

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GODRAHAV HAVZASINDA TOPRAK BOZULMA KATSAYISINDAKİ
DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sümeyye GÜLER

**Danışman
Doç. Dr. Bülent TURGUT**

Artvin 2020

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GODRAHAV HAVZASINDA TOPRAK BOZULMA KATSAYISINDAKİ
DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sümeyye GÜLER

**Danışman
Doç. Dr. Bülent TURGUT**

Artvin 2020

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Godrahav Havasında toprak bozulma katsayısındaki değişimin belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Bülent TURGUT’ un sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/07/2020

Sümeyye GÜLER

TEZ KABUL TUTANAĞI
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Bülent TURGUT danışmanlığında, Sümeyye GÜLER tarafından hazırlanan bu çalışma 10/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ	İmza:.....
Jüri Üyesi	: Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY	İmza:.....
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Bülent TURGUT	İmza:.....

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

.../.../2020
Doç. Dr. Hamit ŞAFAKCI
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Godgrahav Havzasında toprak bozulma katsayısındaki değişimin belirlenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Bülent TURGUT’a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL’e teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında her türlü yardımını benden esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hilal TURGUT’a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazım aşamasında bilgileriyle bana yol gösteren sayın hocalarım Doç. Dr. Halil AKINCI ve Doç. Dr. Mehmet ÖZALP’a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana destek olan, sabır ve özveriyle her daim arkamda duran yegane varlıklarım; annem Fadime GÜLER’e babam Veysel GÜLER’e, sevgili abim İbrahim GÜLER’e ve sevgili ablam Teslime GÜLER’e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Gograhav Havzasında toprak bozulma katsayısındaki değişimin belirlenmesi” konusunda yapılan bu çalışma TEMA VAKFI- TURAN DEMİRASLAN bursu tarafından desteklenmiştir.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan ilgililere faydalı olmasını dilerim.

Sümeyye GÜLER
Artvin - 2020

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	V
SUMMARY.....	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler.....	1
1.2 Literatür Çalışması	5
2 MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
2.1 Materyal.....	11
2.1.1 Araştırma Alanının Coğrafi konumu.....	11
2.1.2 Araştırma Alanının İklimsel Özellikleri.....	12
2.1.3 Araştırma Alanının Jeolojik Yapısı.....	12
2.1.4 Araştırma Alanına Ait Fizyografik Özellikler	13
2.1.4.1 Havza alanı.....	13
2.1.4.2 Yükselti	13
2.1.4.3 Eğim sınıfları.....	14
2.1.4.4 Bakı.....	16
2.1.5 Araştırma Alanındaki Alan Kullanım Sınıfları.....	17
2.1.6 Araştırma Alanının Arazi Kapalılık Oranı	18
2.2 Yöntem	20
2.2.1 Örnekleme noktalarının belirlenmesi ve örnekleme	20
2.2.2 Toprak tekstürü	20
2.2.3 Agregat stabilitesi.....	20
2.2.4 Agregatlaşma oranı	21
2.2.5 Ortalama ağırlık çap	21
2.2.6 Dispersiyon oranı	21

2.2.7	Hacim ağırlığı	22
2.2.8	Porozite.....	22
2.2.9	Tarla kapasitesi ve solma noktası nem içeriği	22
2.2.10	Organik madde.....	22
2.2.11	Toprak reaksiyonu (pH)	22
2.2.12	Elektriksel iletkenlik (EC).....	22
2.2.13	Alana ait özelliklerin haritalandırılması	22
2.2.14	İstatiksel değerlendirmeler.....	23
2.2.15	Jeoistatiksel değerlendirmeler.....	23
2.2.16	Bozulma katsayısının belirlenmesi	24
3	BULGULAR VE TARTIŞMA	27
3.1	Tanımlayıcı İstatistikler	27
3.2	İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyonlar	29
3.3	Alana Ait Temel Özellikler	31
3.4	İncelenen özelliklere ait jeoistatiksel analiz sonuçları	32
3.4.1	Kil içeriği.....	33
3.4.2	Silt içeriği	35
3.4.3	Kum içeriği	37
3.4.4	Agregatlaşma oranı	39
3.4.5	Agregat stabilitesi.....	41
3.4.6	Ortalama ağırlık çap	43
3.4.7	Hacim ağırlığı	43
3.4.8	Dispersiyon oranı	46
3.4.9	Porozite.....	47
3.4.10	Organik madde içeriği.....	50
3.4.11	Tarla kapasitesi	52
3.4.12	Solma noktası.....	53
3.4.13	Elektriksel iletkenlik	56
3.4.14	pH.....	56
3.5	Toprak bozulma katsayısı değeri.....	59
3.5.1	Göstergeler ait ağırlık katsayıları.....	59
3.5.2	Göstergelere ait skor değerleri.....	60
3.5.3	Toprak bozulma katsayısı değerinin hesaplanması.....	60

3.5.4	Toprak bozulma katsayısı değerinin yersel değişkenliği	63
3.5.5	Toprak bozulma katsayısı değerinin havza özelliklerine bağlı olarak değişimi	68
3.5.5.1	Alan kullanımı	68
3.5.5.2	Yükselti	71
3.5.5.3	Eğim.....	75
3.5.5.4	Arazi kapalılık oranı	78
3.5.5.5	Bakı.....	80
4	SONUÇ VE ÖNERİLER	84
	KAYNAKLAR	88
	ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÖZET

GODRAHAV HAVZASINDA TOPRAK BOZULMA KATSAYISINDAKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ

Toprak bozulma katsayısı, toprakların ekosistem içerisindeki görevini doğal ya da doğal olmayan nedenlerden dolayı yerine getiremeyecek kadar değişime uğraması olarak tanımlanan toprak bozulmasının kantitatif bir ifade şeklidir. Bu çalışma, Godrahav havzasındaki toprakların bozulma katsayısı değerlerinin belirlenmesi, yersel değişkenlik analizlerinin yapılması ve tahmin haritalarının oluşturulması amacıyla yürütülmüştür. Çalışmanın ilk aşamasında literatür taramasının ardından çalışma alanı ArcGIS yazılımı yardımıyla 500x500m'lik transektlere bölünmüş ve bu transektlerin çakışma noktalarında 0-10cm derinlikten 137 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Gerekli ön işlemlerin tamamlanmasının ardından analizler yardımıyla toprakların tekstürü, agregat stabilitesi, agregatlaşma oranı, ortalama ağırlık çap değerleri, dispersiyon oranı, hacim ağırlığı, porozite, tarla kapasitesi, solma noktası, organik madde içeriği, pH, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında havzaya ait topoğrafik özellikler (eğim, yükselti, bakı, alan kullanımı, kapalılık oranı) ile alan kullanımına ait özelliklerin haritalandırılması ArcGIS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Özelliklerin yersel bağımlılığının belirlenmesinde semivariogramlar hesaplanmış ve ilişkileri en uygun şekilde tanımlayan modeller oluşturulmuştur. Her bir örnekleme noktası için iki farklı ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak bozulma indeks değerleri hesaplanmıştır. Varyans analizi sonucu yöntemler bakımından bozulma indeks değerleri arasında istatistiki anlamda bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Dağılım haritaları incelendiğinde toprak özelliklerinin ve bozulma indeks değerinin alan kullanımı, kapalılık oranı ve arazinin bakı durumuna göre farklılık gösterdiği, ancak eğimle bir ilişki göstermediği belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarının entegre havza yönetimi çalışmalarında uygulayıcılara yararlı bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toprak bozulması, alan kullanımı, ağırlıklandırma, korelasyon, jeostatistik

SUMMARY

ASSESSMENT OF CHANGES IN SOIL DEGRADATION COEFFICIENT IN GODRAHAV WATERSHED

Soil degradation index is a quantitative form of expression of soil degradation, which is defined as the fact that the soil changes so much that it cannot perform its function within the ecosystem due to natural or human-induced reasons. This study was carried out to determine the degradation index values of the soils in the Godrahav basin, in order to make terrestrial variability analyses and to create forecast maps. In the first stage of the study, after the literature review, the study area was divided into 500x500m transects with the help of ArcGIS software and 137 disturbed and undisturbed soil samples were taken from 0-10 cm depth at the intersections of these transects. Following the completion of the necessary pre-treatments, soil texture, aggregate stability, aggregation rate, mean weight diameter, dispersion rate, bulk density, porosity, field capacity, permanent wilting point, organic matter content, pH, electrical conductivity (EC) were analyzed. In the second stage of the study, mapping of the topographic features (slope, elevation, aspect), and land use, and (forest canopy density) of the basin and the land use was carried out using ArcGIS software. Semivariograms were calculated to determine the local dependency of the properties and models that define the relations in the most appropriate way were created. The degradation index values were calculated for each sampling point using two different weighting methods. As a result of variance analysis, it was determined that there was no statistically difference between the distortion index values in terms of methods. When the scatter maps were analyzed, it was determined that the soil properties and the degradation index value differ according to the land use, closure rate and the plot condition of the land, but they do not show a relation with the slope. The results of the study are thought to provide useful information to practitioners in integrated watershed management studies.

Keywords: Soil degradation, land use, weighting, correlation, geostatistics

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1 Fonksiyonlar ve fonksiyon parametreleri.....	25
Tablo 2 İncelenen özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler	27
Tablo 3 İncelenen toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	30
Tablo 4 İncelenen özelliklere ait semivariogram modelleri ve model parametreleri .	32
Tablo 5 Göstergelerin faktör analizi ile belirlenen ağırlık katsayıları	59
Tablo 6 Göstergelerin korelasyon analizi ile belirlenen ağırlık katsayıları	60
Tablo 7 Örnekleme noktalarına ait toprak bozulma katsayısı değerleri	62
Tablo 8 Yöntemlere ait tanımlayıcı istatistikler	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1 Çalışma alanının coğrafi konumu.....	11
Şekil 2 Sıcaklık ve yağış ortalamalarının aylık dağılımı	12
Şekil 3 Çalışma alanı haritası	13
Şekil 4 Çalışma alanına ait yükselti haritası	14
Şekil 5 Havzadaki yükselti sınıflarının oransal dağılımları	14
Şekil 6 Çalışma alanına ait eğim derecesi haritası	15
Şekil 7 Havzadaki eğim sınıflarının oransal dağılımı.....	15
Şekil 8 Çalışma alanına ait bakı haritası	16
Şekil 9 Havzadaki bakı sınıflarının oransal dağılımı.....	16
Şekil 10 Çalışma alanına ait alan kullanım haritası.....	17
Şekil 11 Havzadaki alan kullanım sınıflarının oransal dağılımları	18
Şekil 12 Arazi kapalılık oranı haritası	19
Şekil 13 Havzadaki arazi kapalılık sınıflarının oransal dağılımı	19
Şekil 14 Örneklem noktalarının çalışma alanındaki dağılımı	20
Şekil 15 Deneysel semivariogram modeli	24
Şekil 16 Semivariogramlar için tanımlanan modeller (Olea, 2009'dan uyarlanmıştır).....	24
Şekil 17 Çalışma alanı topraklarının tesktürel dağılımları	31
Şekil 18 Kil içeriğine ait semivariogram	33
Şekil 19 Kil içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	34
Şekil 20 Kil içeriğine ait tahmin haritası	35
Şekil 21 Silt içeriğine ait semivariogram.....	36
Şekil 22 Silt içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	36
Şekil 23 Silt içeriğine ait tahmin haritası.....	37
Şekil 24 Kum içeriğine ait semivariogram	38
Şekil 25 Kum içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki	38
Şekil 26 Kum içeriğine ait tahmin haritası	39
Şekil 27 Agregatlaşma oranına ait semivariogram.....	40
Şekil 28 Agregatlaşma oranının ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	40

Şekil 29 Agregatlaşma oranı tahmin haritası	41
Şekil 30 Agregat stabilitesi dağılım haritası	42
Şekil 31 Ortalama ağırlık çap dağılım haritası.....	43
Şekil 32 Hacim ağırlığına ait semivariogram.....	44
Şekil 33 Hacim ağırlığı ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki	44
Şekil 34 Hacim ağırlığı tahmin haritası	45
Şekil 35 Dispersiyon oranına ait semivariogram	46
Şekil 36 Dispersiyon oranı ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki	46
Şekil 37 Dispersiyon oranı tahmin haritası.....	47
Şekil 38 Poroziteye ait semivariogram	48
Şekil 39 Porozite ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	48
Şekil 40 Poroziteye ait tahmin haritası	49
Şekil 41 Organik madde içeriğine ait semivariogram	50
Şekil 42 Organik madde içeriği ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki	50
Şekil 43 Organik madde içeriği tahmin haritası.....	51
Şekil 44 Tarla kapasitesine ait semivariogram.....	52
Şekil 45 Tarla kapasitesi ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	52
Şekil 46 Tarla kapasitesi tahmin haritası.....	53
Şekil 47 Solma noktasına ait semivariogram.....	54
Şekil 48 Solma noktası ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	54
Şekil 49 Solma noktası tahmin haritası.....	55
Şekil 50 Elektriksel iletkenlik dağılım haritası	56
Şekil 51 pH değerlerine ait semivariogram.....	57
Şekil 52 pH değerlerine ait ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki....	57
Şekil 53 pH tahmin haritası.....	58
Şekil 54 Göstergelere ait ölçüm değeri-skor dağılım grafikleri.....	61
Şekil 55 Göstergelerin bozulma katsayısı değeri üzerindeki etkileri	63
Şekil 56 Faktör analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı değerine (TBK_{FA}) ait semivariogram	64
Şekil 57 Faktör analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı (TBK_{FA}) hesap değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki	64
Şekil 58 Faktör analizi kullanılarak ağırlandırılan toprak bozulma katsayısı değeri	

(TBK _{FA}) dağılım haritası	65
Şekil 59 Korelasyon analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı değerine (TBK _{KA}) ait semivariogram.....	66
Şekil 60 Korelasyon analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı (TBK _{KA}) hesap değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	66
Şekil 61 Korelasyon analizi kullanılarak ağırlandırılan toprak bozulma katsayısı değeri (TBK _{KA}) dağılım haritası	67
Şekil 62 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırılma yöntemleriyle oluşturulan toprak bozulma katsayısı değerleri ile alan kullanım sınıflarının çakışma haritası	69
Şekil 63 Alan kullanım sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı.....	70
Şekil 64 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle oluşturulan toprak bozulma katsayısı değerleri ile yükselti çakışma haritası. 72	
Şekil 65 Yükselti sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı.....	74
Şekil 66 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile eğim sınıfları çakışma haritası	76
Şekil 67 Eğim sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı.....	77
Şekil 68 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile arazi kapalılık sınıfları çakışma haritası.....	79
Şekil 69 Kapalılık sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı.....	80
Şekil 70 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile arazi bakı sınıfları çakışma haritası.....	81
Şekil 71 Kapalılık sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı.....	83

KISALTMALAR DİZİNİ

A	Range
AO	Agregatlaşma Oranı
AS	Agregat Stabilitesi
DO	Dispersiyon Oranı
EC	Elektriksel İletkenlik
f	Porozite
ha	Hektar
OAÇ	Ortalama Ağırlık Çap
OM	Organik Madde
Pb	Hacim Ağırlığı
pH	Toprak Reaksiyonu
SN	Solma Noktası (-1500 kPa Basınçla Toprakta Tutulan Su Miktarı)
TK	Tarla Kapasitesi (-33kPa Basınçla Toprakta Tutulan Su Miktarı)

1 GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Toprak bozulması; toprak fonksiyonlarının insan refahı için gerekli olan ekosistem hizmetlerini destekleme yeteneklerini doğal olarak kaybetmesi şeklinde tanımlanmaktadır (FAO, 2015). Toprak bozulması sonucunda tüm ekosistemler bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir, bu nedenle toprak bozulması gezegenimizi yakından ilgilendiren küresel bir sorundur. Toprak bozulması daha önceleri tarımsal üretimi azaltan bir faktör olarak değerlendirilirken günümüzde ekosistemsel bir problem olarak değerlendirilmektedir.

Toprak bozulması tipleri, bozulma sürecine konu olan toprak özelliklerine bağlı olarak isimlendirilir (Ritsema et al., 2005). Örneğin, toprak fiziksel özelliklerinin ekosistem işlevlerini yerine getiremeyecek kadar değişikliğe uğraması fiziksel bozulma olarak tanımlanır. Bu tanımdan yola çıkarak bozulma tiplerini; fiziksel bozulma, kimyasal bozulma ve biyolojik bozulma şeklinde sıralayabiliriz. Toprağın strüktürel yapısının bozulması, tane büyüklük dağılımındaki değişiklikler, sıkışma, fiziksel bozulmaya örnek olarak verilebilir. Kimyasal bozulmaya verilebilecek en güzel örnekler ise organik madde kaybı, toplam karbon ve toplam azot içeriğindeki azalmalar, asitleşme, tuzlulaşma şeklinde sıralanabilir. Toprakların üzerinde ve içerisinde yaşamlarını devam ettiren canlıların çeşitliliğinde ve sayısında meydana gelen azalma ise biyolojik bozulmaya örnektir. Dünya genelinde en sık görülen bozulma çeşitleri; erozyon, organik madde içeriğinin azalması ve sıkışma şeklinde sıralanabilir. Toprağın bulunduğu yerden aşındırılıp, taşınıp başka bir yerde biriktirilme süreci olarak tanımlanan erozyon en sık karşılaşılan toprak bozulma tipidir. Erozyon süreci sonunda topraklarda her üç bozulma tipi de görülebilmektedir. Toprağın aşındırıldığı yerde başta tane büyüklük dağılımı ve strüktürel yapı olmak üzere fiziksel özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişiklikler sonucunda fiziksel bozulma, organik madde ve besin elementlerindeki azalmaya bağlı olarak kimyasal bozulma toprak flora ve faunasında meydana gelen değişikliğe bağlı olarak da biyolojik bozulma ortaya çıkabilmektedir.

Toprak organik maddesi bitkisel ve hayvansal artıkların ayrışmamış kısımlarının dışındaki toplam organik içerik olarak tanımlanmaktadır. Organik maddenin toprakların verim potansiyeline doğrudan olumlu etkisinin yanında diğer toprak özelliklerini de iyileştirerek dolaylı katkısı söz konusudur. Ayrıca özellikle yoğun tarım uygulamalarında toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımında organik madde önemli rol oynamaktadır (Rees et al., 2000). Organik madde eksikliğinin en fazla görüldüğü alanlar tarım arazileri ve erozyon sürecinin etkili olduğu alanlardır. Tarım arazilerinde toprak işleme uygulamaları organik maddenin mineralizasyonunu hızlandırmakta ve bu durum organik madde içeriğinin düşmesine neden olmaktadır. Erozyon sahalarında ise organik madde içeriği yüksek yüzey toprak tabakasının aşındırılarak uzaklaştırılması organik madde eksikliğinin en önemli sebebidir. Organik madde içeriğinin düşmesi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlevlerini kaybetmesine neden olmaktadır.

Toprak oluşumu sürecinde meydana gelen fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışma olayları suda eriyebilen tuzların serbest hale geçmesine neden olmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak alanlarında yanlış sulama, taban suyu yüksekliği ve drenaj yetersizliği gibi olumsuzluklar serbest hale geçen bu tuzların toprak içerisindeki oranlarının artmasına diğer bir deyişle tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tuzlulaşma kurak iklim bölgelerdeki tarımsal üretim alanlarının giderek yaygınlaşan önemli bir toprak bozulma şeklidir ve dünyadaki kurak alanlarda görülen çölleşme sürecinin önemli bir bileşenidir (Vengosh, 2003). Dünya üzerinde yaklaşık 1 milyar hektarın üzerindeki alan tuzlulaşma sorunuyla karşı karşıyadır (Abbas et al., 2013). Zehir etkisi nedeniyle tuzların bitki gelişimi üzerinde doğrudan etkisi söz konusudur.

Toprak pH'sının aşırı yüksek veya düşük olması bir yandan bitki besin elementlerinin yararlanılabilirliğini diğer yandan da mikroorganizma çeşitliliğini ve aktivitesini etkileyerek topraktan beklenen faydanın azalmasına neden olmaktadır. Asitleşme toprak pH'sının 7' den küçük bazikleşme ise 7'den büyük olması durumudur. pH topraktaki hidrojen iyonlarının eksi logaritması olarak tanımlanmaktadır. Toprak oluşum sürecinde değişebilir katyonların (Ca, Mg, Na, K) yıkanma yoluyla ortamdan uzaklaşması genel bir durumdur. Negatif yüzeyleri terk eden değişebilir katyonların yerini H veya Al iyonları almaktadır. Bazik katyonların yıkanma süreci özellikle

yağışlı bölgelerde daha hızlıdır, bu nedenle yağışlı bölge topraklarının önemli bir kısmı asidik karakterlidir. Kurak iklim topraklarında ise durum bunun tersidir, yıl boyunca düşen yağışlar toprak profili boyunca bazik katyonların yıkanmasına yetmediği için bazik katyonların oranları yüksek seviyelerde olmaktadır. Bu nedenle kurak bölge toprakları genellikle bazik karakterlidir. Bitki türüne göre farklılık göstermekle birlikte bitkilerin optimum gelişim gösterebilecekleri pH değerleri ağırlıklı olarak 5-7.5 aralığındadır. Bunun yanında topraktaki mikroorganizmaların da pH sınır değerleri vardır, bu sınır değerlerin dışında topraktaki canlılar normal gelişim süreçlerini tamamlayamazlar.

Birçok ülkedeki çiftçiler toprak sıkışmasının ciddi bir problem olduğunun farkında değillerdir. Ancak toprak sıkışması tarım alanlarını etkileyen ve verimi kademeli olarak düşüren önemli bir bozulma türüdür. Alt toprak tabakasındaki toprak özellikle ekstrem kurak ve nemli koşullarda daha da zararlı olmaktadır.

Toprakların yetenek sınıflarına uygun olarak kullanılmaması toprak bozulmasına neden olan etkenlerden biridir. Tarım arazilerinin yol, havalimanı, yerleşim yeri ve sanayi tesisi gibi tarımsal üretim dışında kullanılmaları, nüfus artışına bağlı olarak artan beslenme ihtiyacının karşılanması için orman ve mera alanlarının yeni tarım alanlarına dönüştürülmesi en sık karşılaşılan toprak bozulması etmenleridir. Tarımsal alanlarda uygun olmayan toprak işleme yöntemleri, yanlış gübre uygulamaları ve sulama yöntemleri, meralarda erken ve aşırı otlatma, orman arazilerinde aşırı kesim ve uygun olmayan bölmeden çıkarma yöntemleri gibi yanlış yönetim uygulamaları da toprak bozulmasında etkili olan bir diğer parametredir. Toprak bozulmasının değerlendirilmesinde farklı yöntemler ve modeller kullanılmaktadır. Şimdiye kadar organik madde kaybı, karbon içeriğinde azalma, tane büyüklük dağılımındaki değişim, tuzlanma, sıkışma ve erozyon gibi her bir bozulma tipi kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Örneğin; bitki besin elementleri noksanlığı kimyasal bozulma, toprak sıkışması ise fiziksel bozulma olarak değerlendiriliyordu. Günümüzde bir alanda birden fazla bozulma tipinin görülebileceği yaklaşımından yola çıkarak çok değişkenli modeller üzerinde çalışılmaktadır. İndeks değeri oluşturularak nitel bir değerlendirme yapılması birden fazla toprak özelliğini bir arada incelendiği yöntemi ifade etmektedir. İndeks değerinin değerlendirilmesinde toprağın ekosistem içerisindeki işlevini yerine getirip getirilmemesi göz önünde bulundurulur. Bu değer

düşük olduğu durumlarda buna sebep olan toprak özelliğinin belirlenmesi ve yönetsel uygulamaların buna göre yapılması uygulayıcılara önemli bir avantaj sağlayacaktır. Bir alanda toprak bozulmasının değerlendirilmesinde, diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi alanın tamamını sürece dahil eden yersel değişkenlik analizlerinin kullanılması daha doğru ve tutarlı sonuçların elde edilebilmesi nedeniyle güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Çok kriterli karar analiz, paydaş grupların veya karar vericilerin farklı şekillerde değer verdiği birden fazla ve genellikle çelişkili hedefleri olan karmaşık karar verme durumlarını çözmek için kullanılan yöntemler topluluğudur (Belton and Stewart, 2002). Çok kriterli karar analizleri ekosistem hizmetlerinin çoğul değer boyutları göz önünde bulundurularak ele alınmasında uygun bir metodoloji sunmaktadır. Doğa bilimlerinde yaygın olarak kullanılan Analitik hiyerarşi süreci (AHP), genellikle tarıma uygun alanların belirlenmesi (Akinci vd., 2013, Seyedmohammadi et al., 2019) ve belirli ürünler için alan önerilerinin yapılması için kullanılmaktadır (Tashayo et al., 2020).

Ekosistem servisleri içindeki görevini yerine getiremeyen topraklara bu gücü yeniden kazandırmak için bazı yönetim uygulamaları uygulanmaktadır. Özellikle tarımsal üretim alanlarında toprak işleme ve gübreleme oldukça geniş bir alanda kullanılan yönetim uygulamalarıdır. Ancak, özellikle kimyasal gübre kullanımı toprağın verim potansiyelini arttırırken diğer yandan diğer ekosistemlerde kalıcı hasarlara neden olmaktadır (Bhattacharya et al., 2019). Kimyasal gübre kullanımındaki bir diğer olumsuzluk ise söz konusu gübrelerin üretim sürecinin neden olduğu çevresel sorunlardır. Kısaca, ekosistemsel bir sorun olan toprak bozulmasını ortadan kaldırmak için kullanılan yöntemler ne yazık ki yeni ekosistemsel sorunlara yol açmaktadır.

Doğa bilimlerinde hidrolojik bir birim olarak kabul edilen havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan sırtlardan geçen bir su ayırım çizgisiyle ayrılan alan olarak tanımlanmaktadır (Özhan, 2004). Havzalar içbükey topoğrafik yapıya sahip ünitelerdir. İklimin ve suyun etkisi ile eğim değeri değiştikçe suyun toprak yüzeyindeki akış hızı ve içindeki hareketi değişmekte böylece farklı topoğrafik yapılar ortaya çıkmaktadır. Havzalarda büyüklüğe bağlı olarak topografya, eğim, bakı, iklim, canlılar, vejetasyon ve alan kullanımı gibi toprak oluşum

faktörlerinde görülen değişiklikler beraberinde farklı toprak tiplerinin de ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Topraklar arazide süreklilik gösteren bir yapıya sahip olduklarından yatay ve düşey doğrultularında incelenen özellikler bakımından farklılık göstermeleri olasıdır. Bu nedenle arazinin herhangi bir noktasında incelenen bir özelliğe ait ölçüm değeri mesafeye bağlı olarak arazi boyunca değişkenlik gösterebilir. Diğer bir ifadeyle toprak özellikleri yersel değişkenlik göstermektedirler. Arazi boyunca değişkenlik gösteren toprak özelliklerinin ölçüm değerleri arasındaki yersel değişimin derecesinin belirlenmesinde jeoistatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. İlk olarak maden sahalarındaki cevherlerin uygunluk durumlarının belirlenebilmesi için kullanılan jeoistatistik günümüzde doğa bilimlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Jeoistatistiksel değerlendirmelerde iki aşama takip edilmektedir. İlk aşamada incelenen özelliğin yersel bağımlılık derecesi belirlenmekte ve modellenmekte ikinci aşamada ise interpolasyon tekniği ile örneklenmemiş alanlar için tahminler üretilmektedir.

Bu çalışma; i. Büyük havza sınıfında yer alan Godrahav havzasının toprak özelliklerini ve bu özelliklere ait yersel değişkenlik derecelerinin belirlenmesi, ii. Bu özelliklere ait dağılım haritalarının oluşturulması, iii. İncelenen toprak özellikleri kullanılarak bir bozulma indeks değerinin oluşturulması, iv. Toprak bozulma indeks değerinin havza boyunca değişiminin belirlenmesi, v. Toprak bozulma indeks değerine ait dağılım haritalarının oluşturulması ve vi. Toprak bozulma indeks değerindeki değişimin topoğrafik faktörlerle ve alan kullanım farklılıkları ile ilişkilendirilmesi amacıyla yürütülmüştür.

1.2 Literatür Çalışması

Havzalar, geniş alanlar kaplamaları, farklı yapısal özellikler göstermeleri ve bünyesinde farklı alan kullanım şekilleri barındırmaları nedeniyle çok sayıda araştırmaya konu olmuşlardır. Bu çalışmaların önemli bir kısmını toprak özelliklerinin havza boyunca değişiminin ve bu değişimin yapısal özellikler ile ilişkilerinin incelendiği çalışmalar oluşturmaktadır.

Tarımsal üretim potansiyeli yüksek olan Mun havzasında coğrafi ağırlıklandırma ve bulanık mantık yöntemi kullanılarak yaptıkları çalışmada toprak özelliklerinin havza

boyunca konumsal değişkenlik durumlarını belirlemişler ve kriging interpolasyon yöntemiyle de söz konusu özelliklerin dağılım haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırmacılar çalışma sonunda konumsal değişkenlik gösterdiğini, başta organik madde ve toplam azot olmak üzere birçok özelliğın orman alanlarında daha yüksek değerler aldığını belirlemişlerdir (Wu et al., 2019).

Toprak organik karbonunun bir havzadaki değişiminin belirlenebilmesi amacıyla yürütölen çalışmada, toprak organik karbonuna ait yersel değişim deseninin alan kullanım durumuna ve alanın yapısal özelliklerine bağı olduğı belirlenmiştir (Y. Zhang et al., 2019).

Havzaların eğim ve yükselti gibi yapısal özellikleri ve kum içeriğı, organik madde içeriğı ve hacim ağırlığı gibi bazı toprak özellikleri ile tarla kapasitesi nem içeriğı ve hidrolik iletkenliğı arasındaki ilişkilerin incelendiğı bir çalışmada, kum içeriğinin nem parametreleri üzerinde en etkili toprak özelliğı olduğı ve ayrıca söz konusu özelliklerin havzanın yapısal özelliklerine bağı olarak önemli derecede değişkenlik gösterdiğı belirlenmiştir (Dongli et al., 2017).

Toprak organik maddesinin havza boyunca konumsal değişiminin incelendiğı bir çalışmada, ana materyal, alan kullanımı ve eğim derecesinin organik madde üzerinde önemli seviyede etkili olduğı, organik madde içeriğine ait nugget/sill oranının 0.70 olduğı ve söz konusu özelliğe ait konumsal değişimin yapısal özelliklerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Bai & Zhou, 2020).

Sürdürülebilir alan kullanım planlaması yapabilmek amacıyla havza topraklarına ait özelliklerin konumsal değişimlerinin belirlendiğı bir çalışmada, toprakların tane büyüklük dağılımları, organik madde içerikleri ve yarayışlı nem içeriklerine ait mekânsal dağılım haritaları ve havzanın eğim gurupları haritası oluşturulmuştur. Çalışma sonunda incelenen özellikler göz önünde bulundurularak havzada çeltik tarımının en uygun alan kullanım şekli olduğı bildirilmiştir (Kar et al., 2009).

Havza topraklarının toplam karbon ve toplam azot içeriğine alan kullanımı, topoğrafya ve toprak özelliklerinin etkilerinin incelendiğı çalışmada toplam karbon ve toplam nitrojeni kontrol eden en önemli faktörlerin yükselti, eğim, kil içeriğı ve nem içeriğı olduğı belirlenmiştir. Ayrıca toprak organik karbonu ve toplam azot için çevresel

faktörlerin alan kullanım durumundan daha önemli olduğu ortaya konulmuştur (S. Wang et al., 2012).

Yüksek rakımlı bir havzada alan kullanım farklılıklarının toprak özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, havzanın iki farklı bölümündeki (yukarı havza bölümü ve aşağı havza bölümü) yaygın alan kullanım tipleri olan doğal orman, tarım, mera ve okaliptüs plantasyon sahasından toprak örnekleri alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma sonunda, doğal orman topraklarına nazaran tarım, mera ve okaliptüs alanlarındaki toprakların kum içeriklerinin daha yüksek olduğu buna karşılık bu alanlarda Ca ve Mg içeriklerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında hacim ağırlığı, organik madde içeriği ve fosfor içeriği bakımından da alan kullanım tipleri arasında önemli seviyede farklılıklar olduğu ancak silt içeriği, Na ve K bakımından önemli farklılıkların olmadığı ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca incelenen tüm özelliklerin havza bölümlerinde önemli seviyede farklılıklar gösterdiği de belirtilmiştir (Bewket & Stroosnijder, 2003).

Jeoistatistiksel yöntemler ağırlıklı olarak toprak özelliklerinin alansal dağılımlarının belirlenebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla başta tarımsal üretim alanları olmak üzere çayır-meralar ve orman alanlarındaki toprakların konumsal bağımlılık derecelerinin belirlenmesi ve oluşturulan modeller yardımıyla dağılım haritalarının oluşturulması konularında çok sayıda çalışma mevcuttur.

Laterit toprak sınıfına giren bir alanda azot, pH, elektriksel iletkenlik, fosfor, potasyum ve organik madde içeriklerinin konumsal farklılıklarının jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenebilmesi amacıyla yürütülen araştırmada, semivariogramlar ve kriging yöntemiyle dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonunda K, N ve EC ye ait nugget/sill oranları %25-75 arasında değerler almış ve bu özelliklerin orta derecede otokorelasyon (yersel bağımlılık) gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen özelliklerin alandaki dağılımının kuzey-güney doğrultusunda değişkenlik gösterdiği ve çapraz doğrulamayla mekânsal tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki farklılığın önemli seviyede olmadığı görülmüştür (Bhunia et al., 2018).

Toprak kalite indeks değerlerinin ve bunda etkili olan toprak özelliklerinin konumsal bağımlılık derecelerinin ve dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla yapılan bir çalışmada, kriging yönteminde tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki farkın

IDW'den daha düşük olduğu ve yönetim uygulamalarının toprak özelliklerinin dağılımıyla yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir (AbdelRahman & Tahoun, 2019).

Yerel tarımsal üretim planlarının yapılabilmesi için gerekli olan toprak verimlilik parametreleri ve dışsal faktörlerin konumsal dağılımlarının belirlenebilmesi amacıyla yapılan çalışmada, incelenen özelliklerin konumsal bağımlılık modellerinin ve konumsal bağımlılık seviyelerinin farklılık gösterdiği, toplam azot ve yarıyışlı fosfora ait range değerlerinin K, CaCO₃, EC, Cu, Zn ve Mn'a ait range değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Najafian et al., 2012).

Çok kriterli karar verme analizleri çoğunlukla bitkisel üretim için uygun alanların belirlenmesi, havzalarda sel ve taşkın risklerinin belirlenmesi ve erozyon tahmin haritalarının oluşturulması amacıyla kullanılmıştır.

Tarımsal üretim için uygun alanların belirlenebilmesi amacıyla yürütölen bir çalışmada GIS ve AHP yöntemleri birlikte kullanılmış ve GIS tabanlı çok kriterli karar verme analizlerinin bu tür çalışmalar için uygun olduğu bildirilmiştir (Akinci et al., 2013).

Tarımsal üretim uygunluk çalışmalarında ürün bazlı değerlendirmeler de yapılmıştır. İran'da yürütölen bir çalışmada kalkerli bir topografyada kolza için uygun alanlar belirlenmeye çalışılmış ve yine bu araştırmada da GIS tabanlı çok kriterli karar verme analizlerinin uygun olduğu tespit edilmiştir (Ostovari et al., 2019).

Toprak bozulmasının neden olduğu çevresel risklerin tahmin modellerinin oluşturulması, bu modellemelerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve iklim değişimi ile toprak bozulma riski arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amacıyla yürütölen çalışmada, geliştirilen modellere dayanarak üç risk sınıfı oluşturulmuştur. Düşük eğimli zeytin ağaçları ile kaplı alanların düşük risk sınıfında olduğu, orta derecede eğime sahip hububat ekili alanların orta risk sınıfında olduğu ve yüksek eğim derecesine sahip alanların ise yüksek risk sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında toprak bozulma riskinin topoğrafya, tarımsal özellikler ve yağış özellikleri gibi iklimsel parametrelerle ilişkili olduğu görölmüştür (Riahi et al., 2018).

Toprak bozulmasını konu alan çalışmalar ağırlıklı olarak bozulmada etkili olan faktörlerin belirlenmesi, bozulma ifade şekilleri, toprak bozulmasının belirlenmesinde kullanılabilecek toprak özelliklerinin tanımlanması ve toprak bozulmasının ekosisteme etkileri üzerine yoğunlaşmıştır.

Toprak bozulması ile eğim derecesi, yükselti, rakım farklılıkları, yağış, sıcaklık, toprak tekstürü ve solar radyasyon arasındaki ilişkilerin incelendiğı çalışmada eğim derecesi >7 derece, ortalama sıcaklığı <5.9, yükselti farklılığının >10.54, rakımı >760m olan alanların en yüksek bozulma tehdidine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada ayrıca su ve rüzgâr erozyonu ile toprak sıkışması, organik madde kaybı, asitleşme ve ağır metal kirliliğı gibi süreçler de göz önünde bulundurulmuştur. Araştırmacılar çalışma sonuçlarının bozulma tehdidi aşamaları arasındaki farklılığın tanımlanmasında, tehdit altındaki arazilerin sınıflandırılmasında, fiziksel coğrafik faktörlerin toprak bozulması üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasında ve toprak bozulmasının zararlarının azaltılmasında yararlı olacağını belirtmişlerdir (Bednář & Šarapatka, 2018).

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak bozulma çeşitlerinin tahmin edilebilmesi için bir model geliştirilmesi amacıyla yürütölen araştırmada CBS tabanlı yöntemler kullanılmış ve 850'den fazla toprak profilinden örnek alınarak 1/200 000 ölçekli haritalar oluşturulmuştur. Çalışma sonunda bu haritaların bölgesel ölçekte toprak bozulmasının etkili bir şekilde değerlendirilebilmesinde kullanılabileceğı belirtilmiştir. Araştırmacılar çalışma alanının %29'unda yüksek derecede fiziksel bozulmanın, %36'sında yüksek derecede biyolojik bozulmanın ve %6'sında yüksek derecede kimyasal bozulmanı göröldüğünü bildirmişlerdir (de Paz et al., 2006).

Toprak bozulmasının yüksek çayır topraklarının besin elementleri içeriğinde ve vejetasyon parametrelerinde meydana getirdiğı değişiklikleri incelemek amacıyla yürütölen çalışmada, bozulmanın göröldüğü alanlarda toprak altı biomasın ve bitki kaplılık oranının düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında toplam azot, toplam fosfor ve toprak organik karbon içeriklerinin de bozulmuş topraklarda önemli seviyede düşük değerler aldığı görölmüştür (Guo et al., 2019).

İspanya'daki farklı katenalarda toprakların mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Söz konusu alanların bitki kapalılık oranı bakımından geniş bir değişim yelpazesine sahip olması toprak bozulmasını yansıtan parametrelerin belirlenmesinde avantaj sağlamıştır. Çalışma sonunda incelenen parametrelerin bitki yoğunluğu ile yakından ilişkili olduğu, kapalılık oranının yüksek olduğu orman topraklarında bozulma indekslerinin en düşük değerler aldığı belirlenmiştir (Bastida et al., 2006).

