



**SIÇRAMA EROZYONUNUN BELİRLENMESİNDE
SUYA DUYARLI KARTLARIN (SDK)
KULLANIM ETKİNLİĞİ ve YENİ
PARAMETRİK YAKLAŞIMLAR**

Serdar SARI

Doktora Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Toprak Bilimi Bilim Dalı

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

2017

Her Hakkı Saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**SIÇRAMA EROZYONUNUN BELİRLENMESİNDE SUYA
DUYARLI KARTLARIN (SDK) KULLANIM ETKİNLİĞİ ve YENİ
PARAMETRİK YAKLAŞIMLAR**

Serdar SARI

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
Toprak Bilimi Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**SIÇRAMA EROZYONUNUN BELİRLENMESİNDE SUYA DUYARLI
KARTLARIN (SDK) KULLANIM ETKİNLİĞİ ve YENİ PARAMETRİK
YAKLAŞIMLAR**

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ danışmanlığında, Sedar SARI tarafından hazırlanan bu çalışma 07/04/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilim ve Bitki Besleme Anabilim Dalı – Toprak Bilimi Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Günay ERPUL

İmza :

Üye : Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK

İmza :

Üye : Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 13/04/2017 tarih ve 15/04/2017 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Doktora Tezi

SIÇRAMA EROZYONUNUN BELİRLENMESİNDE SUYA DUYARLI KARTLARIN (SDK) KULLANIM ETKİNLİĞİ VE YENİ PARAMETRİK YAKLAŞIMLAR

Serdar SARI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Toprak Bilimi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Sıçrama erozyonu yağmur damlalarının toprağa çarpması ve dispersiyon ortamındaki toprak tanelerinin havaya sıçramasıyla ortaya çıkan, su erozyonu sürecinin ilk aşamasıdır. Bu araştırmada; i) sıçrama erozyonu ile meydana gelen toprak ve su kayıplarının belirlenmesinde suya duyarlı kartların (SDK) kullanım etkinliğinin belirlenmesi, ii) sıçrama erozyonunun belirlenmesinde yeni parametrik yaklaşımların (D10 çapı: sıçrama erozyonuyla uzaklaşan damlaların ortalama çapı ve yüzey kaplama oranı) değerlendirilmesi iii) toprak ve su kayıplarının alansal değişim paternlerinin jeostatistiksel yöntemlerle ortaya konulması ve iv) polivinilalkol (PVA) uygulamasının erozyon kayıplarının azaltılmasındaki etkinliği ve önerilen parametrelerdeki değişkenliğinin saptanması amaçlanmıştır. Yapay yağmur koşulları altında PVA ile muamele edilen kil, tın ve kumlu tın tekstür sınıfındaki topraklarda sıçrama erozyonu ile meydana gelen toprak ve su kayıplarındaki değişimler eğim, mesafe ve yönün fonksiyonu olarak belirlenmiş ve sıçrama alanı içerisindeki değişim paterni ortaya konulmuştur. D10 çapının yüksek olduğu toprakta yüzey kaplama oranında yüksek olduğu belirlenmiş olup, D10 çapı ile yüzey kaplama oranı arasında çok önemli pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Sıçrama ile taşınan toprak miktarı en fazla killi, en az ise kumlu-tınlı toprakta meydana gelmiştir. Sıçrama ile taşınan toprak materyalinin %49'u eğim aşağı, %34'ü yanal ve %17'si eğim yukarı yönde gerçekleşmiştir. PVA uygulamasının D10 çapını %29, yüzey kaplama oranını %47 ve sıçrayan toprak miktarını %64 oranında azalttığı belirlenmiştir. Sıçrama erozyonu ile uzaklaşan toprak ve su miktarı üzerine toprak tekstürünün, PVA uygulamasının, toprak nem düzeyinin, sıçramanın meydana geldiği yön ve mesafenin etkili birer faktör olduğu tespit edilmiştir.

2017, 102 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sıçrama erozyonu, suya duyarlı kartlar, jeostatistik, polivinilalkol

ABSTRACT

Ph.D. Dissertation

USABILITY OF WATER SENSITIVE PAPER AND NEW PARAMETRIC APPROACHES IN ASSESSMENT OF SPLASH EROSION

Serdar SARI

Atatürk University
Graduate College of Science
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Splash erosion, the first step in water erosion process, occurs as results of collusion of rain drops with soil aggregates and splashing soil particulates in to the air. The objectives of this dissertation study were *i)* to test usability of water sensitive paper (WSP) in assessment of soil and water losses due to splash erosion, *ii)* to evaluate new parametric approaches (D10 diameter and surface coverage rate) in measuring splash erosion, *iii)* to map spatial variability patterns of soil and water losses using geostatistical methods, and *iv)* to determine the effects of polyvinylalcohol (PVA) applications on soil and water losses and suggested parametric indicators. Soil and water losses by splash erosion were determined in PVA-treated three soils with different textural compositions (clay, loam and sandy loam) under artificial rainfall conditions as a function of slope, splash distance and direction, and distribution patterns within the splash area were analyzed. A significant positive correlation between D10 diameter and surface coverage rate explained that the higher the D10 diameter, the higher the surface coverage rate. Amounts of soil lost by splash erosion was the highest in clay textured soil, but the lowest in sandy loam textured soil. About half of the splashed soil material moved in the direction of downslope, 34% in the sides and 17% in upslope directions. PVA application reduced D10, surface coverage rate and the amount of splashed soil material with the rates of 29, 47 and 64% respectively. It was concluded that soil and water losses by splash erosion were significantly affected by soil texture, PVA application, initial soil moisture content, direction and splash distance.

2017, 102 pages

Keywords: splash erosion, water sensitive paper, geostatistics, polyvinylalcohol

TEŞEKKÜR

Araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Araştırma çalışmalarımın her döneminde bilimsel ve kişisel yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ekrem Lütfi AKSAKAL'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Tez konusunun belirlenme aşamasından itibaren bilimsel birikimlerinden ve kıymetli fikirlerinden yararlandığım değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT'a, Sayın Doç. Dr. İlker ANGIN'a ilgilerinden ötürü teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tez izleme komitemde bulunan, bu tezin oluşmasında beni cesaretlendiren ve tezimin her aşamasında ilgi ve alakasını esirgemeyen Sayın Doç Dr. Bahadır SAYINCI'ya minnetlerimi sunarım.

