23	47.0	2.58	16.02	4.43	0.53	0.48	3.6	33.3	9.2	115.11	2.82	2.02	10.78	0.56
27	3.78	5.03	0.17	36.8	4.08	17.98	3.43	0.54	0.55	5.2	32.7	6.2	149.12	3.30	2.21	20.97	0.77
28	3.62	4.83	0.25	55.0	4.31	19.25	0.39	0.57	0.52	49.9	37.0	0.7	136.23	2.59	3.21	13.66	0.40
29	4.69	5.29	0.21	31.7	7.51	18.42	3.41	0.50	0.58	5.4	31.8	5.9	122.45	3.68	3.39	16.92	0.74
30	3.78	4.45	0.90	129.3	7.01	18.39	2.03	0.42	0.87	9.1	21.0	2.3	191.49	3.12	2.09	32.57	0.19
31	3.18	4.78	0.41	66.7	4.99	18.69	3.67	0.58	0.50	5.1	37.7	7.4	121.17	3.64	1.79	23.97	0.28
32	3.56	5.01	0.24	55.0	3.76	16.96	0.64	0.51	0.54	26.6	31.2	1.2	144.80	2.96	2.12	11.43	0.17
33	5.32	4.93	0.15	53.1	5.73	15.95	3.26	0.49	0.56	4.9	28.4	5.8	138.29	3.32	2.24	20.78	0.35
34	4.88	5.06	0.12	47.6	2.70	16.89	1.89	0.51	0.34	8.9	49.1	5.5	112.36	2.16	1.23	8.48	0.78
35	4.25	5.05	0.33	37.2	4.13	20.67	1.77	0.50	0.63	11.7	32.7	2.8	120.45	3.10	3.68	11.86	0.69
36	3.12	4.95	0.32	50.8	2.68	17.08	3.10	0.48	0.60	5.5	28.5	5.2	129.18	3.10	1.39	13.74	0.69
37	4.63	4.34	0.91	231.2	5.96	14.75	2.46	0.46	0.69	6.0	21.2	3.5	171.19	2.22	2.29	21.34	0.46
38	4.03	5.07	0.53	124.3	4.35	14.87	3.10	0.49	0.56	4.8	26.6	5.5	98.41	3.17	3.21	20.91	0.55
39	1.92	5.02	0.13	46.1	10.36	15.40	3.28	0.44	0.59	4.7	26.1	5.6	131.33	3.42	4.53	23.94	1.05
40	1.80	5.52	0.27	35.2	3.34	16.68	6.36	0.46	0.49	2.6	33.9	12.9	82.73	5.13	3.82	13.51	0.95
41	2.24	5.27	0.41	40.5	1.87	20.18	2.69	0.48	0.57	7.5	35.7	4.8	81.05	3.31	1.74	11.21	0.81
42	2.36	5.09	0.32	36.4	4.08	20.04	4.38	0.58	0.59	4.6	34.1	7.4	109.42	3.70	2.37	10.51	1.32
43	1.61	4.72	0.31	42.9	5.98	16.12	2.80	0.49	0.46	5.8	35.3	6.1	114.62	3.88	3.79	30.46	0.51
44	2.17	5.11	0.13	31.9	4.28	16.47	1.57	0.52	0.48	10.5	34.0	3.2	123.91	3.40	3.28	14.94	0.33
45	2.17	4.88	0.53	94.8	3.30	16.51	3.17	0.51	0.60	5.2	27.7	5.3	119.86	3.69	2.62	13.36	0.28
46	3.62	5.13	0.71	117.4	3.07	27.41	2.99	0.45	0.61	9.2	45.1	4.9	91.95	3.38	1.65	16.03	0.50
47	2.33	5.23	0.28	99.3	2.06	22.12	1.22	0.52	0.49	18.1	45.2	2.5	107.92	3.13	1.16	8.99	0.57
48	1.92	4.81	0.55	57.5	2.68	23.47	1.13	0.54	0.52	20.7	44.9	2.2	79.57	3.41	1.24	13.57	0.37
49	3.09	4.76	0.35	60.0	7.01	16.06	3.51	0.49	0.65	4.6	24.8	5.4	151.83	3.75	1.13	25.78	0.46
50	3.50	5.42	0.23	5.7	5.24	20.41	0.49	0.51	0.52	41.6	39.0	0.9	130.68	4.33	1.09	15.79	0.81

OM:organik madde; EC:elektriksel iletkenlik

**EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler**

No	OM %	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	Ca:Mg	Ca:K	Mg:K	Fe	Cu	Zn	Mn	B
						cmol kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>							
51	1.26	5.32	0.24	72.4	3.66	23.00	1.15	0.46	0.51	20.0	44.7	2.2	91.42	3.82	1.44	22.70	0.81
52	1.80	5.00	0.46	77.5	2.68	21.32	1.33	0.45	0.39	16.1	54.7	3.4	95.93	3.52	1.14	17.96	0.70
53	2.17	3.88	1.20	176.4	9.55	18.65	1.50	0.44	0.58	12.4	32.1	2.6	159.13	3.21	1.81	52.57	0.14
54	1.73	4.88	0.48	87.0	6.45	17.12	3.90	0.53	0.53	4.4	32.1	7.3	85.29	3.70	2.61	31.95	0.18
55	1.32	4.31	0.76	154.6	8.07	14.35	1.15	0.43	0.37	12.5	38.7	3.1	137.41	3.00	1.68	32.44	0.16
56	2.24	6.12	0.38	36.8	4.35	27.98	0.28	0.48	0.58	99.6	48.6	0.5	39.80	2.19	1.24	3.39	0.24
57	1.83	5.42	0.32	51.8	4.82	24.53	1.22	0.46	0.57	20.1	42.8	2.1	25.11	1.60	1.00	3.76	0.34
58	3.78	5.07	0.25	50.8	4.77	22.00	1.91	0.48	0.59	11.5	37.2	3.2	111.00	2.92	1.88	14.74	0.27
59	1.35	4.55	0.64	67.5	6.23	17.65	5.41	0.47	0.46	3.3	38.3	11.7	100.63	3.40	2.05	36.26	0.50
60	1.42	5.05	0.19	62.2	2.85	15.98	1.88	0.58	0.39	8.5	40.8	4.8	95.96	4.91	1.51	9.42	0.40
61	3.78	6.31	0.27	41.6	5.63	32.54	3.16	0.43	0.67	10.3	48.6	4.7	89.51	3.70	2.17	13.89	0.82
62	2.42	5.31	0.15	41.4	5.58	23.19	3.73	0.48	0.46	6.2	50.4	8.1	119.06	3.52	1.97	16.78	0.38
63	3.31	4.85	0.35	29.2	3.99	27.83	1.32	0.51	0.51	21.1	54.2	2.6	118.70	3.95	3.32	12.68	0.21
64	1.42	5.07	0.79	30.2	7.95	23.00	1.34	0.51	0.81	17.2	28.2	1.6	97.22	3.23	3.20	10.96	0.66
65	1.80	4.84	0.35	38.2	6.93	16.10	1.94	0.47	0.47	8.3	34.1	4.1	95.93	2.88	2.21	23.94	0.62
66	4.60	6.01	0.60	23.6	5.83	31.56	5.62	0.52	0.84	5.6	37.8	6.7	70.40	2.87	2.64	4.57	0.45
67	6.01	6.56	0.50	58.0	7.62	35.37	7.96	0.48	0.78	4.4	45.4	10.2	97.01	5.33	3.92	7.75	0.50
68	2.87	6.75	0.46	19.9	3.89	34.41	2.35	0.50	0.52	14.7	66.0	4.5	46.13	3.45	1.95	6.19	0.57
69	2.74	6.61	0.50	50.5	3.28	28.34	6.03	0.50	0.55	4.7	51.9	11.0	30.70	2.94	1.72	5.27	0.20
70	4.69	5.74	0.45	48.6	6.78	31.07	10.27	0.51	1.01	3.0	30.9	10.2	24.01	4.01	3.06	3.75	0.50
71	2.08	7.03	0.49	38.4	5.68	38.48	6.74	0.48	0.69	5.7	55.9	9.8	22.37	3.22	1.42	2.82	1.11
72	3.12	6.61	0.56	48.5	5.45	35.72	6.14	0.50	0.72	5.8	49.6	8.5	55.77	4.17	1.89	13.44	0.69
73	3.53	6.86	0.59	35.9	7.01	38.08	10.84	0.52	0.86	3.5	44.3	12.6	27.71	3.28	2.24	3.75	0.79
74	1.46	7.09	0.43	44.2	6.06	36.51	9.59	0.51	0.85	3.8	43.1	11.3	17.61	3.30	1.15	3.59	0.62
75	1.77	6.94	0.62	38.2	6.70	33.07	12.25	0.47	1.90	2.7	17.4	6.4	22.93	3.52	1.81	3.41	0.60