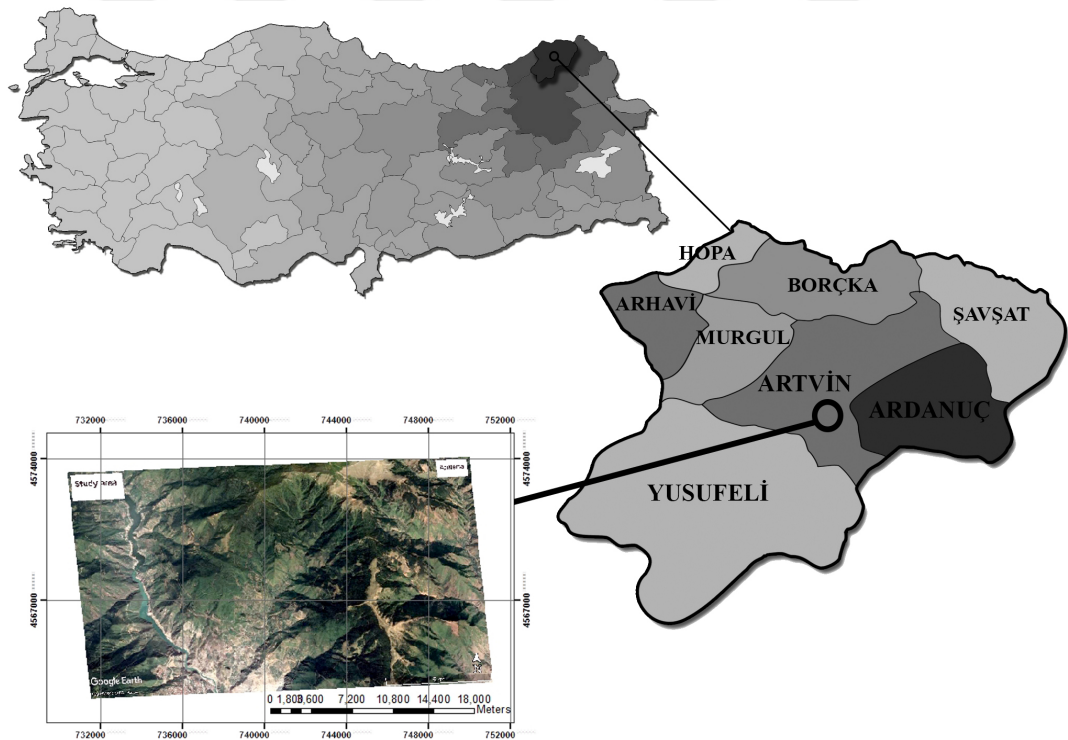


2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Araştırma Alanının Coğrafi konumu

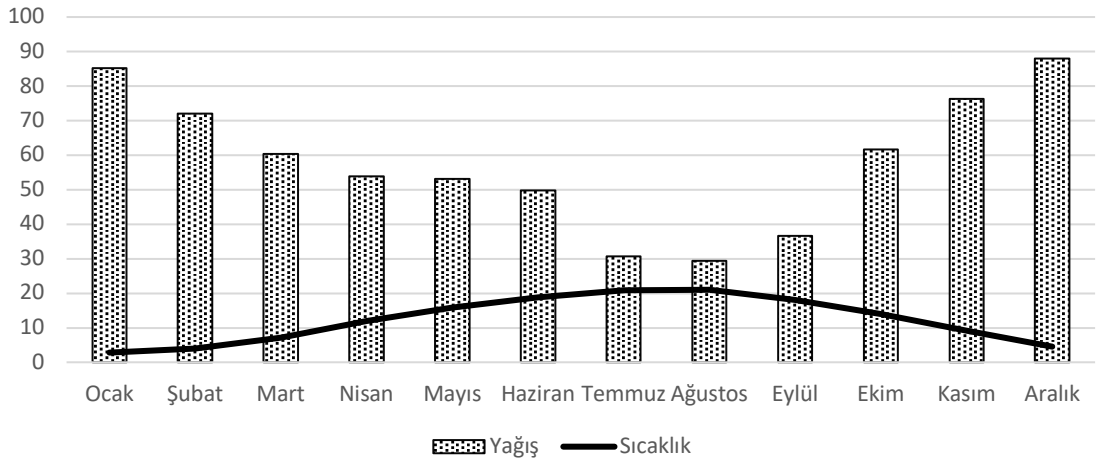
Artvin Doğu Karadeniz bölgesinde yer almakta, doğusunda Ardahan, güneyinde Erzurum ve batısında Rize illeri ile sınırı bulunmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü Godrahav havzası Artvin il sınırları içerisinde kalmaktadır. Kuzey-Güney doğrultusunda konumlanmış havzanın kuzeyinde havzanın başlangıç noktası sayılabilecek Karçal dağları ve güneyinde ise bitiş noktası olan Çoruh nehri bulunmaktadır. Havzanın kuzey-batı köşe koordinatları 741294D-4573376K, kuzey-doğu köşe koordinatları 745065D-4571484K, güney-batı köşe koordinatları 737287D-4563454K ve güney-doğu köşe koordinatları 738575D-4562394K'dir (Şekil 1).



Şekil 1 Çalışma alanının coğrafi konumu

2.1.2 Araştırma Alanının İklimsel Özellikleri

Artvin ili coğrafi konum itibariyle farklı iklim tiplerinin etkisi altında kalmakla birlikte, çalışmanın yürütüldüğü il merkezinde uzun yıllar ortalamasına göre yıllık toplam yağış miktarının yaklaşık 700mm ve ortalama sıcaklığın ise 12 °C olduğu rapor edilmektedir. Ayrıca il merkezindeki en düşük sıcaklık -16 °C ile ocak ayında ve en yüksek sıcaklık ise 43 °C ile ağustos ayında hissedilmiştir. Yağış ve sıcaklık ortalamalarının aylara göre dağılımları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2 Sıcaklık ve yağış ortalamalarının aylık dağılımı

Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Artvin’in iklim sınıfı C2,B’1,s,b’4 olarak tanımlanmaktadır. Burada C2: yarı nemli, B’1: birinci derece mezotermal, s: su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan ve b’4: yaz buharlaşma oranı %50.1 anlamına gelmektedir.

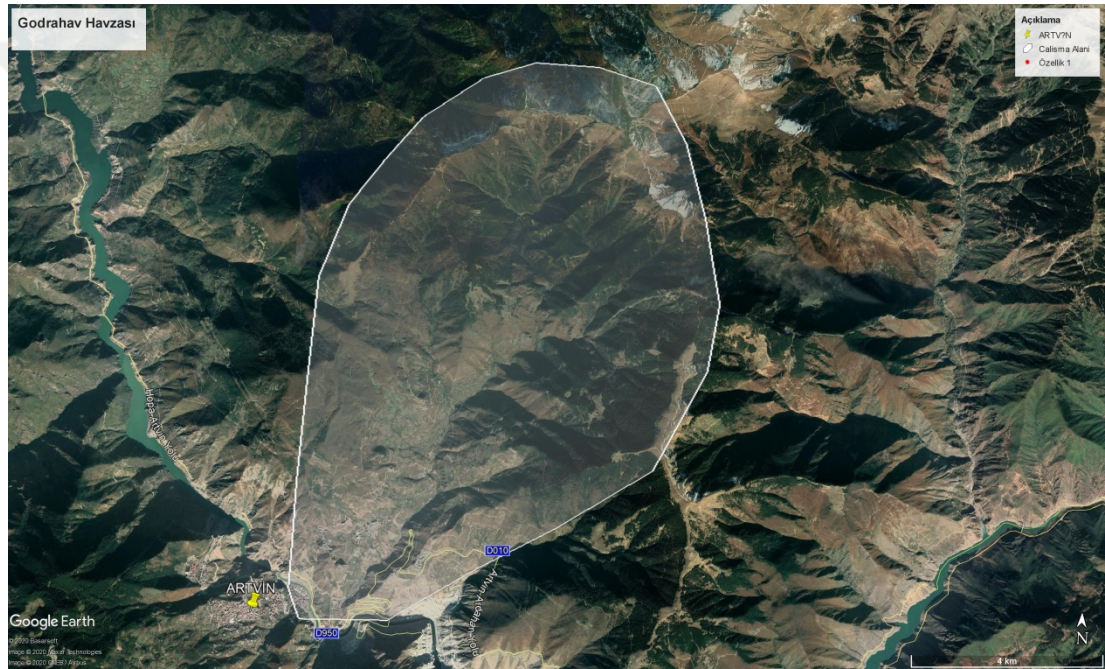
2.1.3 Araştırma Alanının Jeolojik Yapısı

Artvin ve yöresinin en büyük jeolojik ünitesi üst kretase volkanik serisi ve volkano-sedimanter serisidir. Volkanik seri içerisinde yer alan bazalt lavları yerel bölgelerde dağılışı göstermiştir (Gattinger, 1962; Ketin, 1949; Ketin, 1954). Araştırma sahasında ağırlıklı olarak bulunan bazalt (Erdoğan Yüksel, 2015), püskürük (volkanik) anakayalar grubunda yer almaktadır.

2.1.4 Araştırma Alanına Ait Fizyografik Özellikler

2.1.4.1 Havza alanı

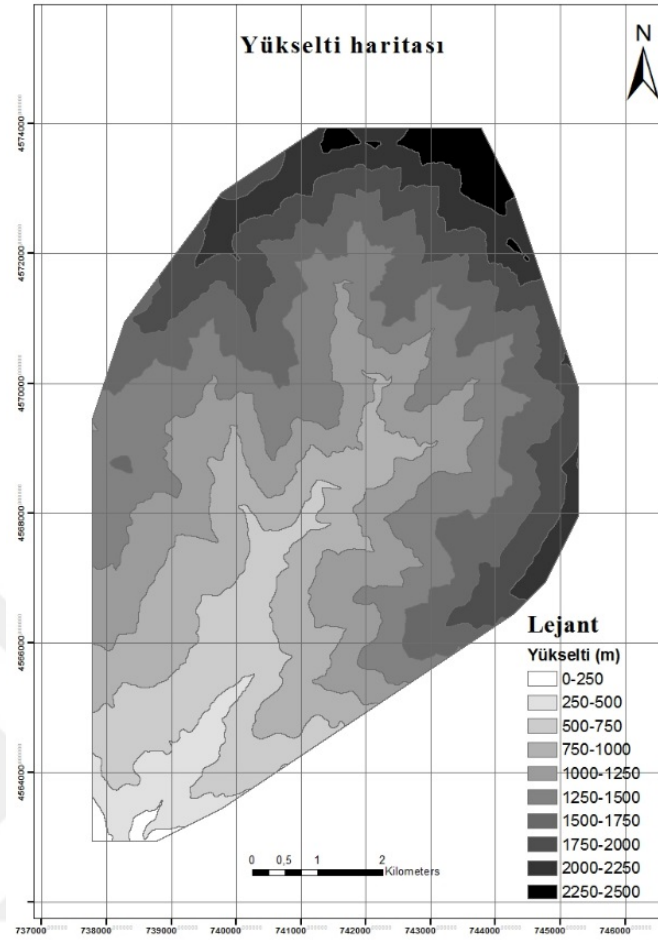
Havza alanı havzayı sınırlayan su ayırım çizgileri sayısallaştırılmış topoğrafik harita üzerinde belirlenmesinin ardından ArcGIS yazılımı yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda havzanın toplam alanın yaklaşık 6750 ha olduğu görülmüştür (Şekil 3). Çalışma alanı ulusal sınıflama sistemine göre “büyük” ve uluslararası sınıflama sistemine göre ise “watershed” sınıfında yer almaktadır (Kantar, 2014).



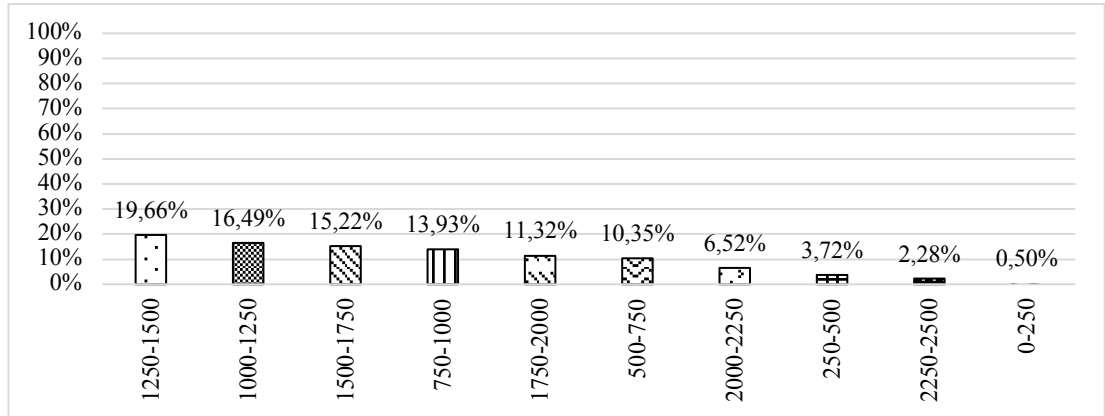
Şekil 3 Çalışma alanı haritası

2.1.4.2 Yükselti

Çalışma alanına ait yükseklik haritası incelendiğinde alanın denizden yüksekliğinin 0-2500m arasında değiştiği (Şekil 4), havzada en fazla yer kaplayan yükselti sınıfının 1250-1500m (%19,66) olduğu, bunu sırasıyla 1000-1250m (%16,49), 1500-1750m (%15,22), 750-1000m (%13,93), 1750-2000m (%11,32), 500-750m (%10,35), 2000-2500m (%6,52), 200-500m (%3,72), 2250-2500m (%2,28) ve 0-250m (0,50) yükselti sınıflarının takip ettiği görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 4 Çalışma alanına ait yükselti haritası

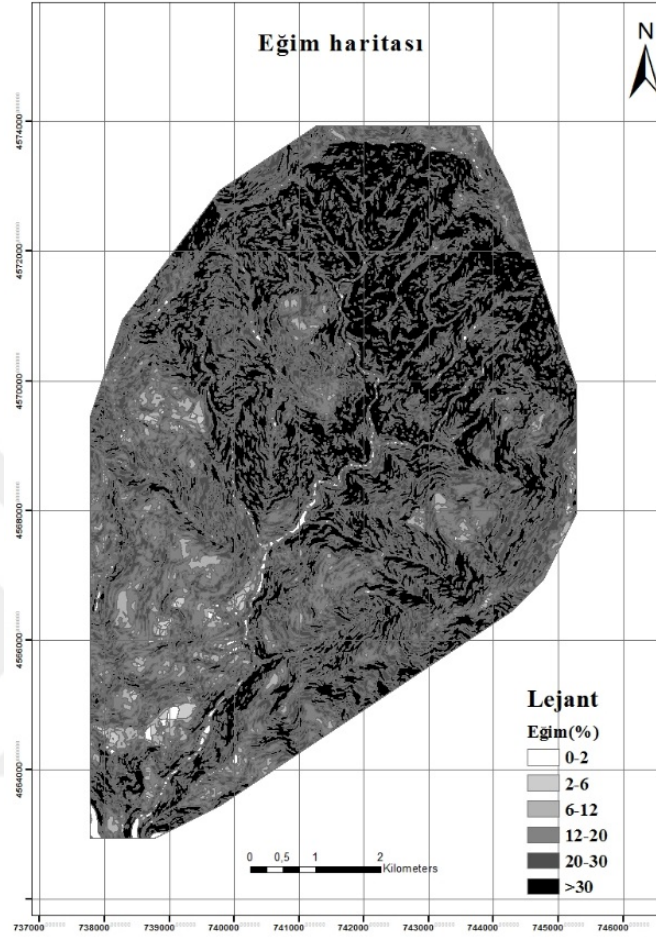


Şekil 5 Havzadaki yükselti sınıflarının oransal dağılımları

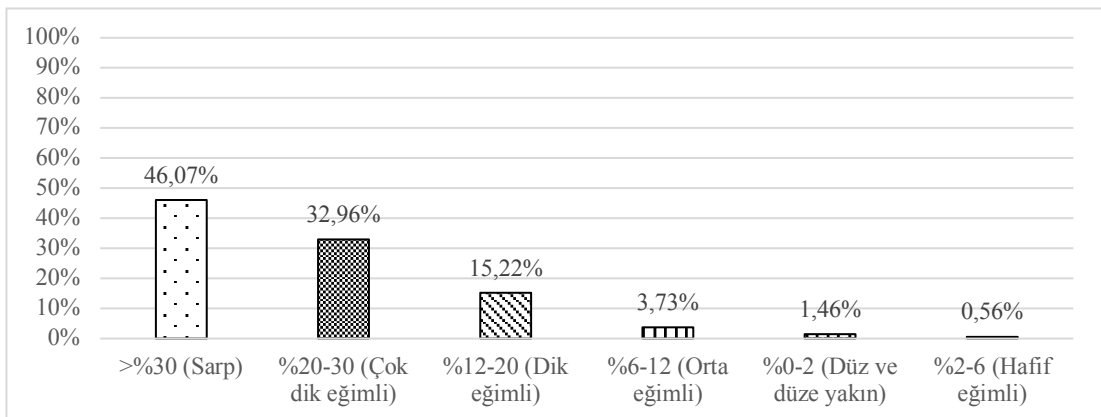
2.1.4.3 Eğim sınıfları

Havza genelinde düz ve düze yakın eğimli alanlar vadi tabanlarında ve yamaç sırtlarında görülmektedir, ancak havza ağırlıklı olarak yüksek derecede eğimlidir (Şekil 6) Eğim sınıflarının havzadaki dağılımı incelendiğinde %30'un üzerindeki eğim

derecesine sahip alanların havzanın yaklaşık %46'sını kapladığı, eğim derecesindeki azalışa bağlı olarak bu sınıfların kapladığı alanlarında azaldığı görülmüştür (Şekil 7).



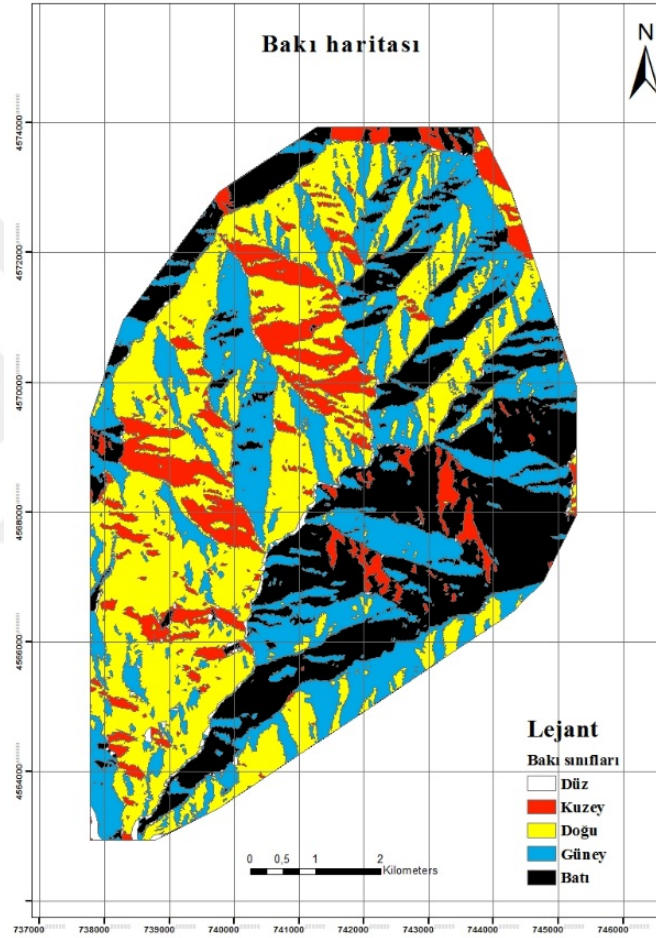
Şekil 6 Çalışma alanına ait eğim derecesi haritası



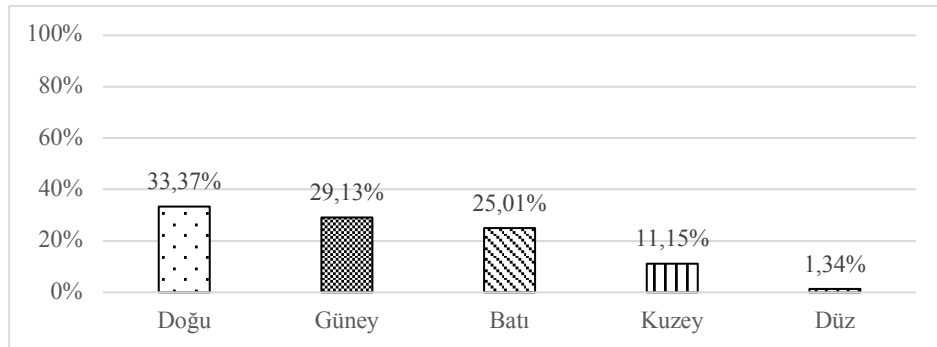
Şekil 7 Havzadaki eğim sınıflarının oransal dağılımı

2.1.4.4 Bakı

Havza genel itibariyle kuzey-güney doğrultusunda konumlandığı için genel itibariyle doğu bakılıdır (Şekil 8). Alana ait bakı haritası incelendiğinde doğu bakılı alanların havzanın yaklaşık %33.37'sini oluşturduğu, düz alanların ise %1.34'lük bir orana sahip olduğu görülmüştür. Bakı sınıflarının havzada kapladığı alanlar oransal olarak Şekil 9'de verilmiştir.



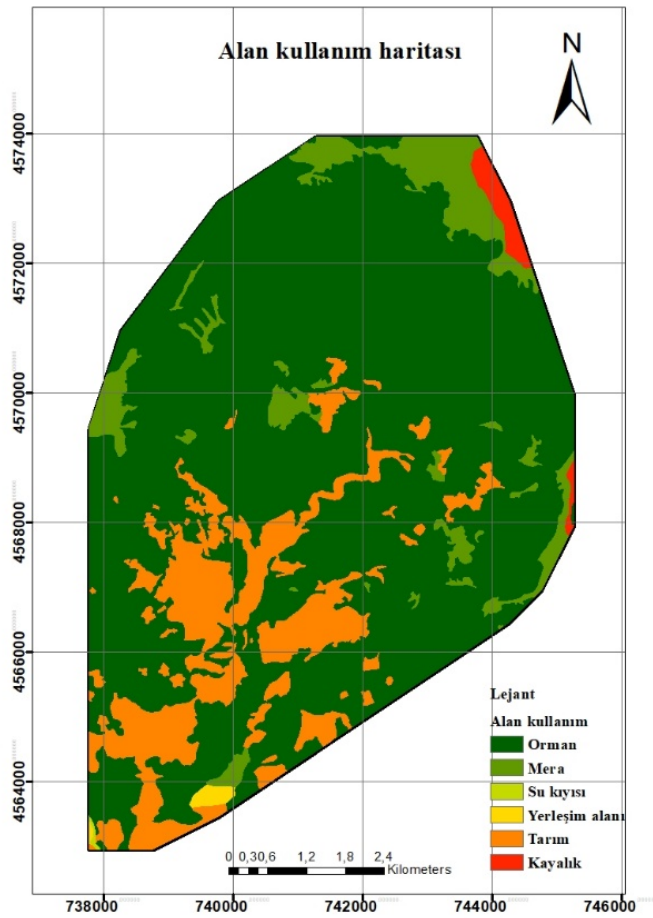
Şekil 8 Çalışma alanına ait bakı haritası



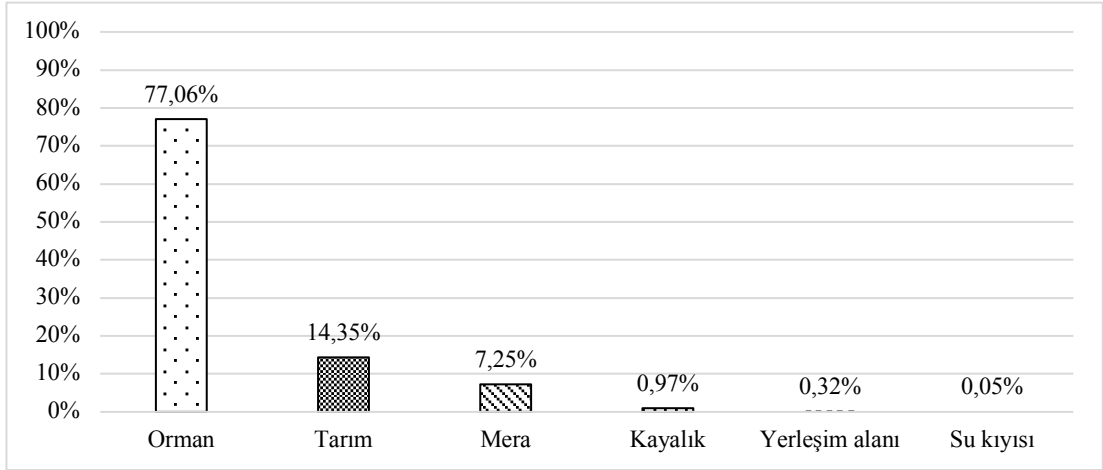
Şekil 9 Havzadaki bakı sınıflarının oransal dağılımı

2.1.5 Araştırma Alanındaki Alan Kullanım Sınıfları

Çalışma alanındaki en yaygın alan kullanım tipleri; orman, tarım, mera, kayalık, yerleşim alanı ve su kıyısıdır (Şekil 10). Alan kullanım tiplerinin oransal dağılımları incelendiğinde havzanın %77.06'lık bölümünü ormanlık alanların, %14.35'ini tarım alanlarının, %7.25'ini mera alanlarının, %0.97'sini kayalık alanların, %0.05'ini su kıyıların ve %0.32'lik kısmını ise yerleşim alanlarının kapladığı görülmüştür (Şekil 11). Alan kullanım sınıfları Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Amenajman Planı kullanılarak belirlenmiştir.



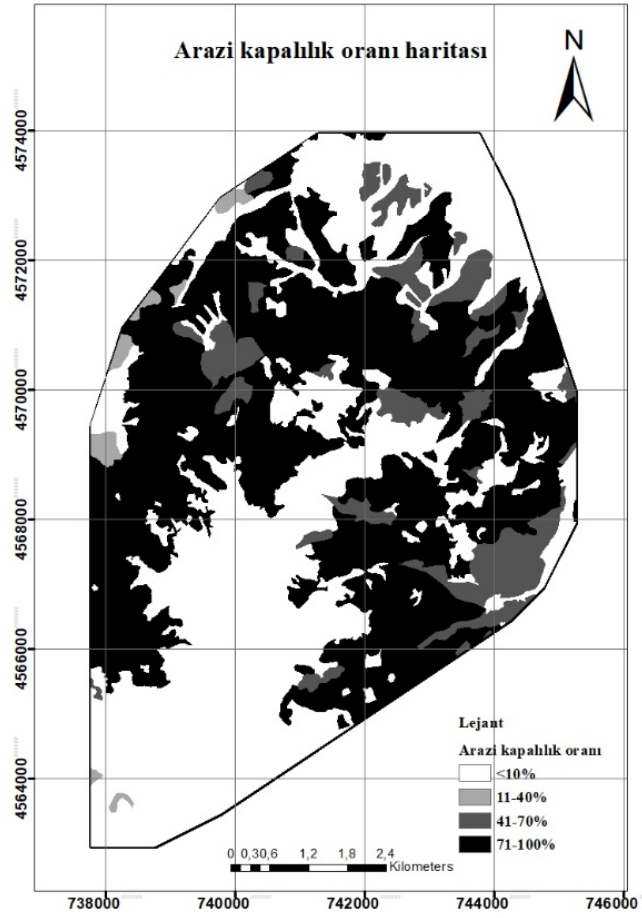
Şekil 10 Çalışma alanına ait alan kullanım haritası



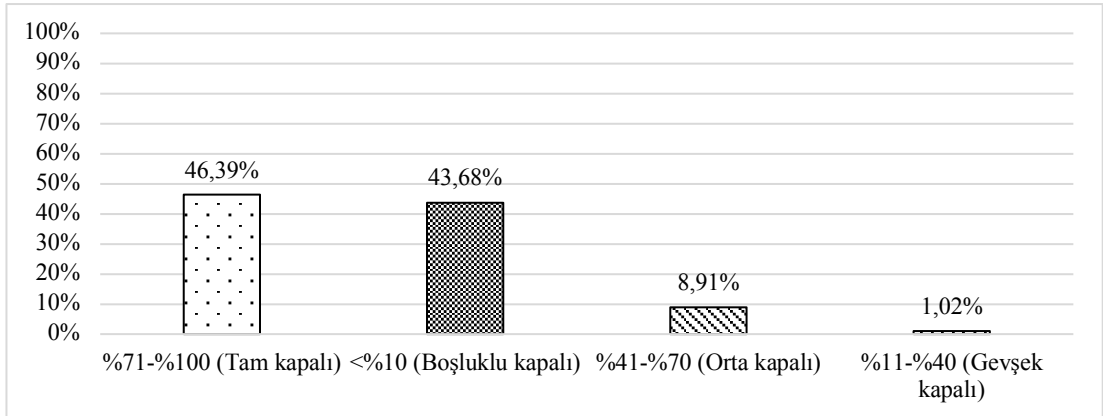
Şekil 11 Havzadaki alan kullanım sınıflarının oransal dağılımları

2.1.6 Araştırma Alanının Arazi Kapalılık Oranı

Çalışma alanının ait arazi kapalılık haritası incelendiğinde alanda dört sınıf (boşluklu kapalı, gevşek kapalı, orta kapalı, tam kapalı) oluşturulmuştur. Havzanın yarıya yakın bir bölümünde yoğun bitki örtüsü hâkimdir. Bu durum çalışma alanına ait arazi kapalılık haritası incelendiğinde açık bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 12). Havza da kapalılık sınıfı tam kapalı (>%71) olan alanların oranı %46 iken kapalılık sınıfı boşluklu kapalı (<%10) olan alanların oranı %43, orta kapalı (%41-%70) alanların oranı %8 ve gevşek kapalı (%11-%40) alanların oranı ise %1 olduğu görülmüştür (Şekil 13). Çalışma alanına ait kapalılık oranları Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Amenajman Planı kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 12 Arazi kapalılık oranı haritası

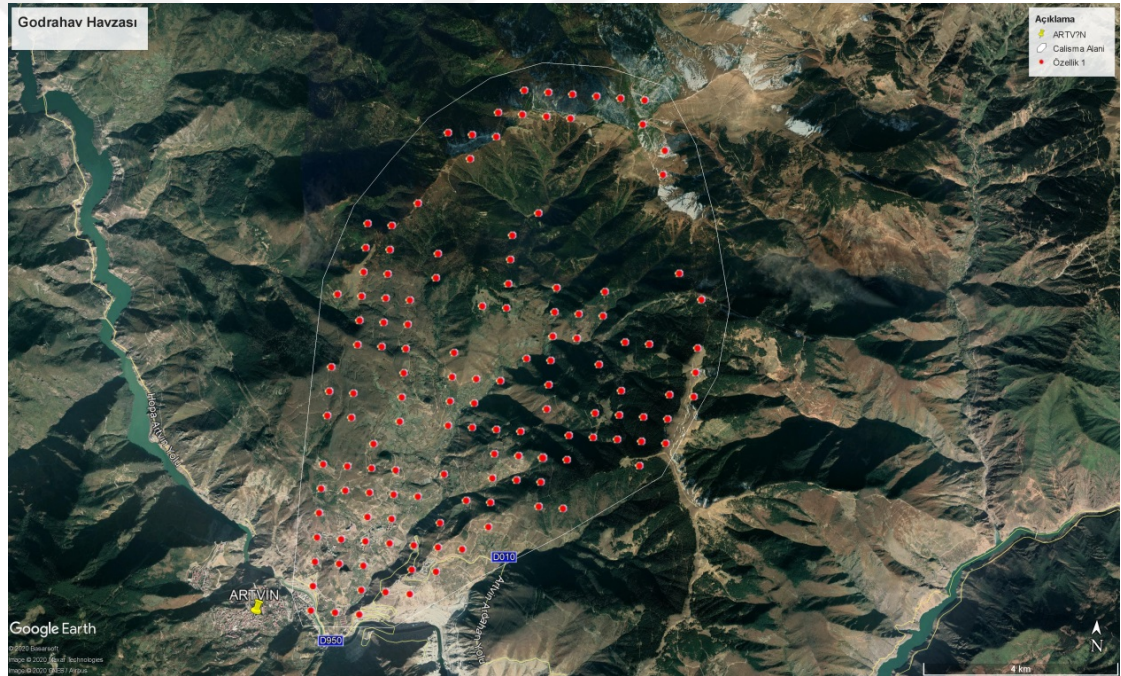


Şekil 13 Havzadaki arazi kapalılık sınıflarının oransal dağılımı

2.2 Yöntem

2.2.1 Örnekleme noktalarının belirlenmesi ve örnekleme

Örnekleme noktalarının belirlenmesinde gridleme yöntemi kullanılmıştır. ArcGIS yazılımı yardımıyla sayısallaştırılan harita üzerinde doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında 500x500m aralıklarla gridler oluşturulmuştur. Oluşturulan noktaların çakıştığı yerlerden toplamda 274 nokta belirlenmiş fakat alanın topoğrafik yapısından dolayı ulaşılması güç olan noktalar çıkarılarak ulaşılabilir yerlerden 137 tane örnekleme noktası belirlenmiştir. (Şekil 14). Örnekleme noktalarının üst toprak katmanından (0-10 cm) bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.



Şekil 14 Örnekleme noktalarının çalışma alanındaki dağılımı

2.2.2 Toprak tekstürü

Araziden alınan toprak örneklerinin kil, silt ve kum içerikleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee & Bauder, 1986).

2.2.3 Agregat stabilitesi

Toprak örneklerinin her bir agregat büyüklük sınıfı için agregat stabilitesi değerleri hava kurusu 2g 1-2 mm büyüklüğündeki agregat fraksiyonunun 0.25mm elek

açıklığında, 12.7mm darbe uzunluğu ve 42devir/dak darbe frekansına sahip Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Kemper & Rosenau, 1986).

2.2.4 Agregatlaşma oranı

Agregatlaşma oranı birim toprak kütlesi içindeki agregatların oranı şeklinde tanımlanmakta ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$AO = [(\ddot{O}A - KA)/\ddot{O}A] \quad (1)$$

Burada;

AO:agregasyon oranı,%

$\ddot{O}A$:agregat stabilitesi analizinde kullanılan örnek miktarı (2g)

KA:agregat stabilitesi analizinde belirlenen kum miktarı,g

2.2.5 Ortalama ağırlık çap

Örneklerin ortalama ağırlık çap değerleri (OAÇ) elek seti kullanılarak birim toprak kütlesini oluşturan farklı büyüklükteki ağırlıkların 1.00-2.00mm, 0.50.1.00mm, 0.25-0.50mm ve 0.125-0.250mm çap değerleri içerisinde toplamak yoluyla belirlenmiştir. Ortalama ağırlık çap değerleri aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$OA\check{C} = \sum x_i * w_i \quad (2)$$

Burada;

x_i :ortalama agregat büyüklük çapı, mm

w_i :ortalama çaptaki büyüklük sınıfına ait agregatların ağırlığı, g

2.2.6 Dispersiyon oranı

Toprakların dispers edilmeden önce ve sonra silt+kil fraksiyonlarının hidrometre okumalarında elde edilen veriler kullanılarak tespit edilmiştir.

$$DO = \frac{\text{Dispersleştirilmemiş (silt+kil)}}{\text{Dispersleştirilmiş (silt+kil)}} \times 100 \quad (3)$$

2.2.7 Hacim ağırlığı

Hacim ağırlıklarının hesaplanmasında silindir yöntemi kullanılmıştır (Blake & Hartge, 1986).

2.2.8 Porozite

Aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Danielson & Sutherland, 1986).

$$\text{Porozite (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Hacim ağırlığı}}{\text{Özgöl ağırlık}} \right) \times 100 \quad (4)$$

2.2.9 Tarla kapasitesi ve solma noktası nem içeriği

Toprak örneklerinin tarla kapasitesi ve solma noktasında tutabildikleri su miktarları başlangıçta satire edilen örneklere basınçlı membran aletinde 33 kPa ve 1500 kPa basınç uygulanarak belirlenmiştir (Cassel & Nielsen, 1986).

2.2.10 Organik madde

Toprakların organik madde içerikleri Smith -Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Allison, 1965).

2.2.11 Toprak reaksiyonu (pH)

Toprakların pH'ları 1:2.5 oranında toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Michael, 1965).

2.2.12 Elektriksel iletkenlik (EC)

Hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon süzüklerinde elektrikli kondüktivite aleti ile $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir (Bower & Wilcox, 1965).

2.2.13 Alana ait özelliklerin haritalandırılması

Çalışma alanına ait topoğrafik özellikler (eğim, yükselti, bakı, alan kullanımı, kapalılık oranı) ile alan kullanımına ait özelliklerin haritalandırılmasında ArcGIS 11 yazılımı kullanılmıştır.

2.2.14 İstatiksel değerlendirmeler

İncelenen özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler (en düşük, en yüksek ve ortalama değer, standart sapma, değişkenlik katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerler) belirlenmiştir. Ayrıca bu özellikler arasındaki doğrusal ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya konulmuştur. Söz konusu analizlerin yapılmasında XLSTAT yazılımı kullanılmıştır.

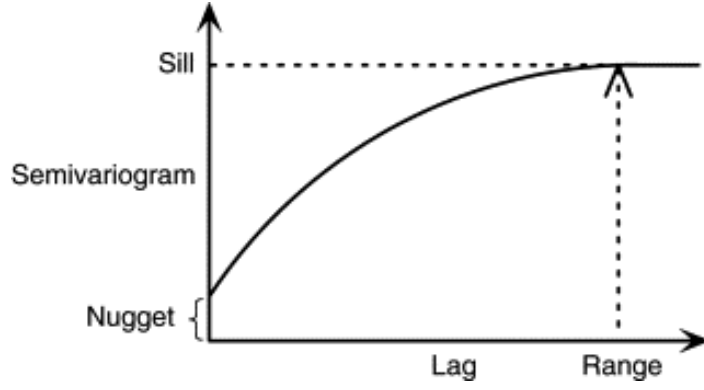
2.2.15 Jeostatiksel değerlendirmeler

Toprak bozulma indeksi ve bu indeksin belirlenmesinde kullanılan toprak özelliklerinin konumsal bağımlılık derecelerinin belirlenmesinde ve dağılım haritalarının oluşturulmasında jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. İncelenen her bir özelliğin yersel bağımlılık derecelerinin belirlenmesinde semivaryanslar hesaplanmış, semivaryansların mesafeye bağlı olarak değişimini gösteren semivariogramlar oluşturulmuş ve bu ilişkiyi en uygun şekilde tanımlayan modeller oluşturulmuştur. Semivaryans, incelenen bir z özelliğinin iki farklı noktadaki ölçüm değerlerine ait konumsal bağımlılık derecesinin bir ölçüsüdür ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (5)$$

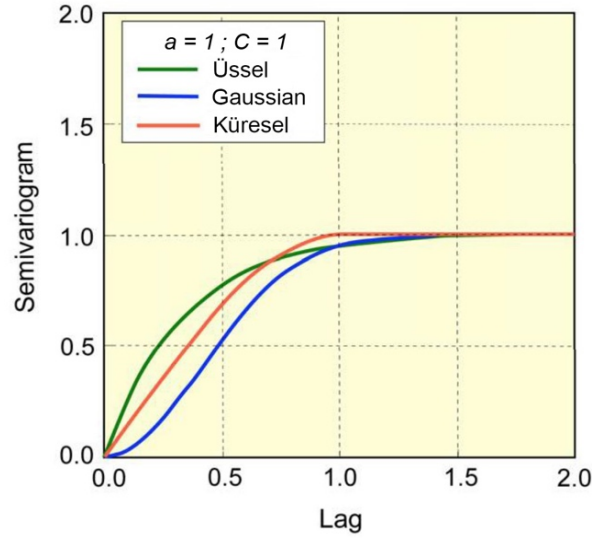
Burada; “ N ” h lag mesafesi ile birbirinden ayrılan örnek çiftlerinin sayısını, “ $Z(x_i)$ ” Z özelliğinin x_i noktasındaki ölçüm değerini, $Z(x_i + h)$ ise Z özelliğinin h mesafedeki ölçüm değerini, h ise örnek çiftleri arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.