Araştırmamın her aşamasında beni destekleyen Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nün hem akademik hem de idari personeline şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca sabırlarından ve desteklerinden dolayı sevgili eşim Ümit SARI'ya ve değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Serdar SARI

Nisan, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Polivinilalkol'ün Toprak Özellikleri ile Erozyon Parametreleri Üzerine Etkileri	5
2.2. Sıçrama Erozyonun Değerlendirilmesi ve Ölçüm Yöntemleri.....	11
2.3. Suyu Duyarlı Kartların (SDK) Kullanım Alanları ve Sıçrama Erozyonu Ölçümünde Kullanılabilirliği	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma toprakları	18
3.1.2. Toprak örneklerinin alındığı alanın coğrafi konumu	18
3.1.3. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	18
3.1.4. Araştırmada kullanılan polivinilalkol (PVA)'ün özellikleri	19
3.1.5. Araştırmada kullanılan rainfall simülör ve oluşturulan yüzey akış tablalarının özellikleri	19
3.1.6. Sıçrama erozyonunun belirlenmesinde kullanılan Suyu Duyarlı Kartların (SDK) özellikleri.....	20
3.2. Yöntemler.....	22
3.2.1. Laboratuvar analiz yöntemleri.....	22
3.2.1.a. Toprak tekstürü.....	22
3.2.1.b. Toprak reaksiyonu	22
3.2.1.c. Kireç	22
3.2.1.d. Organik madde	22

3.2.1.e Katyon değişim kapasitesi	23
3.2.1.f. Değişebilir katyonlar	23
3.2.1.g. Fosfor.....	23
3.2.1.h. Elektriksel iletkenlik.....	23
3.2.1.i. Agregat büyüklük dağılımı ve ortalama ağırlık çap (AOÇ).....	23
3.2.1.j. Agregat stabilitesi (AS).....	24
3.2.2. Polivilalkol (PVA) uygulaması	25
3.2.3. Yapay yağış uygulaması ve yüzey akış kayıplarının belirlenmesi.....	26
3.2.4. Suya duyarlı kartların düzenlenmesi ve sıçrama erozyonu parametrelerinin tespit edilmesi	26
3.2.4.a. Suya duyarlı kartların düzenlenmesi	26
3.2.4.b. Suya duyarlı kartlardan sıçrama erozyonuna ait parametrelerin tespiti	28
3.2.5. Araştırmanın yürütülmesi ve yapay yağış süresinin belirlenmesi.....	33
3.2.6. İstatistiksel değerlendirme.....	34
3.2.7. Jeostatistiksel değerlendirme.....	34
3.2.7.a. Semivariogram analizi	35
3.2.7.b. Kriging yöntemi	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	39
4.1. Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler	39
4.2. Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Agregat Büyüklük Dağılımı ve Agregat Stabilitesi Üzerine Etkileri	40
4.3. Sıçrama Erozyonu Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	43
4.3.1. Yapay yağışla sıçrayan damlaların suya duyarlı kartlar (SDK) yüzeyindeki ortalama çapları (D10)	43
4.3.2. Yapay yağışla sıçrayan damlacıkların suya duyarlı kartlar (SDK) yüzeyindeki kaplama oranları	54
4.3.3. Sıçrama ile taşınan toprak miktarı.....	68
4.3.4. Yüzey akış ile taşınan toprak ve su miktarı.....	83
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR	90
EKLER.....	101
EK 1.....	101

EK 2.....	101
EK 3.....	102
EK 4.....	102
ÖZGEÇMİŞ	103



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

OAC	Ortalama ağırlık çapı
AS	Agregat stabilitesi
D10	Sıçrayan damlacıkların ortalama çapı
PAM	Poliakrilamid
PVA	Polivinilalkol
SDK	Suya duyarlı kartlar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Rainfall simulatörün şematik görünümü	20
Şekil 3.2. Suya duyarlı kart (Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH)	21
Şekil 3.3. Yağış düzeneği şematik çizimleri	27
Şekil 3.4. Suya duyarlı kartların yağış düzeneğindeki dizilimi	28
Şekil 3.5. Sıçrayan damlaların ve damlalarla taşınan toprak partiküllerinin suya duyarlı kartlar yüzeyindeki görünümü	29
Şekil 3.6. SDK'ların taranması ve okuma için hazırlanması	30
Şekil 3.7. Suya duyarlı kartların Gray Scale 8 ile gri formatına dönüştürülmesi	30
Şekil 3.8. <i>Image Pro Plus 5.1</i> programında okuma parametrelerinin seçimi	31
Şekil 3.9. <i>Image Pro Plus 5.1</i> programında sıçrama ile oluşan lekelerin okuması ve numaralandırılması	31
Şekil 3.10. <i>Image Pro Plus 5.1</i> programında sıçrama ile oluşan lekelere ait verilerin alınması ve kaydedilmesi	32
Şekil 4.1. Toprak1'in yüzey kaplama oranının jeoistatistiksel dağılım haritaları	62
Şekil 4.2. Toprak2'nin yüzey kaplama oranının jeoistatistiksel dağılım haritaları	63
Şekil 4.3. Toprak3'ün yüzey kaplama oranının jeoistatistiksel dağılım haritaları	64
Şekil 4.4. Toprak1'in yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	65
Şekil 4.5. Toprak2'nin yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	66
Şekil 4.6. Toprak3'ün yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	67
Şekil 4.7. Toprak1'in sıçrayan toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları	77
Şekil 4.8. Toprak2'nin sıçrayan toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları	78
Şekil 4.9. Toprak3'ün sıçrayan toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları	79
Şekil 4.10. Toprak1'in sıçrayan toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	80
Şekil 4.11. Toprak2'nin sıçrayan toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	81

Şekil 4.12. Toprak3'ün sıçrayan toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri	82
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Polivinilalkole (PVA) ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	19
Çizelge 3.2. Rainfall simulator'ün teknik özellikleri.....	20
Çizelge 3.3. Suya duyarlı kartlarda damla yayılma oranı	21
Çizelge 3.4. Deneme planı	25
Çizelge 4.1. Araştırma konusu topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.2. Araştırma topraklarının agregat büyüklük dağılımı (ABD) ve ortalama ağırlık çap (OAÇ) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.3. Araştırma topraklarının agregat stabilitesi (AS) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.4. D10 çap (μm) değerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	51
Çizelge 4.5. Yüzey kaplama oranının (%) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları...	58
Çizelge 4.6. Yüzey kaplama oranının (%) tanımlayıcı istatistikleri, semivariogram model ve model parametreleri	61
Çizelge 4.7. Sıçrayan toprak miktarının (g m^{-2}) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	73
Çizelge 4.8. Sıçrayan toprak miktarının (g m^{-2}) tanımlayıcı istatistikleri, semivariogram model ve model parametreleri	76
Çizelge 4.9. Yapay yağış koşullarında yüzey akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarlarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	85

1. GİRİŞ

Toprak doğal ve antropolojik etkilerle bozulan, yerine ikamesi olmayan ve sınırlı kullanım alanına sahip doğal bir varlıktır. Bu doğal kaynağın sürdürülebilir olması ve uzun süreli amenajmanı öncelikli bir zorunluluktur. Potansiyel kullanılabilir sınırlı araziler artan gıda ihtiyacına cevap veremeyecek durumdadır. Bu nedenle, toprak bozulmasına sebebiyet veren faktörlerin bilinmesi ve incelenmesi, bozulmuş toprakların rehabilitasyonu ve üretkenliğin yeniden sağlanabilmesi için esastır. Ayrıca, toprağın yapısını bozmadan en yüksek ürünü almanın yanısıra, toprakta bozulan dengenin yeniden tesis edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu ise ancak toprak erozyonunun önlenmesi, biyolojik aktivitenin hızlandırılması, toprağın bozulan besin elementi dengesinin yeniden sağlanması ile mümkün olabilir.