OM:organik madde; EC:elektriksel iletkenlik

**EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler**

No	OM %	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	Ca:Mg	Ca:K	Mg:K	Fe	Cu	Zn	Mn	B
						cmol kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>								
76	3.62	5.81	0.41	25.5	34.94	22.96	7.89	0.44	2.40	2.9	9.6	3.3	17.81	4.95	4.98	18.33	0.60
77	3.35	6.59	0.55	39.2	9.77	30.42	9.94	0.47	1.79	3.1	17.0	5.6	43.61	4.32	2.33	7.88	0.80
78	4.20	6.27	0.69	24.2	5.37	36.49	5.73	0.52	1.05	6.4	34.7	5.4	36.47	3.35	2.22	7.66	0.56
79	3.78	6.86	0.51	9.2	13.11	38.19	7.20	0.51	1.06	5.3	36.1	6.8	37.56	4.33	2.93	5.28	0.59
80	4.32	5.85	0.35	5.7	6.98	35.11	0.45	0.45	0.95	77.9	37.1	0.5	96.94	5.25	3.89	22.56	1.02
81	1.46	7.10	0.37	9.4	6.09	26.10	5.09	0.45	1.09	5.1	23.9	4.7	43.78	3.07	1.53	5.71	1.74
82	4.20	6.50	0.50	10.9	25.71	34.76	8.88	0.49	1.88	3.9	18.5	4.7	47.29	4.20	3.43	6.58	1.38
83	2.62	6.46	0.39	4.0	27.02	28.28	8.08	0.48	1.58	3.5	17.9	5.1	79.62	4.04	4.89	7.09	0.84
84	2.56	6.42	0.49	5.6	10.00	31.06	6.65	0.51	1.13	4.7	27.6	5.9	35.47	3.70	2.15	6.42	0.94
85	2.56	6.77	0.66	12.2	13.45	32.61	12.40	0.51	1.55	2.6	21.1	8.0	39.06	4.48	3.33	6.34	1.17
86	3.38	6.55	0.50	7.0	15.59	32.93	7.04	0.47	1.53	4.7	21.5	4.6	62.09	4.95	3.23	12.38	1.06
87	4.93	6.23	0.63	10.5	21.11	32.35	10.71	0.48	1.79	3.0	18.1	6.0	69.67	5.06	4.18	11.64	0.92
88	6.52	6.17	0.53	19.2	27.96	33.63	9.43	0.47	1.87	3.6	18.0	5.0	86.12	5.33	8.86	18.02	1.40
89	0.64	6.59	0.58	3.7	29.95	33.18	9.17	0.49	1.77	3.6	18.7	5.2	69.20	4.89	5.03	8.21	0.84
90	0.49	6.39	0.53	9.0	22.72	29.19	5.45	0.46	2.15	5.4	13.6	2.5	49.02	3.86	2.77	6.18	0.59
91	3.65	6.78	0.58	4.1	35.45	29.98	8.25	0.47	2.66	3.6	11.3	3.1	52.48	4.29	4.40	4.24	1.79
92	1.83	6.72	0.42	4.6	31.38	26.70	7.44	0.44	3.48	3.6	7.7	2.1	49.49	4.71	2.89	10.34	1.77
93	4.72	6.03	0.63	3.5	56.07	30.16	7.19	0.47	1.95	4.2	15.4	3.7	101.65	3.80	5.19	8.15	1.04
94	6.39	6.59	0.52	7.1	53.38	33.54	14.95	0.45	2.45	2.2	13.7	6.1	110.93	5.19	5.47	14.46	1.20
95	3.23	6.62	0.43	99.3	24.23	35.18	6.34	0.49	1.88	5.6	18.7	3.4	48.06	4.33	3.58	10.44	0.98
96	3.23	6.29	0.35	113.7	25.66	32.51	4.15	0.45	2.42	7.8	13.5	1.7	65.14	4.55	3.70	22.88	1.25
97	2.34	6.78	0.51	124.3	40.71	31.96	3.03	0.43	3.03	10.5	10.5	1.0	59.52	4.35	2.64	6.65	1.27
98	2.01	6.68	0.54	35.3	9.92	32.97	7.60	0.48	1.15	4.3	28.8	6.6	33.89	4.59	2.22	9.64	1.03
99	2.74	6.12	0.45	144.3	15.06	33.38	8.72	0.49	1.47	3.8	22.7	5.9	66.56	4.77	4.44	13.53	1.36
100	6.03	6.03	0.45	142.2	17.64	33.58	3.94	0.48	1.51	8.5	22.3	2.6	69.08	4.27	4.24	18.53	0.89