Belirlenen semivaryans değerlerinin örnek çiftleri arasındaki mesafeyle olan ilişkisi semivariogramla ifade edilmiştir. Semivariogramlarda üç parametre tanımlanmaktadır. Örneklem çiftleri arasındaki farkın sabit duruma geçtiği mesafe olarak tanımlanan “range”, range değerine karşılık gelen semivaryans değeri “sill” ve örneklem çiftleri arasındaki mesafenin sıfır olduğu durumda ortaya çıkan semivaryans değeri “nugget” (Şekil 15).



Şekil 15 Deneysel semivariogram modeli

Semivariogramlar için üç farklı model tanımlanmaktadır, üssel (exponential), küresel (spherical) ve Gaussian (Şekil 16).



Şekil 16 Semivariogramlar için tanımlanan modeller (Olea, 2009'dan uyarlanmıştır)

İncelenen özelliklere ait tahmin modellerinin belirlenmesinden sonra basit Kriging yöntemi ile dağılım haritaları oluşturulmuştur. Geoistatistiksel modellerin ve dağılım haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 11.0 yazılımı kullanılmıştır.

2.2.16 Bozulma katsayısının belirlenmesi

Çalışma alanındaki her bir örnekleme noktasının bozulma katsayısının belirlenmesinde çok kriterli karar analizlerinden biri olan AHP yöntemi referans alınarak yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. AHP'den farklı olarak uzman görüşleriyle ağırlıklandırma ve puanlama yerine istatistiksel analizler yardımıyla ağırlıklandırma

ve doğrusal fonksiyonlar ile puanlamanın yapıldığı yaklaşımda aşağıdaki aşamalar takip edilmiştir.

- i. Göstergelerin ağırlıklandırılması: İki farklı ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Birincisinde temel bileşenler analizinde her bir göstergeler için belirlenen communality değerleri toplam communality değerine bölünerek ağırlıklandırılma katsayısı belirlenmiştir. İkincisinde ise korelasyon analizi sonucunda her bir parametrenin diğer parametreler ile olan korelasyon katsayılarının mutlak değerleri toplanmış ve toplam korelasyon katsayısına bölünerek ağırlıklandırması yapılmıştır.
- ii. Göstergelerin puanlanması: Göstergeler doğrusal puanlama fonksiyonları olan “arttıkça iyi, optimum aralık ve azaldıkça iyi” fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Elektriksel iletkenlik ve hacim ağırlığının puanlanmasında arttıkça iyi fonksiyonu, kil içeriği, silt içeriği, kum içeriği ve pH’nın puanlanmasında optimum aralık fonksiyonu ve agreget stabilitesi, agregatlaşma oranı, ortalama ağırlık çap, porozite, tarla kapasitesi, solma noktası ve organik madde içeriğinin puanlanmasında ise azaldıkça iyi fonksiyonu kullanılmıştır. Göstergeler için belirlenen fonksiyonlar ve fonksiyon parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Fonksiyonlar ve fonksiyon parametreleri

Gösterge	İşlev tipi	x ₁	r ₁	r ₂	x ₂	Denklem
Elektriksel iletkenlik	Arttıkça iyi	0.00			0.69	$f(x) = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)}$
Hacim ağırlığı		0.40			1.47	
Dispersiyon oranı		13.48			92.71	
Kil	Optimum aralık	3.79	30	35	59.56	$f(x) = 1 - \frac{(x - x_1)}{(r_1 - x_1)}; x_1 < x < r_1$ $f(x) = 0; r_1 < x < r_2$ $f(x) = \frac{(x - r_2)}{(x_2 - r_2)}; r_2 < x < x_2$
Silt		0.78	30	35	44.02	
Kum		9.12	30	35	82.59	
pH		3.71	6.8	7.2	7.66	
Agregat stabilitesi	Azaldıkça iyi	57.59			98.91	$f(x) = 1 - \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)}$
Agregatlaşma oranı		18.75			96.75	
Ortalama ağırlık çap		0.28			1.16	
Porozite		20.11			80.68	
Tarla kapasite		15.26			91.62	
Solma noktası		8.48			75.97	
Organik madde		0.15			5.90	

x₁, minimum değer; x₂, maksimum değer; r₁, optimum aralığın en küçük değeri; r₂, optimum aralığın en yüksek değeri

iii. Bozulma katsayısı değerin hesaplanması: Çalışma alanındaki her bir örnekleme noktası için bozulma katsayısı değerin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$TBK = \sum_i^n A_i \times P_i \quad (6)$$

Burada; n, örnek sayısı, A_i , i göstergelere ait ağırlık katsayısı, P_i , i göstergelere ait puan değerini ifade etmektedir. Puanlama sonucunda üç sınıf oluşturulmuş (düşük, orta ve yüksek) ve her bir nokta için hesaplanan değer bu sınıflarla ifade edilmiştir.



3 BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmada incelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiksel sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Çalışma alanındaki toprakların kil, silt ve kum içeriklerine ait en düşük değerler sırasıyla %3.79, %0.78, %9.12, en yüksek değerler %59.56, %44.02, %82.59, ortalama değerler %29.24, %22.02, %48.74 çarpıklık değerleri 0.73, -0.19, -0.24 basıklık değerleri ise; -0.05, -0.58, 0.00 olmuştur.

Tablo 2 İncelenen özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler

İncelenen özellik	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı (%)	Çarpıklık	Basıklık
Kil içeriği (%)	3.79	59.56	29.24	10.76	36.80	0.73	-0.05
Silt içeriği (%)	0.78	44.02	22.02	10.41	47.28	-0.19	-0.58
Kum içeriği (%)	9.12	82.59	48.74	13.82	28.35	-0.24	0.00
AO (%)	18.75	96.75	69.81	18.78	26.90	-0.78	-0.05
AS (%)	57.59	98.91	86.97	8.15	9.37	-1.94	3.67
OAC (mm)	0.28	1.16	0.76	0.14	18.42	-0.47	1.26
P _b (g cm ⁻³)	0.40	1.47	0.93	0.28	30.10	-0.06	-0.94
DO (%)	13.48	92.71	44.15	18.01	40.79	0.62	-0.26
f (%)	20.11	80.68	56.18	12.11	21.56	-0.19	0.02
TK (%)	15.26	91.62	41.47	15.31	36.92	0.76	0.26
SN (%)	8.48	75.97	30.32	12.66	41.75	1.15	1.73
OM (%)	0.15	5.90	3.41	1.60	46.92	-0.11	-1.18
EC (µS/cm)	0.03	689.00	127.81	122.57	95.90	2.03	5.25
pH	3.71	7.66	5.77	1.01	17.50	0.13	-1.08

AO, Agregatlaşma oranı değerleri; AS, Agregat stabilitesi değerleri; OAC, Ortalama ağırlık çap değerleri; P_b, Hacim ağırlığı; DO, Dispersiyon oranı; f, Porozite değerleri; TK, -33 kPa basınç altında tutulan su miktarı; SN, -1500 kPa basınç altında tutulan su miktarı; OM, Organik madde; EC, Elektriksel iletkenlik değerleri

Agregatlaşma oranı (AO) %18.75 ile %96.75 arasında bir değişim göstermiş ve %69.81’lik bir ortalamaya sahip olmuştur, ayrıca AO’nın değişkenlik katsayısı %26.90, çarpıklık ve basıklık değerleri ise sırasıyla -0.78 ve -0.05 olarak hesaplanmıştır. Agregat stabilitesi (AS) değerleri de %57.59 ile %98.91 arasında değişim göstererek %86.97’lik bir ortalamaya sahip olmuştur, AS değerlerinin değişkenlik katsayısı %9.37, çarpıklık ve basıklık değerleri ise -1.94 ve 3.67 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki agregatlara ait ortalama ağırlık çap değerleri (OAC) 0.28 mm ile 1.16 mm arasında değişmiştir, bu özelliğe ait ortalama değer 0.76 mm ve çarpıklık ve basıklık değerleri sırasıyla -0.47 ve 1.26 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki dispersiyon oranı (DO) değerleri %13.48 ile %92.71 arasında

değişmiş, ve sırasıyla ortalama, değişkenlik katsayısı, çarpıklık, basıklık değerleri ise %44.15, %40.79, 0.62 ve -0.26 olarak hesaplanmıştır.

Toprakların hacim ağırlıklarının 0.40 g cm^{-3} ile 1.47 g cm^{-3} arasında değiştiği ve 0.93 g cm^{-3} 'lik bir ortalamaya sahip olduğu belirlenmiştir. Hacim ağırlığının sırasıyla standart sapma değeri 0.28 g cm^{-3} , değişkenlik katsayısı değeri %30.10 çarpıklık değeri -0.06 ve basıklık değeri -0.94 olarak hesaplanmıştır. Porozite içeriğinin aldığı en düşük değer %20.11 ve en yüksek değer de %80.68 olmuştur, %56.18'lik bir ortalamaya sahip olan porozite içeriğinin değişkenlik katsayısı ise %21.56 hesaplanmıştır. Hesaplanan porozite içeriğinin çarpıklık ve basıklık değerleri -0.19, -0.02 bulunmuştur.

Çalışma alanındaki toprakların -33 kPa basınç altında tutabildikleri tarla kapasitesi nem içeriği (TK) en düşük %15.26 ve en yüksek nem içeriği ise %91.62 olarak hesaplanmıştır, bu değerlere ait ortalama %41.47 olmuştur. Çarpıklık ve basıklık değerleri ise 0.76, 0.26 olarak hesaplanmıştır. Toprakların -1500 kPa basınç altında tutabildikleri solma notası nem içeriği (SN) en düşük %8.48 ve en yüksek nem içeriği ise %75.97 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere ait ortalama, standart sapma, değişkenlik katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri ise sırasıyla %30.32, %12.66, %41.75, 1.15 ve 1.73 olarak hesaplanmıştır.

Toprakların organik madde (OM) içeriklerinin %0.15 ile %5.90 arasında değiştiği ve %3.41'lük bir ortalama ve çarpıklık ve basıklık değerleri -0.11, -1.18 olduğu belirlenmiştir. Organik madde içeriğinin değişkenlik katsayısı %46.92 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki en düşük ve en yüksek elektriksel iletkenlik (EC) değerleri sırasıyla $0.03 \mu\text{S/cm}$ ve $689.00 \mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir, alana ait ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise $127.81 \mu\text{S/cm}$ olduğu saptanmıştır. Toprakların elektriksel iletkenlik değerlerinin çarpıklık ve basıklık değerleri sırasıyla 2.03 ve 5.25 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki pH değerleri 3.71 ile 7.66 arasında değişmiş ve 5.77'lik bir ortalamaya sahip olmuştur. Bu özelliğe ait çarpıklık, basıklık değerleri ise 0.13, -1.08 olmuştur.

İncelenen toprak özellikleri içerisinde kil, silt, kum, ortalama ağırlık çap, hacim ağırlığı, porozite, tarla kapasitesi, solma noktası ve pH değerleri normal dağılım gösterirken, agregatlaşma oranı, agregat stabilitesi, dispersiyon oranı, organik madde içeriği ve elektiksel iletkenlik değerleri normal dağılım göstermemişlerdir.

3.2 İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyonlar

Toprakların kil, silt, kum agregatlaşma oranı, agregat stabilitesi, ortalama ağırlık çap, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı, porozite, tarla kapasitesi, solma noktası, organik madde içeriği, elektriksel iletkenlik ve pH değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 3’de verilmiştir. i. Yapılan korelasyon analizi sonucunda; i. toprakların kil içeriği ile kum içeriği, AO, AS, OAÇ, EC, pH arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde önemli, P_b, f, OM arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli, ii. silt içeriğinin kum içeriği ve DO arasındaki korelasyon 0.01 seviyesinde önemli, iii. kum içeriği ile AO, DO, pH arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde önemli, AS ve OAÇ arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli, iv. AO ile TK ve SN arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde önemli, OAÇ, P_b, f arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli v. Toprakların AS ile P_b, EC, pH arasındaki korelasyon 0.01 seviyesinde önemli, OAÇ, OM arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli vi. OAÇ’ın DO ve pH arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde, P_b, EC arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli, vii. P_b’nin f, TK, SN, OM, EC, pH 0.01 seviyesinde önemli viii. DO ile f, EC, pH arasında korelasyon 0.05 seviyesinde önemli ix. toprakların f ile TK, SN, OM, pH arasındaki 0.01 seviyesinde, EC ile 0.05 seviyesinde önemlidir. x. TK’nin SN, OM, ve pH arasında korelasyon 0.01 seviyesinde, EC ile 0.05 arasındaki korelasyon ise 0.05 seviyesinde önemli xi. SN’nin OM ve pH arasında 0.01 seviyesinde önemli korelasyon , xii. toprakların OM içeriği ile pH ile arasında 0.01 seviyesinde önemli, xiii. EC’nin pH ile arasında istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde önemli korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3 İncelenen toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

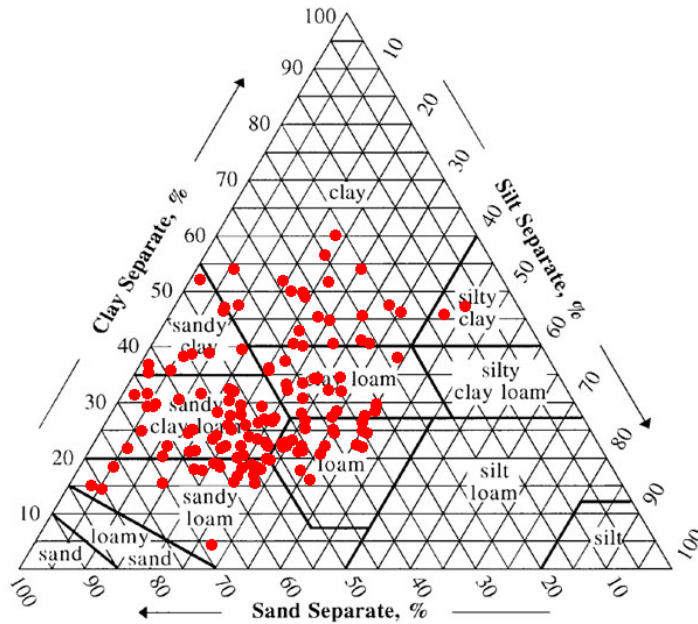
Değişkenler	Kil	Silt	Kum	AO	AS	OAC	P _b	DO	f	TK	SN	OM	EC	pH
Kil	1													
Silt	-0.13ns	1												
Kum	-0.63**	-0.62**	1											
AO	0.38**	0.07ns	-0.32**	1										
AS	0.31**	-0.05ns	-0.25*	-0.02ns	1									
OAC	0.35**	-0.03ns	-0.27*	0.27*	-0.22*	1								
P_b	0.29*	-0.13ns	-0.13ns	-0.23*	-0.31**	0.26*	1							
DO	-0.28*	-0.36**	0.51**	-0.05ns	0.04ns	-0.48**	-0.11ns	1						
f	-0.27*	0.10ns	0.16ns	0.22*	0.10ns	-0.28*	-0.83**	0.22*	1					
TK	-0.12ns	0.17ns	-0.01ns	0.37**	0.19ns	-0.04ns	-0.65**	-0.02ns	0.48**	1				
SN	0.04ns	0.10ns	-0.10ns	0.51**	0.03ns	0.04ns	-0.57**	0.03ns	0.43**	0.81**	1			
OM	-0.29*	0.10ns	0.17ns	0.13ns	0.27*	-0.10ns	-0.65**	-0.13ns	0.50**	0.62**	0.60**	1		
EC	0.36**	-0.10ns	-0.18ns	0.06ns	-0.44**	0.29*	0.33**	-0.23*	-0.21*	-0.20*	0.01ns	-0.16ns	1	
pH	0.53**	-0.11ns	-0.32**	0.02ns	-0.45**	0.38**	0.69**	-0.25*	-0.54**	-0.52**	-0.37**	-0.57**	0.52**	1

ns, iki değişken arasındaki korelasyon istatistiki anlamda önemsiz; *, iki değişken arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.05 seviyesinde önemli; **, iki değişken arasındaki korelasyon istatistiki anlamda 0.01 seviyesinde önemli; AO, Agregatlaşma oranı değerleri; AS, Agregat stabilitesi değerleri; OAC, Ortalama ağırlık çap değerleri; P_b, Hacim ağırlığı; DO, Dispersiyon oranı; f, Porozite değerleri; TK, -33 kPa basınç altında tutulan su miktarı; SN, -1500 kPa basınç altında tutulan su miktarı; OM, Organik madde; EC, Elektriksel iletkenlik değerleri

3.3 Alana Ait Temel Özellikler

Çalışma alanındaki hâkim tekstür tipinin "kumlu killi tın" ve "killi tın" olduğu belirlenmiştir (Şekil 17). Strüktürel değerlendirme sonucunda çalışma alanı topraklarının hâkim strüktür tipinin "granüler", strüktür sınıfının "çok küçük ya da çok ince", agregatlaşma oranı ve bu agregatların dayanıklılıklarının ise iyi seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki hacim ağırlığı değerlerinin 0.40 ile 1.47 arasında değişmesi alanda sıkışma ile ilgili herhangi bir sorun olamadığı anlamına gelmektedir. Alandaki porozite değerlerinin ağırlıklı olarak %20-80 arasında değişmesi gözeneklilik ile ilgili sorun olmadığını göstermektedir. Çalışma alanındaki ortalama tarla kapasitesi nem içeriğinin (%41), kumlu killi tın tekstür sınıfı için olması gereken sınır değerin (%48) altında olduğu, solma noktası nem içeriğinin ise (%30) olması gereken değerin (%25) üzerinde olduğu belirlenmiştir (Karaman et al., 2007).

Çalışma alanı topraklarının önemli bir kısmının (%75) asidik karakterde olduğu ($\text{pH} < 7$), organik madde içeriğinin killi tın tekstür sınıfı için yüksek ($> \%3$) seviyede olduğu görülmüştür (Marchetti et al., 2012). Çalışma alanından elde edilen elektriksel iletkenlik değerlerinden yola çıkarak tuzluluğun "düşük" sınıfında ($0\text{-}2000 \mu\text{S cm}^{-1}$) yer aldığı belirlenmiştir.



Şekil 17 Çalışma alanı topraklarının tekstürel dağılımları

3.4 İncelenen özelliklere ait jeostatistiksel analiz sonuçları

Jeoistatistiksel değerlendirme sonuçlarının gösteriminde genellikle incelenen özelliğin tanımlandığı semivariogram modeli ve bu modele ait parametreler verilmektedir. Bu çalışmada incelenen özellikler için oluşturulan izotropik semivariogram modelleri ve model parametreleri Tablo 4’te verilmiştir.

İncelenen özelliklerden kil içeriği, solma noktası ve organik madde içeriği küresel model ile tanımlanırken silt içeriği, kum içeriği, agregatlaşma oranı, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı, porozite, tarla kapasitesi ise üssel modelle tanımlanmıştır. İncelenen özellikler içerisinde sadece pH değerleri Gaussian model ile tanımlanmıştır.

İncelenen özellikler içerisinde en düşük nugget değerine sahip özellik agregatlaşma oranı (0.075) ve en yüksek özellik ise silt içeriği olmuştur. Bu özelliklerden silt içeriği en düşük range değerine (1948m) sahip olurken hacim ağırlığı, porozite, tarla kapasitesi, organik madde içeriği, ve pH’nın range değerleri aktif lag mesafesi ile aynı (6000m) olmuştur.

Agregat stabilitesi, ortalama ağırlık çap ve elektriksel iletkenlik değerleri için hesaplanan model r² değerleri sırasıyla 0.15, 0.00 ve 0.11 olduğu için bu özelliklerin yersel bağımlılık göstermedikleri belirlenmiştir. Bu nedenle söz konusu özellikler pure nugget olarak değerlendirilmiştir.

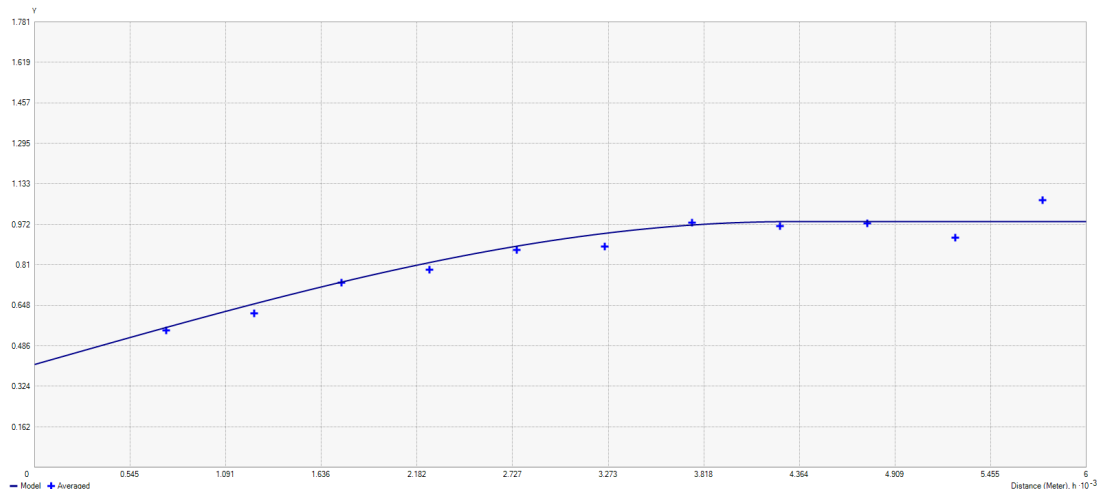
Tablo 4 İncelenen özelliklere ait semivariogram modelleri ve model parametreleri

İncelenen özellik	Teorik model	C ₀	C ₀ +C	C ₀ /C ₀ +C	A (m)	Model r ²
Kil içeriği (%)	Küresel	0.406	0.964	0.42	4104	0.96
Silt içeriği (%)	Üssel	0.693	1.054	0.66	1948	0.44
Kum içeriği (%)	Üssel	0.511	1.011	0.48	1961	0.46
Agregatlaşma oranı (%)	Üssel	0.075	1.070	0.07	2004	0.87
Agregat stabilitesi (%)		Pure nugget				0.15
Ortalama Ağırlık Çap (mm)		Pure nugget				0.00
Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Üssel	0.274	1.005	0.27	6000	0.95
Dispersiyon oranı (%)	Üssel	0.461	1.104	0.42	4182	0.94
Porozite (%)	Üssel	0.486	1.059	0.46	6000	0.89
Tarla kapasitesi (%)	Üssel	0.399	1.020	0.39	6000	0.95
Solma noktası (%)	Küresel	0.378	0.990	0.38	3433	0.96
Organik madde içeriği (%)	Küresel	0.402	0.942	0.43	6000	0.93
Elektriksel iletkenlik (μS/cm)		Pure nugget				0.11
pH	Gaussian	0.210	0.890	0.24	6000	0.99

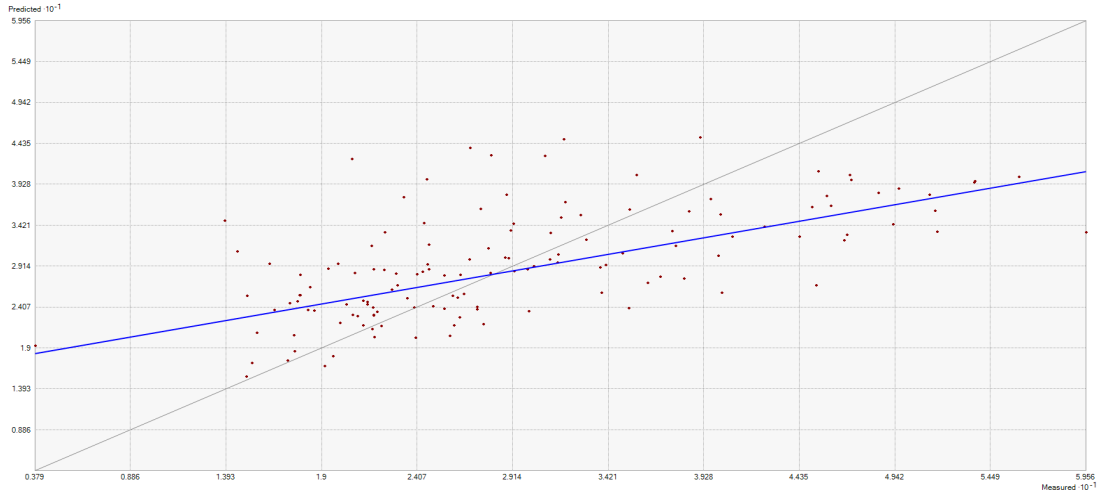
C₀, nugget varyans; C₀+C, sill; A, range;

3.4.1 Kil içeriği

Küresel modeli ile tanımlanan kil içeriğine ait model parametreleri incelendiğinde nugget (C_0) değerinin 0.406 olduğu yani iki nokta arasındaki mesafenin sıfır olduğu durumda bile bir değişkenliğin ortaya çıktığı görülmüştür. Jeostatiksel analizlerde bu değişkenliğin kaynaklarının; i. Ölçüm hatası, ii. Örnekleme hatası iii. İncelenen özelliğin örnekleme aralığından daha kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi ve iv. Çalışma alanının doğasında var olan değişkenlikler olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Jemo et al., 2014; Oliver & Webster, 2014). Çalışma alanının topoğrafyasındaki özellikle eğim derecesindeki değişkenlikler nugget değerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur. Modelde yer alan yapısal varyans (Sill; C_0+C) değeri 0.964 olarak hesaplanmıştır. Örnekleme noktaları arasındaki değişkenliğin yersel bağımlılığını (otokorelasyon) ifade etmek için kullanılan C_0/C_0+C oranının %25'in altında olması yersel bağımlılığın kuvvetli, %25-75 aralığında olması orta ve %75'den büyük olması ise zayıf olduğunu göstermektedir (H. Li & Reynolds, 2017). Kil içeriğine ait C_0/C_0+C oranının 0.42 olması, bu özelliğe ait değişimin orta düzeyde konumsal bağımlılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Range (A) değeri iki noktanın birbiri ile ilişkili olabileceği en uzak mesafe olarak tanımlanmaktadır (Oliver & Webster, 2014), bu çalışmada kil içeriğine ait A değeri 4104 m olarak hesaplanmıştır (Şekil 18). Kil içeriğinin tanımlandığı modele ait r^2 değeri 0.96 ve ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.39 olarak hesaplanmıştır (Şekil 19).



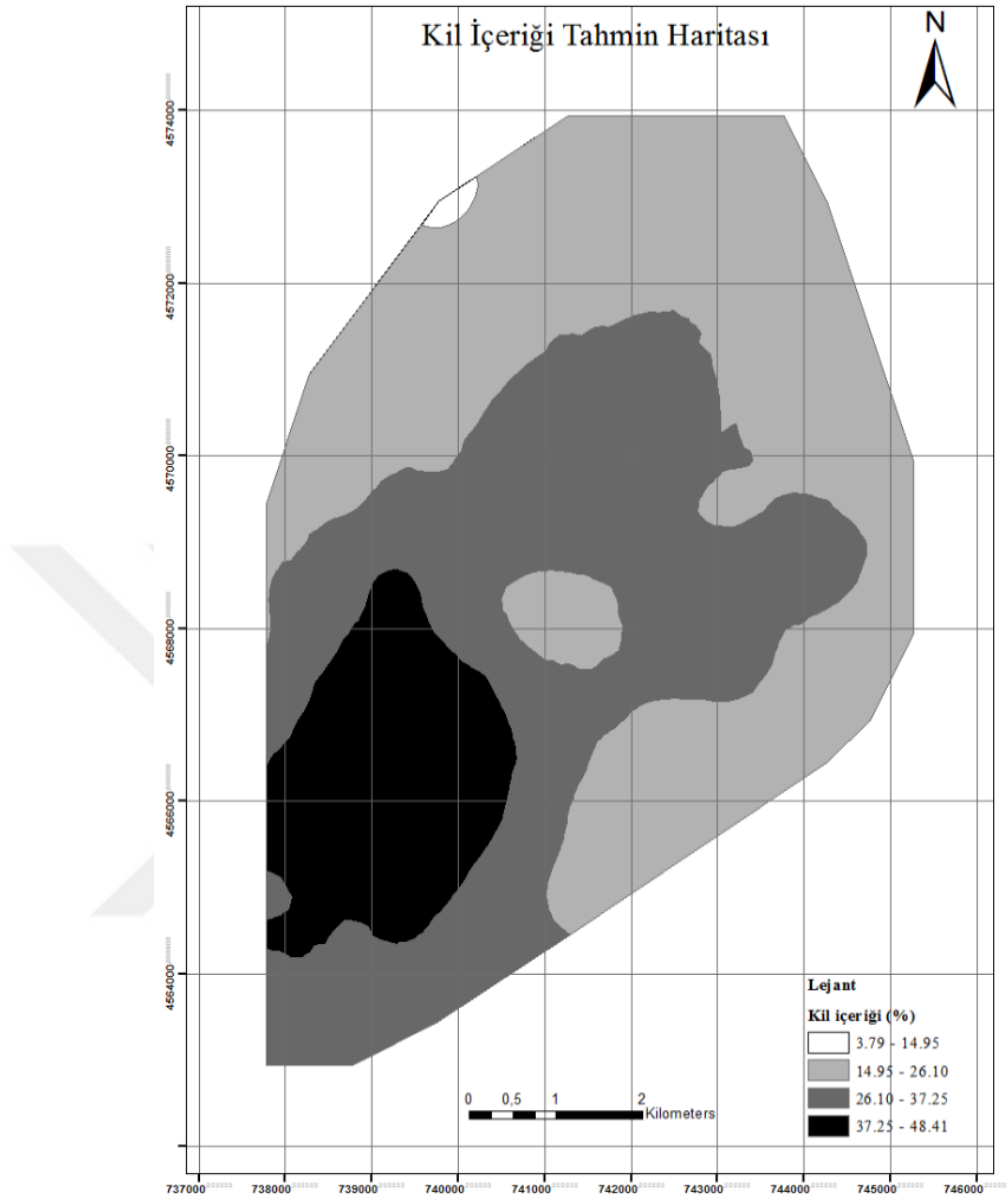
Şekil 18 Kil içeriğine ait semivariogram



Şekil 19 Kil içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Dağılım haritasına göre kil içeriği çalışma alanında %3.79 ile %48.41 arasında değişim göstermiştir. Tahmin haritalarında ölçüm değerleri göz önünde bulundurularak eşit aralıklı beş sınıf oluşturulmuştur. Tahmin değerlerinde %48'in üzerinde değer olmadığı için kil tahmin haritasında dört sınıf oluşturulmuştur. Kil içeriğine ait sınıf aralıkları da %3.79-14.95, %14.95-26.10, %26.10-37.25 ve %37.25-48.41 şeklinde belirlenmiştir. Arazi genelinde kil içeriğinin kuzey-güney doğrultusunda artış gösterdiği ve çalışma alanında en fazla yer kaplayan (alanın yaklaşık %47'si) sınıf aralığının %14.95-26.10 olduğu görülmüştür (Şekil 20).

Eğim derecesinin yüksek olduğu alanlarda aşınmaya bağlı olarak kil içeriğinin düşük olması, eğim derecesinin düşük olduğu birikim sahalarında ise kil içeriğinin yüksek olması bilinen bir genel geçerdir. Havzaların da topografik yapılarına bağlı olarak oluşan aşınma ve birikme zonları kil içeriğinin dağılımında farklılıklara neden olmaktadır (Ffolliott et al., 2013). Çalışma alanında kil içeriğinin havzanın topografik koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermesi ve bu değişkenliğin konumsal bağımlılığının da var olması diğer bir deyişle noktalar arasındaki farklılığın mesafenin bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkması aşınma-birikme süreçlerinin bir sonucudur. Çalışma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar eğim derecesindeki azalmaya bağlı olarak kil içeriğinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir (Selassie et al., 2015).

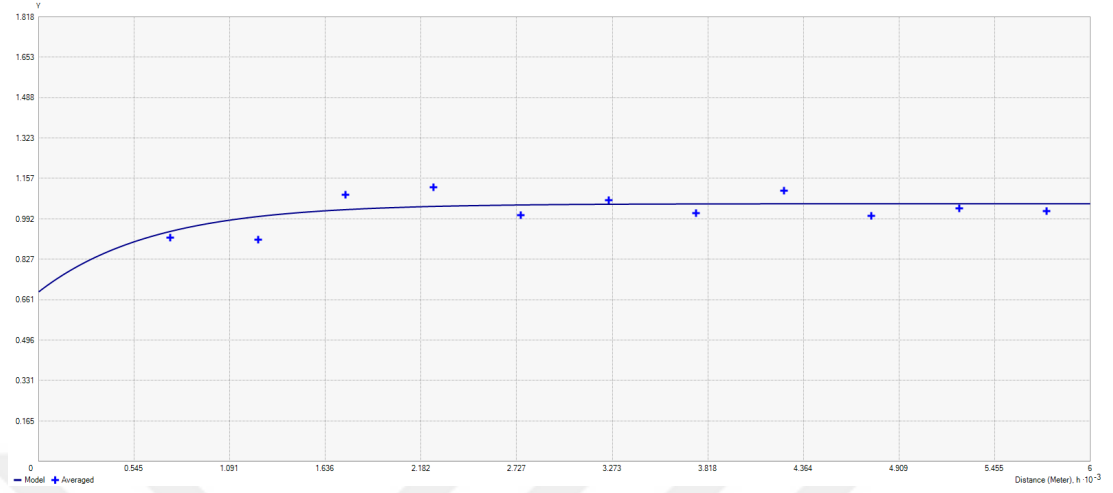


Şekil 20 Kil içeriğine ait tahmin haritası

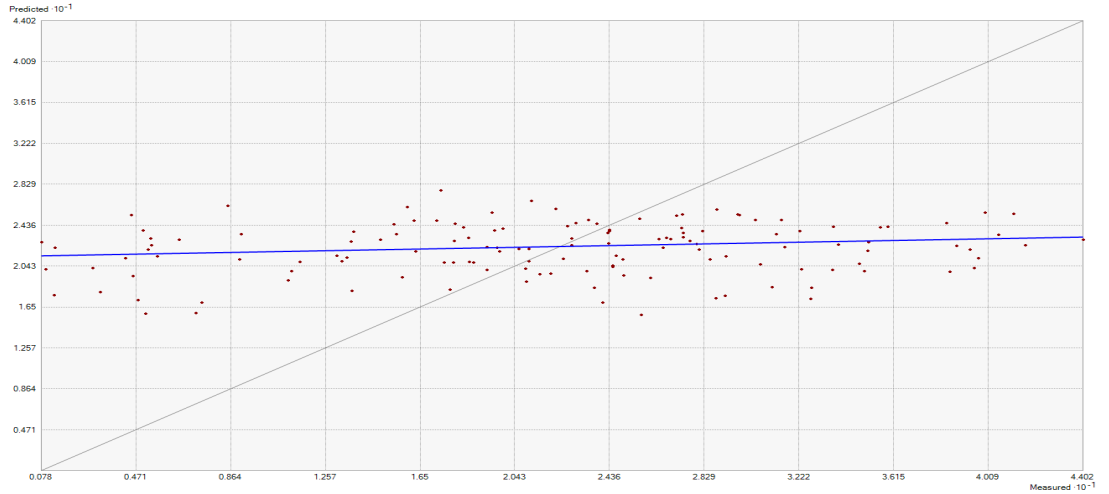
3.4.2 Silt içeriği

Silt içeriği üssel modelle tanımlanmıştır. Silt içeriğine ait model parametreleri incelendiğinde C_0 değerinin 0.693, C_0+C değerinin ise 1.054 olduğu görülmüştür. Tane büyüklük sınıfları içerisinde en yüksek C_0 değerine sahip silt içeriğinin C_0/C_0+C oranı ise 0.66 olmuştur. Bu değer ile silt içeriği zayıf derecede otokorelasyon göstermiştir. Silt içeriğinin birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) 1948 m olarak hesaplanmıştır (Şekil 21). Modele ait r^2 değerinin 0.44 olduğu ve tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısının ise 0.05 olduğu tespit

edilmiştir (Şekil 22). Ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki farkın fazla olması silt içeriğine ait tahmin haritasının güvenilirliğini düşürmektedir.

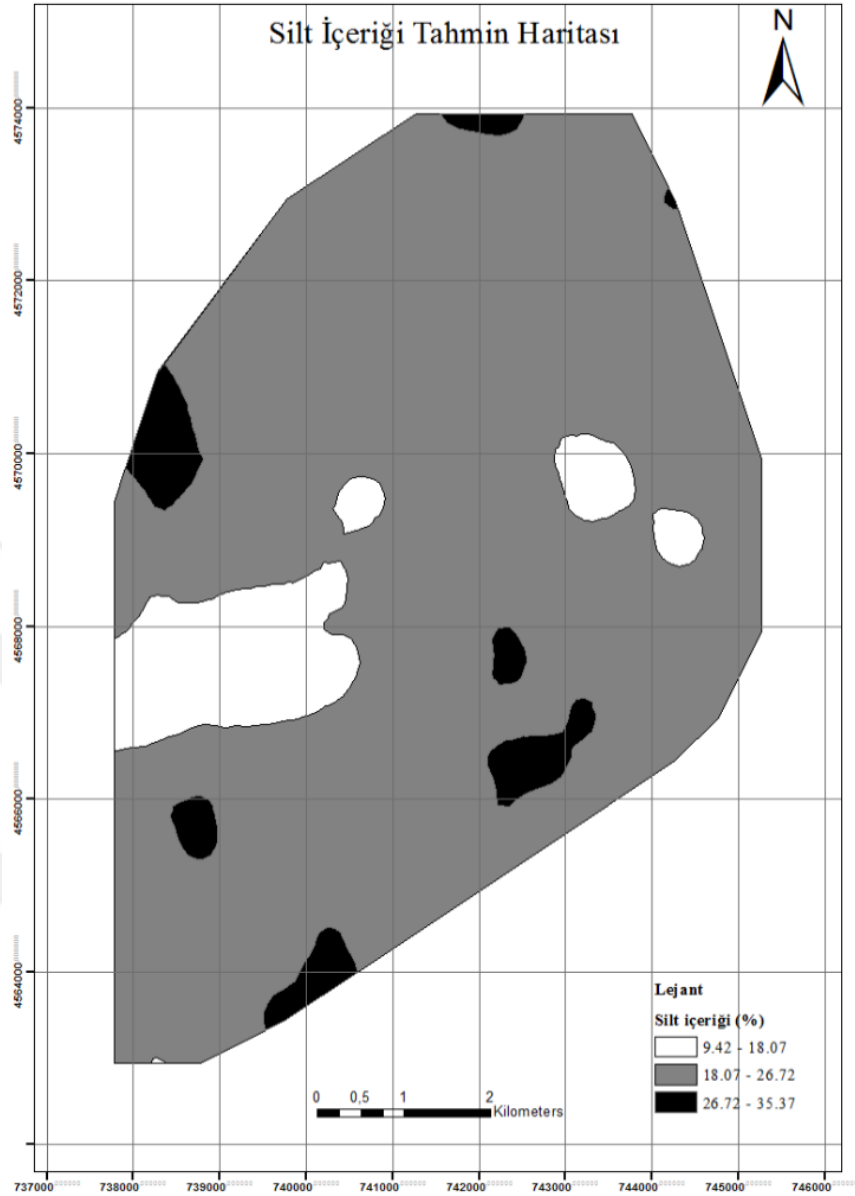


Şekil 21 Silt içeriğine ait semivariogram



Şekil 22 Silt içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

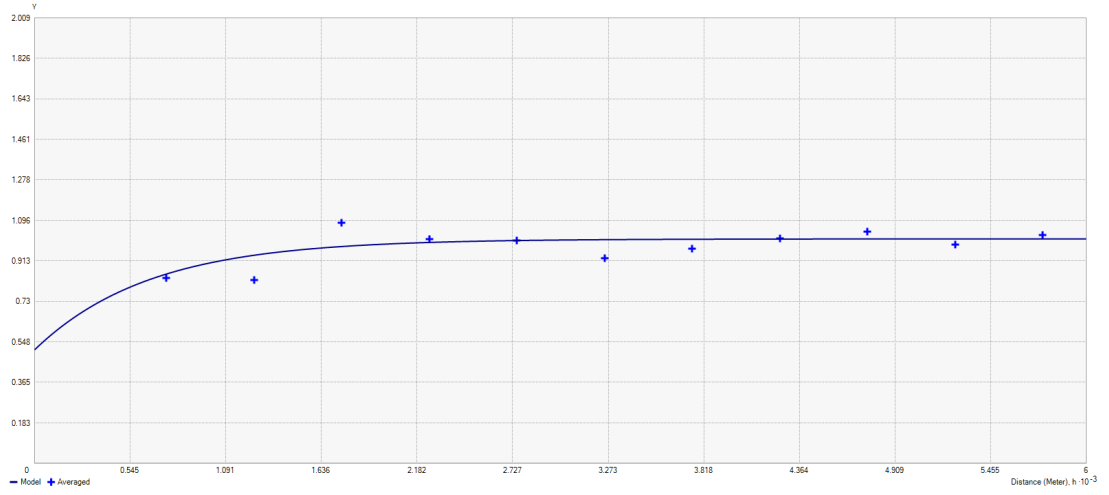
Tahmin haritalarının üretilmesinde program ölçüm değerlerinin en düşük ve en yüksek değerlerini temel alarak eşit aralıklı beş sınıf oluşturmakta, tahmin değerlerini bu beş sınıf aralığı içerisinde sınıflandırmakta ve dağılım haritasını bu değerlere göre yapmaktadır. Buna göre silt içeriğinin tahmin değerleri %9.42 ile %35.37 arasında değişmiş ve %18.07-26.72 aralığında yoğunluk (arazinin yaklaşık %86'sı) kazanmıştır (Şekil 23).