Fiziksel degradasyon, toprak fiziksel özelliklerinin üretim düzeyini olumsuz yönde etkileyecek ölçüde bozulması olarak tanımlanmakta ve bu süreç toprakta sıkışma, kaymak bağlama, uzun süreli ıslaklık/kuraklık ve hızlandırılmış erozyon gibi olaylar sonucu temelde toprak strüktürünün bozulması olarak ortaya çıkmaktadır (Öztaş 1997).

Toprak degradasyonu, sosyo-ekonomik ve politik faktörler tarafından şiddetlendirilen bio-fiziksel bir süreçtir. Hacim ağırlığı artışı, toplam ve makro porozite ile infiltrasyonda azalma, yüzey akış ve erozyonunun artması ile toprak strüktürünün bozulması fiziksel toprak degradasyon süreçleridir. Toprak degradasyon süreçlerinin derecesi çok sayıda doğal ve antropojenik faktörler tarafından yönlendirilmektedir. Doğal faktörler toprak, iklim, vejetasyon ve diğer bölgesel karakteristikleri içermektedir. Önemli antropojenik faktörler ise arazi kullanımı, toprak yönetimi, bitkisel yönetim sistemleri, kıymet takdiri, pazarlama ve kurumsal desteklerdir. Toprak degradasyonu fakirlikle birlikte vurgulanmakta ve bilimsel tabanlı girdiler ile yapılan entansif tarımdan ziyade girdilerin uygulanmadığı ekstansif tarım sisteminde daha ciddi problemlere sebep olabileceği belirtilmektedir (Lal 2001).

İstatistiksel değerler, dünya üzerinde yaklaşık 2 milyar hektar alanın toprak degradasyonuna meyilli olduğunu ve bunun 562 milyon hektarının (%29,7) tarım alanı, 685 milyon hektarının (%34,8) mera ve 719 milyon hektarının (%35,5) ise orman ve ağaçlık alan olduğunu göstermektedir (Oldeman *et al.* 1991).

Dünya üzerinde toplam işlenebilir tarım arazisi miktarı 3,19 milyar ha'dır. Son yıllarda kişi başına düşen tarım arazisi miktarı gelişmiş ülkelerde %14,3 oranında azalırken, gelişmekte olan ülkelerde bu rakam %40 oranında gerçekleşmiştir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre kişi başına düşen tarım arazisi miktarı 0,23 ha olup bu miktar 2050 yılında 0,15 ha'a düşecektir (Anonymous 2000). Yapılan hesaplamalara göre, tüm dünyada her dakika işlenebilir arazinin 10 hektarı kaybolmaktadır. Bunun 5 hektarı erozyon, 3 hektarı tuzluluk, 1 hektarı diğer toprak degradasyonu işlemleri, geriye kalan 1 hektarı da tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı sonucu olmaktadır (Abrol *et al.* 1988; Angın 2008). Bu yüzden, toprak degradasyonu modern çağın ciddi bir problemidir (Blaikie and Brookfield 1987) ve 21. yüzyılda da ciddi bir problem olarak kalmaya devam edecektir.

Erozyon toprakların degrade olmasının ötesinde olup toprağın bulunduğu yerden aşınıp taşınarak yok olması ve yerine artık hiçbir şey alamayacak, aşındığı yerde yıkılışın başlangıç noktası olacak bir kayboluş sürecidir. Erozyonun başlangıç noktası yüzey akışın başlamasıyla ve hatta onun öncesinde yağmur damlalarının toprağa çarpması ile zayıf agregat yüzeylerindeki fraksiyonların damlanın enerjisini kıramayarak sıçramasıyla başlamaktadır. Bu sebeple erozyon süreci, toprak strüktürünün bozulmasıyla başlamaktadır.

Toprak strüktürü bitki büyümesi ile doğrudan ve dolaylı olarak ilgili birçok sürece yön vermektedir. Toprakta su-hava geçirgenliği ve kapasitesi, mikroorganizma faaliyetleri, kök penetrasyonu ve gelişimi, toprağın işlenme kolaylığı gibi birçok durum toprak strüktürünün fonksiyonudur. Bu nedenle, toprak strüktürü üzerine etkili olan olay, süreç ve faktörlerin değerlendirilmesi agronomik açıdan son derece önemlidir.

Toprakta agregasyon oluşumu kadar, bu agregatların mekaniksel dış kuvvetlere ve suya karşı dayanıklılıkları da bitki yetiştiriciliği açısından çok önemlidir. Toprağın su tutma kapasitesi, su iletkenliği ve havalanma durumu toprak strüktürünün agregasyon derecesi ile yakından ilgilidir. Diğer yandan, primer toprak tanelerinin bağlanma dereceleri, agregatların su karşısında dağılmaya karşı olan dirençleri, gözeneklerin stabilitesi ve devamlılığı toprak erozyonu açısından büyük önem taşımaktadır (Öztaş vd 1998).

Strüktürel açıdan bozulmuş topraklarda agregasyonu sağlamak ve agregat stabilitesini artırmak için üst toprak içerisine organik atıkların karıştırılması en yaygın yol olarak izlenmekle birlikte, bu toprakların rehabilitasyonunda fazla miktarda organik girdiye ihtiyaç duyulması ve topraktaki inkübasyon sürecinin uzun olması bu alanda sentetik organik toprak düzenleyicilerinin alternatif kullanım olanaklarının araştırılmasına yön vermiş ve organik polimerlerin kullanımı yoğun olarak araştırılmaya başlanmıştır (Aksakal 2009).

Toprakların strüktürel stabilitesini sağlamak amacıyla 1970’li yıllardan günümüze kadar polisakkaritler ve nişasta kopolimerleri başta olmak üzere birçok sentetik organik polimerler araştırmalara konu edilmiştir. Bu kapsamda, sentetik polimerlerin toprak yüzeyine çok düşük dozlarda uygulanmasının bile toprakta agregat stabilitesi ve strüktürel yapının geliştirilmesi bakımından önemli pozitif etkiler yapabileceği genel bir kanı olarak ifade edilmektedir (Gabriels 1990; Bryan 1992; De Boodt 1993; Mukhopadhyay *et al.* 1994; Sojka and Lentz 1994; Zhao and Xu 1995; Nadler *et al.* 1996; Amezketa 1999; Sivapalan 2002; Imbue *et al.* 2005).