OM:organik madde; EC:elektriksel iletkenlik

**EK 2 (devamı): Toprakların kimyasal özelliklerine ait veriler**

No	OM %	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	Ca:Mg	Ca:K	Mg:K	Fe	Cu	Zn	Mn	B
						cmol kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>				
101	2.38	4.87	0.37	177.6	3.20	16.69	2.46	0.50	0.43	6.8	38.7	5.7	110.57	2.70	2.07	19.24	0.48
102	3.44	5.27	0.24	164.2	3.71	15.97	5.52	0.49	0.43	2.9	37.4	12.9	117.09	2.99	2.16	20.48	0.56
103	2.74	5.08	0.35	176.6	3.41	17.14	5.72	0.53	0.53	3.0	32.2	10.7	80.31	1.97	1.99	8.82	0.66
104	2.50	5.50	0.24	154.2	3.15	16.77	5.25	0.49	1.56	3.2	10.7	3.4	80.01	2.68	3.38	14.12	1.01
105	2.74	5.15	0.25	154.7	4.48	13.91	7.23	0.50	0.47	1.9	29.3	15.2	103.12	3.77	3.95	14.41	1.02
106	2.10	4.88	0.22	145.5	8.49	14.77	4.66	0.46	0.58	3.2	25.6	8.1	123.83	3.69	4.28	34.39	0.67
107	2.80	5.06	0.17	135.7	4.22	17.38	2.19	0.53	0.51	7.9	34.3	4.3	138.75	3.63	2.55	22.29	0.63
108	2.71	5.22	0.18	156.9	2.08	15.84	3.40	0.48	0.32	4.7	48.8	10.5	119.04	2.90	1.89	12.36	0.53
109	0.67	5.46	0.14	150.5	2.97	14.34	5.56	0.47	0.36	2.6	39.7	15.4	73.11	2.47	1.12	15.83	0.80
110	2.25	5.32	0.33	138.4	2.26	18.91	3.47	0.47	0.49	5.5	38.2	7.0	91.72	2.73	1.32	19.70	0.61
111	1.46	6.87	0.51	21.4	3.48	32.74	3.71	0.44	0.91	8.8	35.9	4.1	29.36	4.18	1.55	4.10	1.07
112	3.04	6.45	0.54	28.2	7.01	32.30	3.53	0.43	0.85	9.1	38.0	4.2	52.48	4.02	2.23	12.39	1.16
113	4.75	6.23	0.52	10.8	9.10	31.66	4.68	0.48	1.26	6.8	25.0	3.7	96.79	4.11	1.94	10.09	0.90
114	3.11	6.22	0.59	14.1	7.06	34.18	3.37	0.48	0.69	10.2	49.3	4.9	41.30	2.27	1.55	4.99	0.73
115	5.05	6.37	0.64	12.6	22.01	34.49	6.21	0.24	1.70	5.6	20.3	3.7	38.77	2.85	3.43	5.09	1.05
116	1.46	7.10	0.39	25.2	4.43	30.75	7.76	0.47	0.75	4.0	41.0	10.4	20.34	3.12	1.33	3.07	0.84
117	4.48	6.84	0.38	6.3	18.43	30.33	10.48	0.43	1.74	2.9	17.5	6.0	41.03	3.44	3.15	6.14	0.68
118	3.41	6.95	0.52	7.1	11.17	33.29	9.77	0.46	1.03	3.4	32.4	9.5	37.30	3.97	0.70	3.91	0.75
ED	0.48	3.88	0.13	3.47	1.86	12.64	0.20	0.23	0.31	1.92	7.67	0.49	17.61	1.60	0.70	2.82	0.14
EY	6.89	7.10	0.79	231.2	56.06	38.48	14.95	0.48	3.47	21.12	65.99	12.91	191.49	5.33	8.86	52.57	1.79
Ort	3.28	5.58	0.40	58.2	8.85	23.51	4.44	0.48	0.87	6.85	32.60	5.48	91.47	3.49	2.49	14.27	0.66
Sd	1.48	0.79	0.16	95.4	10.07	7.68	3.14	0.04	0.62	4.40	11.30	2.73	40.08	0.80	1.23	8.87	0.35
VK	45.16	14.31	39.83	82.7	113.79	32.67	68.59	8.55	70.95	64.28	34.66	49.85	43.82	23.11	49.53	62.19	53.15
B	-0.01	-1.08	-0.80	1.26	7.39	-1.39	0.58	9.77	3.32	2.28	-0.08	0.08	-0.77	-0.22	5.03	2.46	0.87
Ç	0.65	0.41	0.20	1.05	2.62	0.43	0.99	-1.44	1.88	1.66	0.07	0.69	-0.09	0.29	1.67	1.32	0.95

ED, en düşük; EY, en yüksek; Ort, ortalama; Sd, standart sapma; VK, varyasyon katsayısı, B, basırlık; Ç, çarplıklık; OM:organik madde; EC:elektriksel iletkenlik

**EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler**

No	HA t m <sup>-3</sup>	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür sınıfı	MBC mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	Cmic:Corg	Nem %
1	1.14	26.7	32.5	40.8	L	26.6	2.9	46.51
2	1.39	25.2	30.7	44.1	L	34.1	4.1	46.37
3	1.22	25.2	33.1	41.7	L	73.5	8.9	23.68
4	1.34	25.1	29.6	45.3	L	23.5	2.5	27.73
5	1.35	25.3	30.8	43.9	L	29.4	3.1	26.63
6	1.34	26.3	29.8	43.9	L	69.0	7.6	39.25
7	1.43	25.4	30.9	43.8	L	42.5	4.9	36.41
8	1.37	24.4	34.6	41.0	L	29.1	3.0	28.49
9	1.39	24.4	32.4	43.2	L	18.7	3.4	28.19
10	1.45	26.2	31.9	41.8	L	24.5	4.7	41.57
11	1.25	26.2	29.7	44.1	L	21.6	5.5	33.22
12	1.33	26.7	34.7	38.6	L	70.3	17.2	46.61
13	1.28	27.5	33.0	39.4	CL	78.9	19.4	39.49
14	1.33	25.6	31.2	43.2	L	25.5	13.2	45.11
15	1.34	26.1	33.9	40.0	L	17.8	6.3	39.51
16	1.54	24.1	34.2	41.7	L	54.9	11.8	50.82
17	1.38	24.5	34.6	40.9	L	39.8	10.1	26.45
18	1.23	27.3	32.8	39.8	CL	26.4	5.4	28.70
19	1.32	25.3	30.8	44.0	L	35.7	11.2	35.67
20	1.47	24.4	34.5	41.2	L	72.5	16.7	17.41
21	1.46	21.7	33.8	44.5	L	57.2	12.7	40.42
22	1.46	26.3	33.8	39.9	L	19.1	3.0	31.03
23	1.25	25.5	31.1	43.4	L	19.6	3.3	31.17
24	1.40	25.8	29.3	44.9	L	58.2	9.2	28.40
25	1.49	25.9	29.4	44.8	L	26.0	6.7	46.24

L: Tın; CL: Killi tın; SCL: Kumlu killi tın; C: Kil; HA: Hacim ağırlığı, MBC: Mikrobiyal biyomas-C

**EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam)**

No	HA t m <sup>-3</sup>	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür sınıfı	MBC mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	Cmic:Corg	Nem %
26	1.40	24.2	31.8	44.0	L	38.4	7.3	-
27	1.38	28.1	31.4	40.4	CL	30.4	5.8	32.54
28	1.43	27.9	33.5	38.6	CL	24.1	4.8	46.78
29	1.38	28.1	35.7	36.2	CL	38.7	5.9	32.36
30	1.19	27.6	30.9	41.5	CL	63.2	12.0	30.23
31	1.40	30.6	29.4	40.0	CL	33.5	7.6	49.02
32	1.42	25.2	32.8	42.0	L	60.8	12.3	35.22
33	1.27	25.7	30.8	43.5	L	32.7	4.4	-
34	1.33	25.5	32.1	42.4	L	26.4	3.9	36.30
35	1.22	26.8	32.2	41.0	L	65.4	11.1	55.09
36	1.33	26.6	29.7	43.7	L	74.5	17.2	39.92
37	1.22	27.1	32.5	40.4	CL	62.5	9.7	28.71
38	1.23	25.6	30.7	43.6	L	34.9	6.2	40.95
39	1.11	27.4	30.4	42.1	CL	98.8	36.9	30.86
40	1.25	25.6	30.7	43.6	L	28.9	11.6	50.38
41	1.29	27.9	31.3	40.7	CL	81.9	26.3	36.75
42	1.23	25.7	31.3	43.0	L	47.5	14.5	25.38
43	1.25	27.8	30.0	42.2	CL	21.2	9.5	31.34
44	1.31	24.2	33.7	42.1	L	37.5	12.4	40.56
45	1.14	27.2	34.9	37.9	CL	41.7	13.8	-
46	1.11	33.7	28.4	37.9	CL	39.7	7.9	-
47	1.24	29.3	29.5	41.2	CL	96.2	29.7	-
48	1.21	29.7	30.9	39.4	CL	42.1	15.8	45.05
49	1.35	26.3	31.6	42.1	L	52.3	12.2	-
50	1.26	24.7	33.1	42.2	L	92.0	18.9	37.56