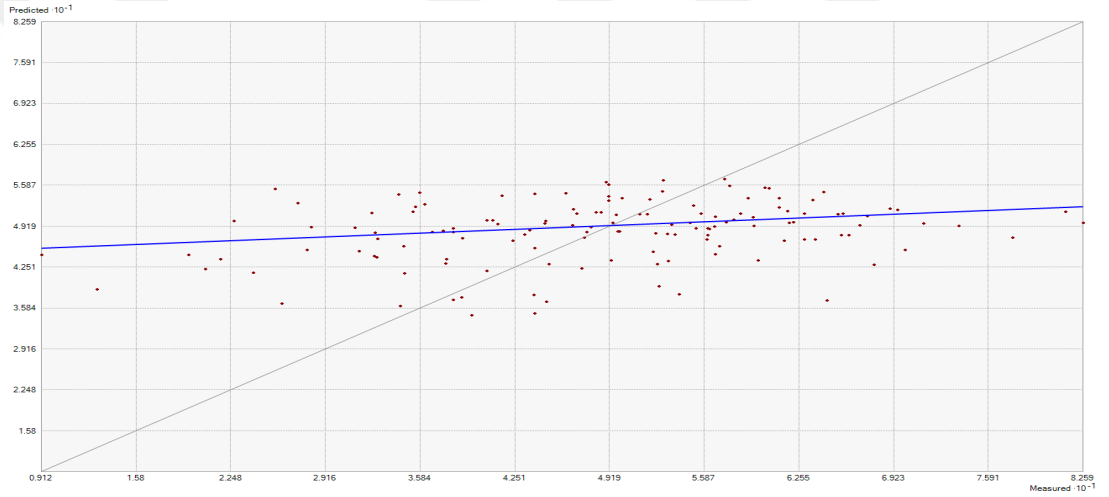
Şekil 23 Silt içeriğine ait tahmin haritası

3.4.3 Kum içeriği

Üssel modelle tanımlanan kum içeriğine ait semivariyogramda C_0 değeri 0.511, C_0+C değeri 1.011 ve C_0/C_0+C oranı ise 0.64 olarak hesaplanmıştır. Orta derecede konumsal bağımlılık gösteren kum içeriğinin birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) ise 1961m olarak hesaplanmıştır (Şekil 24). Kum içeriğinin tanımlandığı modele ait r^2 değeri 0.46 ve ölçülen değerleri ile tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı değeri 0.09 olarak belirlenmiştir (Şekil 25).

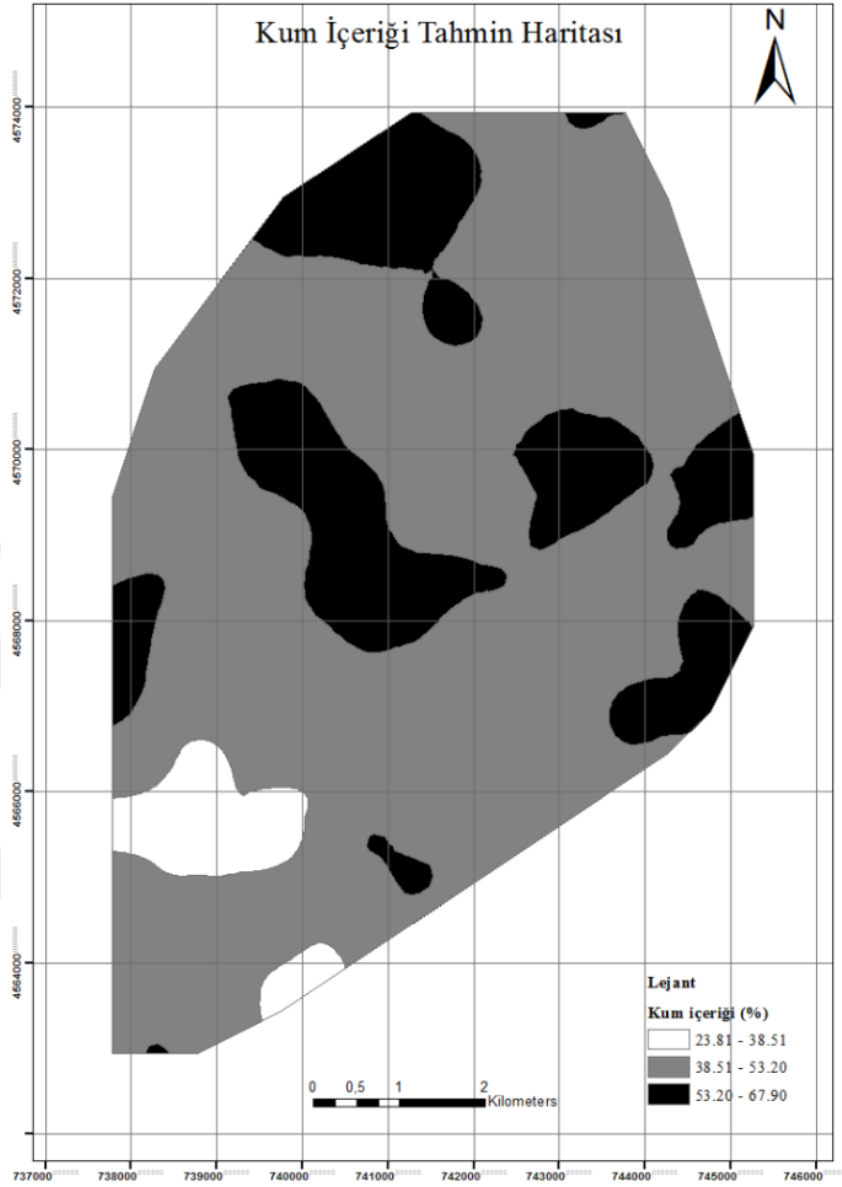


Şekil 24 Kum içeriğine ait semivariogram



Şekil 25 Kum içeriğinin ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

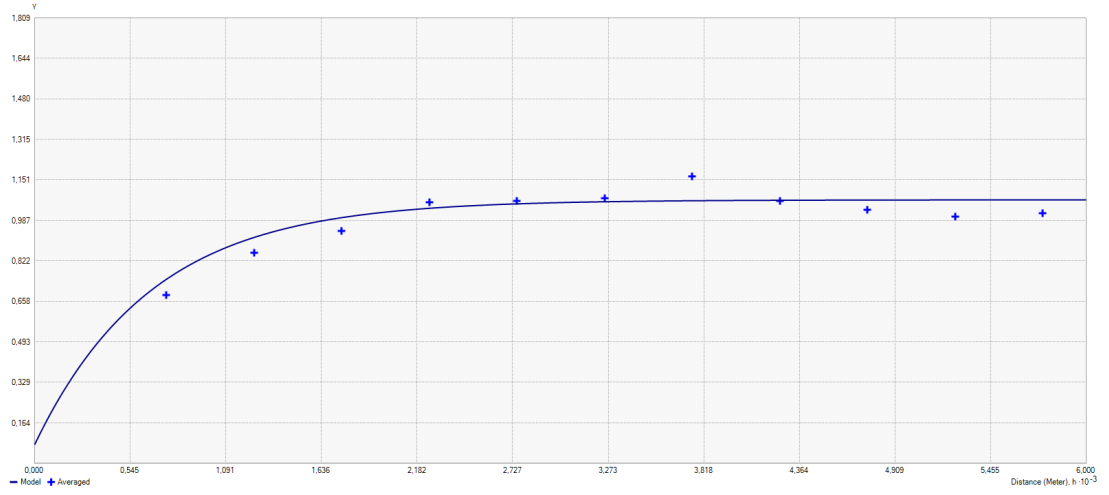
Kum içeriği için tanımlanan modelin ve ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişkiye ait r^2 değerlerinin düşük olması üretilecek tahmin haritasının güvenilirliğini düşürmektedir. Ölçüm değerleri ile tahmin değerlerinin verildiği serpilme diyagramında da (Şekil 26) görüldüğü gibi tahmin değerlerinin %38 ile %50 arasında olması tahmin haritasında bu değerlerin ağırlıkta olmasına (alanın yaklaşık %74'ü) neden olmuştur Çalışma alanındaki kum içeriğinin kil içeriğinin tersi bir dağılım göstermesi, yani erozyon sürecinden kaynaklı olarak arazinin aşınma kısımlarında kum içeriğinin yüksek, birikme kısımlarında ise düşük değerler alması beklenen bir durumdur.



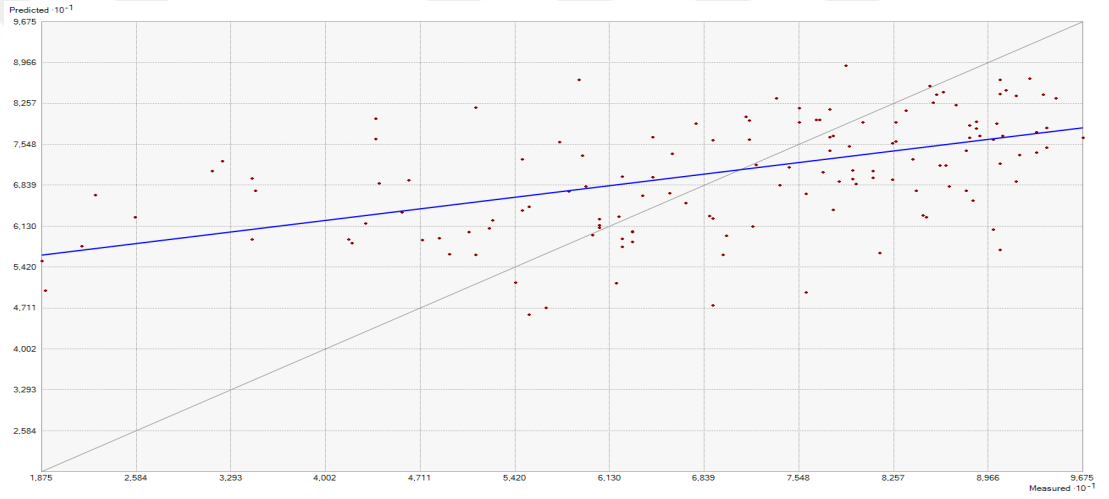
Şekil 26 Kum içeriğine ait tahmin haritası

3.4.4 Agregatlaşma oranı

Agregatlaşma oranı değerleri için en uygun modelin üssel model olduğu tespit edilmiştir. Agregatlaşma oranına ait semivariyogram incelendiğinde C_0 değerinin 0.075, C_0+C değerinin 1.07 ve C_0/C_0+C oranının ise 0.07 olduğu görülmüştür. Bu oranın %25'in altında olması agregatlaşma oranının yüksek derecede yersel bağımlılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Örnekleme noktalarının birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) 2004m olarak hesaplanmıştır (Şekil 27). Agregatlaşma oranının tanımlandığı modele ait r^2 değeri 0.87 ve tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı ise 0.22 olmuştur (Şekil 28).



Şekil 27 Agregatlaşma oranına ait semivariogram

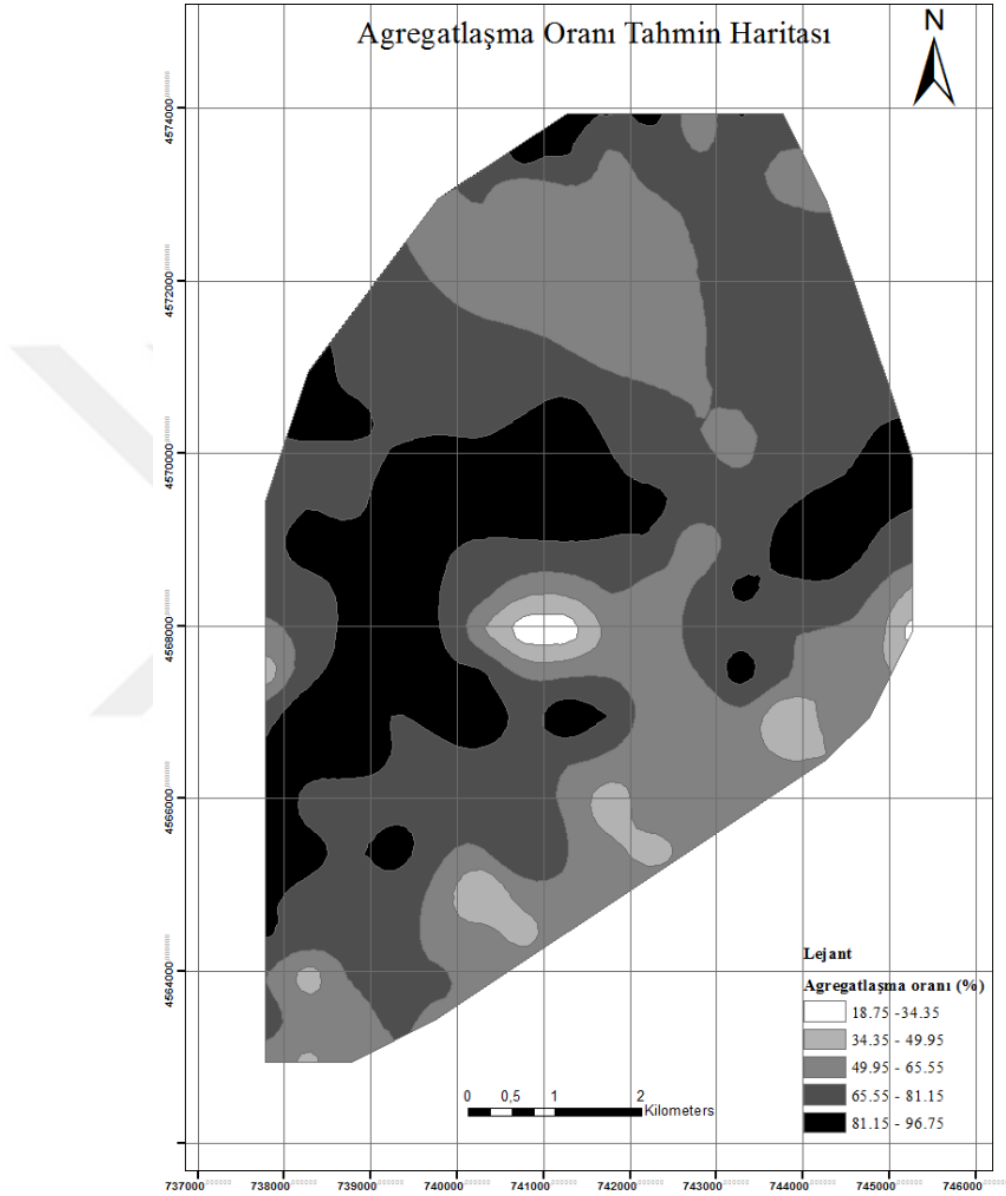


Şekil 28 Agregatlaşma oranının ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Agregatlaşma oranına ait dağılım haritası incelendiğinde, söz konusu özelliğin %18.75 ile %96.75 arasında değişim gösterdiği ve arazide ağırlıklı olarak (alanın yaklaşık %45'i) %65.55-85.15 sınıf aralığında yer aldığı görülmüştür. Agregatlaşma oranı arazinin belirli kısımlarında yüksek değerler almış ve kademeli olarak azalma eğilimi göstermiştir. Özellikle kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda agregatlaşma oranının yüksek değerler aldığı belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 29).

Birincil toprak parçacıkları organik madde, kil, metal oksit ve karbonat gibi kolloidal maddelerle agregat şeklinde birbirlerine bağlanırlar (Scott, 2000). Çalışma alanında agregatlaşma oranının kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda yüksek olması yukarıdaki genel geçer ile uyum içerisindedir. Korelasyon analizi sonucunda da agregatlaşma oranı ile kil içeriği arasında pozitif ilişkinin olması bu sonucu destekler niteliktedir.

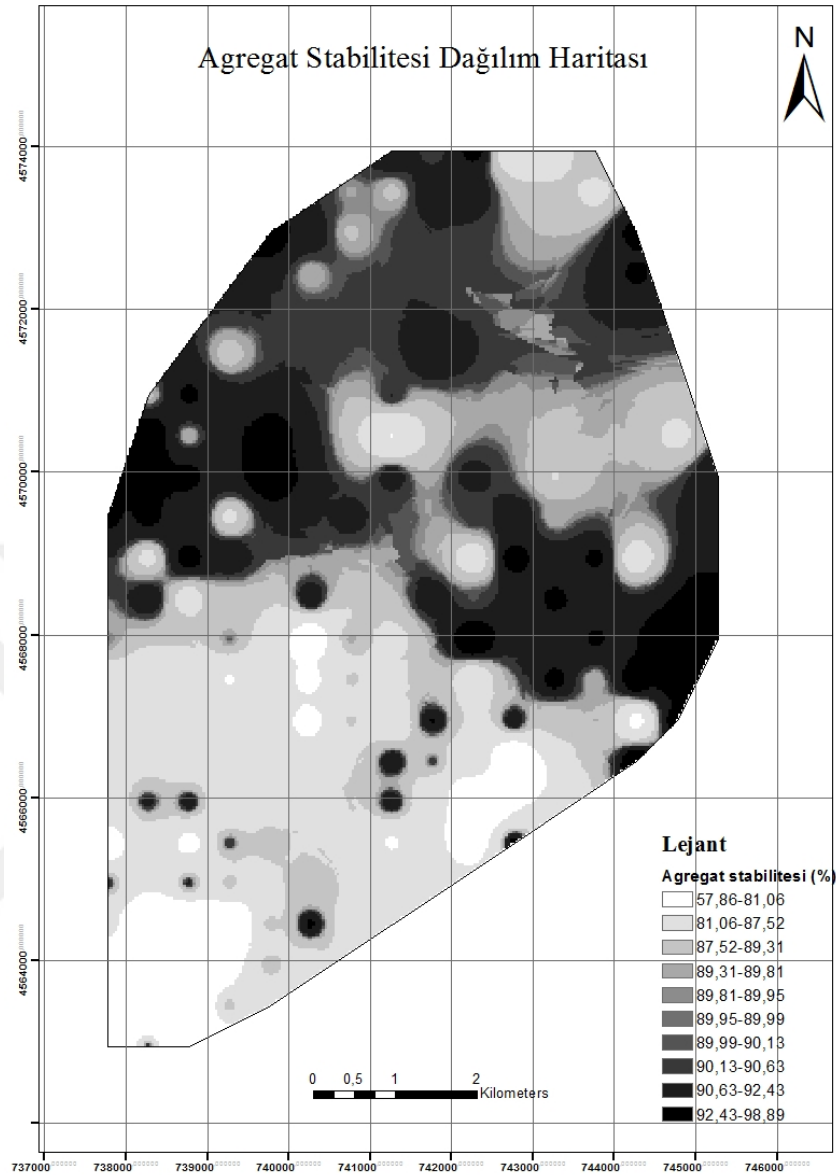
Araştırmacılar çalışma sonuçlarımıza benzer olarak toprakların kil içeriği ile agregatlaşma oranı arasında pozitif ilişkiler bulmuşlardır (Schweizer et al., 2019; Turgut & Ateş, 2017).



Şekil 29 Agregatlaşma oranı tahmin haritası

3.4.5 Agregat stabilitesi

Agregat stabilitesi değerleri yersel bağımlılık göstermemiş ve değişkenlik herhangi modelle tanımlanamamıştır. Bu nedenle AS değerlerine ait dağılım haritaları IDV kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 30).

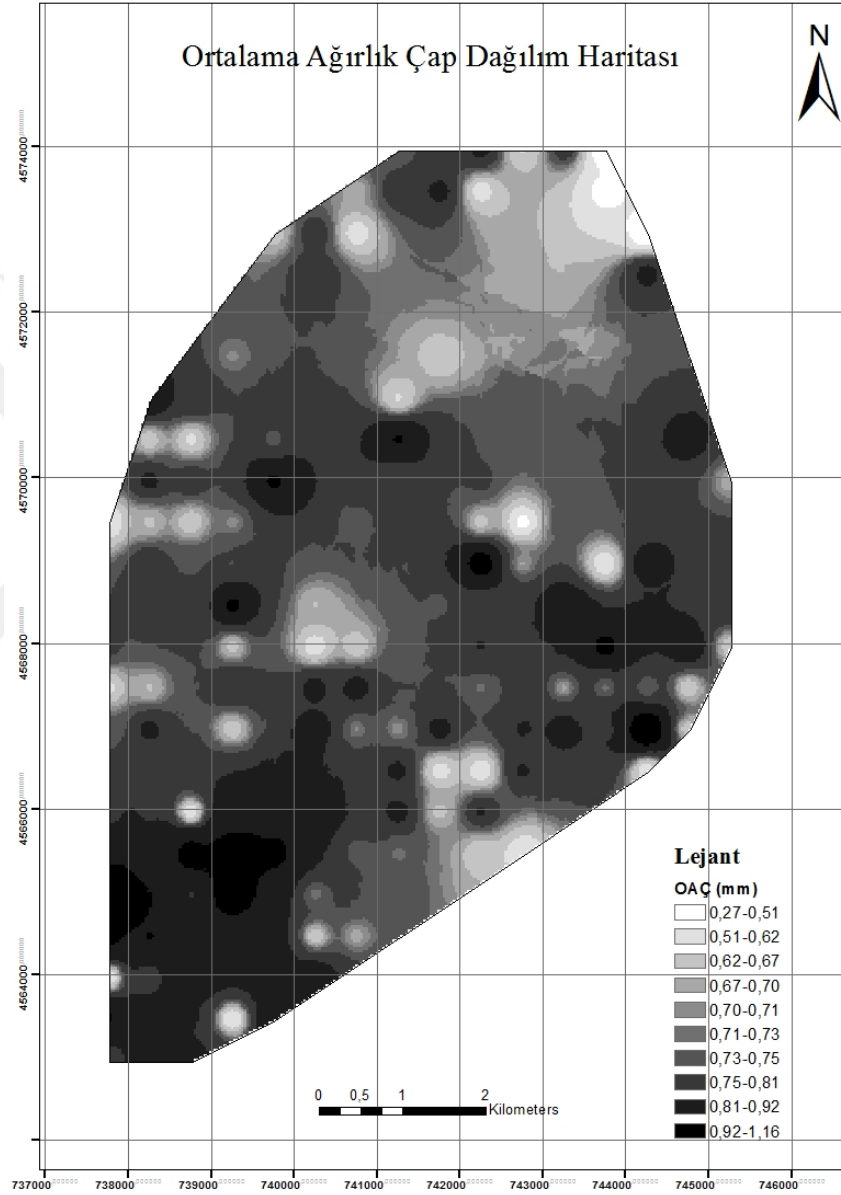


Şekil 30 Agregat stabilitesi dağılım haritası

Suyun dispers edici etkisine karşı agregatların dayanıklılık göstermesinde etkili olan temel toprak özelliklerinden biri organik madde içeriğidir (Karaman et al., 2007). Yoğun bitki örtüsünden dolayı mera ve orman alanlarında organik madde içeriğinin yüksek olmasının bu alanlarda agregat stabilitesi oranının yüksek değerler almasının temel nedeni olduğu düşünülmektedir. Korelasyon analizi sonucunda organik madde içeriği ile agregat stabilitesi arasındaki pozitif ilişkinin önemli çıkması bu sonucu destekler niteliktedir. Çalışma sonuçlarımıza benzer olarak araştırmacılar toprak organik maddesi ile agregat stabilitesi değerleri arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir (Hangişi, 2019; Rivera & Bonilla, 2020; Turgut & Ateş, 2017; Turgut & Öztaş, 2012)

3.4.6 Ortalama ağırlık çap

Yersel bağımlılık göstermeyerek herhangi bir modelle tanımlanamayan (pure nugget) OAÇ değerlerine ait dağılım haritası IDV (Inverse Distance Weighting) kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 31).

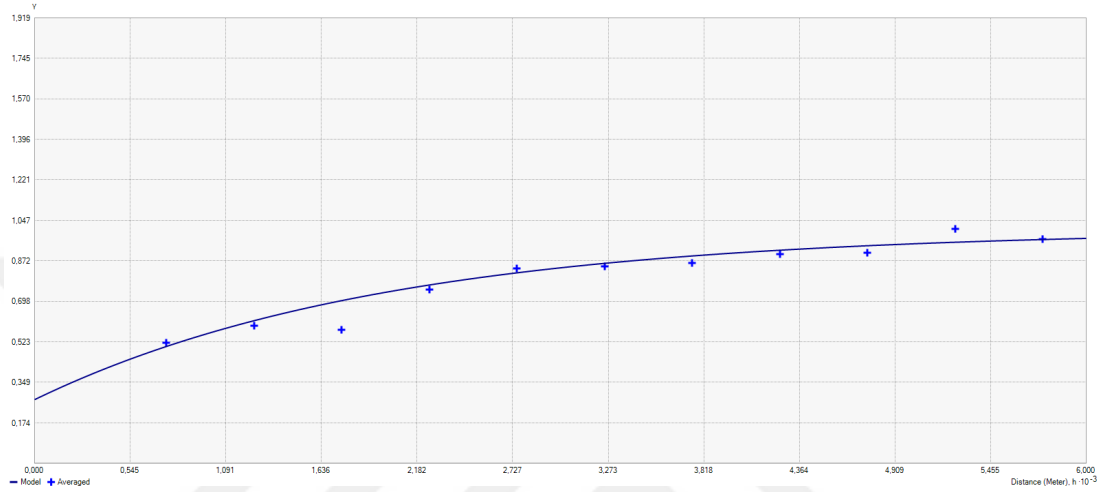


Şekil 31 Ortalama ağırlık çap dağılım haritası

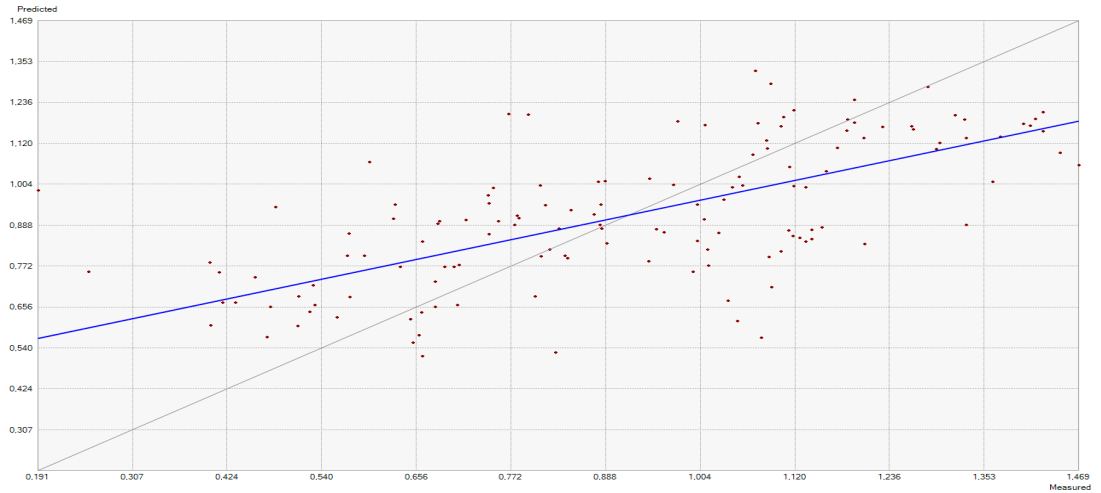
3.4.7 Hacim ağırlığı

Hacim ağırlığı için en uygun modelin üssel model olduğu, oluşturulan semivariogramda C_0 değerinin 0.274 ve C_0+C değerinin de 1.005 olduğu belirlenmiştir. Yersel bağımlılığını (otokorelasyon) ifade etmek için kullanılan

C_0/C_0+C oranı ise 0.27 olmuştur. Bu değerin %25-75 aralığında olması konumsal bağımlılık derecesinin orta olduğunu göstermektedir. Hacim ağırlığının birbirinden farklı olabileceği mesafe (A) 6000m ve bu özelliğe ait regresyon katsayısı ise 0.97 olarak hesaplanmıştır (Şekil 32). Ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı da 0.42 olarak belirlenmiştir (Şekil 33).



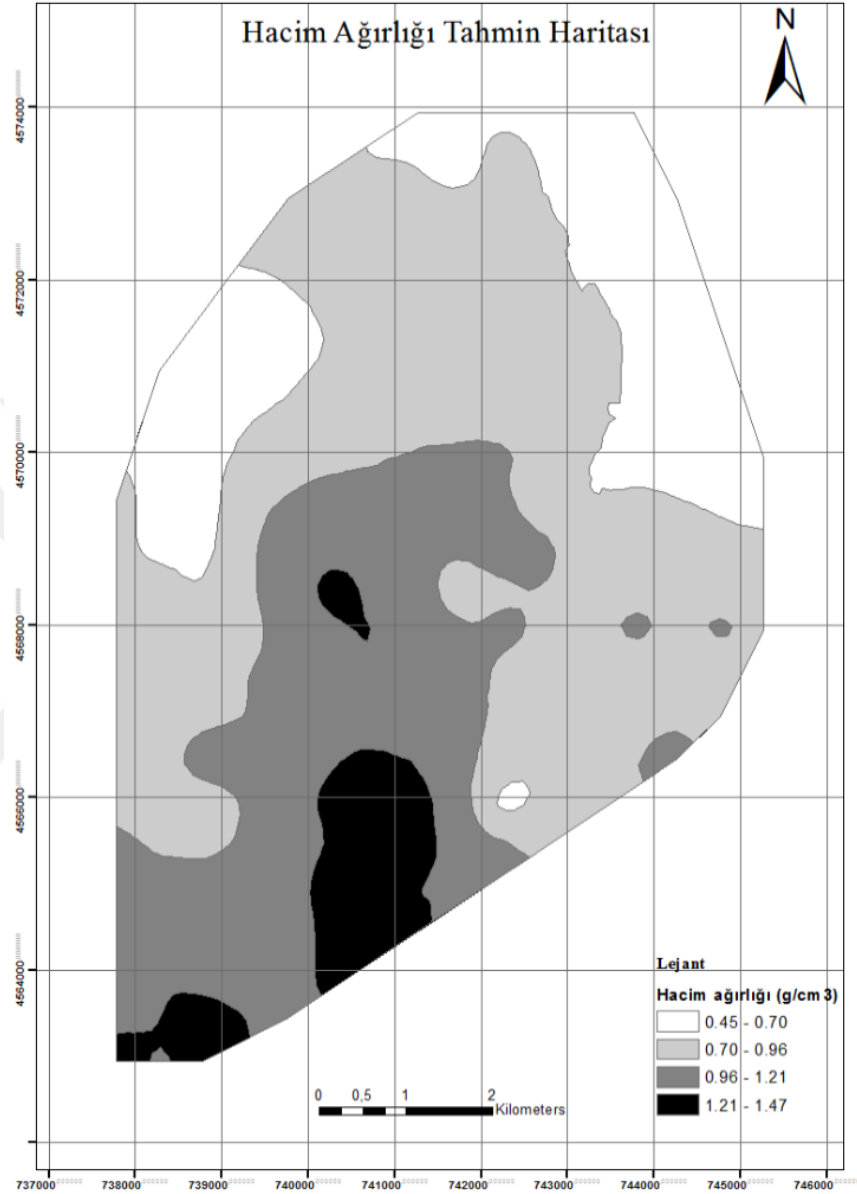
Şekil 32 Hacim ağırlığına ait semivariogram



Şekil 33 Hacim ağırlığı ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Hacim ağırlığı çalışma alanında düzenli bir dağılım göstermiştir. Alanın güney bölümünde yüksek değerler alan hacim ağırlığı güney-kuzey doğrultusunda kademeli olarak azalma eğilimi göstermiştir. Hacim ağırlığı çalışma alanında 0.45 g cm^{-3} ile 1.26 g cm^{-3} arasında değişim göstermiştir. Hacim ağırlığına ait sınıf aralıkları $0.45-0.70 \text{ g cm}^{-3}$, $0.70-0.96 \text{ g cm}^{-3}$, $0.96-1.21 \text{ g cm}^{-3}$ ve $1.21-1.47 \text{ g cm}^{-3}$ şeklinde belirlenmiştir.

ve en yoğun sınıf aralığının $0.70-0.96 \text{ g cm}^{-3}$ (arazinin yaklaşık %46'sı) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 34).



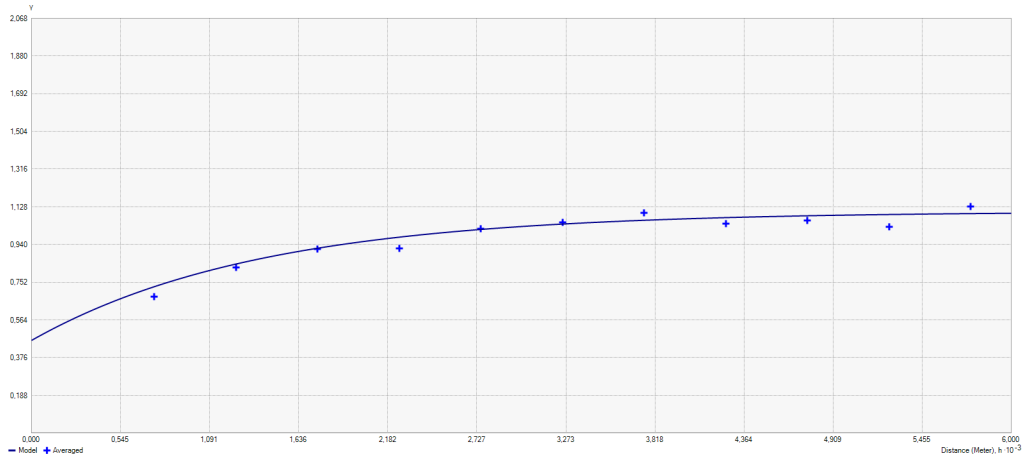
Şekil 34 Hacim ağırlığı tahmin haritası

Hacim ağırlığı toprakların strüktürel değerlendirmesinde kullanılan dolaylı bir yöntemdir. Başta toprak işleme gibi yönetim uygulamaları toprakların strüktürel özelliklerinde olumsuz değişikliklere sebep olurlar (Baver, 1966). Çalışma alanında tarım alanlarının olduğu bölümlerde hacim ağırlığının yüksek değerler alması, orman ve mera alanlarına doğru azalma eğiliminde olması beklenen bir durumdur. Araştırmacılar çalışma bulgularımıza benzer olarak tarımsal üretim alanlarında hacim

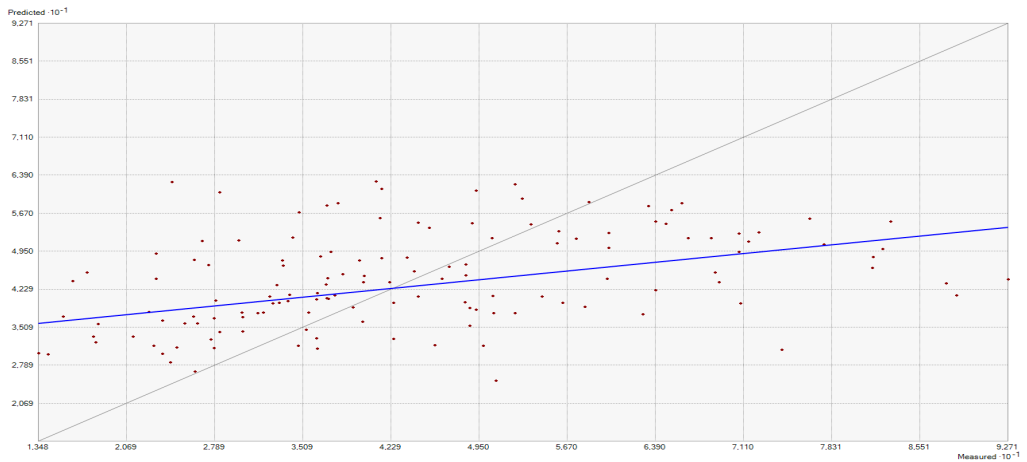
ağırlığının yüksek değerler aldığını (S. Li et al., 2019), mera ve orman alanlarında ise düşük değerler aldığını (Burst et al., 2020; Ross et al., 1999) bildirmişlerdir.

3.4.8 Dispersiyon oranı

Dispersiyon oranı üssel model ile tanımlanmıştır. Dispersiyon oranına ait semivariogram incelendiğinde C_0 değerinin 0.461, C_0+C değerinin 1.104 olduğu ve C_0/C_0+C oranının ise 0.42 olduğu görülmüştür. Bu değer %25-75 arasında olması dispersiyon oranının orta derecede yersel bağımlılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Dispersiyon oranının iki nokta arasında birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) 4182m hesaplanmıştır (Şekil 35) Modele ait r^2 değeri 0.94 ve tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.15 olmuştur. Ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki farkın fazla olması dispersiyon oranına ait tahmin haritasının güvenilirliğini azaltmaktadır (Şekil 36).