Gelişmiş ülkelerde toprak kaynaklarının korunmasında toprak düzenleyicileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal organik ürünlerin yanı sıra sentetik organik polimerlerin toprak yüzeyine serpilerek veya karıştırılarak uygulanmasının toprağın strüktürel yapısını önemli düzeyde geliştirerek toprak geçirgenliğini arttırdığı bilinmektedir. Son dönemlerde ise, yapay organik polimerlerin strüktür düzenleyici olarak; stabil agregat oluşumu, toprak havalanması ve su geçirgenliği, kabuk bağlama, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkinliğinin belirlenmesi önemli çalışma konuları olarak dikkat çekmektedir.

Bu bağlamda, topraklara polimer uygulanması ile toprakların fiziksel degradasyonuna neden olan olay ve süreçlere karşı daha dirençli bir hale getirilebileceği, bozulan strüktürel özelliklerinin düzeltilebileceği ve bunun sonucunda bu topraklarda su ve hava hareketinin önemli ölçüde artırılabilceği tahmin edilmektedir.

Bu araştırma sıçrama erozyonu sonucu oluşan toprak ve su kayıplarının değerlendirilmesinde ve dağılım paterninin jeostatistiksel analizinde yeni parametrik bir metodun kullanım etkinliğinin belirlenmesi ve organik bir polimer olan polivinilalkol (PVA) uygulamasının erozyon parametreleri ve kayıpları üzerine olan etkisinin saptanması konularını kapsamaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnsanlığın geleceği için toprak sürdürülebilir bir şekilde koruma ve yönetilme zorunluluğu olan doğal bir kaynaktır. Doğal üretim varlıklarımızın bilinçsizce ve aşırı kullanılması, topraklarımızın erozyon ile aşınmasına, verimlilik ve üretkenlik kabiliyetlerinin azalmasına, tuzlulaşma ve çoraklaşma gibi toprak degradasyon neden olmaktadır. Önemli bir ekolojik sorun olan erozyon çevre sorunlarının yanı sıra insanoğlunu açlığa, yoksulluğa, susuzluğa ve hatta göçe zorlayan bazı sosyolojik problemlerin kaynaklarından biridir.

Toprak erozyonu doğal kaynakları tehdit eden tarımsal ve gıda üretimini sınırlayan küresel bir çevre problemidir (Tripathi and Singh 2001). Dünya genelinde yaklaşık her yıl 75 milyar ton toprak erozyonla uzaklaşmaktadır (Lafen and Roose 1998; Brown and Quine 1999; Toy *et al.* 2002; Bayramin *et al.* 2003).

Ülkemiz topografyasının engebeli olması, erosif yağışların hâkim oluşu ve doğal varlıklarımızın bilinçsiz kullanılışı ülkemizdeki erozyonun temel kaynağıdır. Bu sebeple ülkemizde erozyon ile ilgili önemli yasal, sosyolojik ve bilimsel çalışmalar ve düzenlemelere şiddetle ihtiyaç duyulmaktadır.

2.1. Polivinilalkol'ün Toprak Özellikleri ile Erozyon Parametreleri Üzerine Etkileri

Topraklar sahip oldukları farklı özelliklerinden dolayı suyun dispersleştirme ve mekaniksel dış kuvvetlerin parçalama etkilerine karşı değişik ölçülerde duyarlılık gösterirler. Bu özelliklerin başında ise toprağın agregasyon derecesi ve topraktaki stabil agregatların yüzdesi gelmektedir. Toprağın strüktürel stabilitesini geliştirmek ve agregasyon derecesini artırmak için doğal kaynaklı organik materyal kullanımı yanı sıra yapay organik polimerlerin kullanılması da mümkündür. Polimer moleküllerinin kil yüzeyinde adsorpsiyonu sonucu kil taneleri arasındaki itici kuvvetleri azalttığı ve

polimer moleküllerinin toprak partikülleri arasında köprü görevi görerek toprak tanelerini birbirine bağladığı, dolayısıyla toprak agregasyonuna neden olduğu 1950’li yıllardan beri bilinmektedir (Harris *et al.* 1966).

Son yıllarda toprak fiziksel özelliklerini istenilen yönde değiştirmek; toprak strüktür oluşumunu ve stabil agregatların oranını artırarak bitkilere daha uygun bir gelişme ortamı sağlamak amacıyla yapay kimyasal kompleksler ile doğal katkı maddeleri geniş ölçüde deneme ve uygulamaya alınmıştır. Topraktaki organik artıkların biyolojik ve kimyasal ayrışma ürünleri olan polisakkarit ve poliüronidlerin granülasyon oluşumunda etken faktörler oldukları düşüncesinin ışığı altında bir çok araştırmacı, toprak strüktürünü ıslah etmede poliüronid asit tuzları veya poliüretanlar ile polisakkaritlerin ilave edilmesi ile topraklarda stabil agregat oluşumunu deneysel olarak araştırmaya başlamışlardır (Tuncay 1983).

Organik polimerler toprak agregatlarının oluşumunda çimentolayıcı veya yapıştırıcı olarak strüktürel yapının ortaya çıkmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedir (Tisdall and Oades 1982). Katyonik organik polimerlerin kil mineralleri üzerindeki negatif elektrostatik yük dengesini sağladığı ve böylece koagüle edici özellik taşıdığı bilinmektedir. Polimer moleküllerinin agregat boşlukları arasındaki hareketinin ve penetrasyonunun agregatların stabilizasyonu sağladığı ifade edilmektedir (Ben-Hur and Keren 1997). Flokulant materyallerin, taneler arasında bağlanma kuvvetlerini artırarak agregatları parçalayıcı ve yıkıcı kuvvetlerin olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmektedir (Heitner 1994; Sharma *et al.* 2006).

Chiellini *et al.* (2003) toprağa uygulanan PVA’nın yıkanma ile kaybı üzerine yapmış oldukları çalışmada, toprağa 5-10 g m⁻² oranlarında uygulanan PVA’nın toprak tarafından tamamen tutulduğunu ve yıkama solüsyonunda PVA’ye rastlanmadığını tespit etmişlerdir.