L: Tın; CL: Killi tın; SCL: Kumlu killi tın; C: Kil; HA: Hacim ağırlığı, MBC: Mikrobiyal biyomas-C

**EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam)**

No	HA t m <sup>-3</sup>	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür sınıfı	MBC mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	Cmic:Corg	Nem %
51	1.22	34.6	25.4	39.9	CL	104.5	59.6	-
52	1.30	32.4	27.4	40.2	CL	34.7	13.9	42.87
53	1.10	25.9	32.6	41.5	L	46.4	15.4	-
54	1.27	26.7	29.0	44.3	L	67.7	28.1	-
55	1.28	25.3	28.7	46.0	L	42.8	23.2	-
56	1.09	35.3	28.1	36.6	CL	54.6	17.5	42.97
57	1.19	26.8	28.5	44.7	L	64.6	25.4	30.21
58	1.26	25.0	29.5	45.5	L	39.7	7.5	-
59	1.31	30.8	29.9	39.3	CL	30.9	16.4	-
60	1.35	24.4	38.9	36.6	L	30.6	15.5	50.14
61	1.14	33.7	31.1	35.2	CL	43.5	8.3	43.84
62	1.20	27.5	31.2	41.3	CL	49.9	14.8	31.17
63	1.21	25.3	27.0	47.8	SCL	30.6	6.7	51.62
64	1.38	23.6	35.8	40.6	L	22.6	11.5	49.01
65	1.35	23.1	24.2	52.7	SCL	37.0	14.8	31.17
66	1.12	30.8	29.9	39.3	CL	62.8	9.8	43.63
67	1.14	37.3	27.7	35.0	CL	88.1	10.5	35.01
68	1.12	34.7	29.4	35.8	CL	79.1	19.8	38.67
69	1.23	33.3	27.9	38.7	CL	80.2	21.0	24.95
70	1.09	35.2	33.0	31.8	CL	53.7	8.2	-
71	1.05	39.2	28.7	32.1	CL	42.2	14.6	-
72	1.07	39.8	28.5	31.7	CL	30.2	7.0	-
73	1.11	37.1	23.1	39.8	CL	83.0	16.9	43.80
74	1.17	41.8	31.1	27.1	C	66.5	32.7	-
75	1.16	35.1	29.8	35.0	CL	30.0	12.2	-

L: Tın; CL: Killi tın; SCL: Kumlu killi tın; C: Kil; HA: Hacim ağırlığı, MBC: Mikrobiyal biyomas-C

**EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam)**

No	HA t m <sup>-3</sup>	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür sınıfı	MBC mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	Cmic:Corg	Nem %
76	1.13	28.3	32.5	39.1	CL	47.9	9.5	-
77	1.09	31.8	26.7	41.5	CL	83.8	18.0	46.83
78	1.09	38.4	30.2	31.4	L	76.5	13.1	-
79	1.07	38.1	28.6	33.3	L	33.0	6.3	-
80	1.03	33.2	29.8	37.0	L	27.2	4.5	48.02
81	1.33	28.1	24.6	47.3	CL	66.0	32.4	29.81
82	1.13	39.0	34.5	26.5	L	41.6	7.1	30.64
83	1.15	35.6	30.3	34.1	L	87.1	23.9	60.51
84	1.24	39.3	31.3	29.4	CL	52.6	14.8	38.61
85	1.13	34.7	33.7	31.6	L	99.0	27.8	36.01
86	1.23	42.7	29.3	27.9	CL	93.6	19.9	41.28
87	1.01	32.3	31.4	36.2	CL	54.0	7.9	33.13
88	0.87	32.6	31.7	35.7	SCL	126.9	14.0	35.97
89	1.11	44.3	31.3	24.4	L	76.8	86.3	41.47
90	1.28	38.3	29.7	32.0	SCL	51.6	76.2	32.78
91	1.18	37.6	32.4	30.0	CL	73.4	14.4	32.23
92	1.20	36.7	31.3	32.0	CL	29.2	11.5	26.50
93	1.05	36.8	31.4	31.8	CL	62.8	9.6	50.40
94	1.19	32.8	37.7	29.5	CL	83.3	9.4	36.33
95	1.11	42.4	28.9	28.6	CL	53.4	11.9	25.99
96	1.28	38.9	31.0	30.1	CL	41.6	9.3	27.98
97	1.20	37.1	32.0	31.0	CL	24.0	7.3	37.74
98	0.99	37.0	31.6	31.4	CL	66.6	23.8	30.24
99	1.13	37.2	31.7	31.1	C	44.3	11.6	27.92
100	1.11	40.4	33.3	26.3	CL	79.8	9.5	32.45

L: Tın; CL: Killi tın; SCL: Kumlu killi tın; C: Kil; HA: Hacim ağırlığı, MBC: Mikrobiyal biyomas-C

**EK 3: Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerine ait veriler (devam)**

No	HA t m <sup>-3</sup>	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür	MBC mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	Cmic:Corg	Nem %
101	1.47	22.9	35.3	41.8	L	35.8	10.8	32.05
102	1.39	22.9	34.4	42.6	L	45.5	9.5	28.22
103	1.27	24.0	33.8	42.2	L	12.3	3.2	-
104	1.40	22.8	32.2	44.9	L	63.8	18.3	46.46
105	1.39	25.0	32.7	42.3	L	30.3	7.9	29.85
106	1.41	24.3	31.5	44.1	L	40.0	13.7	42.62
107	1.45	26.3	34.1	39.6	L	30.1	7.7	46.46
108	1.35	22.3	29.5	48.2	L	34.1	9.0	37.03
109	1.22	22.8	30.1	47.2	L	45.5	48.8	33.05
110	1.23	23.5	25.1	51.4	SCL	42.0	13.4	-
111	1.08	38.7	28.0	33.3	CL	91.5	26.1	39.03
112	1.11	32.2	31.7	36.1	CL	85.9	20.3	59.07
113	1.00	33.1	32.9	34.0	CL	107.6	16.3	41.11
114	1.10	34.2	28.7	37.1	CL	35.2	8.1	36.78
115	0.99	37.9	29.9	32.2	CL	55.8	7.9	21.67
116	1.14	37.6	31.4	31.0	CL	21.4	10.5	27.87
117	1.08	38.7	32.1	29.2	CL	64.8	10.4	32.11
118	1.06	30.0	32.5	37.5	CL	27.6	5.8	35.13
ED	0.87	21.74	26.65	24.41	-	12.32	11.31	-
EY	1.54	44.29	34.87	52.73	-	126.9	86.29	-
Ort	1.24	29.5	31.6	38.93	-	51.03	14.18	-
Sd	0.13	5.75	1.92	5.69	-	24.06	12.56	-
VK	10.71	19.2	6.2	14.63	-	47.16	88.61	-
B	-0.61	-0.85	-0.61	-0.3	-	-0.2	14.44	-
Ç	-0.06	0.65	-0.05	-0.45	-	0.71	3.34	-