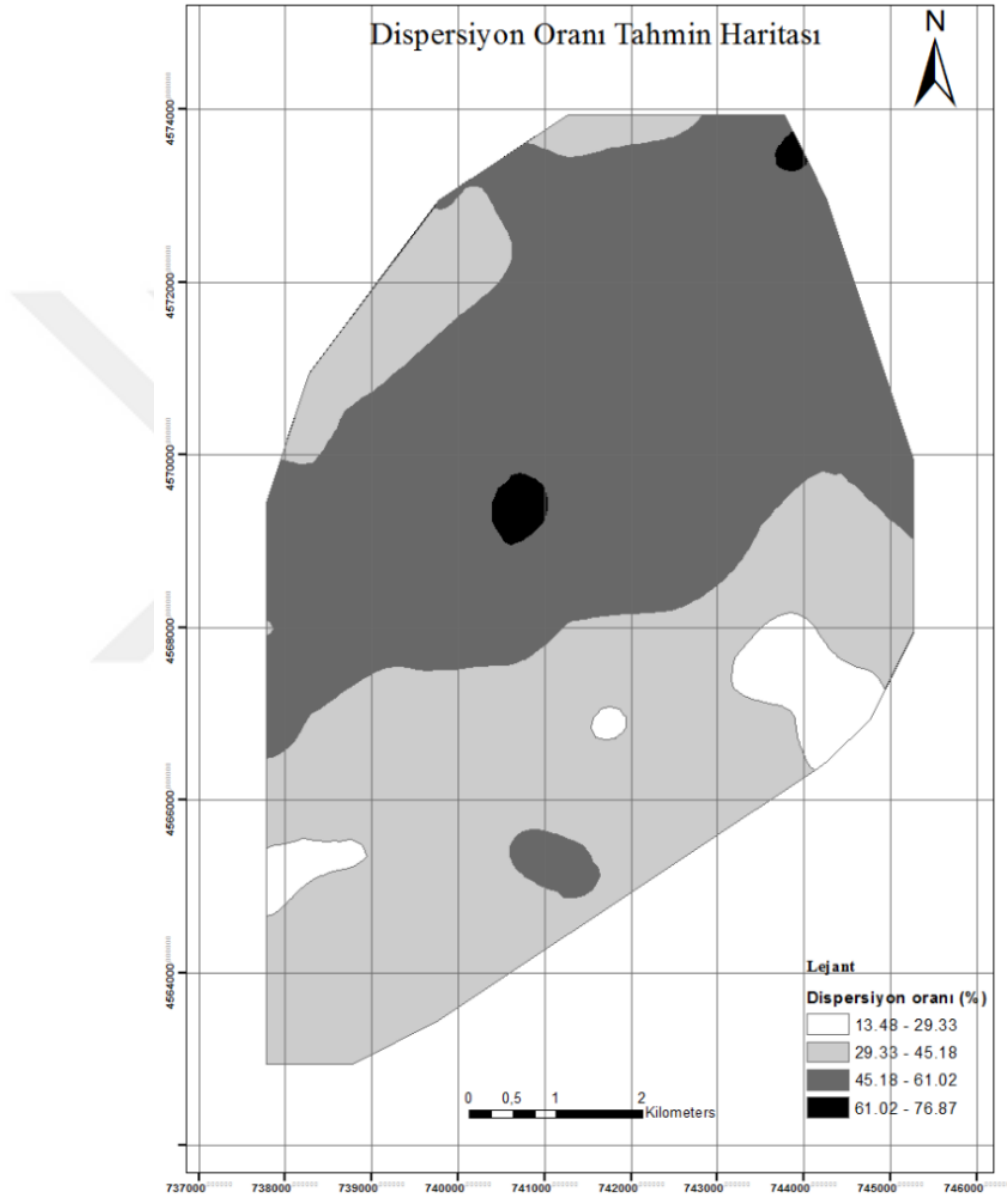


Şekil 35 Dispersiyon oranına ait semivariogram



Şekil 36 Dispersiyon oranı ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Dispersiyon oranı tahmin haritası incelendiğinde dispersiyon oranı değerlerin %13.48-76.87 arasında değişim gösterdiği, arazide ağırlıklı olarak (alanın yaklaşık %51'i) %45.18-61.02 sınıf aralığının oransal olarak en fazla yer kaplayan değerler olduğu belirlenmiştir (Şekil 37).

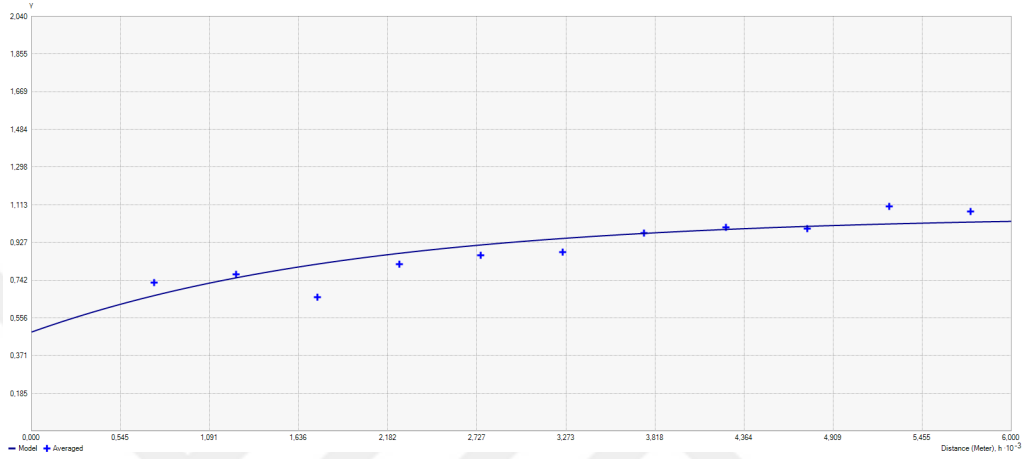


Şekil 37 Dispersiyon oranı tahmin haritası

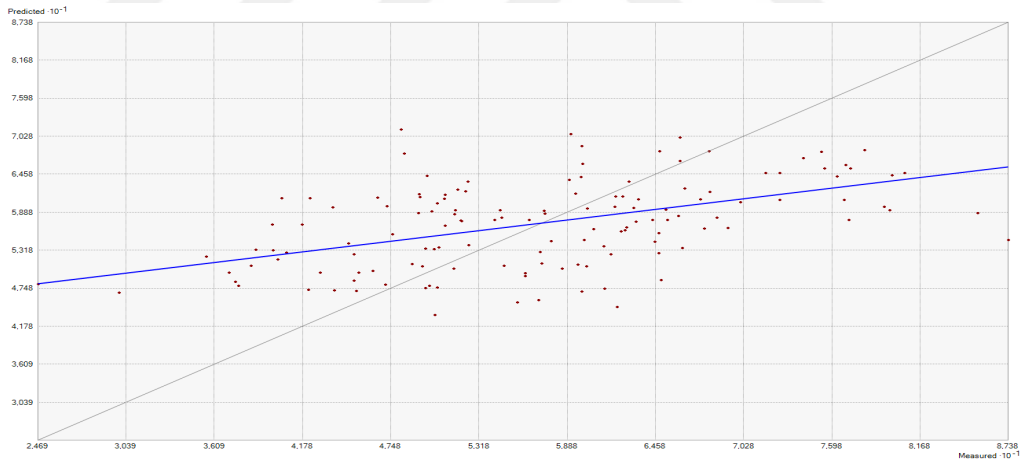
3.4.9 Porozite

Üssel model ile tanımlanan porozite değerlerine ait model parametreleri incelendiğinde C_0 değerinin 0.486, C_0+C değerinin 1.059 ve C_0/C_0+C oranının ise 0.45 olduğu görülmüştür. Bu oranın %25-75 aralığında olması porozite değerlerinde

yüksek derecede yersel bağımlılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Porozite değerlerinin birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) 6000m olarak hesaplanmıştır (Şekil 38). Bu özelliğin tanımlandığı modele ait r^2 değeri 0.89, ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.23 olmuştur (Şekil 39).



Şekil 38 Poroziteye ait semivariogram

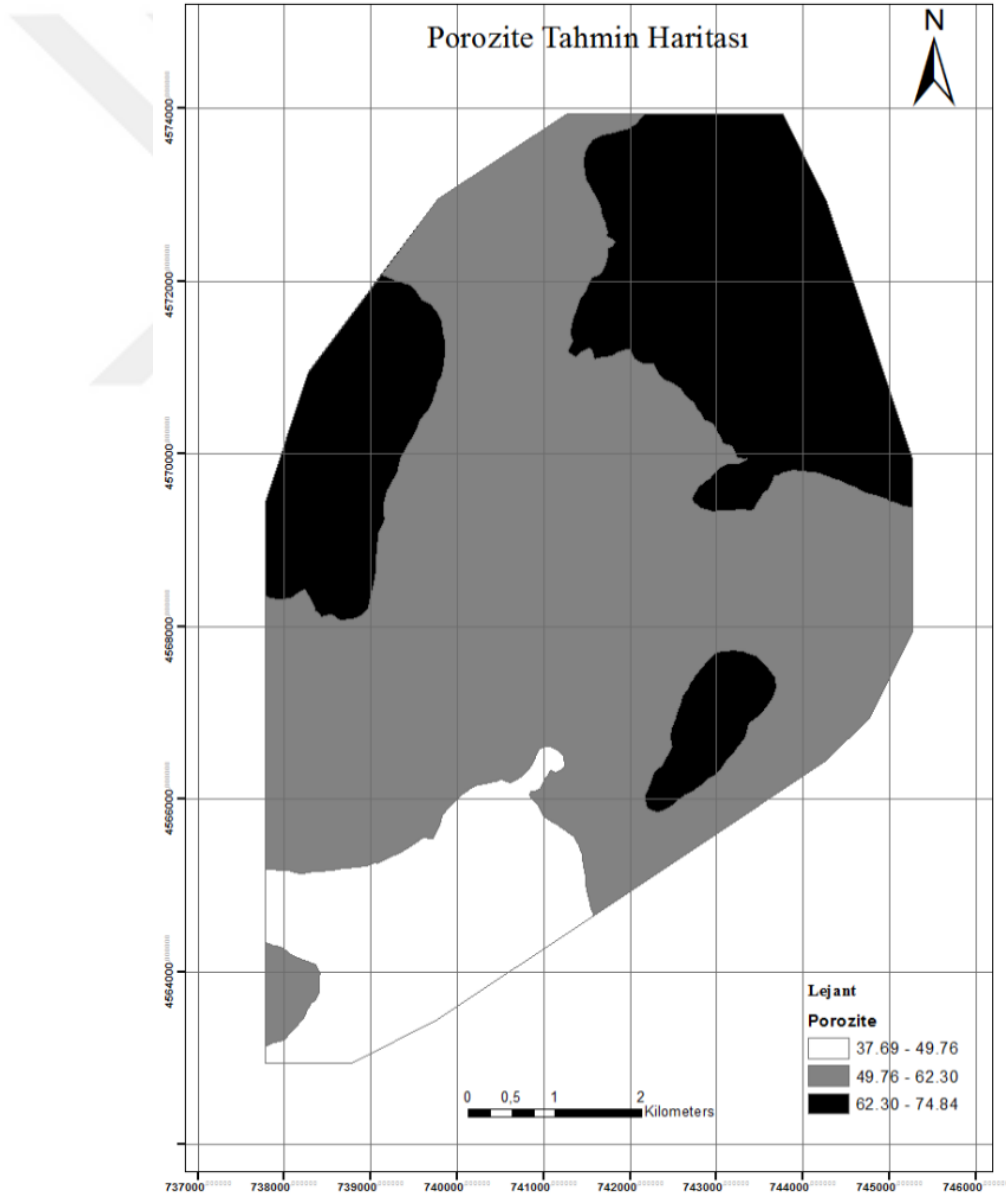


Şekil 39 Porozite ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Poroziteye ait tahmin haritası incelendiğinde tahmin değerlerinin %37.69 ile %74.84 arasında değiştiği, %49.76-62.30 aralığının (arazinin yaklaşık %58'i) en fazla yer kaplayan sınıf olduğu, arazinin kuzey-doğu ve batı bölümlerinde tahmin değerlerinin en yüksek sınıf aralığında, güney bölümünde ise en düşük sınıf aralığında yer aldığı görülmüştür (Şekil 40).

Toprağın doğal durumda iken gözenek hacminin toplam hacmine oranı olarak tanımlanan porozitenin (Karaman et al., 2007) çalışma alanının orman örtüsü altındaki

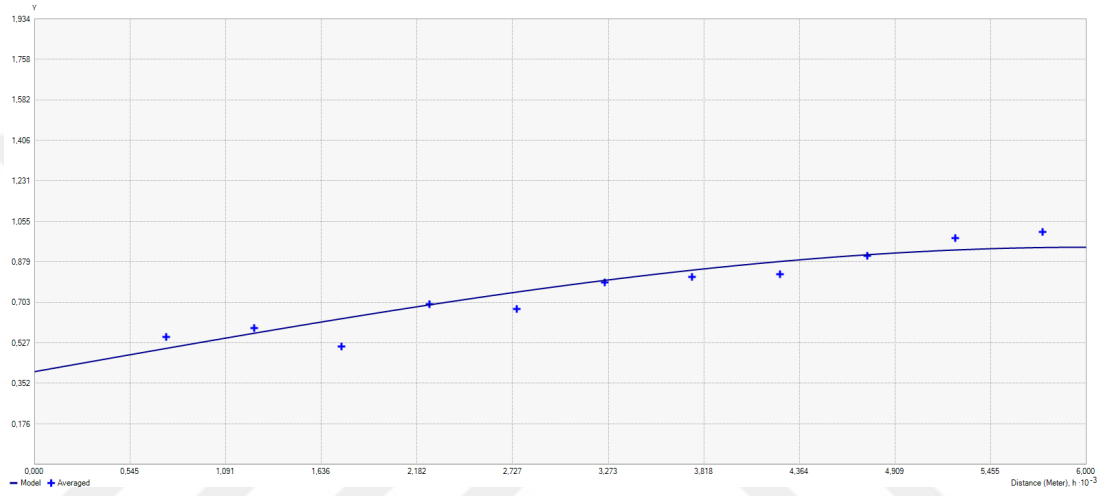
bölümlerinde yüksek, tarımsal faaliyetlerin ağırlıkta olduğu alanlarda ise düşük olması beklenen bir durumdur. Toprak gözenekliliğinin organik madde içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu iyi bilinmektedir (Baver et al., 1972) bu durum korelasyon analizi sonucunda da görülmüştür. Bu nedenle organik madde içeriğinin daha yüksek olduğu orman alanlarında porozite değerleri de yüksek seviyelerde olurken, ayrışmanın daha fazla olduğu tarımsal üretim alanlarında ise düşük seviyelerde olmuştur. Çalışma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar toprakların organik madde içeriğindeki artışa bağlı olarak porozitesinin de arttığını bildirmişlerdir (Bucka et al., 2019; Kay & VandenBygaart, 2002).



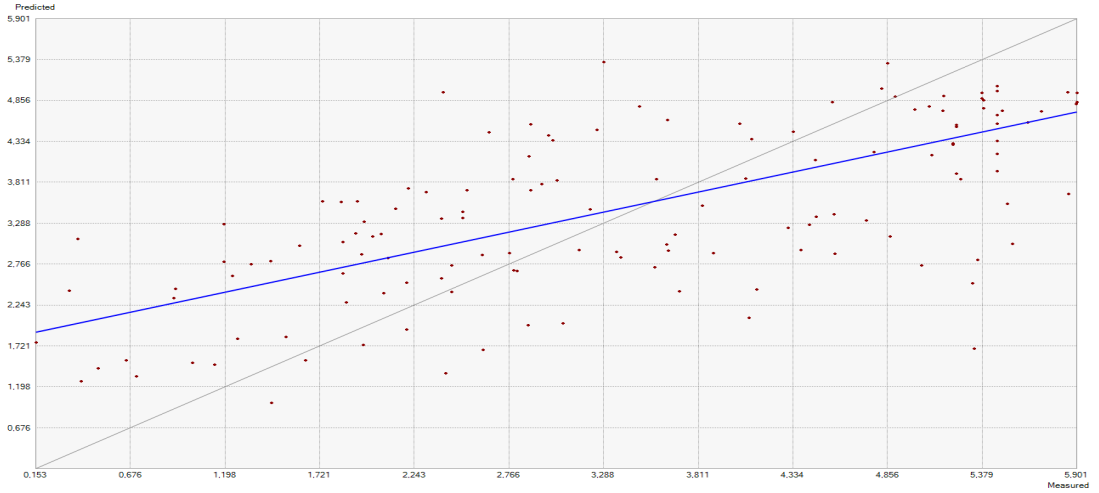
Şekil 40 Poroziteye ait tahmin haritası

3.4.10 Organik madde içeriği

Organik madde içeriğine ait semivariogram incelendiğinde en uygun modelin küresel model olduğu belirlenmiştir. Oluşturulan modelde C_0 , C_0+C ve C_0/C_0+C oranı değerlerinin sırasıyla 0.402, 0.942 ve 0.43 olmuştur. C_0/C_0+C oranının %25-75 aralığında olması yersel bağımlılığın orta derecede olduğunu gösterir. Yine bu özelliğe ait A değeri 6000m (Şekil 41), modele ait r^2 değeri 0.93 ve tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.43 olarak belirlenmiştir (Şekil 42).



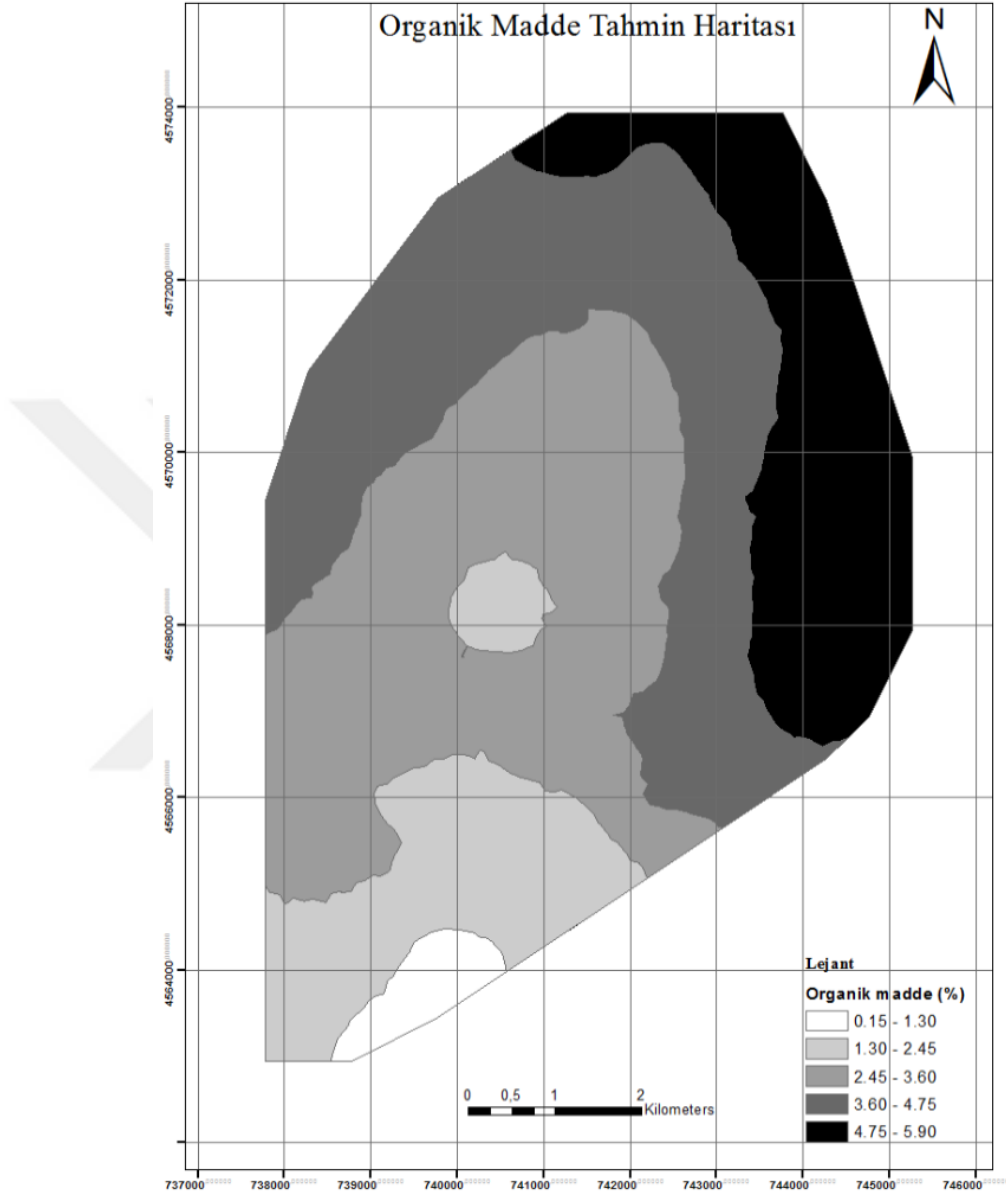
Şekil 41 Organik madde içeriğine ait semivariogram



Şekil 42 Organik madde içeriği ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Organik madde içeriğine ait tahmin haritası incelendiğinde tahmin değerlerinin %0.15 ile %5.90 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Çalışma alanında en sık rastlanılan organik madde içeriği %2.45-3.60 sınıf aralığında (arazinin yaklaşık %34'ü) yer

almıştır. Organik madde içeriği kuzey güney doğrultusunda kademeli olarak azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 43).



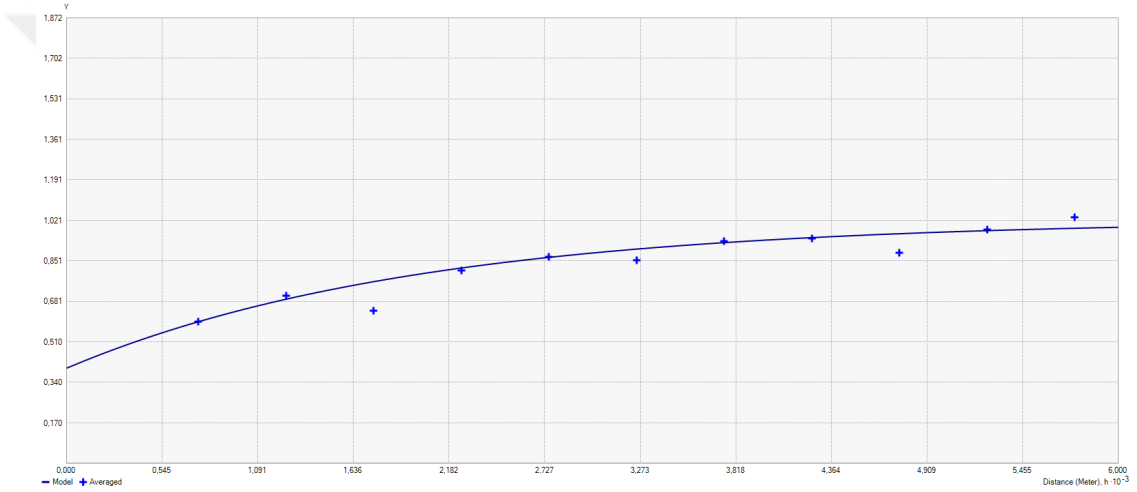
Şekil 43 Organik madde içeriği tahmin haritası

Çalışma alanındaki arazi kullanımının kuzey-güney doğrultusunda orman-meradan tarım arazisine doğru değişim göstermesi söz konusu durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilindiği gibi toprak organik maddesinin ana kaynağını vejetasyon oluşturmaktadır (Rowell, 1994). Bu nedenle vejetasyonun yoğun olduğu havzanın kuzey kesimlerinde organik madde içeriğinin yüksek olması, tarımsal üretim alanlarında ise düşük değerler alması beklenen bir durumdur. Çalışma sonuçlarımıza benzer olarak araştırmacılar orman topraklarındaki organik madde içeriğinin tarımsal

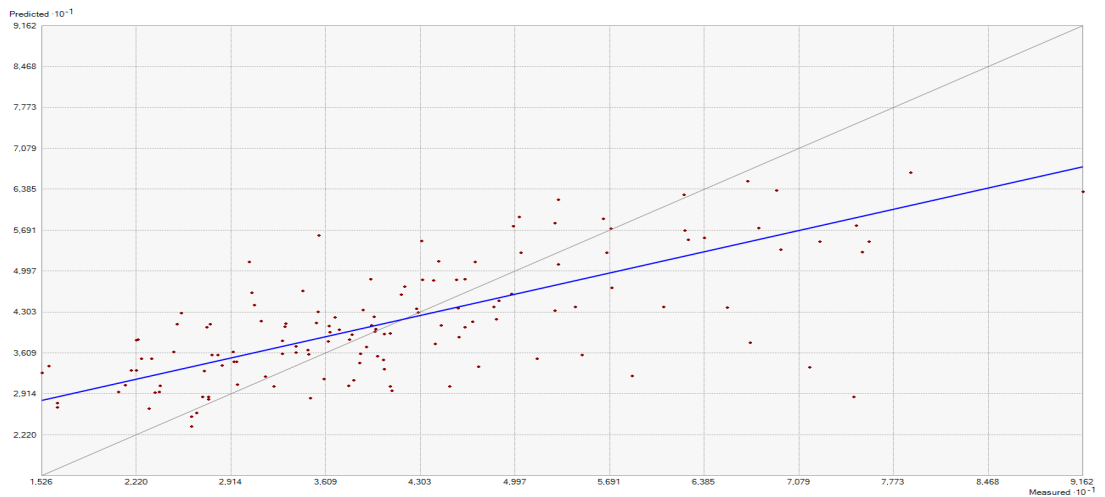
üretim yapılan alanlardan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Kukuş et al., 2019; X. Wang et al., 2019).

3.4.11 Tarla kapasitesi

Tarla kapasitesinin tanımlandığı üssel modele ait C_0 değeri 0.399, C_0+C değeri 1.02 ve C_0/C_0+C oranı 0.39 olarak hesaplanmıştır. Orta derecede konumsal bağımlılık gösteren tarla kapasitesinin birbirinden farklı olabileceği en uzun mesafe (A) ise 6000m (Şekil 44), model r^2 değeri 0.95 ve ölçüm değeri-tahmin değeri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.46 olmuştur (Şekil 45).



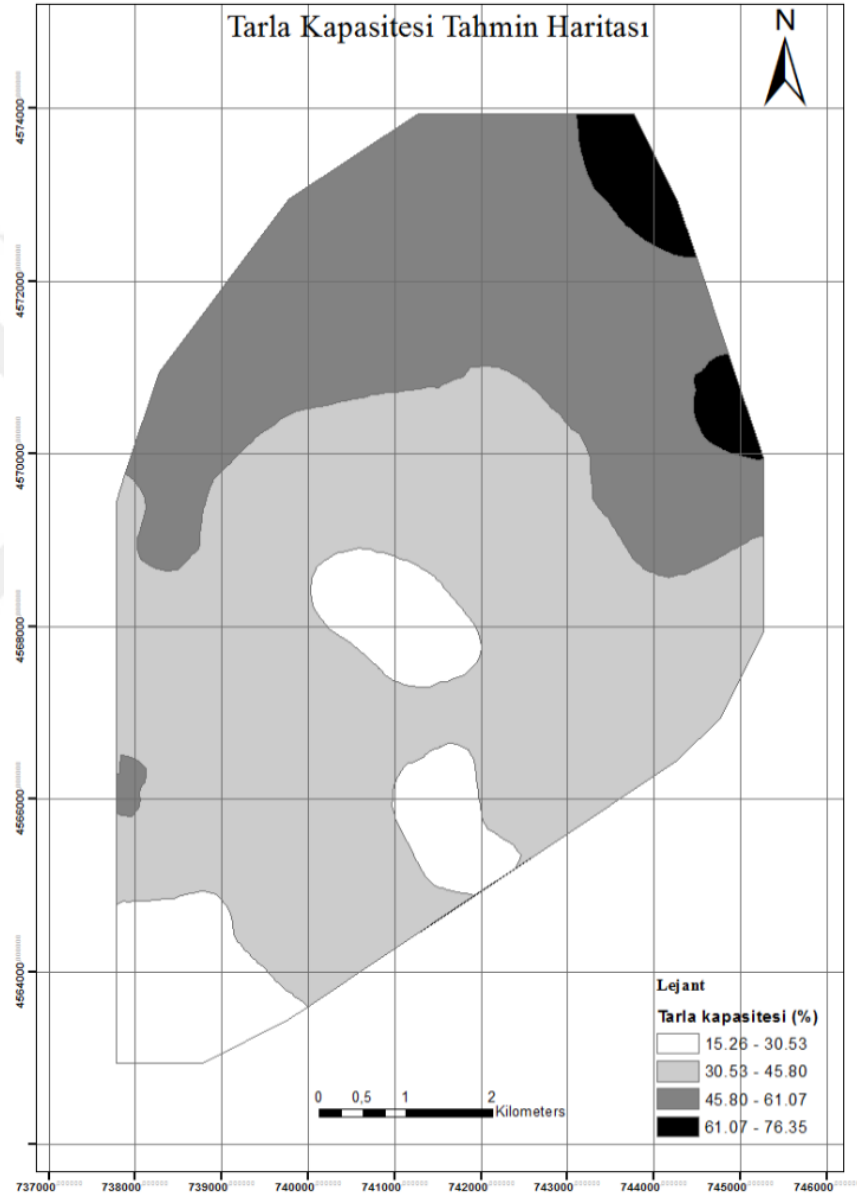
Şekil 44 Tarla kapasitesine ait semivariogram



Şekil 45 Tarla kapasitesi ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Tarla kapasitesi tahmin haritasında değerlerin %15.26 ile %76.35 arasında değişim gösterdiği, ağırlıklı olarak %30.53-45.80 sınıf aralığında (arazinin yaklaşık %52'si)

dağılım gösterdiği görülmüştür. Havza boyunca tarla kapasitesi değerleri düzenli bir değişim göstermiştir. Organik madde içeriğine benzer olarak tarla kapasitesi değerlerinin de kuzey-güney doğrultusunda azaldığı belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve organik madde içeriği arasındaki bu ilişki korelasyon analizi ile tutarlılık göstermektedir (Şekil 46).

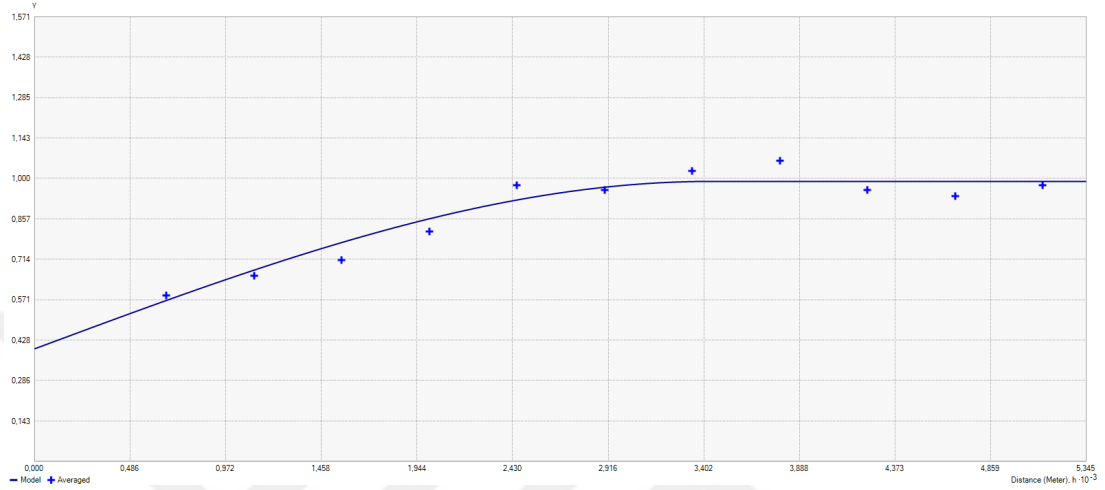


Şekil 46 Tarla kapasitesi tahmin haritası

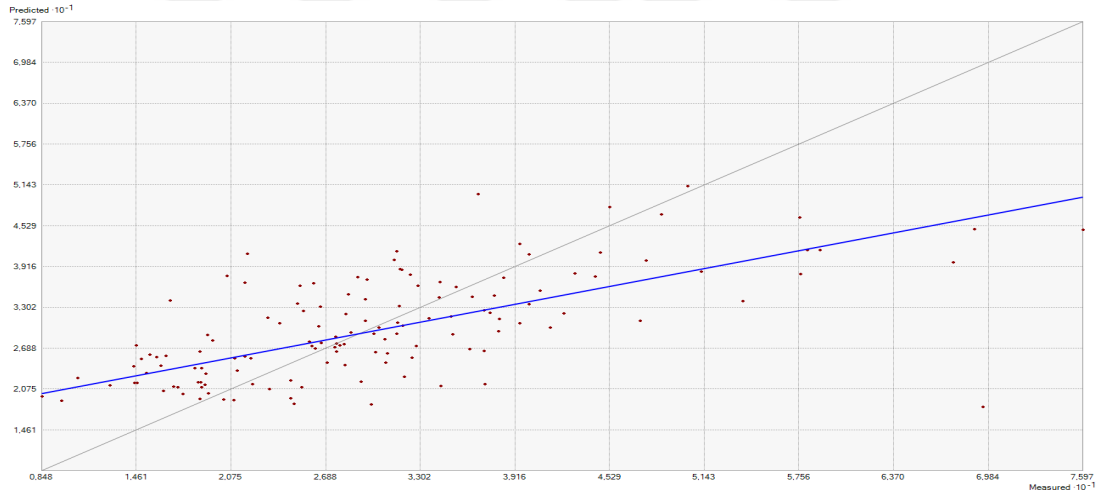
3.4.12 Solma noktası

Küresel modelle tanımlanan solma noktasına ait model parametreleri incelendiğinde C_0 değerinin 0.378, C_0+C değerinin 0.99 ve C_0/C_0+C oranının ise 0.38 olduğu

belirlenmiştir. Bu oranın %25-75 aralığında olması orta derecede yersel bağımlılık gösterdiği anlamına gelmektedir. İncelenen özelliğe ait A değeri 3433m (Şekil 47), modele ait r^2 değeri 0.96 ve tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.37 olmuştur (Şekil 48).

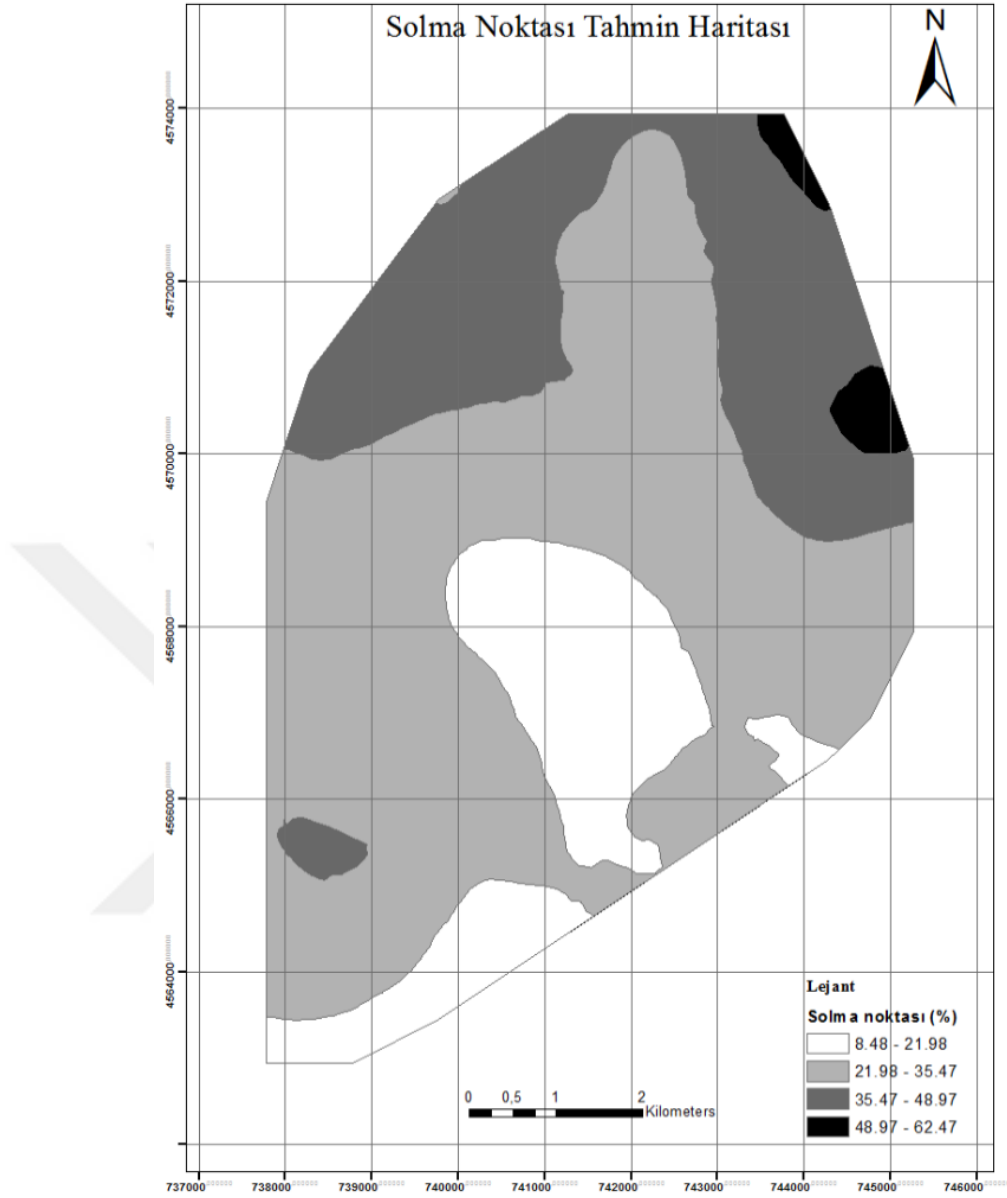


Şekil 47 Solma noktasına ait semivariogram



Şekil 48 Solma noktası ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Solma noktası tahmin değerleri %8.48 ile %62.47 arasında değişim göstermiştir. Tahmin değerleri tahmin haritasında %21.98-35.47 sınıf aralığının arazinin yaklaşık %56'sını kapladığı belirlenmiştir. Diğer bir deyişle arazide en fazla karşılaşılan solma noktası değerleri bu sınıf aralığındadır. Solma noktası nem içeriği tahmin değerleri tarla kapasitesi tahmin değerlerine benzer bir dağılım göstermiştir (Şekil 49).