Oades (1976) yüzey toprağına 70.000 molekül ağırlığına sahip PVA’ü 8-10 g m⁻² olacak şekilde sulu çözelti halinde uygulamış ve tohum çıkışını, düşen yağışın infiltrasyonunu

ve su kapasitesini arttırdığını tespit etmiştir. PVA'nın kabuk oluşumunu önlediğini, bundan dolayı yüzey akış ve toprak erozyonunun %50'ye varan oranda (kontrole oranla) azaldığını bildirmiştir. Artan infiltrasyon, toprak profilinin aşağısına mineral azotun yıkanmasını artırmıştır. PVA uygulamasının deneme alanlarının, çim alanının hazırlanmasında ve yoğun tarım yapılan alanlarının stabilizasyonunda kullanışlı olabildiğini belirtmiştir.

Stefanson (1973) sentetik organik polimerlerle toprağın strüktürel stabilitesinin sağlanması üzerine yapılan ilk çalışmalarında PVA'nın diğer birçok organik polimer kadar etkili olduğunu belirtmekte ve yüzey toprağının strüktürel yapısının toprak organik maddesi tarafından korunduğu sürece PVA uygulamasının toprağın strüktürel yapısını etkili bir şekilde stabilize ettiğine dikkat çekmektedir. Ayrıca, bozulmamış toprak kolonları üzerine ağırlık esasına göre %0,005 oranında PVA uygulamasının bile suni yağmur koşulları altında toprak tarafından infiltre edilen yağış miktarının iki katına çıkarılabileceğini bildirmektedir.

Uysal (1986) Gediz havzasında yer alan büyük toprak gruplarına ait su erozyonuna maruz kalan eğimli tarım alanlarında polimer kullanarak yapmış olduğu çalışmada, solüsyon halindeki PVA'nın çok küçük miktarının toprağa uygulanması ile işlenen toprakların zayıf strüktürlerinin ıslah edilebildiğini, agregatlaşmanın artırıldığını, su hareketinin ve havalanmanın önemli ölçüde değiştiğini tespit etmiştir. Diğer bir çalışmada Uysal ve Taysun (1995), toprağa hidrofobik özellikte kümeleşmeyi sağlayan PVA ve PAM uygulanmasının yüzey akışı ve toprak kayıplarının önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir.

Sen *et al.* (1995) laboratuvar ve sera koşullarında kumlu toprağa sentetik ve organik toprak düzenleyicileri farklı oranlarda uygulayarak, toprak agregasyonu, porozite, toprak su oranı, hidrolik iletkenlik ve bitki gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Topraklara artan dozlarda PVA uygulamasının toprağın suya dayanıklı agregat miktarını ve su tutma kapasitesini önemli düzeylerde artırdığını belirlemişlerdir.

Aksakal (2009) donma çözünme süreçlerinin sıkça görüldüğü Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan dört büyük toprak grubunda, polivinilalkol (PVA), hümik asit (HA) ve poliakrilamid (PAM)'in bazı fiziksel ve hidrolojik toprak özellikleri üzerine etkisi ile donma çözünme süreçlerinde PVA, HA ve PAM'ın etkinlik derecelerini ortaya koymak amacıyla yapmış olduğu araştırmada; PVA, HA ve PAM uygulamalarının toprakların geometrik ortalama agregat stabilitesi, hava ve su geçirgenliği, hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi ve yarıyışlı nem miktarını artırdığı, dispersiyon oranı (DO), hacim ağırlığı ve mekaniksel stabilite değerlerini ise önemli düzeyde azalttığını belirlenmiştir. Ayrıca, her üç muamele faktörünün toprakların geometrik ortalama çap ve farklı agregat büyüklük sınıfında yer alan agregatların stabilitesini çok önemli düzeyde artırdığı ve oransal olarak en fazla artışın $<0,42$ mm agregat sınıfında meydana geldiği tespit etmiştir.

Öztaş vd (2002) yapmış oldukları çalışmada polivinilalkol'ün (PVA) agregat stabilitesi ve diğer strüktürel özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Farklı tekstür özelliğine sahip topraklar üzerine 0.001 ve 0.005 w/w oranlarında PVA uygulamışlardır. Çalışmada; hacim ağırlığı, dispersiyon oranı, agregat stabilitesi, ortalama ağırlıklı çap ve agregat direnci gibi strüktürel parametrelerdeki değişiklikler belirlenmiştir. Toprağa polivinilalkol uygulaması sonucu agregat stabilitesi ve direnci üzerinde önemli bir etki gözlenmiş ve parçalanma kuvvetlerine karşı her bir agregatın direncinin arttığını ve daha yüksek bir agregat stabilitesine sahip olmasını sağladığını belirlemişlerdir.

Aksakal ve Öztaş (2004a) yaptıkları çalışmada, tınlı ve kumlu tınlı tekstürlü topraklarda maksimum hacim yoğunluğu ve optimum nem içeriği ilişkileri üzerinde polivinilalkol (PVA) etkilerini araştırmışlardır. PVA, ağırlık esasına göre (w/w) 0.001 w/w, 0.003 w/w ve 0.005 w/w oranlarında uygulanmıştır. PVA uygulanmış ve uygulanmamış toprak örnekleri proctor testi kullanılarak sıkıştırılmıştır. PVA uygulama oranı arttıkça kuru hacim yoğunluğunun azaldığını, fakat maksimum kuru hacim yoğunluğunda elde edilen optimum nem içeriğinin arttığını belirlemişlerdir.

Aksakal ve Öztaş (2004b) polivinilalkol'ün strüktürel stabilite üzerinde olan etkilerinden dolayı, toprak düzenleyici (stabilizer) olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların yaptıkları bu çalışma, polivinilalkol'ün (PVA) farklı tekstüre sahip toprakların sıkışabilirliği üzerindeki etkileri ortaya koymuştur. PVA, toprak örnekleri üzerine 0.005 w/w bir oranda uygulanmıştır. Toprak örnekleri 7.5 cm çapında ve 11.2 cm yüksekliğindeki bir sütun (kolon) içerisine yerleştirilmiş ve farklı nem içeriklerinde (%3, %6, %9, %12, %15, %18, %21, ve %24) olup 5, 10, 15, 20, ve 25 hammer blows' altında sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış toprak örneklerinde hidrolik iletkenlik sabit yük permeabilite yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Hidrolik iletkenlik değerleri, toprak sıkışma düzeylerinin artmasıyla azalmış olmasına rağmen, PVA uygulaması yapılmış örneklerinin hidrolik iletkenlikleri, PVA uygulaması yapılmamış örneklerin hidrolik iletkenliklerinden önemli bir düzeyde daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. PVA'ün hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisi tınlı tekstürlü topraklarda, kumlu tınlı tekstürlü topraklarla karşılaştırıldığında çok daha belirgin biçimde ortaya çıktığını belirlemişlerdir.