ED, en düşük; EY, en yüksek; Ort, ortalama; Sd, standart sapma; VK, varyasyon katsayısı, B, basıklık; Ç, çarpıklık; L: Tın; CL: Killi tın; SCL: Kumlu killi tın; C: Kil

**EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler**

No	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Klorofil a:b	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg g <sup>-1</sup>				%			mg kg <sup>-1</sup>							
1	1.54	0.73	2.27	2.10	1.89	0.15	0.58	1.00	0.27	498.00	232.90	22.73	34.57	178.13	23.03
2	1.50	0.66	2.16	2.26	1.80	0.14	0.49	1.55	0.32	531.57	228.70	24.07	37.63	297.20	17.88
3	1.49	0.57	2.05	2.63	1.82	0.14	0.45	1.28	0.32	502.83	222.70	20.30	30.87	279.73	20.74
4	1.18	0.37	1.54	3.22	1.82	0.13	0.44	1.03	0.29	547.93	215.33	22.13	32.77	215.73	17.31
5	0.83	0.25	1.08	3.35	1.70	0.12	0.44	0.89	0.26	546.30	212.87	18.70	29.23	135.33	23.60
6	1.56	1.11	2.67	1.40	1.79	0.14	0.54	1.66	0.37	591.80	343.57	22.17	39.77	239.60	30.47
7	1.16	0.34	1.50	3.45	1.67	0.12	0.53	1.26	0.36	565.70	308.93	16.03	32.63	225.87	49.93
8	0.76	0.21	0.97	3.58	1.64	0.14	0.35	0.85	0.28	552.80	210.23	18.93	34.60	160.00	25.32
9	1.52	1.01	2.52	1.50	1.83	0.16	0.53	1.34	0.34	612.57	235.40	18.33	32.33	342.40	25.89
10	1.53	0.81	2.33	1.89	1.89	0.11	0.28	1.57	0.37	549.50	189.90	15.67	33.33	268.67	25.89
11	1.08	0.29	1.36	3.74	1.85	0.12	0.53	1.08	0.25	545.83	281.77	14.33	33.03	134.00	28.18
12	1.19	0.35	1.54	3.41	2.00	0.15	0.37	0.76	0.33	515.97	280.37	14.47	33.13	137.73	29.90
13	1.56	1.01	2.57	1.54	2.24	0.13	0.50	1.31	0.36	568.77	309.93	15.10	26.97	230.67	30.47
14	1.27	0.40	1.67	3.23	1.94	0.11	0.66	0.55	0.28	638.67	215.23	14.13	27.23	111.20	28.76
15	1.55	0.66	2.22	2.34	2.05	0.14	0.52	0.73	0.38	591.00	255.00	15.23	29.37	143.47	29.33
16	1.32	0.46	1.78	2.86	1.87	0.11	0.35	0.90	0.29	603.83	251.07	14.33	27.97	151.87	32.19
17	1.07	0.28	1.35	3.87	1.98	0.14	0.50	0.86	0.30	634.73	242.67	11.47	32.47	205.20	28.18
18	1.16	0.32	1.48	3.62	1.99	0.13	0.39	0.89	0.33	593.03	282.63	14.83	33.87	168.40	52.22
19	1.56	0.86	2.42	1.82	1.89	0.14	0.56	1.20	0.32	575.07	284.03	21.80	30.10	158.93	50.51
20	0.98	0.29	1.27	3.43	1.94	0.14	0.53	0.80	0.31	593.27	266.47	20.17	44.00	151.33	65.39
21	1.07	0.30	1.37	3.62	1.85	0.13	0.46	0.79	0.31	579.07	249.73	20.30	39.20	170.40	54.51
22	1.22	0.33	1.55	3.68	1.89	0.13	0.35	1.11	0.37	538.00	284.50	20.10	30.33	198.00	42.49
23	1.19	0.34	1.53	3.48	1.88	0.13	0.39	1.53	0.39	606.83	344.60	23.00	39.87	177.60	29.33
24	1.23	0.37	1.59	3.36	2.02	0.12	0.39	0.86	0.29	567.37	304.30	17.20	28.00	151.33	20.74
25	0.69	0.19	0.88	3.57	2.01	0.13	0.56	1.35	0.27	571.20	269.87	16.27	28.77	138.13	20.74

**EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)**

No	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Klorofil a:b	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg g <sup>-1</sup>														
26	1.46	0.46	1.92	3.14	1.94	0.13	0.41	0.78	0.30	538.00	249.07	17.93	49.97	165.60	39.06
27	1.28	0.66	1.94	1.93	1.88	0.12	0.49	0.65	0.29	525.67	201.13	17.03	36.30	128.67	30.47
28	1.59	0.81	2.40	1.96	2.28	0.16	0.50	1.37	0.37	532.80	364.57	19.50	46.95	330.53	30.47
29	1.50	0.59	2.09	2.54	2.22	0.16	0.54	1.26	0.33	602.40	360.07	23.57	38.40	304.53	49.36
30	0.82	0.21	1.04	3.86	1.79	0.13	0.42	0.91	0.37	567.77	229.47	18.90	28.43	276.13	40.20
31	1.62	0.72	2.34	2.26	2.08	0.15	0.69	1.41	0.73	551.27	260.33	20.27	39.73	401.73	52.22
32	1.33	0.39	1.72	3.39	2.12	0.14	0.39	0.71	0.35	526.73	151.20	17.37	32.60	217.73	33.91
33	0.61	0.17	0.78	3.65	1.97	0.12	0.49	1.36	0.33	610.87	277.00	20.90	35.57	208.80	20.17
34	1.26	0.37	1.63	3.40	1.91	0.11	0.42	1.14	0.31	542.53	183.37	17.77	28.77	163.33	34.48
35	1.47	0.61	2.08	2.41	2.44	0.16	0.67	1.35	0.30	468.23	281.60	20.67	45.70	241.60	41.92
36	1.43	0.52	1.95	2.74	1.99	0.13	0.68	1.31	0.32	554.93	268.67	21.70	30.83	207.07	37.34
37	1.28	0.39	1.67	3.25	2.08	0.13	0.65	1.13	0.30	483.33	244.97	21.93	29.80	231.33	53.37
38	1.24	0.39	1.63	3.21	1.97	0.13	0.66	1.07	0.28	540.33	272.97	23.70	37.13	227.47	40.20
39	1.41	0.51	1.92	2.76	1.98	0.14	0.55	1.18	0.28	509.13	260.70	20.53	33.33	230.00	39.63
40	1.48	0.65	2.13	2.28	2.16	0.13	0.52	1.39	0.32	503.13	321.17	21.70	32.10	124.00	37.91
41	1.54	0.47	2.01	3.28	1.93	0.14	0.56	0.96	0.28	498.67	154.97	19.07	23.13	187.47	35.05
42	1.57	0.56	2.13	2.78	1.93	0.15	0.66	1.15	0.36	572.80	225.60	22.40	34.10	186.13	42.49
43	1.17	0.32	1.48	3.69	2.04	0.14	0.49	0.67	0.33	462.43	189.70	20.83	20.63	182.67	41.35
44	1.41	0.44	1.85	3.18	2.02	0.15	0.51	1.08	0.34	540.23	282.57	22.37	34.20	342.00	53.94
45	1.56	0.59	2.16	2.63	1.86	0.14	0.63	0.89	0.23	509.20	303.23	22.97	41.73	216.53	60.81
46	1.06	0.29	1.35	3.64	2.03	0.13	0.50	1.19	0.24	532.07	262.80	20.57	26.60	222.40	36.77
47	1.07	0.28	1.35	3.78	1.95	0.12	0.42	0.93	0.26	507.53	233.00	19.73	24.33	261.60	33.91
48	0.72	0.19	0.91	3.73	1.91	0.12	0.40	0.60	0.25	444.00	188.27	16.43	21.50	166.67	29.33
49	1.49	0.60	2.09	2.48	2.17	0.15	0.58	0.88	0.28	513.77	269.50	21.27	27.83	205.20	36.77
50	1.39	0.41	1.80	3.36	2.02	0.12	0.51	0.75	0.25	560.27	250.77	23.57	31.27	273.60	24.18

**EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)**

No	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Klorofil a:b	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg g <sup>-1</sup>														
51	0.98	0.30	1.28	3.28	1.84	0.15	0.43	1.35	0.33	492.50	309.47	20.93	28.33	247.07	43.64
52	1.46	0.54	2.00	2.71	2.05	0.13	0.44	1.35	0.37	500.03	249.03	19.33	24.93	261.07	67.68
53	1.23	0.39	1.62	3.12	2.16	0.10	0.60	1.05	0.28	576.20	269.43	22.60	24.77	299.73	32.76
54	1.53	0.68	2.21	2.25	2.39	0.12	0.39	0.88	0.26	456.03	251.40	19.40	28.73	288.93	36.77
55	0.42	0.14	0.56	3.07	2.01	0.11	0.46	1.13	0.31	483.20	307.87	20.33	26.97	205.33	29.33
56	1.14	0.33	1.47	3.46	2.15	0.12	0.54	1.26	0.28	551.53	245.93	20.80	29.00	131.20	38.49
57	1.37	0.47	1.84	2.94	2.20	0.15	0.45	1.15	0.27	499.83	283.10	21.20	28.30	228.80	27.04
58	1.07	0.31	1.38	3.43	1.76	0.12	0.38	0.88	0.20	490.80	206.97	19.37	27.70	180.67	47.07
59	1.14	0.35	1.49	3.30	1.89	0.12	0.46	0.97	0.30	464.77	224.13	19.40	23.40	206.53	39.63
60	1.16	0.34	1.50	3.44	1.86	0.13	0.51	1.06	0.31	284.80	263.27	22.87	31.30	269.87	49.36
61	1.25	0.37	1.62	3.38	1.93	0.13	0.45	1.09	0.25	507.70	272.43	22.17	25.23	195.73	26.47
62	1.18	0.37	1.55	3.18	2.05	0.10	0.42	0.91	0.28	486.17	227.83	19.57	18.73	260.80	43.64
63	0.65	0.20	0.84	3.25	1.93	0.11	0.41	0.94	0.30	559.67	177.40	22.63	21.90	223.87	47.07
64	1.38	0.47	1.85	2.94	2.14	0.12	0.46	1.08	0.30	532.90	325.27	21.77	26.10	345.87	47.64
65	1.46	0.52	1.99	2.80	2.09	0.14	0.51	0.72	0.24	487.13	265.10	20.57	27.40	166.93	36.77
66	1.01	0.29	1.30	3.51	1.88	0.13	0.42	1.42	0.30	561.33	275.63	18.43	35.47	200.80	32.19
67	1.44	0.49	1.93	2.96	2.27	0.16	0.56	1.54	0.32	592.13	264.20	19.27	30.67	157.07	36.77
68	0.89	0.25	1.14	3.57	1.92	0.11	0.38	0.78	0.38	473.20	256.23	14.83	18.63	92.13	25.89
69	1.08	0.31	1.39	3.42	1.76	0.13	0.40	1.04	0.26	507.83	234.87	19.37	28.27	138.80	40.20
70	0.75	0.23	0.98	3.29	1.82	0.20	0.50	1.18	0.29	611.13	287.20	19.90	34.60	118.40	27.04
71	1.41	0.47	1.88	2.99	2.10	0.13	0.43	1.34	0.26	566.67	291.23	19.37	25.70	133.07	39.06
72	1.50	0.67	2.17	2.25	1.84	0.13	0.42	1.09	0.29	610.83	340.20	19.97	34.43	116.80	45.35
73	1.03	0.31	1.34	3.38	1.99	0.14	0.46	1.27	0.23	605.37	283.37	19.33	29.57	146.53	32.76
74	1.33	0.44	1.77	2.98	1.97	0.18	0.41	1.49	0.31	578.03	304.90	20.30	29.70	121.07	35.62
75	1.26	0.42	1.68	3.02	1.89	0.13	0.63	1.16	0.19	708.07	365.50	20.07	30.00	87.20	29.90

**EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)**

No	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Klorofil a:b	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
76	1.40	0.46	1.86	3.02	2.25	0.12	0.58	0.91	0.20	607.80	290.07	22.37	25.03	89.47	39.63
77	1.01	0.31	1.31	3.26	1.91	0.15	0.55	1.19	0.26	626.50	323.73	19.17	30.07	68.40	31.62
78	0.91	0.28	1.19	3.25	1.88	0.14	0.54	1.30	0.28	609.33	325.50	18.33	34.23	135.47	34.48
79	1.05	0.31	1.36	3.41	1.66	0.17	0.45	1.20	0.22	571.27	307.30	19.53	30.60	88.80	33.91
80	1.46	0.48	1.94	3.05	1.55	0.14	0.41	1.51	0.21	585.63	266.50	18.40	30.03	175.20	35.62
81	1.58	0.85	2.42	1.86	2.11	0.17	0.56	1.03	0.18	580.30	313.60	17.90	27.00	134.93	35.62
82	0.90	0.27	1.17	3.34	1.93	0.16	0.44	0.83	0.29	593.87	323.10	21.17	20.70	55.73	31.62
83	1.49	0.57	2.05	2.63	1.71	0.15	0.48	1.22	0.30	555.60	300.73	21.20	24.50	58.67	32.19
84	0.98	0.33	1.31	2.97	1.67	0.13	0.60	1.40	0.23	594.33	316.40	18.90	27.33	91.20	41.92
85	1.45	0.50	1.95	2.88	2.16	0.17	0.55	1.06	0.21	584.23	282.17	21.97	29.53	58.40	33.33
86	1.46	0.51	1.97	2.87	2.05	0.18	0.57	1.15	0.25	553.93	290.70	18.40	38.40	75.20	38.49
87	1.09	0.32	1.41	3.39	1.79	0.16	0.60	1.66	0.30	417.90	297.50	19.23	29.90	110.13	35.05
88	1.27	0.38	1.65	3.32	1.93	0.13	0.65	0.91	0.20	394.90	338.00	15.80	32.57	77.60	30.47
89	0.88	0.28	1.16	3.18	2.08	0.20	0.99	1.70	0.30	460.57	353.57	24.33	43.30	118.00	47.64
90	1.06	0.30	1.36	3.55	2.16	0.17	0.74	0.93	0.21	421.47	296.13	22.20	26.90	87.07	46.50
91	1.42	0.51	1.94	2.77	2.16	0.21	0.76	1.23	0.24	541.13	269.03	19.57	33.97	69.33	56.23
92	1.48	0.75	2.23	1.98	2.40	0.20	0.72	1.08	0.21	490.70	255.87	19.70	28.07	75.20	68.25
93	1.38	0.48	1.86	2.87	2.24	0.19	0.76	1.04	0.20	635.73	280.23	23.00	30.20	86.27	48.79
94	1.08	0.32	1.40	3.37	1.97	0.17	0.68	1.36	0.28	555.03	300.73	22.87	27.43	105.87	41.92
95	1.43	0.50	1.93	2.86	2.07	0.17	0.62	1.36	0.22	545.33	311.53	19.87	34.00	79.33	15.59
96	1.51	0.55	2.06	2.74	2.43	0.21	0.68	0.80	0.25	502.47	269.43	18.43	29.27	83.20	25.32
97	1.56	0.73	2.29	2.12	2.20	0.17	0.70	1.20	0.21	635.77	326.80	22.90	32.07	105.87	64.24
98	0.97	0.31	1.28	3.18	2.32	0.19	0.73	1.29	0.21	572.60	253.57	19.60	30.77	87.73	64.81
99	1.48	0.62	2.09	2.40	1.92	0.15	0.39	1.21	0.36	521.17	264.10	18.70	25.43	64.40	63.10
100	1.27	0.38	1.65	3.38	1.96	0.16	0.50	1.39	0.24	543.50	285.60	17.03	30.07	70.80	63.67

**EK 4: Bitkilerin bazı biyokimyasal ve kimyasal özelliklerine ait veriler (devam)**

No	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Klorofil a:b	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
101	0.73	0.20	0.93	3.68	2.07	0.13	0.50	0.85	0.27	587.43	272.37	21.40	29.20	187.60	56.80
102	1.07	0.29	1.36	3.71	1.97	0.16	0.33	0.88	0.33	506.73	246.40	21.10	27.97	248.40	47.64
103	0.79	0.21	1.00	3.67	1.73	0.17	0.43	1.04	0.28	567.03	262.93	20.43	30.13	183.20	55.66
104	1.56	0.68	2.24	2.28	2.11	0.18	0.56	1.01	0.29	536.67	290.60	19.47	35.93	159.33	65.39
105	1.55	0.66	2.22	2.34	2.08	0.15	0.31	0.98	0.31	566.40	323.33	24.50	35.07	194.53	51.65
106	1.40	0.46	1.86	3.02	2.16	0.16	0.39	1.08	0.34	546.33	243.07	19.83	31.30	261.73	48.79
107	1.20	0.34	1.53	3.57	1.95	0.15	0.36	0.91	0.29	514.33	270.13	19.37	29.77	206.13	56.23
108	1.24	0.38	1.62	3.29	1.94	0.18	0.42	0.82	0.34	527.23	235.90	19.70	35.57	260.93	51.08
109	1.51	0.67	2.17	2.26	1.93	0.17	0.45	1.39	0.26	638.53	301.23	22.90	28.40	227.73	36.77
110	1.46	0.60	2.06	2.43	2.15	0.14	0.37	1.13	0.30	549.67	238.43	21.03	30.47	238.80	39.06
111	1.58	0.63	2.21	2.52	2.24	0.18	0.49	1.35	0.26	503.20	241.87	20.40	28.50	211.33	57.37
112	1.20	0.35	1.55	3.38	1.93	0.17	0.41	1.40	0.22	566.23	212.67	19.67	29.97	133.60	49.93
113	1.39	0.43	1.82	3.23	1.78	0.16	0.34	1.19	0.23	578.30	330.37	21.47	35.65	140.13	43.06
114	1.39	0.47	1.86	2.94	2.01	0.21	0.51	1.59	0.26	641.50	323.23	22.53	32.37	149.60	56.23
115	0.94	0.28	1.22	3.33	1.88	0.18	0.38	1.38	0.24	579.17	238.90	20.90	29.93	131.33	41.35
116	1.22	0.36	1.58	3.39	1.73	0.17	0.41	1.27	0.23	621.27	291.47	23.33	33.57	100.27	39.06
117	1.55	0.63	2.19	2.46	0.90	0.19	0.50	1.43	0.22	599.60	245.50	20.87	30.70	84.27	39.63
118	0.85	0.25	1.10	3.39	1.88	0.20	0.54	1.03	0.24	569.77	294.87	18.97	29.10	76.93	40.20
ED	0.71	0.19	0.91	1.92	1.54	0.10	0.28	0.55	0.18	284.8	151.2	11.46	18.63	55.73	15.59
EY	1.48	0.66	2.13	3.87	2.44	0.21	0.76	1.70	0.38	708.07	365.5	24.5	49.96	401.73	68.25
Ort	1.18	0.37	1.55	3.27	1.98	0.14	0.50	1.11	0.28	546.68	270.31	19.88	31.02	175.81	39.60
Sd	0.19	0.09	0.28	0.34	0.17	0.025	0.10	0.02	0.048	57.99	43.63	2.48	5.5	74.41	12.12
VK	16.65	26.29	18.51	10.56	8.78	17.53	21.31	22.12	17.15	10.61	16.14	12.51	17.73	42.32	30.61
B	-0.29	0.53	-0.48	2.4	0.18	-0.15	-34	-0.59	-0.64	3.01	0.04	0.60	1.58	-0.21	-0.35
Ç	-0.55	0.62	-0.29	1.06	0.34	0.64	0.5	-0.03	0.01	-0.87	-0.21	-0.72	0.74	0.47	0.44

ED, en düşük; EY, en yüksek; Ort, ortalama; Sd, standart sapma; VK, varyasyon katsayısı, B, basıklık; Ç, çarpıklık