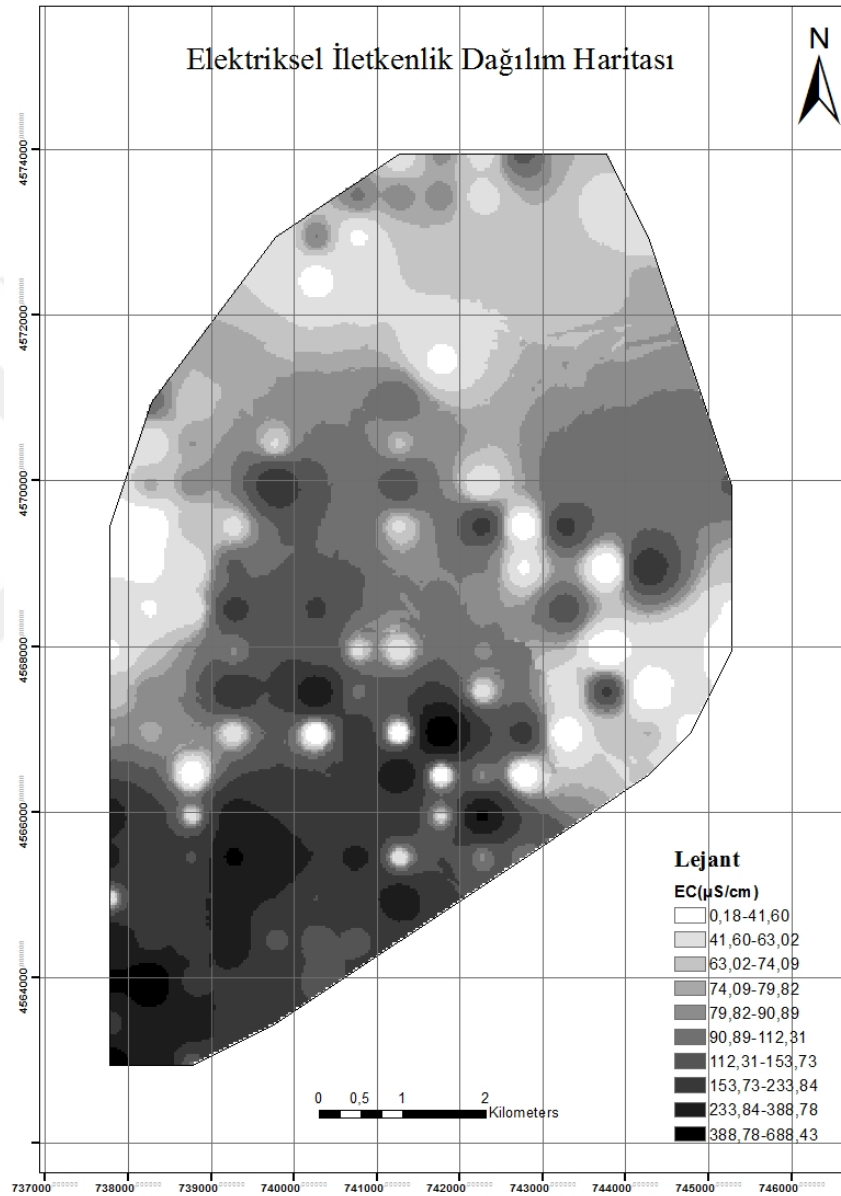


Şekil 49 Solma noktası tahmin haritası

Toprak nem sabiteleri ile toprak gözenekliliğini ve strüktürel stabiliteyi etkileyen tekstür, organik madde içeriği ve strüktür arasında önemli seviyede ilişkiler söz konusudur (Rowell, 1994). Bu nedenle organik madde içeriğinin ve porozitenin yüksek olduğu alanlarda tarla kapasitesi ve solma noktası nem içeriklerinin de yüksek değerler alması beklenen bir durumdur. Çalışma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar toprak organik maddesi ve porozite ile toprak nem karakteristikleri arasında pozitif ilişkiler belirlemişlerdir (Rasa et al., 2018; D. Wang et al., 2019).

3.4.13 Elektriksel iletkenlik

Çalışma alanındaki EC değerleri yersel bağımlılık göstermemiştir. Bu özellik herhangi bir modelle tanımlanmamıştır. IDV kullanılarak oluşturulan dağılım haritası Şekil 50’da verilmiştir.

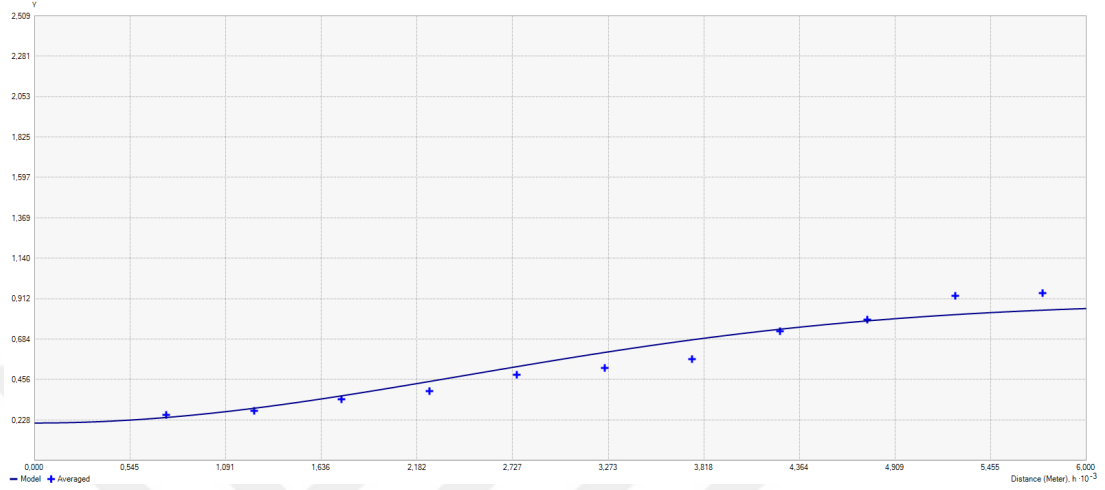


Şekil 50 Elektriksel iletkenlik dağılım haritası

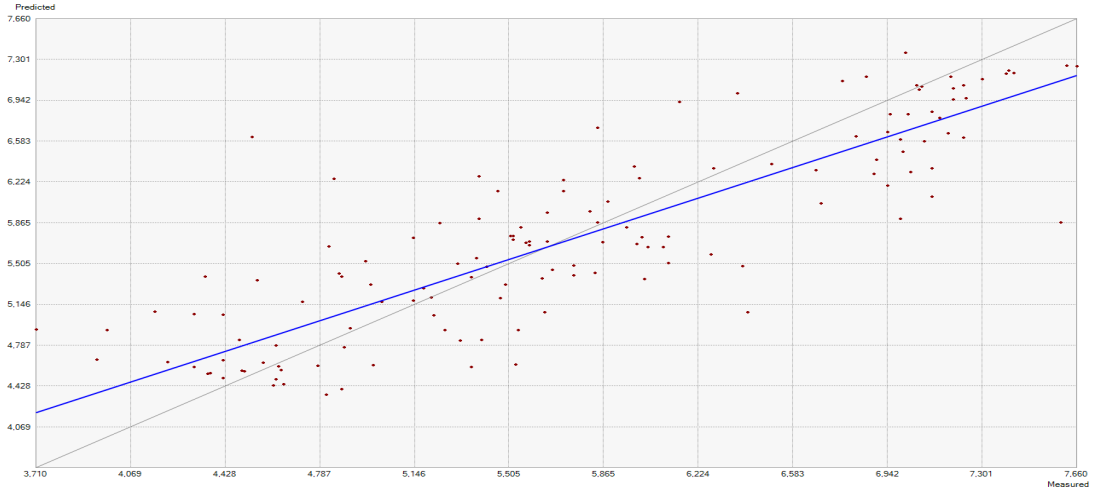
3.4.14 pH

Gaussian model ile tanımlanan pH’ya ait C_0 değeri 0.210, C_0+C değeri 0.89 ve C_0/C_0+C oranı ise 0.24 olarak hesaplanmıştır. Konumsal bağımlılık derecesi yüksek olan pH’nın A değeri 6000m (Şekil 51), model r^2 değeri 0.99 ve tahmin-ölçüm

korelasyon katsayısı ise 0.66 olmuştur. İncelenen özellikler içerisinde en yüksek model r^2 değeri ve en yüksek ölçüm-tahmin korelasyon katsayısı pH’da elde edilmiştir (Şekil 52).

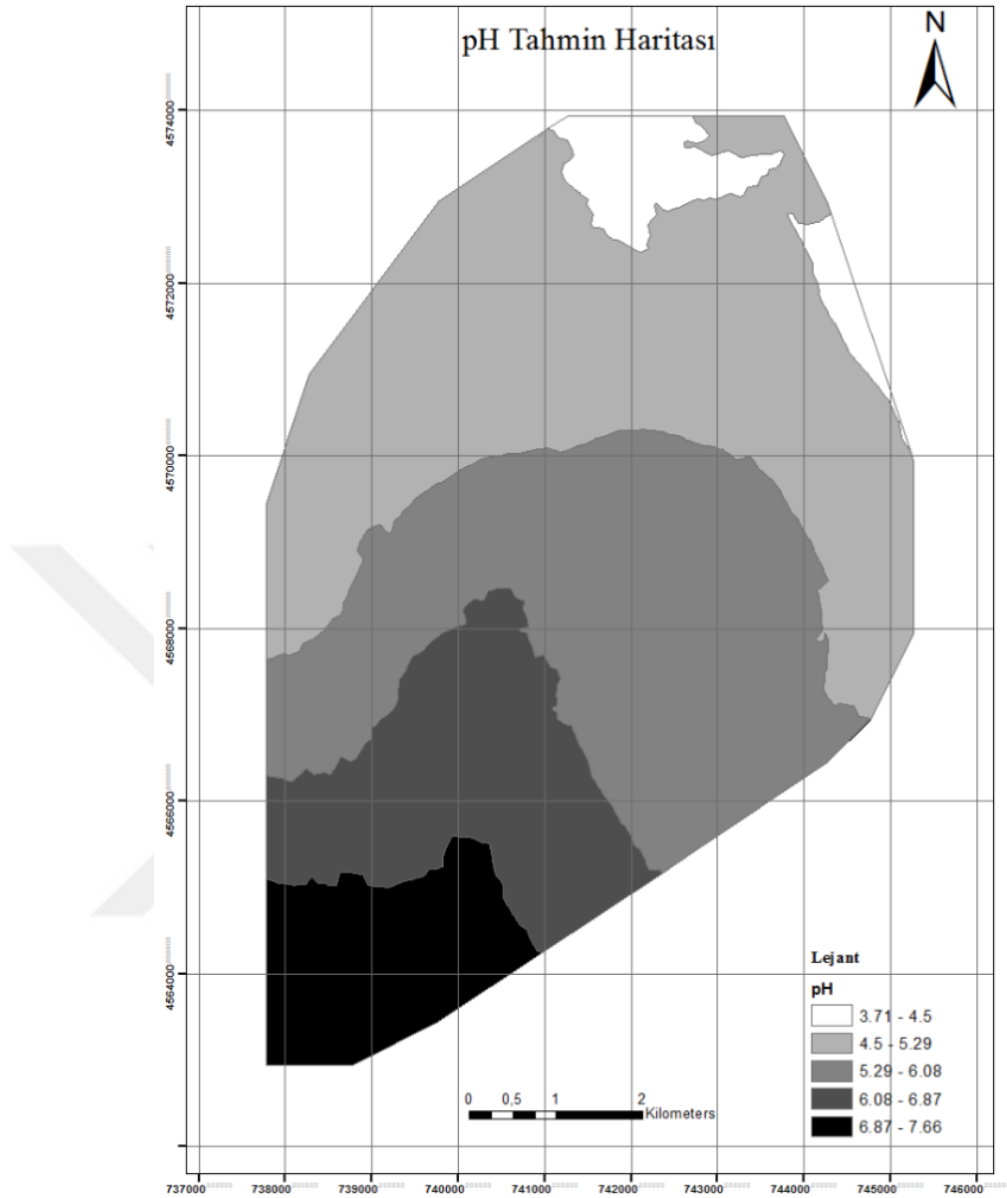


Şekil 51 pH değerlerine ait semivariogram



Şekil 52 pH değerlerine ait ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Çalışma alanına ait pH tahmin haritasında değerlerin 3.71 ile 7.66 arasında değişim gösterdiği ve 4.5-5.29 sınıf aralığındaki değerlerin %40 ile arazide en fazla yer kaplayan grup olduğu görülmüştür. Havza boyunca pH değerlerinin düzenli bir şekilde güney-kuzey doğrultusunda kademeli olarak azalış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 53).



Şekil 53 pH tahmin haritası

Bilindiği gibi toprak asitliğinin iki temel nedeni vardır, bunlardan ilki bazik kasyonların yıkanarak ortamdan uzaklaşması ikincisi ise organik maddenin ayrışma sürecidir (Rowell, 1994). Bu nedenle havzanın orman örtüsü ile kaplı ve eğimli üst bölümlerinde toprağın asidik, taban kısımlarında ise nötr reaksiyon göstermesi beklenen bir durumdur. Daha önce yapılan çalışmalarda bulgularımıza benzer olarak orman örtüsü altındaki toprakların asidik, tarımsal üretim yapılan arazilerde ise toprağın nötr veya bazik reaksiyon gösterdiği bildirilmiştir (da Silva et al., 2019; Falkengren-Grerup et al., 2006).

3.5 Toprak bozulma katsayısı değeri

3.5.1 Göstergeler ait ağırlık katsayıları

Temel bileşenler analizi yardımıyla her bir gösterge için belirlenen ağırlık katsayıları Tablo 5'te verilmiştir. En yüksek ağırlık katsayısına sahip gösterge kum içeriği (0,0929) olurken bunu sırasıyla silt içeriği (0,0885), dispersiyon oranı (0,0818), hacim ağırlığı (0,0795), hacim ağırlığı (0,0795), solma noktası (0,0783), tarla kapasitesi (0,0749), pH (0,0771), organik madde (0,0740), kil (0,0704), ortalama ağırlık çap (0,0648), porozite (0,0640), agregatlaşma oranı (0,0602), agregat stabilitesi (0,0483) takip etmiştir.

Tablo 5 Göstergelerin faktör analizi ile belirlenen ağırlık katsayıları

Gösterge	Extraction	Ağırlık katsayısı
Kum(%)	0,953	0,093
Silt(%)	0,908	0,089
Dispersiyon oranı	0,839	0,082
Hacim ağırlığı	0,816	0,080
Solma noktası	0,803	0,078
Tarla kapasitesi (g/g)	0,768	0,075
pH	0,791	0,077
Organik madde	0,759	0,074
Kil(%)	0,722	0,070
Ortalama ağırlık çap	0,665	0,065
Porozite	0,657	0,064
Agregatlaşma oranı	0,617	0,060
Agregat stabilitesi (%)	0,495	0,048
Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,467	0,046

Korelasyon analizinde, bir özellik ne kadar fazla özellik ile ilişkili ise o kadar önemlidir. Bu genel geçerden yola çıkarak korelasyon analizi sonucunda her bir özelliğin diğer özellikler ile olan korelasyon katsayılarının mutlak değerleri toplanmış ve genel toplama bölünerek ağırlık katsayıları belirlenmiştir. İncelenen özelliklere ait korelasyon katsayıları Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre en yüksek ağırlık katsayısına sahip toprak özelliği pH iken bunu sırasıyla hacim ağırlığı, porozite, organik madde içeriği, tarla kapasitesi nem içeriği, kil içeriği, kum içeriği, solma noktası nem içeriği, elektriksel iletkenlik değeri, ortalama ağırlık çap, dispersiyon oranı, agregat stabilitesi, agregatlaşma oranı ve silt takip etmiştir.

Tablo 6 Göstergelerin korelasyon analizi ile belirlenen ağırlık katsayıları

Gösterge	Korelasyon katsayıları toplamı	Ağırlık katsayısı
pH	5.27	0.103
Hacim ağırlığı	5.18	0.102
Porozite	4.34	0.085
Organik madde	4.29	0.084
Tarla kapasitesi (g/g)	4.20	0.082
Kil	3.98	0.078
Kum	3.67	0.072
Solma noktası	3.64	0.071
Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3.09	0.061
Ortalama ağırlık çap	3.01	0.059
Dispersiyon oranı	2.71	0.053
Agreget stabilitesi (%)	2.68	0.053
Agregatlaşma oranı	2.65	0.052
Silt	2.07	0.041
Toplam	50.78	1.00

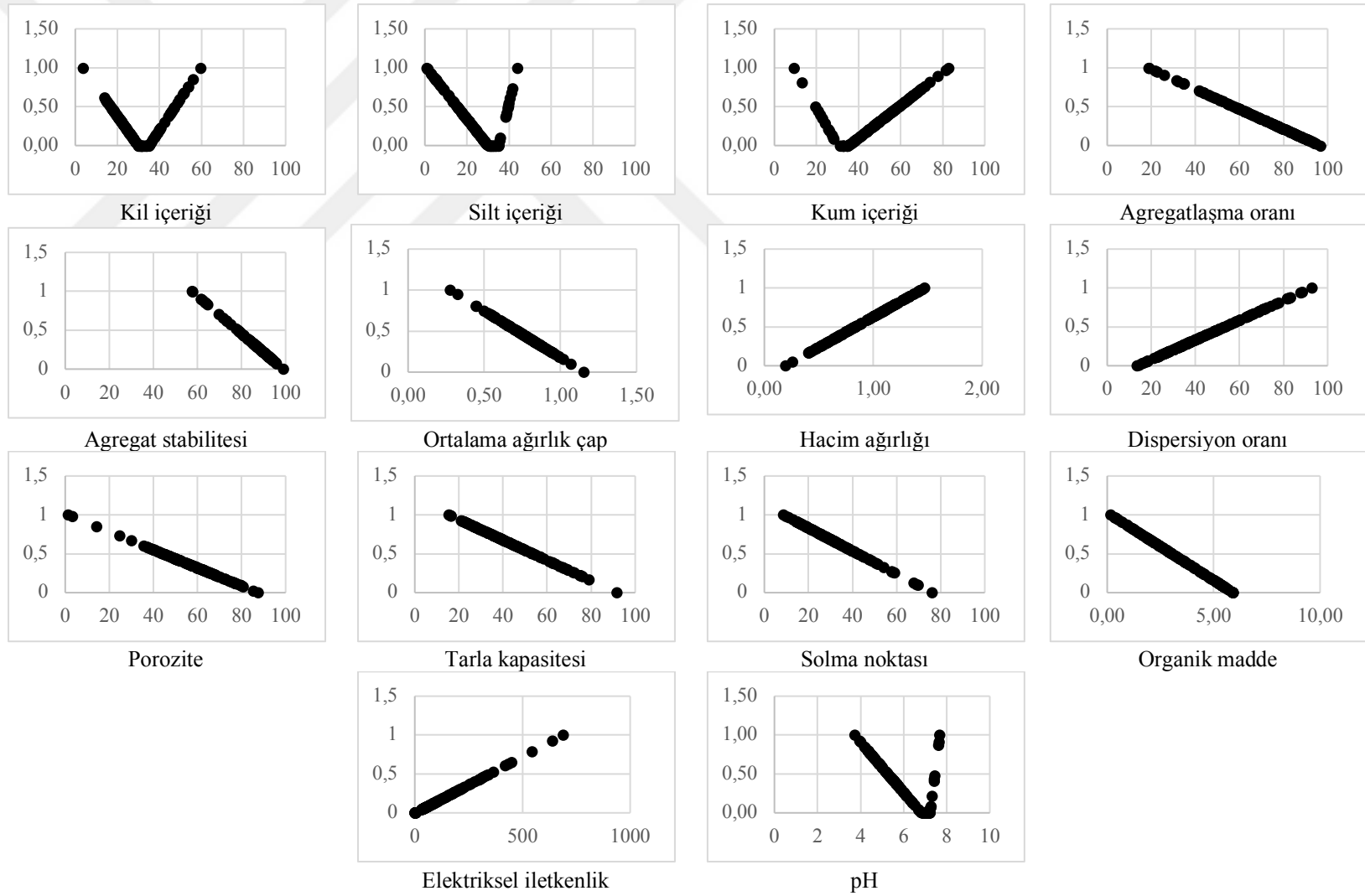
3.5.2 Göstergelere ait skor değerleri

Yöntem kısmında belirtilen fonksiyonlar kullanılarak her bir gösterge için skor değerleri hesaplanmıştır. Göstergelere ait ölçüm değerleri ve buna karşılık gelen skor değerleri grafik kullanılarak Şekil 54’da verilmiştir.

3.5.3 Toprak bozulma katsayısı değerinin hesaplanması

Her bir örnekleme noktası için yöntem kısmında verilen eşitlik yardımıyla toprak bozulma katsayısı değeri hesaplanmıştır (Tablo 7). Bozulma katsayısı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 8’de verilmiştir. Buna göre faktör analizi kullanılarak yapılan hesaplamada en düşük bozuma katsayısı değeri 0.239, en yüksek 0.690 ve ortalama 0.429 olmuştur. Bu yöntemle ait standart sapma değeri 0.088 ve değişkenlik katsayısı ise %20.51 olarak belirlenmiştir. Korelasyon analizi yardımıyla yapılan ağırlıklandırma yönteminde belirlenen en düşük, en yüksek ve ortalama bozulma katsayısı değerleri sırasıyla 0.253, 0.663 ve 0.434 olmuştur. Bu yöntemle ait standart sapma değeri 0.084 iken değişkenlik katsayısı %19.35 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan varyans analizi sonucunda faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle hesaplanan toprak bozulma katsayısı değerleri arasında istatistiki anlamda bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($F: 0.191$; $p>0.05$).



Şekil 54 Göstergelere ait ölçüm değeri-skor dağılım grafikleri

Tablo 7 Örnekleme noktalarına ait toprak bozulma katsayısı değerleri

Örnek no	Bozulma katsayısı değeri ^a	Bozulma katsayısı değeri ^b	Örnek no	Bozulma katsayısı değeri ^a	Bozulma katsayısı değeri ^b	Örnek no	Bozulma katsayısı değeri ^a	Bozulma katsayısı değeri ^b
1	0,515	0,551	66	0,432	0,465	145	0,403	0,385
2	0,570	0,560	68	0,487	0,437	147	0,397	0,393
3	0,630	0,663	69	0,407	0,399	148	0,532	0,504
4	0,438	0,460	71	0,414	0,409	149	0,300	0,307
6	0,563	0,624	73	0,396	0,413	150	0,420	0,419
7	0,542	0,552	74	0,372	0,405	151	0,540	0,519
8	0,629	0,616	75	0,304	0,333	154	0,540	0,505
9	0,440	0,439	76	0,375	0,428	155	0,349	0,379
10	0,508	0,503	78	0,444	0,439	157	0,417	0,432
11	0,449	0,470	79	0,376	0,376	158	0,367	0,358
13	0,427	0,446	80	0,571	0,527	159	0,470	0,418
14	0,468	0,487	81	0,377	0,391	165	0,343	0,328
15	0,399	0,425	82	0,440	0,439	166	0,349	0,370
16	0,441	0,471	84	0,690	0,647	168	0,426	0,405
17	0,457	0,489	85	0,474	0,455	171	0,488	0,467
18	0,413	0,431	87	0,463	0,458	173	0,499	0,484
19	0,447	0,428	89	0,455	0,438	175	0,471	0,430
20	0,477	0,497	90	0,489	0,498	179	0,417	0,381
21	0,477	0,476	93	0,427	0,446	181	0,310	0,304
22	0,471	0,483	95	0,308	0,333	182	0,351	0,340
24	0,412	0,430	96	0,327	0,342	184	0,479	0,474
25	0,422	0,424	97	0,352	0,370	187	0,396	0,428
27	0,556	0,574	98	0,347	0,358	194	0,276	0,303
29	0,497	0,510	100	0,385	0,402	196	0,239	0,271
30	0,402	0,432	103	0,508	0,448	197	0,425	0,431
31	0,274	0,275	105	0,577	0,586	202	0,387	0,372
32	0,418	0,400	106	0,619	0,615	212	0,248	0,265
33	0,382	0,403	107	0,578	0,588	217	0,512	0,490
34	0,407	0,440	109	0,414	0,429	240	0,367	0,395
36	0,486	0,443	112	0,315	0,347	248	0,298	0,307
37	0,496	0,514	114	0,587	0,555	249	0,510	0,519
39	0,508	0,528	115	0,477	0,485	250	0,423	0,444
40	0,511	0,510	117	0,517	0,493	251	0,562	0,559
41	0,340	0,339	118	0,364	0,368	258	0,344	0,346
42	0,344	0,372	119	0,467	0,480	259	0,365	0,375
43	0,439	0,471	121	0,626	0,626	260	0,344	0,356
44	0,393	0,410	124	0,455	0,434	261	0,412	0,391
46	0,443	0,464	125	0,505	0,454	262	0,485	0,498
48	0,482	0,498	127	0,293	0,311	265	0,384	0,388
49	0,556	0,572	131	0,356	0,363	266	0,364	0,385
50	0,243	0,253	133	0,285	0,269	267	0,352	0,377
55	0,390	0,411	134	0,404	0,390	268	0,338	0,345
60	0,381	0,413	135	0,343	0,377	269	0,405	0,404
61	0,464	0,473	141	0,421	0,443	270	0,336	0,331
62	0,447	0,460	142	0,527	0,502	271	0,333	0,326
63	0,287	0,300	144	0,343	0,361			

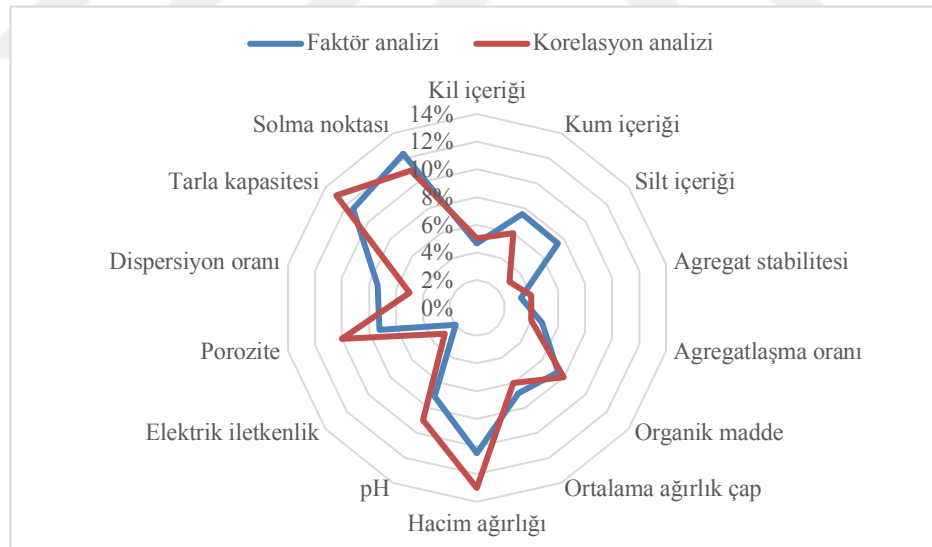
a:Faktör analizi, b:Korelasyon analizi

Tablo 8 Yöntemlere ait tanımlayıcı istatistikler

Yöntem	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı
Faktör analizi	0.239	0.690	0.429	0.088	20.51
Korelasyon analizi	0.253	0.663	0.434	0.084	19.35

Her iki yöntemde de göstergelerin toprak bozulma katsayısı değeri üzerindeki etkileri benzer olmuştur. Bozulma katsayısı değerinin yüksek olmasında etkili olan ilk üç özellik solma noktası nem içeriği, tarla kapasitesi nem içeriği ve hacim ağırlığıdır. En az etkili olan özellikler ise elektriksel iletkenlik, kil içeriği ve agregat stabilitesidir (Şekil 55).

Çok kriterli karar analizlerinden biri olan AHP yöntemi referans alınarak oluşturulan yeni yaklaşımda bozulma indeks değerinin belirlenmesinde kullanılan göstergelerin ağırlıklandırılması için korelasyon katsayılarından yararlanıldı. İlk defa bu tezde kullanılan yöntemin çalışma alanımıza benzer havzalarda ağırlıklandırma yöntemi olarak kullanılabileceği görüldü.

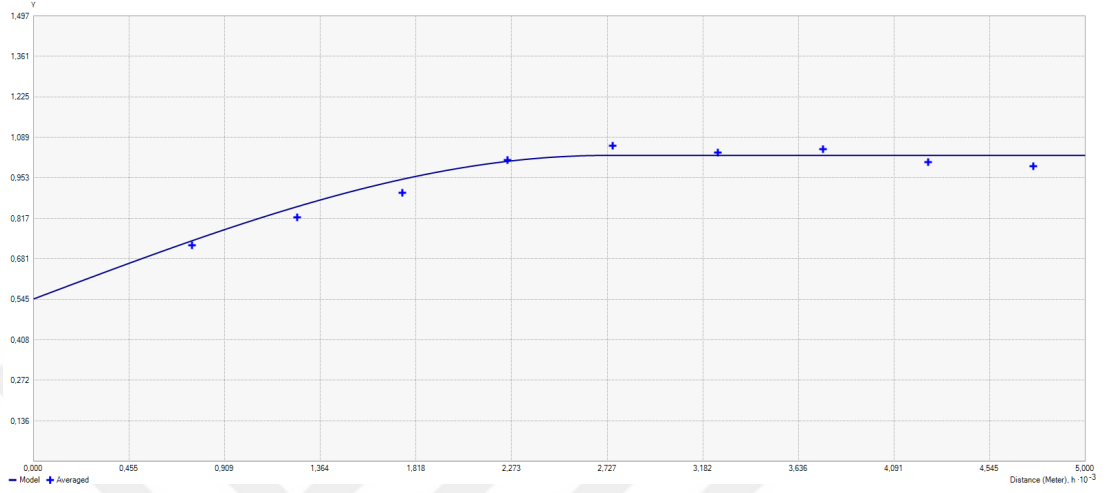


Şekil 55 Göstergelerin bozulma katsayısı değeri üzerindeki etkileri

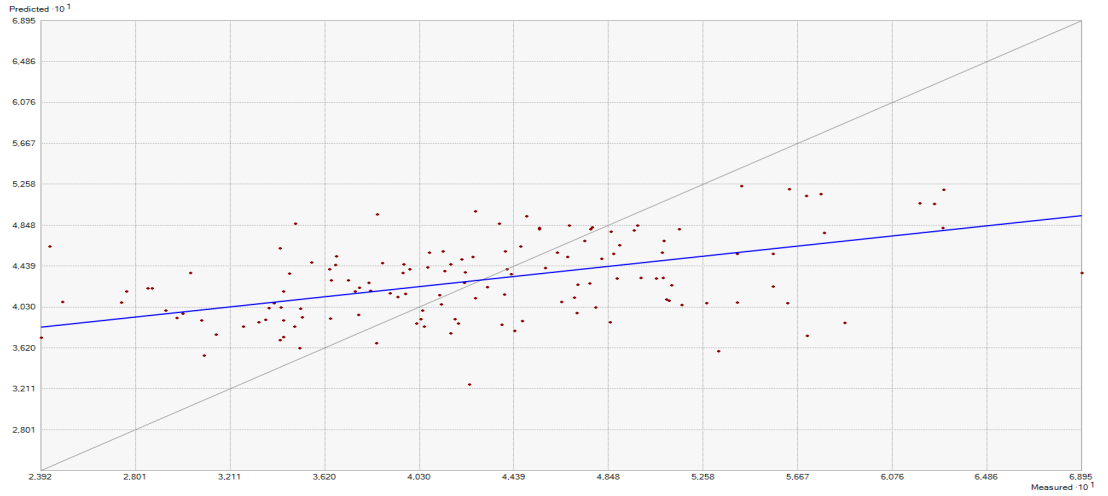
3.5.4 Toprak bozulma katsayısı değerinin yersel değişkenliği

Faktör analizi ile ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı (TBK_{FA}) küresel model ile tanımlanmıştır. Modele ait semivariogram incelendiğinde C_0 değerinin 0.546, sill değerinin 1.028, C_0/C_0+C oranının 0.53 ve A değerinin de 2714m olduğu belirlenmiştir (Şekil 56).

TBK_{FA}'nın orta derecede konumsal bağımlılık gösterdiği görülmüştür. Modelin r^2 değeri 0.91 olurken tahmin değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.20 olmuştur (Şekil 57).

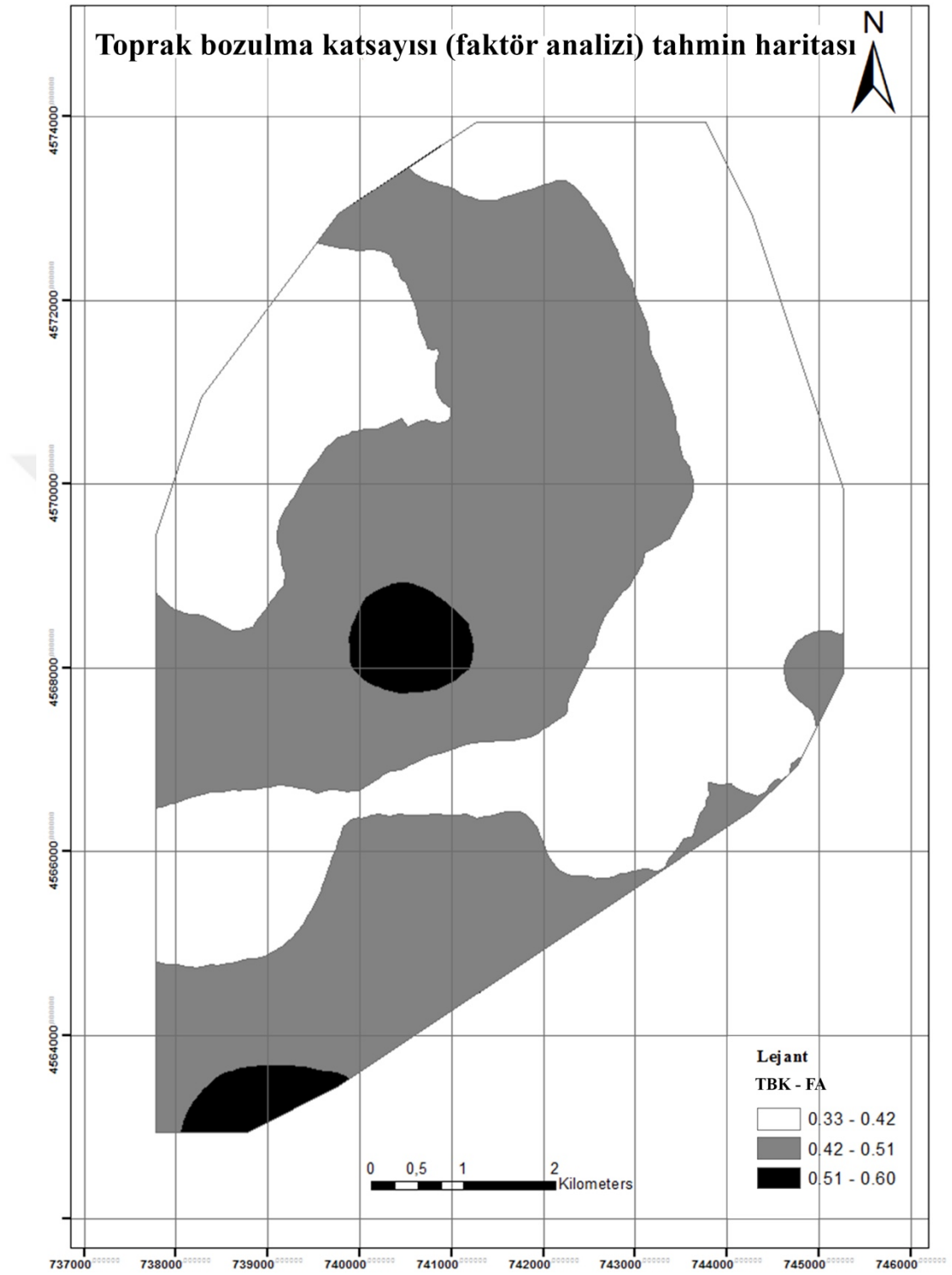


Şekil 56 Faktör analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı değerine (TBK_{FA}) ait semivariogram



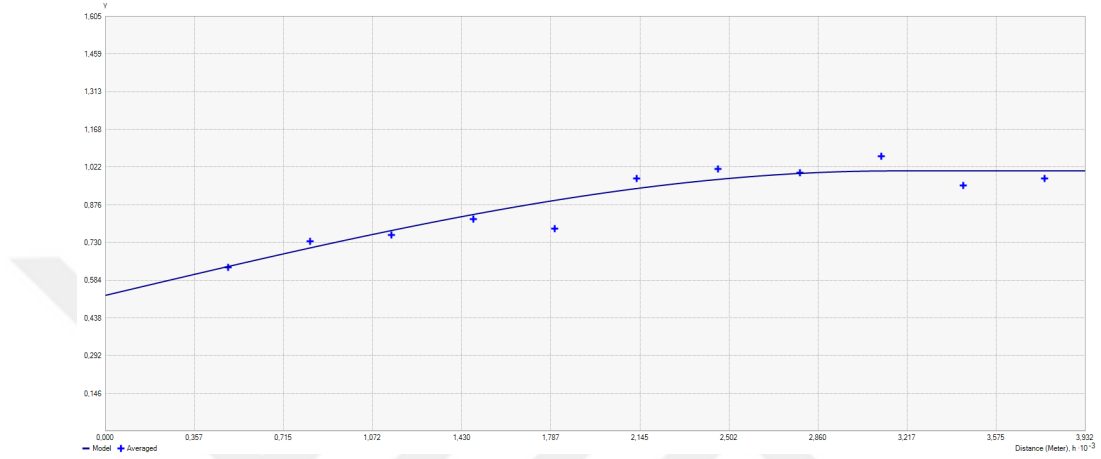
Şekil 57 Faktör analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı (TBK_{FA}) hesap değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Tahmin haritasında TBK_{FA} değerleri 0.33 ile 0.60 arasında değişim göstermiştir. Üç sınıfta gruplanan TBK_{FA} değerleri havzada en fazla (arazinin yaklaşık %50'si) orta (0.42-0.51) sınıf aralığında yer almıştır. Bunu %46'lık oranla düşük (0.33-0.42) ve %3'lük oranla yüksek (0.51-0.60) sınıf aralığı takip etmiştir. Havza geneli değerlendirildiğinde TBK_{FA}'nin su ayırım çizgisinde düşük değerler aldığı, taban kısmında ise yükseldiği göze çarpmaktadır (Şekil 58).

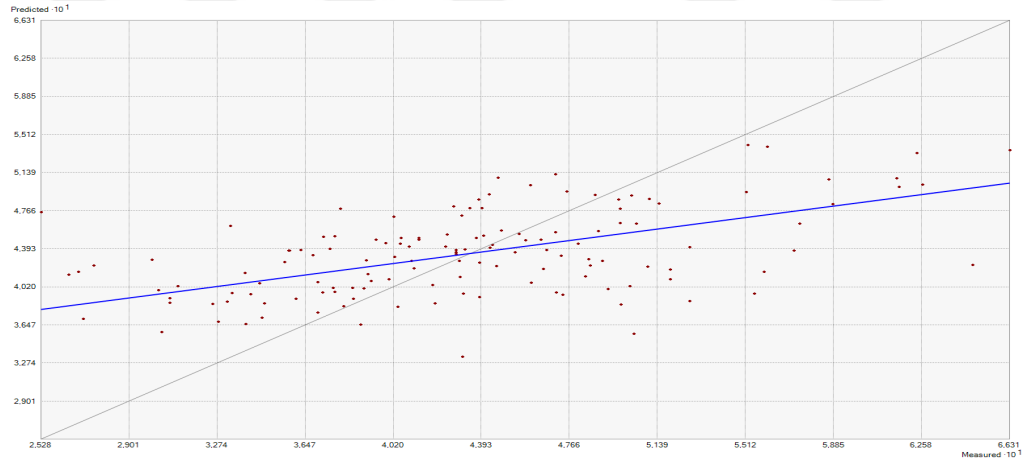


Şekil 58 Faktör analizi kullanılarak ağırlandırılan toprak bozulma katsayısı değeri (TBK_{FA}) dağılım haritası

Korelasyon analizi ile ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı değerleri (TBK_{KA}) küresel model ile tanımlanmıştır Semivariograma ait C_0 değeri 0.525, C_0+C değeri 1.006, C_0/C_0+C oranı 0.52 ve A değeri ise 3159m olarak belirlenmiştir (Şekil 59). Orta derecede konumsal bağımlılık gösteren TBK_{KA} değerlerine ait model r^2 değeri 0.86, hesap değeri-tahmin değeri korelasyon katsayısı ise 0.28 olmuştur (Şekil 60).