Yönter ve Uysal (2010) kumlu killi tın ve kumlu tın bünyedeki iki toprağa laboratuvar koşullarında farklı yoğunluktaki poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) (6,70 ve 33,50 kg ha⁻¹) püskürterek uygulamışlardır. Erozyon parsellerinde yapay yağış uyguladıktan sonra, bu polimerlerin yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda incelenen parametrelerin her iki toprak öğreğinde de PVA ve PAM uygulamalarının önemli derecede azalttığı belirlenmiştir.

Koerner and Okrasinski (1978) PVA'ın erozyona duyarlı bir toprağa 48 g m⁻² oranında uygulanması halinde 3.8 cm h⁻¹ yoğunlukta 120 dakika boyunca yağın yağışa karşı erozyona dirençli kalabildiğini rapor etmiştir.

Tümsavaş (2005) yapmış olduğu çalışmada sonuç olarak; laboratuvar koşullarında tarım topraklarına farklı dozlarda verilen PVA uygulamalarının konsantrasyonlarının artışıyla orantılı olarak topraklar üzerine yapay yağış yağdırılması sonucunda meydana gelen

toprak kaybı ve yüzey akış miktarlarını önemli düzeylerde azalttığı, buna karşın drenaj suyu miktarını artırdığı belirlenmiştir. Yapılan PVA uygulamaları arasında 500 ve 750 mg L⁻¹ dozlarının daha etkili olduğu, ekonomik kriterler de göz önüne alındığında 500 mg L⁻¹ dozun uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Painuli and Pagliali (1990) kil ve tın bünyeli topraklara sentetik stabilizatör olarak bilinen polivinilalkol, dekstran ve hümik asidi %0, %0.5, %1.0 ve %2.5 oranlarında ilave ederek strüktürel değişimlerini incelemiş, PVA ve dekstran uygulaması ile toprak yapısını önemli derecede geliştirebildiğini ve suda dispers olabilen silt + kil miktarının önemli oranlarda azaldığını belirlemişlerdir.

Levy *et al.* (1992) sulama suyuna ilave edilen polimerlerin toprağın infiltrasyon oranını, agregat stabilitesini ve agregatların su karşısında dağılmaya karşı dirençlerini artırdığını tespit etmişlerdir.

Yüzeye serpilerek veya sulama sularında çözündürülerek toprağa uygulanan polimerlerin; toprak hidrolik iletkenliğini (El-Morsy *et al.* 1991; Aksakal 2009; Sarı 2011), ve infiltrasyonu önemli derecede artırdığı (Mitchell 1986; Wallace and Wallace 1986; Wallace and Nelson 1986; Shainberg *et al.* 1990; Abu-Zreig 2006; Sojka *et al.* 2007), kaba bünyeli topraklarda strüktürü düzelttiği ve toprakların su tutma kapasitelerini arttırdığı (Gehring and Lewis 1980; Dehgan *et al.* 1994; Abd El-Rehim *et al.* 2004; Abedi-Koupai and Asadkazemi 2006), agregat stabilitesini %17'lerden %90'lara kadar çıkarabildiği (Chaney and Swift 1986; Terry and Nelson 1986; Fitch *et al.* 1989; Fortun *et al.* 1989; Mbagwu and Piccolo 1989; Shainberg and Levy 1994; Bronick and Lal 2005; Chizoba and Chinyere 2006; Kukal *et al.* 2007; Aksakal 2009), kaymak bağlama, akma ve dispersiyona karşı toprak yüzeyinin stabilitesini sağladığı (Agrawal and Sharma 1984; Mitchell 1986; Wallace and Nelson 1986; Shainberg and Levy 1994; Sen *et al.* 1995; Fox *et al.* 2004; Bronick and Lal 2005), yüzey akış ve toprak kayıplarını önemli ölçüde azalttığı (Wallace and Nelson 1986; Malik *et al.* 1991; Zhang and Miller 1993; Abu-Zreig 2006; Sojka *et al.* 2007) belirtilmektedir.

2.2. Sıçrama Erozyonun Değerlendirilmesi ve Ölçüm Yöntemleri

Su erozyonun ilk aşaması olan sıçrama erozyonu, yağmur damlasının toprağa temasıyla agregatların parçalanması süreci ile başlamaktadır (Rose 1960; Morgan 1978; Quansah 1981). Yağmur damlaları toprak yüzeyine çarptığında, toprak taneciklerini kopararak havaya sıçratırlar. Bu süreç, vuruş esnasında yağmur damlasının toprak yüzeyine aktardığı momentum ile açıklanmaktadır (Erpul *et al.* 2003; Ghadiri 2006). Toprak kümelerine yağmur damlası tarafından momentum aktarımında, yağmur damlasının sıkıştırma ve parçalama (koparma) gücü etkilidir. Sıkıştırma gücü, yağmur damlasının toprak yüzeyine vuruşu ile oluşturmuş olduğu baskıyı kastetmektedir. Parçalama (koparma) gücü ise toprak yüzeyine vuran yağmur damlalarının parçalanarak daha küçük damlacıklara ayrışması ve yüzeye yatay jetler (kesmeler) halinde hareket etmesini tanımlamaktadır (Carson and Kirkby 1972; Kirkby and Kirkby 1974; Morgan 1978; Ghadiri 2006).

Yağmur damlaları ile yayılan ve serbest hale geçen toprak partikülleri yüzey akışa elverişli hale gelirler (Van Dijk *et al.* 2003a; Leguedois *et al.* 2005; Qinjuan *et al.* 2008; Wuddivira *et al.* 2009).

Yağmur damlalarının toprağa çarpmasıyla oluşan sıçrama erozyonuna; toprak yüzeyinin sert veya yumuşak olması, iri veya küçük taneli olması, yüzeyde su olmaması veya yüzeydeki su tabakasının kalınlığı gibi faktörler etkilidir (Ghadiri 2006).

Sıçrama erozyonu ile taşınım küçük ölçekli bir süreç olup düz arazi yüzeylerinde yağmur damlasının vuruşu ile parçalanma ve taneciklerin yer değişmesi, eğimli yüzeylerde ise eğim yönünde taşınım hareketi şeklindedir (Hillel 1998)

Sıçrama erozyonunun ölçümünde ve değerlendirilmesinde genel olarak sıçrama hunisi, sıçrama kabı (Sreenivas *et al.* 1947; Bolline 1975; Gorchichko 1977; Morgan 1995), bölünmüş sıçrama kutusu (Poesen and Torri 1998), erozyon pimleri, sıçrama tahtası (Ellison 1944; Kwaad 1977), işaretli taşlar (Kirkby and Kirkby 1974), radyoaktif izciler

(Coutts *et al.* 1968; De Ploey and Savat 1968) ve yüksek hızlı kameralar (Hamlett *et al.* 2013) kullanılmaktadır.