**EK 5: Toprak özelliklerinin değişimleri için izotropik semivaryogram modellerinde R<sup>2</sup> ve RSS değerleri**

Özellik	Gaussian		Spherical		Exponential	
	R <sup>2</sup>	RSS	R <sup>2</sup>	RSS	R <sup>2</sup>	RSS
Kil	0.98	7.875x10 <sup>-5</sup>	0.90	4.625x10 <sup>-4</sup>	0.88	5.57x10 <sup>-4</sup>
Silt	0.96	0.592	0.96	0.723	0.93	0.906
Kum	0.94	8.31x10 <sup>-5</sup>	0.811	2.808x10 <sup>-4</sup>	0.79	3.129x10 <sup>-4</sup>
Hacim ağırlığı	0.96	2.518x10 <sup>-5</sup>	0.91	5.034x10 <sup>-5</sup>	0.90	5.721x10 <sup>-5</sup>
pH	0.940	5.717x10 <sup>-3</sup>	0.931	1.64x10 <sup>-4</sup>	0.916	2.059x10 <sup>-4</sup>
EC	0.917	2.453x10 <sup>-5</sup>	0.930	2.05x10 <sup>-5</sup>	0.929	2.085x10 <sup>-5</sup>
Organik madde	0.11	2.31	0.10	2.32	0.40	1.55
NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	0.900	0.159	0.775	0.355	0.727	0.418
P	0.891	0.0546	0.878	0.0611	0.861	0.0699
K	0.859	0.684	0.844	0.0372	0.823	0.0431
Ca	0.941	0.153	0.934	5.285x10 <sup>-3</sup>	0.921	6.678x10 <sup>-3</sup>
Mg	0.872	0.0453	0.869	0.0462	0.863	0.0483
Na	0.420	6.024x10 <sup>-7</sup>	0.439	5.81x10 <sup>-7</sup>	0.447	5.718x10 <sup>-7</sup>
Fe	0.970	313668	0.914	916719	0.852	1727699
Cu	0.941	0.010	0.954	7.864x10 <sup>-3</sup>	0.951	8.409x10 <sup>-3</sup>
Zn	0.368	3.923x10 <sup>-3</sup>	0.353	4.009x10 <sup>-3</sup>	0.588	2.655x10 <sup>-3</sup>
Mn	0.939	0.0135	0.905	0.0210	0.898	0.0226
B	0.898	1.499x10 <sup>-3</sup>	0.012	0.0145	0.713	4.220x10 <sup>-3</sup>
Ca:K	0.99	547	0.95	2008	0.90	4305
Ca:Mg	0.06	0.117	0.06	0.117	0.29	0.0933
Mg:K	0.31	0.0154	0.30	0.0157	0.61	9.147x10 <sup>-3</sup>
Biyomas C	0.09	8.047x10 <sup>-3</sup>	0.09	8.051x10 <sup>-3</sup>	0.14	7.683x10 <sup>-3</sup>
Cmic:Corg	0.03	0.06	0.03	0.06	0.056	0.0581

R<sup>2</sup>, Determinasyon katsayısı; RSS, Hata kareler toplamı (Residual Sum of Squares)

**EK 6: Bitki özelliklerinin değişimleri için izotropik semivaryogram modellerinde R<sup>2</sup> ve RSS değerleri**

Özellik	Gaussian		Spherical		Exponential	
	R <sup>2</sup>	RSS	R <sup>2</sup>	RSS	R <sup>2</sup>	RSS
Klorofil a	0.352	2.362x10 <sup>-4</sup>	0.368	2.394x10 <sup>-4</sup>	0.449	2.002x10 <sup>-4</sup>
Klorofil b	0.209	3.231x10 <sup>-5</sup>	0.207	3.243x10 <sup>-5</sup>	0.213	3.216x10 <sup>-5</sup>
Toplam klorofil	0.317	1.274x10 <sup>-3</sup>	0.321	1.294x10 <sup>-3</sup>	0.395	1.125x10 <sup>-3</sup>
Klorofil a/b	0.116	9.361x10 <sup>-3</sup>	0.123	9.281x10 <sup>-3</sup>	0.085	9.726x10 <sup>-3</sup>
N	0.260	2.133x10 <sup>-4</sup>	0.736	9.853x10 <sup>-5</sup>	0.744	7.749x10 <sup>-5</sup>
P	0.951	3.58x10 <sup>-5</sup>	0.899	7.476x10 <sup>-5</sup>	0.885	8.486x10 <sup>-5</sup>
K	0.326	9.845x10 <sup>-6</sup>	0.320	9.933x10 <sup>-6</sup>	0.495	7.571x10 <sup>-6</sup>
Ca	0.247	9.326x10 <sup>-4</sup>	0.328	8.406x10 <sup>-4</sup>	0.712	3.570x10 <sup>-4</sup>
Mg	0.026	3.795x10 <sup>-6</sup>	0.026	3.796x10 <sup>-6</sup>	0.711	1.126x10 <sup>-6</sup>
Na	0.396	9731614	0.093	1.45x10 <sup>7</sup>	0.324	1.08x10 <sup>7</sup>
Fe	0.263	322849	0.256	325707	0.643	161225
Cu	0.057	12.1	0.057	12.1	0.058	12.1
Zn	0.777	9.671x10 <sup>-5</sup>	0.786	9.282x10 <sup>-5</sup>	0.719	1.219x10 <sup>-4</sup>
Mn	0.919	3057459	0.884	4372452	0.852	5660129
B	0.459	8.935x10 <sup>-4</sup>	0.471	8.716x10 <sup>-4</sup>	0.372	1.051x10 <sup>-3</sup>

R<sup>2</sup>, Determinasyon katsayısı; RSS, Hata kareler toplamı (Residual Sum of Squares)

**EK 7: Etki alanı dikkate alındığında çalışma alanında sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları**

Toprak özellikleri	Çalışma alanının büyüklüğü=34853 m <sup>2</sup>	
	Etki mesafesi, m	Örnek sayısı
Kil, %	577.3	1
Silt, %	162.8	1
Kum, %	742.70	1
Hacim ağırlığı, t m <sup>-3</sup>	489.5	1
Organik madde, %	151.50	2
Mikrobiyasal biyomas-C, mg C g <sup>-1</sup> 24 sa <sup>-1</sup>	20.40	84
Cmic:Corg	19.80	89
pH <sub>1:1</sub>	451.37	1
EC <sub>1:1</sub> , dS m <sup>-1</sup>	363.10	1
NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N, mg kg <sup>-1</sup>	492.6	1
Alınabilir P, mg kg <sup>-1</sup>	629.94	1
Alınabilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	695.07	1
Alınabilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	362.34	1
Alınabilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	431.97	1
Alınabilir Na, mg kg <sup>-1</sup>	39.60	22
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	325.45	1
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	376.0	1
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	255.47	1
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	32.70	33
Alınabilir B, mg kg <sup>-1</sup>	867.24	1
Ca:K	304.5	1
Ca:Mg	96.90	4
Mg:K	68.40	7

**EK 8: Etki alanı dikakte alındığında, çalışma alanında sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak bitki örneği sayıları**

Bitki özellikleri	Çalışma alanının büyüklüğü=34853 m <sup>2</sup>	
	Etki mesafesi, m	Örnek sayısı
Klorofil a, mg g <sup>-1</sup>	33.60	31
Klorofil b, mg g <sup>-1</sup>	27.90	45
Toplam klorofil, mg g <sup>-1</sup>	33.0	32
Klorofil a:b	21.0	79
N, %	237.30	1
P, %	412.74	1
K, %	44.10	18
Ca, %	1532.70	1
Mg, %	1532.70	1
Na, mg kg <sup>-1</sup>	127.82	2
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	57.30	11
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	17.10	119
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	73.70	6
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	398.71	1
B, mg kg <sup>-1</sup>	20.80	81

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sezen KULAÇ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Adnan Menderes Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Mezuniyet Yılı	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Yayımlar	