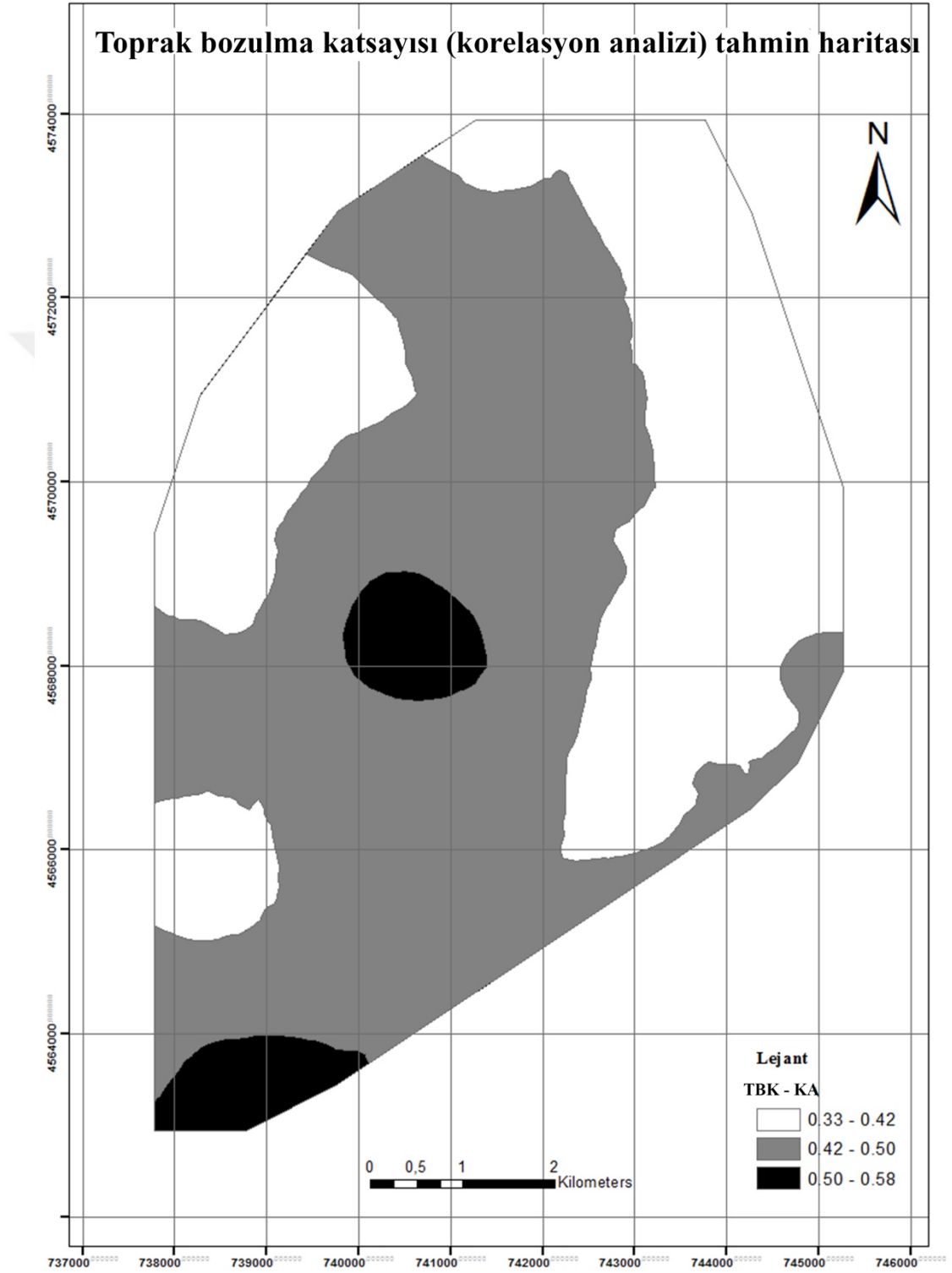
Şekil 59 Korelasyon analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı değerine (TBK_{KA}) ait semivariogram



Şekil 60 Korelasyon analizi yardımıyla ağırlıklandırılan toprak bozulma katsayısı (TBK_{KA}) hesap değerleri ile tahmin değerleri arasındaki ilişki

Tahmin haritası incelendiğinde TBK_{KA} değerlerinin 0.33 ile 0.58 aralığında değişim gösterdiği ve ağırlıklı olarak (arazinin yaklaşık %55'inde) orta sınıfta (0.42-0.50) yer aldığı görülmüştür. Bunu sırasıyla %40'lık oranla düşük (0.33-0.42) ve %5'lik oranla yüksek (0.50-0.58) sınıflar takip etmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde TBK_{FA} 'ya benzer bir durumun söz konusu olduğu söylenebilir, bu yöntemde de bozulma katsayısı

değerleri havzanın su ayırım çizgisinde düşük taban kısımlarında ise yüksek olmuştur (Şekil 61).



Şekil 61 Korelasyon analizi kullanılarak ağırlandırılan toprak bozulma katsayısı değeri (TBK_{KA}) dağılım haritası

3.5.5 Toprak bozulma katsayısı değerinin havza özelliklerine bağı olarak değışimi

Her iki yöntemle belirlenen bozulma katsayısı değerlerindeki değışimi tartışabilmek için bu değerler havza özellikleri ile ilişkilendirilmiştir.

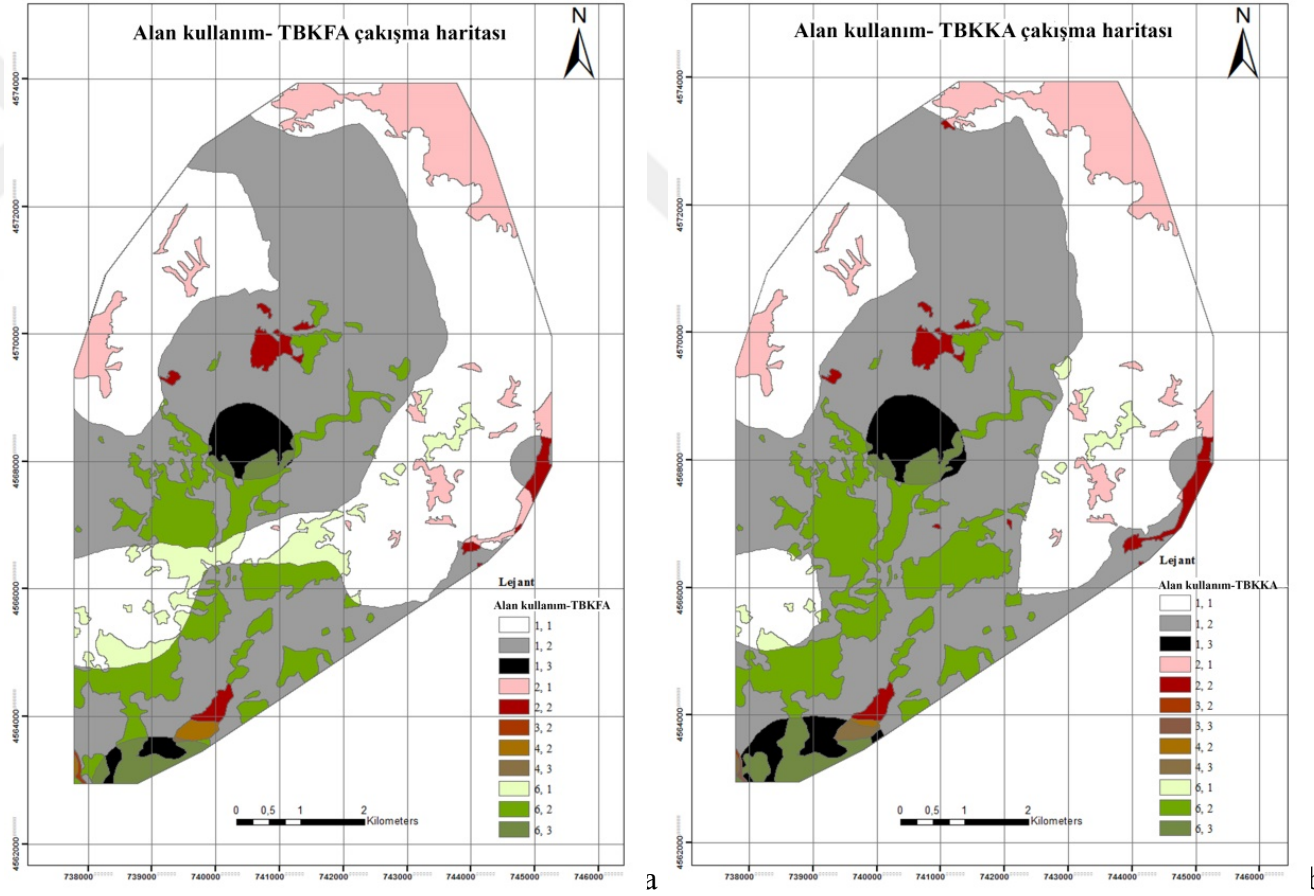
3.5.5.1 Alan kullanımı

Toprak bozulma katsayısı değerlerine ait tahmin haritaları alan kullanım haritası ile karşılaştırılarak tahmin değerlerindeki değışim alan kullanım farklılığı ile ilişkilendirilmiştir. Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleri için oluşturulan çıkışma haritaları Şekil 62a ve Şekil 62b’de verilmiştir.

Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleriyle tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin alan kullanımındaki farklılıklara bağı olarak gösterdiği değışim oransal olarak Şekil 63’da verilmiştir.

Faktör analizi ağırlıklandırma yöntemiyle yapılan değlendirmede orman arazisinin %51’inde toprak bozulma katsayısı değeri “orta” sınıfında iken bunu %46’lık oranla “düşük” sınıfındaki değerler takip etmiştir. “Yüksek” sınıfına giren değerler ise en düşük orana (%3) sahip olmuştur. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle yapılan değlendirmede de benzer sonuçlar elde edilmiştir, “orta” sınıfındaki değerler çalışma alanının yaklaşık %54’ünü kaplıyorken bunu %42 ile “düşük” sınıfı takip etmiştir. Bu yöntemde de yüksek sınıfındaki veriler en düşük dağılım oranına sahip olmuştur.

Mera topraklarında en düşük TBK_{FA} değerlerinin yer aldığı “düşük” sınıfının en fazla yer kaplayan (%84) sınıf olduğu belirlenmiştir. Arazide “orta” sınıfındaki değerlerin %16’lık bir yer kapladığı, “yüksek” sınıfının ise arazide yer kaplamadığı belirlenmiştir. Benzer durum TBK_{KA} değerlerinde de tespit edilmiştir, yine mera alanlarının %80’inde “düşük” bozulma indeks değerleri görülürken bunu %20’lik oranla “orta” sınıfındaki değerler takip etmiştir. “Yüksek” sınıfında bozulma indeks değerlerinin ise mera alanlarında görülmediği belirlenmiştir.

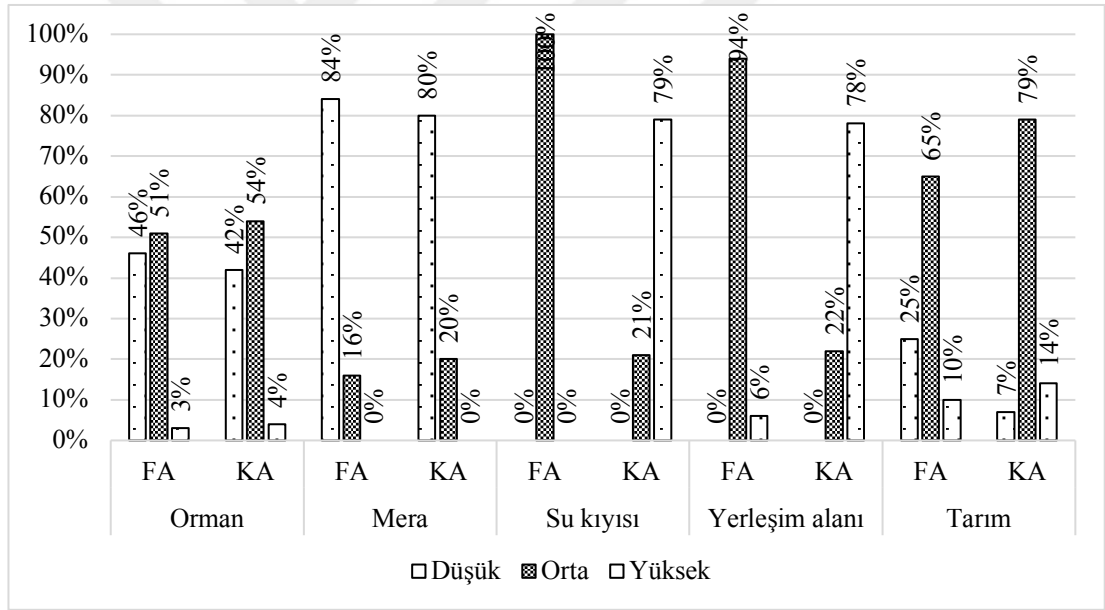


Şekil 62 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırılma yöntemleriyle oluşturulan toprak bozulma katsayısı değerleri ile alan kullanım sınıflarının çakışma haritası

(Lejantta yer alan rakamlardan ilki alan kullanım sınıfını ikincisi ise bozulma katsayısı değeri sınıfını ifade etmektedir. Alan kullanım sınıfları: 1,orman; 2,mera; 3,su kıyısı; 4, yerleşim alanı; 6, tarım alanı. BİD sınıfları 1, düşük; 2, orta; 3, yüksek)

Su kıyısı ve yerleşim alanı alan kullanım sınıfının arazide çok az bir yer kaplaması nedeniyle değerlendirilmesi yapılmamıştır. Ancak TBK_{KA} değerlendirmesinde yerleşim alanlarının %78’inde yüksek bozulma katsayısı değerlerinin yer aldığı görülmüştür.

Tarım arazilerinin %65’lik kısmında TBK_{FA} değerleri “orta” sınıfında yer alırken %25’lik kısmında “düşük” ve %10’luk kısmında ise “yüksek” sınıftaki veriler yer almıştır. TBK_{KA} değerleri de benzer bir dağılım göstermiştir. Bu yöntemde de tarım arazilerinin önemli bir kısmında (%79) bozulma katsayısı değerleri “orta” sınıfında yer almış, bozulma katsayısı değerlerinin “yüksek” sınıftaki tahmin değerleri ise %14’lük bir ona sahip olmuştur. “Düşük” bozulma katsayısı değeri sınıf aralığındaki verilerin bu yöntemde %7’ye düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 63 Alan kullanım sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı

Orman alanlarında toprak bozulmasına neden olan etkenler; orman örtüsündeki azalma, toprak verimliliğinde azalma, zayıf toprak strüktürü, erozyon, tekrar eden orman yangınları, diğer bitkilerle olan rekabet ve yararlı mikroorganizmaların azalması şeklinde sıralanmaktadır (Rietbergen-McCracken et al., 2007). Havzada orman alanlarındaki insan faaliyetlerinin az olması yukarıda belirtilen etmenlerin görülmesini azaltmaktadır. Bu nedenle toprak bozulma katsayısı değerinin bu alanlarda düşük sınıfta yer alması beklenen bir durumdur. Aynı durum mera alanları

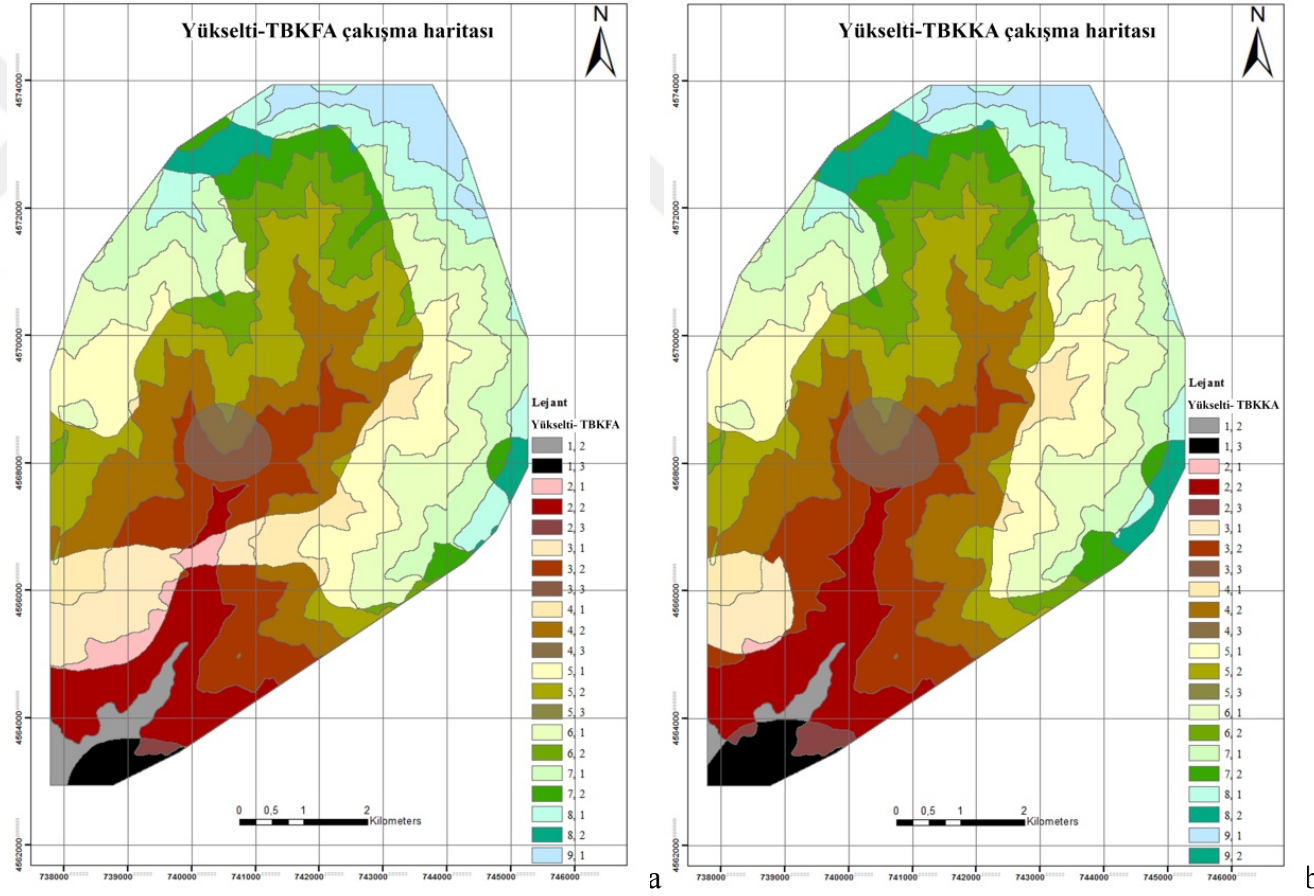
için de geçerlidir, havzada otlatma baskısının az olması toprak özelliklerinde meydana gelebilecek olumsuz değişikliklerin önüne geçmiş ve buna bağlı olarak bozulma katsayısı değerleri de düşük sınıfta yer almıştır. Tarım arazilerinde ise durum beklenildiği gibi bozulma katsayısı değerinin yüksek olması yönünde gerçekleşmiştir. Başta toprak işleme gibi yönetim uygulamaları toprak özelliklerinde olumsuz değişikliklere ve bozulma indeks değerinde de artmaya neden olmaktadır. Çalışma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar orman (Yousefi et al., 2016; H. Zhang et al., 2019) ve mera alanlarında toprak bozulması sorunun daha az görüldüğünü, tarım alanlarında ise bu sorunla daha sık karşılaşıldığını bildirmişlerdir (Kidron et al., 2010; Moebius-Clune et al., 2011).

3.5.5.2 Yükselti

Yükselti sınıflarındaki değişime bağlı olarak toprak bozulma katsayısı tahmin değerlerinde ortaya çıkan farklılığı tanımlayabilmek için çakışma haritaları oluşturulmuştur. Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleri için ayrı ayrı oluşturulan çakışma haritaları Şekil 64’de verilmiştir.

Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleriyle tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin yükselti farklılıklarına göre gösterdiği değişim oransal olarak Şekil 65’de verilmiştir.

Birinci yükselti kademesinde (180-430m) “orta” sınıfındaki TBK_{FA} değerleri alanın %60’ını, “yüksek” sınıfındaki değerler ise alanın %40’ını kaplamıştır. Alanda “düşük” sınıfında değerlere rastlanılmamıştır. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilen toprak bozulma katsayısı tahmin değerlerinin yükselti farklılıklarına göre değerlendirilmesinde bir önceki yöntemden farklı olarak birinci yükselti sınıfında (180-430m) TBK_{KA} değerlerinin önemli bir kısmının (%68) “yüksek” sınıfında yer aldığı, bunu %32’lik oranla “orta” sınıfında yer alan değerlerin takip ettiği belirlenmiştir, bu yükseltide de “düşük” sınıfında değerlere rastlanılmamıştır.



Şekil 64 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle oluşturulan toprak bozulma katsayısı değerleri ile yükselti çakışma haritası

(Lejantta yer alan rakamlardan ilki yükselti ikincisi ise bozulma katsayısı değeri sınıfını ifade etmektedir. Yükselti sınıfları: 1, 180-430; 2, 430-680; 3, 680-930; 4, 930-1180; 5, 1180-1430; 6, 1430-1680; 7, 1680-1930; 8, 1930-2180; 9, 2180-2465. BİD sınıfları 1, 0.33-0.42; 2, 0.42-0.51; 3, 0.51-0.60)

İkinci yükselti kademesindeki (430-680m) alanların %80'inde TBK_{FA} değerlerinin “orta”, %17'sinde “düşük” ve %3 ünde “yüksek” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu yükselti kademesinde TBK_{KA} değerlerinin en fazla görüldüğü (%90) sınıf aralığı bir önceki yöntemde olduğu gibi “orta” olmuştur, bunu sırasıyla %8'lik oranla “yüksek” ve %2'lik oranla “düşük” sınıflar takip etmiştir.

Yükselti aralığı 680-930m olan üçüncü yükselti kademesindeki alanların %62'sinde toprak bozulma katsayısı değeri “orta” sınıfında iken %29'u “düşük” ve %9'u da “yüksek” sınıfında yer almıştır. Buna benzer olarak “orta” sınıfında yer alan TBK_{KA} değerlerinin bu yükselti sınıfının %73'ünü kapladığı, bunu sırasıyla %14'lük oranla “düşük” ve %13'lük oranla “yüksek” sınıflarının takip ettiği belirlenmiştir.

Yükselti kademelerinin dördüncüsündeki (930-1180) alanların %74'ünde TBK_{FA} değerleri “orta”, %22'sinde “düşük” ve %4'ünde “yüksek” sınıfında yer almıştır. Bu yükselti kademesindeki alanların %80'inde TBK_{KA} değerlerinin “orta”, %15'inde “düşük” ve %5'inde “yüksek” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

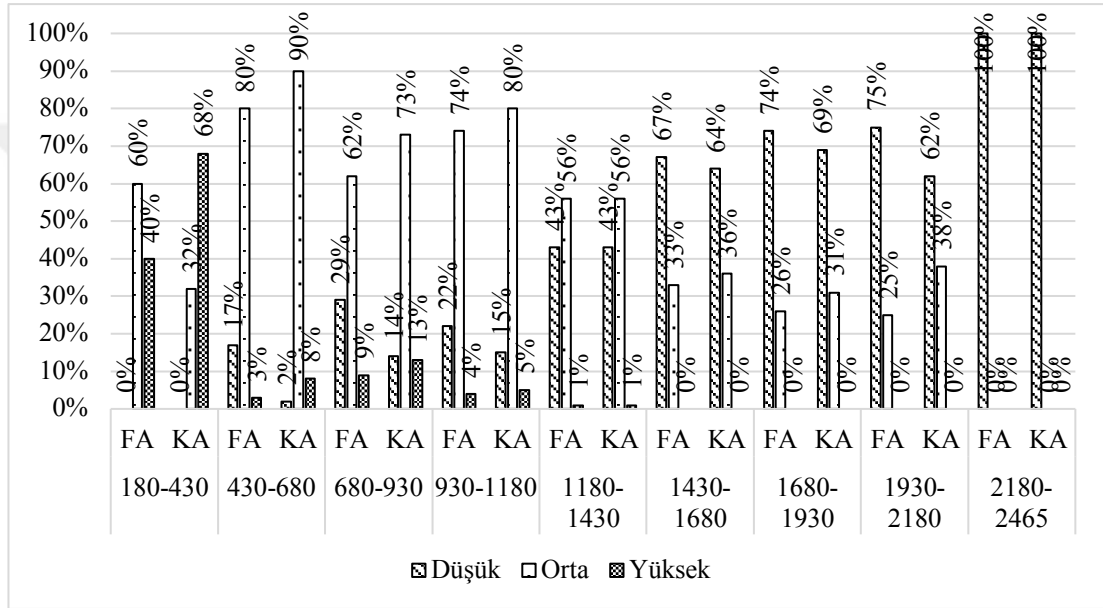
Beşinci yükselti sınıfında (1180-1430m) TBK_{FA} değerlerinin %43'ü “düşük”, %56'sı “orta” ve %0.4'ü ise “yüksek” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu yükselti sınıfında TBK_{KA} değerleri de aynı dağılımı göstermiştir.

Yükselti aralığı 1430-1680m olan alanların %67'sinde TBK_{FA} “düşük” sınıfında ve %33'u ise “orta” sınıfında yer almıştır. “Yüksek” sınıf aralığında herhangi bir değere rastlanmamıştır. Bu yükselti sınıfında TBK_{KA} değerleri de benzer bir dağılım göstererek alanın %64'ünde “düşük” sınıftaki değerler, %36'sında “orta” sınıftaki değerler yer almıştır, “yüksek” sınıf aralığındaki verilere bu yükselti aralığında rastlanılmamıştır.

Yükselti sınıflarının yedincisinde (1680-1930m) TBK_{FA} değerlerinin %74'ü “düşük”, %26'sı “orta” sınıfında yer almıştır, “yüksek” sınıfında ise herhangi bir değere rastlanmamıştır. TBK_{KA} değerlerinin %69'u “düşük” bozulma katsayısı sınıfında yer alırken %31'i “orta” sınıfında yer almıştır, bu yükselti sınıfında “yüksek” sınıfında değerlere rastlanılmamıştır.

Sekizinci yükselti sınıfında (1930-2180m) TBK_{FA} değerlerinin %75'i “düşük” ve %25'i “orta” sınıfında yer almıştır, bu yükseltide “yüksek” sınıfında değere rastlanılmamıştır. Bu yükselti sınıfındaki TBK_{KA} değerlerini önemli bir kısmı (%62) “düşük” bozulma sınıfında yer alırken %38’lik kısmı “orta” sınıf aralığında yer almıştır, “yüksek” sınıfında değerlere bu yükselti aralığında rastlanılmamıştır.

Yükselti sınıf aralığının 2180-2460m olduğu alanların tamamında TBK_{FA} ve TBK_{KA} değerleri “düşük” sınıfında yer almıştır.



Şekil 65 Yükselti sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı

Havzanın düşük rakımlı alanlarının kolay ulaşılabilir olması insan faaliyetlerinin yoğun olmasına neden olmaktadır. Özellikle yerleşim alanlarının ve tarım alanlarının bu bölgelerde yoğunluk kazanmasının nedeni budur. Düşük sınıfında yer alan bozulma katsayısı değerlerinin düşük rakımlı alanlarda yoğunluk kazanması ve yükseltideki artışa bağlı olarak azalma eğilimi göstererek sifıra düşmesi beklenen bir durumdur. Çalışma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar ulaşımı zor yüksek rakımlı alanlardan düz ve düşük rakımlı alanlara doğru gidildikçe bozulma derecesinde kademeli bir artış görüldüğünü bildirmişlerdir (J. Wang et al., 2020).

3.5.5.3 Eğim

TBK sınıflarının kapladığı alanlar eğim derecesi sınıf aralıklarının kapladığı alanlarla karşılaştırılmış, elde edilen haritadan yararlanılarak her bir çakışma noktasına ait alanlar belirlenmiş (Şekil 66) ve toplam alan içindeki oranları hesaplanmıştır.

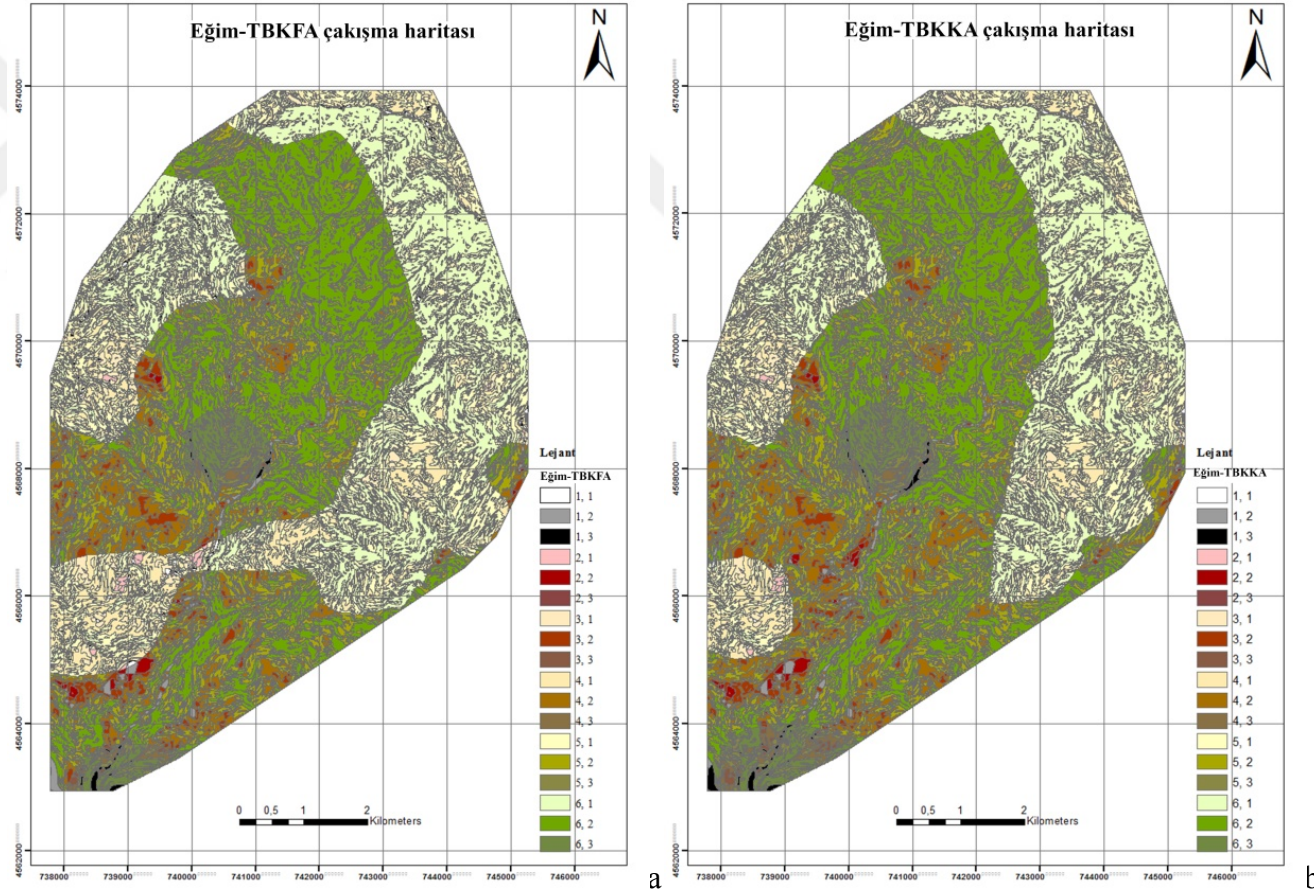
Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleriyle tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin eğim derecesi farklılıklarına göre gösterdiği değişim oransal olarak Şekil 67’de verilmiştir.

Eğim derecesinin düz ve düze yakın (%0-2) olduğu alanlarda TBK_{FA} değerlerinin %62’si “orta”, %27’si “düşük” ve %11’i ise “yüksek” sınıfında yer almıştır. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilen toprak bozulma katsayısı tahmin değerlerinin eğim derecesi farklılıklarına göre değerlendirilmesinde bir önceki yöntemle benzer olarak birinci eğim derecesinde TBK_{KA} değerlerinin %57’si “orta”, %22’si “düşük” ve %21’i ise “yüksek” sınıfındaki değerler almıştır.

Hafif eğimli (%2-6) alanlarda TBK_{FA} değerlerinin %56’sı “orta”, %43’ü “düşük” ve %2’si ise “yüksek” sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. TBK_{KA} değerlerinin en fazla görüldüğü (%74) sınıf aralığı bir önceki yöntemde olduğu gibi “orta” sınıf olmuştur, bunu sırasıyla %24’lük oranla “düşük” ve %2’lik oranla “yüksek” sınıf takip etmiştir.

Eğim derecesi %6-12 olan alanların %54’ünde TBK_{FA} değerleri “orta”, %44’ü “düşük” ve %2’si ise “yüksek” sınıfta yer almıştır. Buna benzer olarak “orta” sınıfta yer alan TBK_{KA} değerlerinin bu yükselti sınıfının %62’sini kapladığı, bunu sırasıyla %33’lük oranla “düşük” ve %5’lik oranla “yüksek” sınıf aralıklarının takip ettiği belirlenmiştir.

Dik eğimli (%12-20) alanlarda TBK_{FA} değerlerinin %50’si “düşük” sınıfta yer alırken bunu sırasıyla “orta” (%47) ve “yüksek” (%3) değer aralıkları takip etmiştir. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilen toprak bozulma katsayısı tahmin değerlerinin eğim derecelerine göre değerlendirilmesinde bir önceki yöntemden farklı olarak en yüksek değerlerin (%58) “orta” sınıfta yer aldığı, “düşük” sınıfta yer alan değerlerin alanın %37’sinin ve “yüksek” sınıfta yer alan değerlerin ise alanın %5’ini kapladığı tespit edilmiştir.

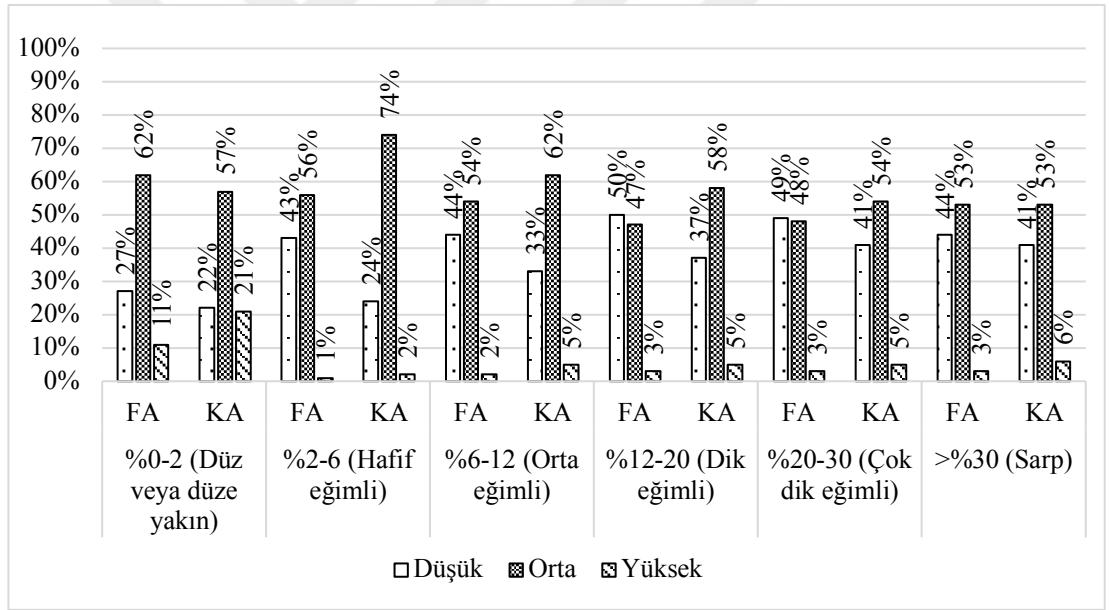


Şekil 66 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile eğim sınıfları çakışma haritası

(Lejantta yer alan rakamlardan ilki yükselti ikincisi ise bozulma katsayısı değeri sınıfını ifade etmektedir. Eğim sınıfları: 1, %0-2; 2, %2-6; 3, %6-12; 4, %12-20; 5, %20-30; 6, >%30. BİD sınıfları 1,düşük; 2, orta; 3, yüksek)

Eğim aralığı %20-30 olan eğim sınıfında %49’unda bozulma katsayısı değeri “düşük” sınıfta iken %48’i “orta” ve %3’u de “yüksek” sınıfta yer almıştır. Bir önceki yöntemden farklı “orta” sınıfta yer alan TBK_{KA} değerlerinin bu eğim derecesinin %54’ünü kapladığı, bunu sırasıyla %41’lik oranla “düşük” ve %5’lik oranla “yüksek” değer aralıklarının takip ettiği belirlenmiştir

Sarp arazilerin (>%30) %53’lük kısmında TBK_{FA} değerleri “orta” sınıfta yer alırken %44’lük kısmı “düşük” sınıfta ve %3’lük kısmı ise “yüksek” sınıfta yer almıştır. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle yapılan değerlendirme de benzer sonuçlar elde edilmiştir, “orta” sınıftaki değerler çalışma alanını yaklaşık %53’ünü kaplıyorken bunu %41 ile “düşük” sınıf aralığı takip etmiştir. Bu yöntemde de “yüksek” sınıf aralığındaki veriler %6’lık dağılım oranına sahip olmuştur.



Şekil 67 Eğim sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı

Eğim derecelerindeki farklılıkların TBK_{FA} ve TBK_{KA} değerlerinde düzenli bir değişime neden olmadığı görülmüştür. Diğer bir deyişle eğim faktörü TBK_{FA} ve TBK_{KA} değerlerinin yersel değişiminde etkili bir parametre olmamıştır. Genel olarak eğimin yüksek olduğu alanlarda erozyon nedeniyle toprak özelliklerinde olumsuz değişiklikler beklenir, çalışma alanındaki yüksek eğimli alanlarda insan müdahalelerinin azlığı nedeniyle orman örtüsünün daha yoğun olması yüzey akışın engellenmesine ve buna bağlı olarak erozyonun neden olduğu olumsuz değişikliklerin

önüne geçmiştir. Diğer bir deyişle alan kullanımı ve kapalılık oranı faktörleri eğim faktörünün olumsuz etkilerini azaltmıştır.

3.5.5.4 Arazi kapalılık oranı

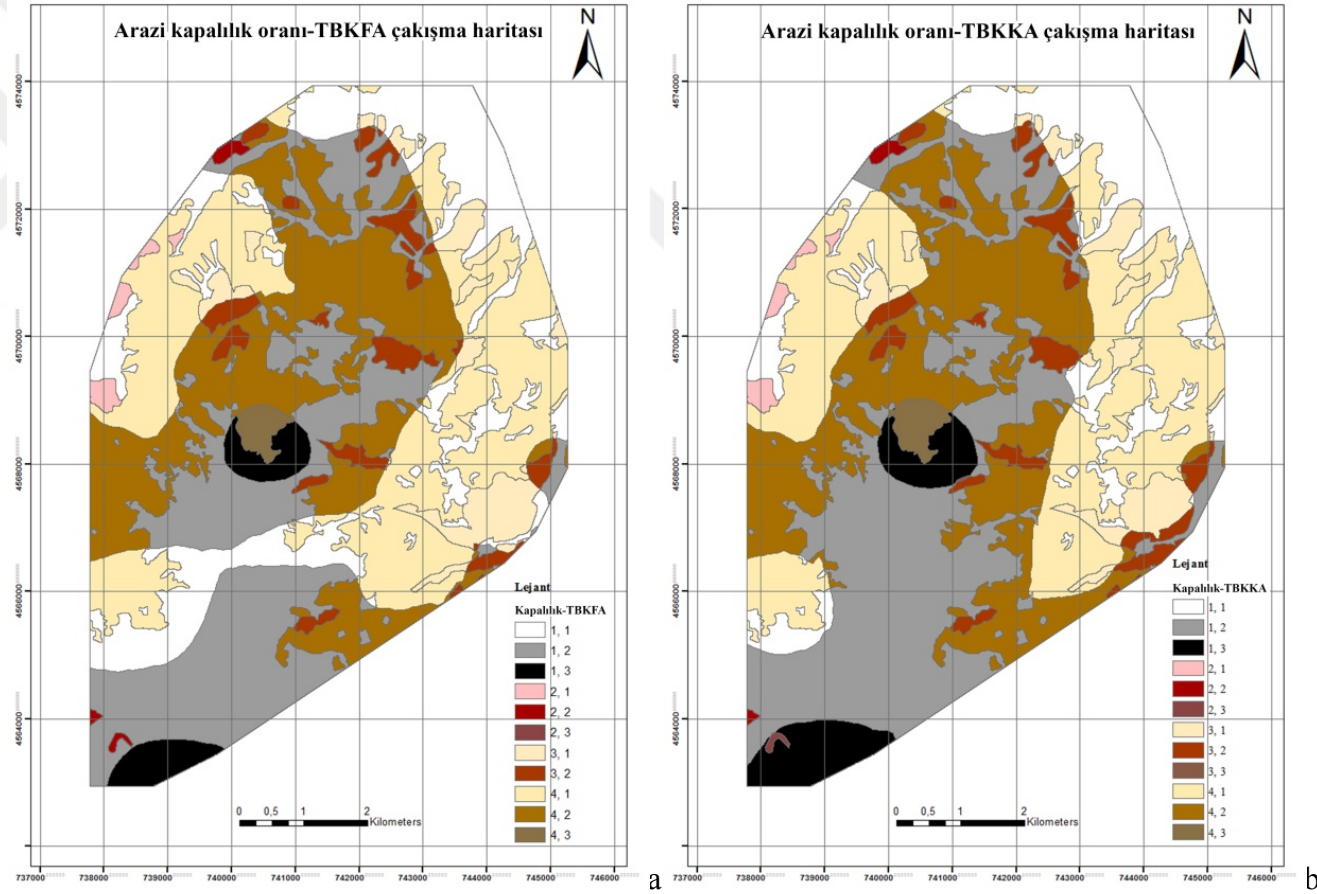
Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleri yardımıyla tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin arazi kapalılık oranları ile ilişkilendirildiği çakışma haritaları Şekil 68a ve Şekil 68b’de verilmiştir.

Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleriyle tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin arazi kapalılık farklılıklarına göre gösterdiği değişim oransal olarak Şekil 69’de verilmiştir.

Faktör analizi ağırlıklandırma yöntemiyle yapılan değerlendirmede boşluklu kapalı (<%10) arazilerin %56’sında toprak bozulma katsayısı değeri “orta” sınıfta iken bunu %38’lik oranla “düşük” sınıfındaki değerler takip etmiştir. “Yüksek” sınıfına giren değerler ise en düşük orana (%6) sahip olmuştur. Korelasyon ağırlıklandırma yöntemiyle yapılan değerlendirmede de benzer sonuçlar elde edilmiştir, “orta” sınıfındaki değerler çalışma alanının yaklaşık %62’sini kaplıyorken bunu %28 ile “düşük” sınıf aralığı takip etmiştir. Bu yöntemde de “yüksek” sınıfındaki veriler en düşük (%10) dağılım oranına sahip olmuştur.

Gevşek kapalı (%11-%40) alanların %68’inde TBK_{FA} değerleri “düşük”, %32’si “orta” sınıfta yer almıştır, kapalılık oranının “yüksek” sınıfında değere rastlanılmamıştır. Buna benzer olarak “düşük” sınıfta yer alan TBK_{KA} değerlerinin kapalılık sınıfının %68’ini kapladığı, bunu sırasıyla %24’lük oranla “orta” ve %8’lik oranla “yüksek” sınıf aralıklarının takip ettiği belirlenmiştir.

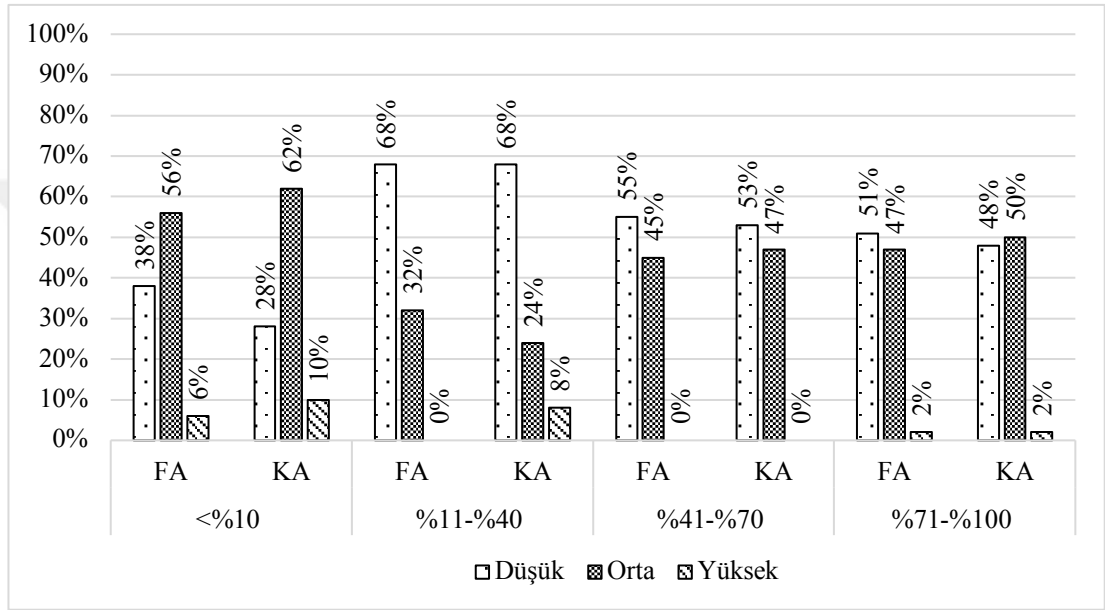
Kapalılığı orta derecede (%41-%70) olan alanların TBK_{FA} değerleri %55’lik oranla “düşük” sınıfta yer alırken, %45’i “orta” sınıfta yer almıştır. Buna benzer olarak TBK_{KA} değerleri de sırasıyla %53 ile “düşük”, %47 ile “orta” sınıfta yoğunlaştıkları tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de “yüksek” sınıfta herhangi bir değere rastlanılmamıştır.



Şekil 68 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile arazi kapalılık sınıfları çakışma haritası

(Lejantta yer alan rakamlardan ilki kapalılık ikincisi ise bozulma katsayısı değeri sınıfını ifade etmektedir. Kapalılık sınıfları: 1, <%10; 2, %11-%40; 3, %41-%70; 4, %71-%100. BİD sınıfları 1, düşük; 2, orta; 3, yüksek)

Faktör analizi ağırlıklandırma yöntemleri yapılan değerlendirmeden tam kapalı (%71-%100) alanların %51'i “düşük”, %47'si “orta” ve %2'si “yüksek” sınıfta yer almıştır. Korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilen bozulma katsayısı tahmin değerlerinin kapalılık oranlarının farklılıklarına göre değerlendirilmesinde bir önceki yöntemden farklı olarak kapalılık sınıfında TBK_{KA} değerlerinin %50'si “orta”, %48'i “düşük” ve %2'si “yüksek” sınıfta değerler almıştır.

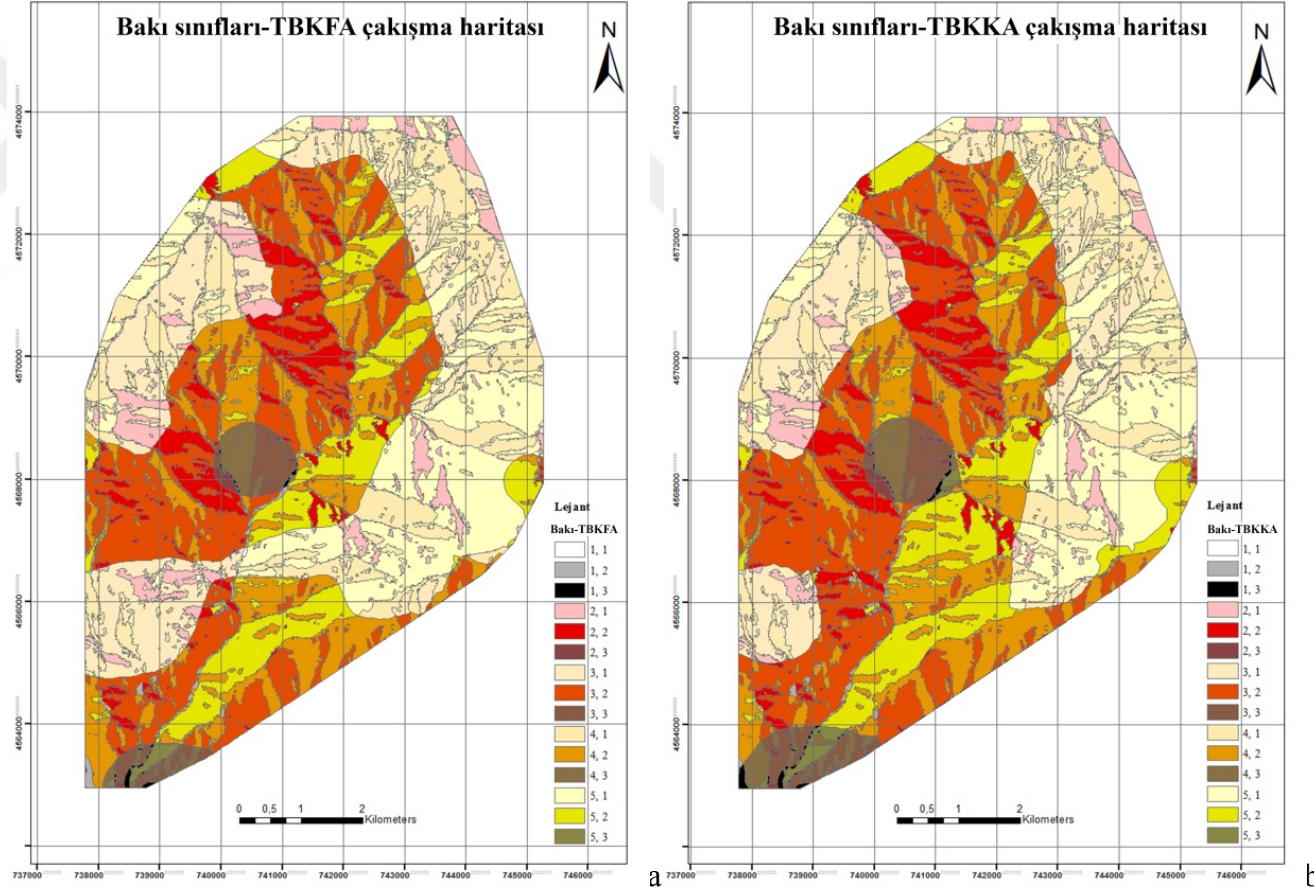


Şekil 69 Kapalılık sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı

Kapalılık oranı bir alandaki bitki örtüsünün yoğunluğunu ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Bu oranının yüksek olması toprağın erozyon oluşturan etmenlere maruz kalma riskini düşürmekte bunun yanında organik madde içeriği ve strüktürel parametrelerde iyileşmelere neden olmaktadır (Lasanta et al., 2019). Çalışma alanında kapalılık oranı ile bozulma katsayısı değeri arasındaki ilişki çok belirgin olarak karşımıza çıkmasa da kapalılık oranının düşük olduğu bölgelerde yüksek sınıftaki değerlerin daha fazla yer kaplaması beklenen bir durumdur.

3.5.5.5 Bakı

Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleri yardımıyla tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin arazi bakı sınıfları ile ilişkilendirildiği çakışma haritaları Şekil 70a ve Şekil 70b’de verilmiştir.



Şekil 70 Faktör analizi (a) ve korelasyon analizi (b) ağırlıklandırma yöntemleriyle tahminlenen toprak bozulma katsayısı değerleri ile arazi bakı sınıfları çakışma haritası

(Lejantta yer alan rakamlardan ilki kapalılık ikincisi ise bozulma katsayısı değeri sınıfını ifade etmektedir. Bakı sınıfları: 1, Düz; 2, Kuzey; 3, Doğu; 4, Güney; 5, Batı. BiD sınıfları 1, düşük; 2, orta; 3, yüksek)

Faktör analizi ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemleriyle tahmin edilen toprak bozulma katsayısı değerlerinin bakıya bağlı olarak gösterdiği değişim oransal olarak Şekil 71’de verilmiştir.

“Orta” sınıfında yer alan TBK_{FA} değerleri düz alanların %62’sini kaplamıştır, “düşük” sınıfında yer alan bozulma indeks değerleri %26’sını ve “yüksek” sınıfındakiler ise %12’sini kaplamıştır. TBK_{KA} değerleri de düz alanlarda benzer bir dağılım göstermiştir. “Orta” sınıfında yer alan değerler %56’lık bir orana sahip olmuş ancak “düşük” ve “yüksek” sınıfında yer alan değerler aynı oranda (%22) arazide dağılım göstermişlerdir.

Çalışma alanının kuzey bakılı kısımlarında “orta” sınıfında yer alan TBK_{FA} değerleri alanın %52’sini kaplamıştır, bunu sırasıyla %46’lık oranla “düşük” ve %2’lik oranla “yüksek” sınıfları takip etmiştir.

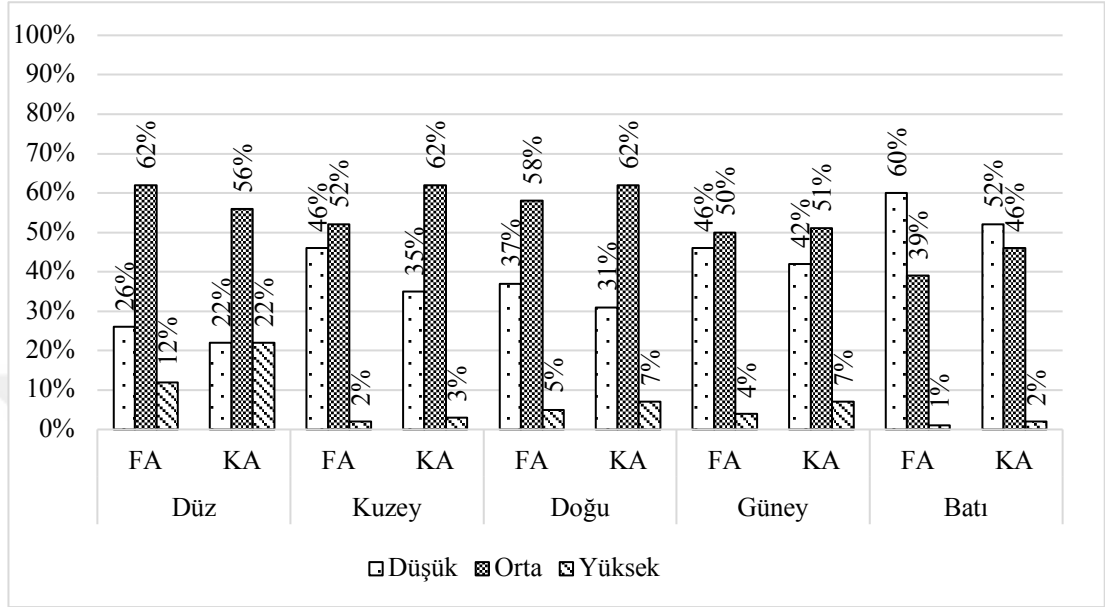
Oranlarda farklılık olsa da TBK_{KA} değerleri de benzer sıralama göstermiş, en fazla yer kaplayan sınıf (%62) “orta” olurken bunu “düşük” (%35) ve “yüksek” (%3) sınıflar izlemiştir.

Doğu bakılı alanlarda “orta” sınıfında yer alan TBK_{FA} değerleri en fazla yer kaplayan sınıf olurken (%58), “düşük” sınıfındakiler %37 ve “yüksek” sınıfındakiler de %5’lik oranlara sahip olmuşlardır. Bu bakıda “orta” sınıfındaki TBK_{KA} değerleri en fazla (%62) ve “yüksek” sınıfındaki değerleri ise en az (%7) yer kaplayan sınıf olmuşlardır, “düşük” sınıfının bu bakıda kapladığı oran ise %31 olmuştur.

Diğer bakılara benzer olarak güney bakılı alanlarda da “orta” sınıfında yer alan TBK_{FA} değerleri alanın %50’sini, “yüksek” sınıfında yer alanları ise %4’ünü kaplamıştır, “düşük” sınıfında yer alan değerlerin bu bakıdaki oranı ise %46 olarak hesaplanmıştır. TBK_{KA} değerleri de benzer bir dağılım göstererek “orta”, “düşük” ve “yüksek” sınıflar sırasıyla bu bakının %51, %42 ve %7’lik alanlarını kaplamışlardır.

Diğer bakılardan farklı olarak batı bakılı alanlarda “düşük” sınıfında yer alan TBK_{FA} değerleri en fazla yer kaplayan sınıf olurken (%60) “orta” sınıfında yer alan değerler %39’luk bir orana sahip olmuştur, “yüksek” sınıfındaki değerlerin kapladığı alan ise bu bakının %1’ini oluşturmaktadır. TBK_{KA} değerleri de benzer bir davranış göstermiş,

“düşük” ve “yüksek” sınıfları sırasıyla %52 ve %2’lik oranlarla sırasıyla en fazla ve en az yer kaplayan değer aralıkları olmuşlardır. “Orta” sınıfında yer alan değerleri ise bu bakının %46’lık bir bölümünde görülmüştür.



Şekil 71 Kapalılık sınıflarına göre toprak bozulma katsayısı değerlerinin oransal dağılımı

Genel olarak arazilerin kuzey ve batıya bakan yüzeylerinde düşük buharlaşmaya bağlı olarak vejetasyon yoğunluğu daha yüksektir (Griffiths et al., 2009). Vejetasyon yoğunluğunun yüksek olması hem organik madde içeriğinin hem de düşük erozyondan dolayı kil içeriğinin daha yüksek değerler almasına neden olmaktadır. Bu nedenle çalışma alanının kuzey ve batı yüzeylerinde düşük sınıftaki bozulma katsayısı değerlerinin daha fazla yer kaplaması beklenen bir durumdur. Araştırma bulgularımıza benzer olarak araştırmacılar bazı bozulma parametrelerinin kuzey bakılı alanlarda daha düşük değerler aldığını bildirmişlerdir (Lenka et al., 2013). Çalışma alanının düz ve güney bakılı bölümlerinde ağırlıklı olarak tarımsal üretim alanlarının bulunması arazinin bu kısımlarında yüksek sınıftaki bozulma katsayısı değerlerinin daha yüksek oranlarda gerçekleşmesine neden olmuştur.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın yürütüldüğü Godrahav havzasının temel özellikleri üzerinden yapılan değerlendirmelerde;

- i. Havzanın yaklaşık 6750ha'lık alan ile büyük havza sınıfında yer aldığı,
- ii. Havzanın genel olarak yüksek eğim derecesine sahip olduğu,
- iii. Havzada ağırlıklı olarak doğu ve güney bakıların baskın olduğu,
- iv. Havzanın ağırlıklı olarak orman alanları ile kaplı olduğu ve
- v. Orman alanlarının yaygın olmasının yüksek kapalılık oranına neden olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada incelenen toprak özelliklerinin ortalama değerleri üzerinden yapılan değerlendirmelerde;

- i. Yaygın tane büyüklük sınıfının “kum” olduğu ve tekstür sınıfının ise “kumlu killi tın” olduğu,
- ii. Strüktürel gelişim bakımından iyi seviyede olduğu,
- iii. Hakim tekstür sınıfı göz önünde bulundurulduğunda nem karakteristiklerinin öngörülen sınır değerlere yakın olduğu,
- iv. Alanın ağırlıklı olarak asidik karakterde olduğu,
- v. Organik madde içeriğinin yüksek sınıfında yer aldığı ve
- vi. Tuzluluk bakımından herhangi bir sorun olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma konusu toprak özellikleri arasındaki doğrusal ilişkiler değerlendirildiğinde pH, hacim ağırlığı ve porozitenin diğer özellikler ile en fazla etkileşimde bulunan toprak özellikleri olduğu görülmüştür.

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliğini belirleyebilmek ve tahmin haritaları üretebilmek amacıyla yapılan jeostatistik analizleri sonucunda;

- i. İncelenen tüm özelliklerin mesafeye bağlı olarak değişim gösterdiği,

- ii. Kil içeriği, agregat stabilitesi, ortalama ağırlık çap, solma noktası ve organik madde içeriğinin küresel modelle, silt içeriği, kum içeriği, agregatlaşma oranı, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı, porozite, tarla kapasitesi ve elektriksel iletkenlik değerlerinin üssel model ile ve pH'nın ise gaussian model ile tanımlandığı,
- iii. Kil içeriğinin kum ve silt içeriğinden farklı olarak daha yüksek bir konumsal bağımlılığa sahip olduğu ve buna bağlı olarak arazide daha düzenli bir dağılım gösterdiği,
- iv. Modele ait en yüksek regrasyon katsayısı değerlerinin pH, kil içeriği, solma noktası, tarla kapasitesi, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı ve organik madde içeriğinde grldğ,
- v. lm değerleri ile tahmin değerleri arasında en yüksek benzerliğin pH, tarla kapasitesi, organik madde içeriği ve hacim ağırlığında grldğ,
- vi. Kil içeriği, hacim ağırlığı, organik madde içeriği, tarla kapasitesi, solma noktası ve pH tahmin değerlerine ait dağılım haritalarının havza genel özellikleri ile tutarlılık gösterdiği,
- vii. Silt içeriği, kum içeriği, agregatlaşma oranı, agregat stabilitesi, ortalama ağırlık çap, dispersiyon oranı, porozite ve elektriksel iletkenlik tahmin değerlerine ait dağılım haritalarının ise güvenilirliklerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Çalışma konusunu oluşturan bozulma katsayısı değerleri ile ilgili yapılan değerlendirmelerde;

- i. Gösterge toprak özellikleri kullanılarak toprak bozulmasının bir katsayı ile kantitatif olarak ifade edilebildiği,
- ii. Korelasyon katsayıları kullanılarak gösterge toprak özelliklerinin ağırlık katsayılarının belirlenebildiği ancak elde edilen ağırlık katsayılarının faktör analizi ile elde edilen katsayılardan farklılık gösterdiği,
- iii. Faktör analizi ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak hesaplanan toprak bozulma katsayısı değerlerinin (TBK_{FA}) ve korelasyon analizi ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak hesaplanan toprak bozulma katsayısı değerlerinin (TBK_{KA}) istatistiki anlamda farklılık göstermediği,
- iv. Tahmin değerleri ölçüm değerleri arasındaki korelasyon katsayısının daha yüksek olmasından dolayı korelasyon katsayısı ağırlıklandırma yönteminin

- daha güvenilir bir yöntem olduğu, çalışma alanına benzer havzalarda korelasyon analizi ile ağırlıklandırma yönteminin kullanılabileceği,
- v. Havza genelinde bozulma katsayısı değerlerinin 0-1 skalasına göre yaklaşık 0.430'luk bir ortalamaya sahip olduğu,
 - vi. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda havza genelinde toprak bozulmasının önemli bir sorun oluşturmadığı,
 - vii. Solma noktası ve tarla kapasitesi nem içeriği ile hacim ağırlığı toprak bozulma katsayısı değerlerinin yüksek çıkmasında etkili olan en önemli toprak özellikleri olduğu,
 - viii. TBK_{FA} ve TBK_{KA} değerlerinin mesafeye bağlı olarak değişim gösterdiği ve küresel model ile tanımlandığı,
 - ix. TBK_{FA} ve TBK_{KA} tahmin değerlerine ait dağılım haritalarının havza genel özellikleri ile tutarlılık gösterdiği,
 - x. Mera ve orman topraklarının ağırlıklı olarak düşük bozulma katsayısı değeri gösterdiği yerleşim alanlarının ise yüksek değerler gösterdiği,
 - xi. Yükseltiye bağlı olarak düşük bozulma katsayısı değerlerine ait alanların artma eğiliminde olduğu,
 - xii. Toprak bozulma katsayısı değerlerinin arazinin eğim sınıfları ile belirgin bir ilişki göstermediği,
 - xiii. Arazi kapalılık oranının düşük olduğu alanlarda yüksek bozulma katsayısı sınıfına ait alanların daha fazla olduğu,
 - xiv. Arazinin kuzey ve batı bakılı alanlarında bozulma katsayısı değerlerinin düşük sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarının başta ormancılık uygulamalarında (silvikültürel çalışmalar ve amenajman planları) ve tarımsal üretim planlamalarında uygulayıcılara yararlı veriler sağlayacağı ve bu çalışmalarda altlık olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

İlgili kurum ve kuruluşların rehabilitasyon ve ıslah çalışmalarında bozulma katsayısı değeri tahmin haritalarından yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Toprak özelliklerinin konumsal bağımlılık derecelerinin belirlenmesinde ve tahmin haritalarının üretilmesinde jeostatistiksel analiz sonuçlarının yanında çalışma alanına ait fizyografik özelliklerin de değerlendirilmeye alınması modellerin ve üretilecek

haritaların güvenilirliklerini arttıracaktır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda söz konusu özelliklerin de parametre olarak kullanılacağı modellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M. A., & Akbar, S. 2013. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 55–57, 43–52. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2010.12.004>
- AbdelRahman, M. A. E., Tahoun, S., 2019. GIS model-builder based on comprehensive geostatistical approach to assess soil quality. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13, 204–214. <https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2018.10.012>
- Akinci, H., Ozalp, A. Y., Turgut, B., 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.006>
- Allison, L. E., 1965. Organic Carbon 1. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (pp. 1367–1378). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c39>
- Bai, Y., Zhou, Y., 2020. The main factors controlling spatial variability of soil organic carbon in a small karst watershed, Guizhou Province, China. *Geoderma*, 357, 113938. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.113938>
- Bastida, F., Luis Moreno, J., Teresa Hernández, García, C., 2006. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(12), 3463–3473. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2006.06.001>
- Baver, L. D., 1966. *Soil Physics*.
- Baver, L. D., Gardner, W. H., Gardner, W. R., 1972. *Soil physics*. John Wiley & Sons.
- Bednář, M., Šarapatka, B., 2018. Relationships between physical–geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research*, 164, 660–668. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2018.03.042>
- Bewket, W., Stroosnijder, L., 2003. Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. *Geoderma*, 111(1–2), 85–98. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00255-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00255-0)
- Bhattacharya, J. P., Miall, A. D., Ferron, C., Gabriel, J., Randazzo, N., Kynaston, D., Jicha, B. R., Singer, B. S., 2019. Time-stratigraphy in point sourced river deltas: Application to sediment budgets, shelf construction, and paleo-storm records. *Earth-Science Reviews*, 199, 102985. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2019.102985>

- Bhunia, G. S., Shit, P. K., Chattopadhyay, R., 2018. Assessment of spatial variability of soil properties using geostatistical approach of lateritic soil (West Bengal, India). *Annals of Agrarian Science*, 16(4), 436–443. <https://doi.org/10.1016/J.AASCI.2018.06.003>
- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. Bulk density. In *Methods of Soil Analysis* (Second). American Society of Agronomy.
- Bower, C. A., Wilcox, L. V., 1965. Soluble Salts 1. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (pp. 933–951). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c11>
- Bucka, F. B., Kölbl, A., Uteau, D., Peth, S., Kögel-Knabner, I., 2019. Organic matter input determines structure development and aggregate formation in artificial soils. *Geoderma*, 354, 113881. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.113881>
- Burst, M., Chauchard, S., Dambrine, E., Dupouey, J.-L., Amiaud, B., 2020. Distribution of soil properties along forest-grassland interfaces: Influence of permanent environmental factors or land-use after-effects? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 289, 106739. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2019.106739>
- Cassel, D. K., Nielsen, D. R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis* (Second). American Society of Agronomy.
- da Silva, J. V. C. de L., Hirschfeld, M. N. C., Cares, J. E., Esteves, A. M., 2019. Land use, soil properties and climate variables influence the nematode communities in the Caatinga dry forest. *Applied Soil Ecology*, 103474. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2019.103474>
- Danielson, R. E., Sutherland, P. L., 1986. Porosity. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis* (Second). American Society of Agronomy.
- de Paz, J.-M., Sánchez, J., Visconti, F., 2006. Combined use of GIS and environmental indicators for assessment of chemical, physical and biological soil degradation in a Spanish Mediterranean region. *Journal of Environmental Management*, 79(2), 150–162. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2005.06.002>
- Dongli, S., Qian, C., Timm, L. C., Beskow, S., Wei, H., Caldeira, T. L., de Oliveira, L. M., 2017. Multi-scale correlations between soil hydraulic properties and associated factors along a Brazilian watershed transect. *Geoderma*, 286, 15–24. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2016.10.017>
- Erdoğan Yüksel, E. 2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi (Doktora Tezi), Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

- Falkengren-Grerup, U., Brink, D.-J. ten, Brunet, J., 2006. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40–80 years of forest growth on agricultural soils. *Forest Ecology and Management*, 225(1–3), 74–81. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2005.12.027>
- FAO., 2015. Status of the World's Soil Resources. Retrieved from Rome:
- Ffolliott, P. F., Brooks, K. N., Neary, D. G., Tapia, R. P., Chevesich, P. G., 2013. Soil erosion and sediment production on watershed landscapes: processes and control. In *Documento Técnico del PHI-LAC 32*.
- Gattinger, T. E., 1962. Explonatory Text of Geological Map of Turkey. MTA Publications, Ankara.
- Gee, G. ., & Bauder, J., 1986. Particle size analysis. In Arnold Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis* (Second). American Society of Agronomy.
- Griffiths, R. P., Madritch, M. D., Swanson, A. K., 2009. The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2008.08.010>
- Guo, N., Degen, A. A., Deng, B., Shi, F., Bai, Y., Zhang, T., Long, R., Shang, Z., 2019. Changes in vegetation parameters and soil nutrients along degradation and recovery successions on alpine grasslands of the Tibetan plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 106593. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2019.106593>
- Hangişi, A., 2019. *Kıvam Limitleri ve Penetrasyon Direnci Üzerinde Etkili Olan Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi ve Derinlikle Değişiminin İncelenmesi*. Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Jemo, M., Jayeoba, O. J., Alabi, T., Montes, A. L., 2014. Geostatistical mapping of soil fertility constraints for yam based cropping systems of North-central and Southeast Nigeria. *Geoderma Regional*, 2–3, 102–109. <https://doi.org/10.1016/J.GEODRS.2014.10.001>
- Kanar, E., 2014. Madendere havzasında arazi bozulma durumlarının iki farklı parametrik model ile değerlendirilmesi ve risk haritalarının oluşturulması (Y.Lisans), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
- Kar, G., Kumar, A., Singh, R., 2009. Spatial distribution of soil hydro-physical properties and morphometric analysis of a rainfed watershed as a tool for sustainable land use planning. *Agricultural Water Management*, 96(10), 1449–1459. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.05.003>
- Karaman, M. R., Brohi, A. R., Müftüoğlu, N. M., Öztaş, T., Zengin, M., 2007. *Sürdürülebilir Toprak Verimliliği*. Detay Yayıncılık.
- Kay, B., VandenBygaart, A., 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 107–118.

[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00019-3)

- Kemper, W. D., Rosenau, R. C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In *Methods of Soil Analysis* (Second). American Society of Agronomy.
- Ketin, İ., 1949. Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar,. MTA Enstitü Yayınları, Ankara.
- Ketin, İ., 1954. Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar. MTA Rapor No: 1951, Ankara.
- Kidron, G. J., Karnieli, A., Benenson, I., 2010. Degradation of soil fertility following cycles of cotton–cereal cultivation in Mali, West Africa: A first approximation to the problem. *Soil and Tillage Research*, 106(2), 254–262. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2009.11.004>
- Kukuş, I., Kļaviņš, M., Nikodemus, O., Kasparinskis, R., Brūmelis, G. 2019. Changes in soil organic matter and soil humic substances following the afforestation of former agricultural lands in the boreal-nemoral ecotone (Latvia). *Geoderma Regional*, 16, e00213. <https://doi.org/10.1016/J.GEODRS.2019.E00213>
- Lasanta, T., Arnáez, J., Nadal-Romero, E., 2019. Soil degradation, restoration and management in abandoned and afforested lands. *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*, 4, 71–117. <https://doi.org/10.1016/BS.APMP.2019.07.002>
- Lenka, N. K., Sudhishri, S., Dass, A., Choudhury, P. R., Lenka, S., Patnaik, U. S., 2013. Soil carbon sequestration as affected by slope aspect under restoration treatments of a degraded alfisol in the Indian sub-tropics. *Geoderma*, 204–205, 102–110. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2013.04.009>
- Li, H., Reynolds, J. F., 2017. *Nordic Society Oikos On Definition and Quantification of Heterogeneity Author (s): H . Li and J . F . Reynolds Published by : Wiley on behalf of Nordic Society Oikos Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/3545921> REFERENCES Linked references are avail. 73(2), 280–284.*
- Li, S., Li, Q., Wang, C., Li, B., Gao, X., Li, Y., Wu, D., 2019. Spatial variability of soil bulk density and its controlling factors in an agricultural intensive area of Chengdu Plain, Southwest China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(2), 290–300. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61930-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61930-6)
- 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(2), 230–242. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60010-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60010-1)
- Michael, P., 1965. Exchange Acidity. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (pp. 905–913). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c8>
- Moebius-Clune, B. N., van Es, H. M., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Kimetu, J.

- M., Ngoze, S., Lehmann, J., Kinyangi, J. M., 2011. Long-term soil quality degradation along a cultivation chronosequence in western Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1–2), 86–99. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2011.02.018>
- Najafian, A., Dayani, M., Motaghian, H. R., Nadian, H., 2012. Geostatistical Assessment of the Spatial Distribution of Some Chemical Properties in Calcareous Soils. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(10), 1729–1737. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60177-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60177-4)
- Olea, R. A., 2009. A practical primer on geostatistics. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. <http://www.usgs.gov/pubprod>
- Oliver, M. A., Webster, R., 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *CATENA*, 113, 56–69. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2013.09.006>
- Ostovari, Y., Honarbakhsh, A., Sangoony, H., Zolfaghari, F., Maleki, K., Ingram, B., 2019. GIS and multi-criteria decision-making analysis assessment of land suitability for rapeseed farming in calcareous soils of semi-arid regions. *Ecological Indicators*, 103, 479–487. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2019.04.051>
- Özhan, S., 2004. *Havza Amenajmanı*. istanbul Üniversitesi.
- Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, M., Arstila, K., Kulju, S., Hyväluoma, J., 2018. How and why does willow biochar increase a clay soil water retention capacity? *Biomass and Bioenergy*, 119, 346–353. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2018.10.004>
- Rees, R. M., Ball, B., Watson, C., Campbell, C., 2000. *Sustainable Management of Soil Organic Matter*. CABI.
- Riahi, R., Hatira, A., Baccouche, S., Nakouri, A., 2018. Development of an empiric model of estimation of the environmental risk of soil physical degradation in the context of climate change application in the Mejerda valley, Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 147, 498–510. <https://doi.org/10.1016/J.JAFREARSCI.2018.07.003>
- Rietbergen-McCracken, J., Maginnis, S., Sarre, A., 2007. *The Forest Landscape Restoration Handbook*. Earthscan.
- Ritsema, C. J., van Lynden, G. W. J., Jetten, V. G., de Jong, S. M., 2005. DEGRADATION. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 370–377. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00091-6>
- Rivera, J. I., Bonilla, C. A., 2020. Predicting soil aggregate stability using readily available soil properties and machine learning techniques. *CATENA*, 187, 104408. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2019.104408>
- Ross, D. J., Tate, K. R., Scott, N. A., Feltham, C. W., 1999. Land-use change: effects

- on soil carbon, nitrogen and phosphorus pools and fluxes in three adjacent ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(6), 803–813. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00180-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00180-1)
- Rowell, D. L., 1994. Soil science: Methods & applications. In *JLongman Scientific & Technical*,. John Wiley & Sons, Ltd.
- Schweizer, S. A., Bucka, F. B., Graf-Rosenfellner, M., Kögel-Knabner, I., 2019. Soil microaggregate size composition and organic matter distribution as affected by clay content. *Geoderma*, 355,113901. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.113901>
- Scott, H. D., 2000. *Soil Physics*. Iowa state University Press.
- Selassie, Y. G., Anemut, F., Addisu, S., 2015. The effects of land use types, management practices and slope classes on selected soil physico-chemical properties in Zikre watershed, North-Western Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40068-015-0027-0>
- Seyedmohammadi, J. Sarmadian, F. Jafarzadeh, A. A. McDowell, R.W., 2019. Development of a model using matter element, AHP and GIS techniques to assess the suitability of land for agriculture, *Geoderma*. 352, 80-95
- Tashayo, B., Honarbakhsh, A., Akbari, M., Eftekhari, M., 2020. Land suitability assessment for maize farming using a GIS-AHP method for a semi- arid region, Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(5), 332-338.
- Turgut, B., Ateş, M., 2017. Factors of soil diversity in the Batumi delta (Georgia). *Solid Earth*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.5194/se-8-1-2017>
- Turgut, B., Öztaş, T., 2012. Spatial Variation in Some Soil Properties Influencing Penetration Resistance. *Journal of Agricultural Sciences*, 18(2).
- Vengosh, A., 2003. Salinization and Saline Environments. *Treatise on Geochemistry*, 9, 333–365. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/09051-4>
- Wang, D., Li, C., Parikh, S. J., Scow, K. M., 2019. Impact of biochar on water retention of two agricultural soils – A multi-scale analysis. *Geoderma*, 340, 185–191. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.01.012>
- Wang, J., Wei, H., Cheng, K., Ochir, A., Davaasuren, D., Li, P., Shun Chan, F. K., Nasanbat, E., 2020. Spatio-Temporal Pattern of Land Degradation from 1990 to 2015 in Mongolia. *Environmental Development*, 100497. <https://doi.org/10.1016/J.ENVDEV.2020.100497>
- Wang, S., Wang, X., Ouyang, Z., 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China. *Journal of Environmental Sciences*, 24(3), 387–395. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(11\)60789-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(11)60789-4)
- Wang, X., Toner, B. M., Yoo, K., 2019. Mineral vs. organic matter supply as a limiting

factor for the formation of mineral-associated organic matter in forest and agricultural soils. *Science of The Total Environment*, 692, 344–353. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.07.219>

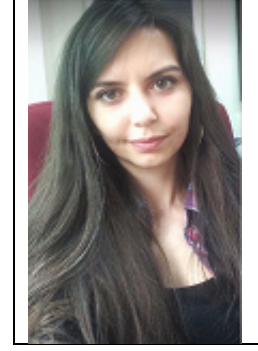
Wu, C., Liu, G., Ma, G., Liu, Q., Yu, F., Huang, C., Zhao, Z., Liang, L., 2019. Study of the differences in soil properties between the dry season and rainy season in the Mun River Basin. *CATENA*, 182, 104103. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2019.104103>

Yousefi, S., Moradi, H., Boll, J., Schönbrodt-Stitt, S., 2016. Effects of road construction on soil degradation and nutrient transport in Caspian Hyrcanian mixed forests. *Geoderma*, 284, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.002>

Zhang, H., Deng, Q., Hui, D., Wu, J., Xiong, X., Zhao, J., Zhao, M., Chu, G., Zhou, G., Zhang, D., 2019. Recovery in soil carbon stock but reduction in carbon stabilization after 56-year forest restoration in degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 441, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2019.03.037>

Zhang, Y., Zhang, G., Pan, J., Fan, Z., Chen, F., Liu, Y., 2019. Soil organic carbon distribution in relation to terrain & land use—a case study in a small watershed of Danjiangkou reservoir area, China. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00731>

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜLER Sümeyye
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 04/09/1994, ADANA
Medeni hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : +90 (530) 096 69 01
e-posta : sumeyyeguler322@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Yüksek Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi/Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2020
Lisans	İstanbul Üniversitesi/Orman Mühendisliği Bölümü	2017
Lise	Karaisalı Lisesi	2012