Wohlgemuth (1986) yüzey sediment taşınımını değerlendirmek amacıyla yapmış olduğu araştırmada, sıçrama erozyonu ile taşınan materyalin belirlenebilmesi için işaretli taşlar ve izleyicilerin kullanıldığına dikkat çekmektedir. Söz konusu yöntemlerde kullanılan materyallerin yanabileceğine, vejetasyon içerisinde kaybolabileceğine ve hayvanlar tarafından taşınılabileceğine değinerek, sıçrama erozyonunun belirlenmesinde gerçek değerlerden daha düşük değerlerin elde edilebileceği olumsuzluğunu vurgulamaktadır.

Coutts *et al.* (1968) sıçrama erozyonu ile taşınan materyalin tespitinde ^{59}Fe izotopunu kullanmıştır. Çalışmada ^{59}Fe izotopunun az da olsa toprak içerisinde sızıntılar ile kayıplarının olabileceğine ve bu durumun tam anlamı ile gerçek değerlerin elde edilmesinde hata oluşturacağını belirtmiştir. Ayrıca araştırmada sıçrama ile toprak partiküllerinin 60 cm'ye kadar uzaklığa taşınabileceğini ve taşınımın yönü ve mesafesi üzerine, rüzgârın hızı ve yönünün önemli bir faktör olduğunu vurgulamaktadır.

Zheng and He (2012) toprak yüzey pürüzlülüğü değişimi ile sıçrama erozyonun sürecini incelemiş oldukları araştırmada asılı sıçrama erozyonu tahtası kullanmışlardır. Araştırmayı 2.0x1.0x0.5 m boyutlarında metal kutu içerisine 8 mm'den elenmiş yüzey toprağı yerleştirerek 0.68 mm/dak., 1.00 mm/dak ve 1.50 mm/dak yağış yoğunluğunda yapay yağış koşulları altında yürütmüşlerdir. Toprak örneğinin ortasına yerleştirilen asılı sıçrama erozyonu tahtasına sıçrama ile gelen toprak parçacıkları deneme sürecince toplanmış ve fırın kuru olarak ağırlık esasından değerlendirilmiştir.

Parlak (2009) farklı kinetik enerji akışı ve farklı toprak bünyelerinin sıçrama erozyonuna etkisini belirlemek amacıyla yapmış olduğu araştırmada, Morgan (1995) tarafından geliştirilen sıçrama kabını kullanmıştır. Sıçrama erozyonuyla kaybolan toprak miktarını ağırlık esasından değerlendirmiştir.

Mermut *et al.* (1997) benzer organik madde içeriğine sahip fakat farklı mineralojik ve agregat stabilitesi özelliği gösteren iki farklı toprakta sıçrama ile kaybolan toprak miktarını belirlemişlerdir. Yapay yağış altında, 27 J m^{-2} kinetik enerjiye sahip yağmurlayıcı ile yürütülen araştırmada, 2 mm elekten geçmiş olan toprak örnekleri 30 cm çapında 30 cm derinliğinde silindir şeklindeki plastik kutu içerisine yerleştirilmiştir. Yapay yağış altında sıçrayan partikülleri toplamak için silindir etrafına şeffaf bir polietilen perde yerleştirmişlerdir. Sıçrayan partiküller farklı süreler içerisinde toplanmış ve zamana göre sıçrayan partiküllerin ağırlık olarak ortalama değişimi değerlendirilmiştir.

Van Dijk *et al.* (2003b) teras yatak ve yamaçlarında yapmış oldukları arazi çalışmasında, sıçrama erozyonunu ölçmek için Poesen ve Torri (1988) tarafından tasarlanan dört bölmeye ayrılmış sıçrama toplama kutusu kullanmışlardır. Bu araştırmacılar kullandıkları sıçrama toplama kutusu ile farklı yağış sezonlarında farklı yağış özelliğinde oluşan yağışlar sonucunda sıçrayan toplam toprak miktarını tespit etmişlerdir.

Sıçrama erozyonunun ölçümünde ve sayısallaştırılmasında kullanılmakta olan yöntemlerin pratik olmayan ve uygulamada kısıtlayıcı özelliklerinin olduğu daha önce yapılmış olan araştırmalarda saptanmıştır. Bu kısıtlamalar; sıçrayan bir damlanın boyutlandırılması, sıçramanın yönü, mesafesi, yüksekliği ve toplam sıçrayan partikül miktarı ile ilgili gerekli olan verileri tam olarak verememesi olarak belirtilmektedir. Ayrıca, radyoaktif izcilerin çevresel problem içermesi de bu yöntemin kısıtlayıcı özelliklerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Morgan 1981).

Yöntemlerdeki söz konusu eksiklikler dikkate alınarak, bu araştırmada sıçrama ile meydana gelen damlaların sıçradığı yön, mesafe ve damlaların karakteristik analizinin yapılabilmesi için, özellikle tarımsal ilaçlama faaliyetlerinde kullanılmakta olan suya duyarlı kartlar (SDK) kullanılmıştır.

2.3. Suyu Duyarlı Kartların (SDK) Kullanım Alanları ve Sıçrama Erozyonu Ölçümünde Kullanılabilirliği

Suya duyarlı kartlar sarı yüzeyli olup üzerine su veya nemli bir madde geldiğinde rengi maviye dönüşen sert yapılı bir kâğıttır (Coates and Palumbo 1997; Syngenta 2002; Sayıncı 2008). Bu kartlar pH indikatörü brofenol mavisi esaslıdır. Kart üzerine düşen su damlaları, sarı renkli olan bu kartlar üzerinde kolayca görülebilen mavi lekeler meydana getirmektedir. Bu tip kartlarla çapı 50 µm'den daha küçük çaplı damlaların buharlaşma nedeniyle hedefe taşınmadığından belirlenemediği bildirilmiştir (Coates 1996). Buna karşın, bu kartlar oldukça hassas olduklarından, parmakla dokunulduğunda bile zarar görebilmekte ve bağıl nemin yüksek olduğu ortamlarda kullanımı oldukça zorlaşmaktadır (Kırkaç 2005).

Suya duyarlı kartlar daha çok ilaçlama makinalarının ve uygulamalarının performansını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu kartlar tarımsal alanlara uygulanan tarım ilaçlarının hedefe ne oranda ulaştığını, ulaştığı yerdeki dağılımını, yoğunluğunu ve ulaşan damlaların boyutlarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir.

İlaçlamada aktif maddenin hedefe ulaşması, yüzeyde tutunması, penetrasyonu ve dağılım düzgünlüğü gibi özellikler, uygulama performansını belirleyen faktörlerdir. Bunların değerlendirilmesinde çeşitli kalitatif ve kantitatif yöntemler kullanılmaktadır. (Sayıncı ve Bastaban 2009). Tarımsal ilaçlama ünitelerinin performansını belirlemek amacıyla kalitatif ölçümlerde suya duyarlı kartlar kullanılmaktadır (Sumner *et al.* 2000).

Püskürtme sonucu yüzeye temas eden damlalar, belirli bir yayılma oranıyla iz bırakmakta ve yüzeyde mavi renkli lekeler oluşturmaktadır. Bu lekelerle damla boyutu ve lekelerin kapladığı alana göre yüzey örtme oranı belirlenebilmektedir. Bu amaçla “UTHSCSA ImageTool (The University of Texas Health Science Center, USA)”, “SigmaScan (Systat Software Inc., USA)” ve “Image-Pro Plus (Media Cybernetics Inc., USA)” gibi görüntü işleme programlarından yararlanılmaktadır. Suyu duyarlı kartlar, iyi

bir tahminleyici olma özelliği taşıdığından, kaba ölçüm yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Sayıncı ve Bastaban 2009).

Tarla koşullarında yürütülen çalışmalarda, özellikle sulama sonrası bitki tacı içindeki nem oranı yüksek olduğundan yaprağa yerleştirilen kartlar, kendiliğinden renk değiştirerek bozulmaktadır. Üretici firma tarafından suya duyarlı kart (Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH) yüzeyinde, damla yayılma katsayısı 20°C sıcaklık ve %40 nispi nem ortamında belirlendiğinden (Anonymous 2002) bu koşulların optimum olduğu da varsayılabilir (Sayıncı ve Bastaban 2009).

Damla boyut analizi için farklı örnekleme materyallerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, silikon yağı yönteminde analizlerin daha hassas yapılması gerektiği bildirilmiştir. Cam yüzeylerde ise küçük çaplı damlalar, hızlı bir şekilde buharlaştığından analiz edilemediği vurgulanmıştır. Buna karşı, suya duyarlı kartlarla damla boyut analizinin daha kolay yapıldığı; ancak kalitatif değerlendirmeler için dış ortamın olumsuz şartlarından korunması gerektiği belirtilmiştir (Degré *et al.* 2001).

Aksoy ve Bayat (1996) tarafından Mikromaks 3 (Micron, UK) adıyla anılan döner diskli memenin işletme karakteristikleri belirlenmiş ve pamuk yaprak kurduna (*Spodoptera littoralis* Boisd) karşı biyolojik etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada döner diske ait üç farklı ölçüde besleme memesi (enjektör) kullanılmış (mavi Ø0,83 mm, sarı Ø1,04 mm, kırmızı Ø1,66 mm) ve her bir enjektör, diskin üç farklı devrinde (1600-2750-4200 d/min) çalıştırılarak toplam dokuz parametrede üretilen damlaların çapları ölçülmüştür. Toplanan örnekler görüntü işleme analizine tabi tutularak damlaların hacimsel ve sayısal ortanca çapları hesaplanmıştır.

Kırkaç (2005) sıvı ilaç uygulamalarında ilaç damla dağılımının görüntü analizi ile değerlendirilmesi amacıyla yapmış olduğu araştırmada örnekleme yüzeyi olarak suya duyarlı kartları kullanmıştır. Örnekleme yapılan suya duyarlı kartların görüntüleri bilgisayar ortamına atıldıktan sonra ilaç damlalarının ortalama çapları, damla dağılım

tekdüzeliği, damla sıklığı ve kaplama oranı gibi ilaç damla dağılımına ilişkin karakteristikleri görüntü işleme programları ile incelemiştir.

Diaz and Escudero (1991) pirinç, paslanmaz çelik ve seramikten yapılmış 110 derecelik yelpaze hüzmeli püskürtme memelerindeki damla çapı değişimlerini saptamışlardır. Ölçümlerde iki tip ölçüm sisteminden faydalanmışlardır. Bunlardan biri lazer ışınli optik sistem olan Malvern 2600c cihazı kullanılarak yapılan ölçüm, diğeri ise suya duyarlı kartlar üzerine düşen damlanın oluşturduğu leke çapından gidilerek yapılan ölçümdür.

By A De Moor *et al.* (2000) bahçe pülverizatörleri ile yapılan pülverizasyonlarda, ağaç tacındaki ilaç dağılımını belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışma da, suya duyarlı kartlar kullanmışlardır. Kartları görüntü işleme tekniğı ile değerlendirerek ilaç dağılımını belirlemişlerdir. Bahçe pülverizatörlerinde püskürtme kalitesinin doğru analiz edilmesi, hızlı ve kolay bir şekilde yapılması için görüntü analiz tekniğinin kullanılmasını önermişlerdir.

Wolf (2005) tarafından herbisit ilaçlamasında sürüklenme düzeylerini karşılaştırmak amacıyla farklı özelliklerde memeler kullanılmıştır. Deneme rüzgâr tüneline (ortam sıcaklığı 23 °C ve bağıl nemi %56) yürütölmüş ve rüzgâr hızı (4,6 m s⁻¹) sabit tutulmuştur. Rüzgâr yönü yandan ve ilerleme yönüne zıt doğrultuda ayarlanmıştır. Farklı mesafelere (2-3-4 m) suya duyarlı kart yerleştirilmiş ve uygulama sırasında sürüklenen damlaların yüzeyde kapladığı alan görüntü işleme analizine tabi tutularak 4,7 L d⁻¹a ve 9,4 L da⁻¹ uygulama normlarında sürüklenme düzeyleri belirlenmiştir.

Sayıncı (2008) farklı ilaçlama başlıklarıyla uygulanan ilaçlamada spinosadın patates böceğinin (*L. decemlineata* Say) biyolojik aktivitesine olan etkilerini incelediğı araştırılmasında; taşınan ve yüzeyde tutunan madde miktarı (µg cm⁻²), damla spektrumunun yükseklik boyunca değişimi, yüzey kaplama oranı (%) ve damla yoğunluğu (adet cm⁻²) parametrelerini belirlemek amacıyla suya duyarlı kart kullanılmıştır.

Suya duyarlı kartların sahip olduğu bu özellik doğrultusunda, sıçrama erozyonu ile toprağa çarptıktan sonra parçalanan ve tekrardan havalanan yağmur damlacıkları suya duyarlı kartlar üzerine düştüğünde belli bir yayılma oranına göre kart üzerinde renk değişimi meydana getirmektedir. Kart üzerine sıçrayarak gelen yağmur damlacıkları boş bir şekilde geleceği gibi bünyesinde topraktan kopararak taşıdığı toprak partiküllerini de kart üzerine taşımaktadır.

Suya duyarlı kart yüzeyine sıçrayarak gelen damlalar kart yüzeyinde bir leke meydana getirecektir. Kart yüzeyinde oluşan bu lekeler görüntü işleme programları vasıtasıyla analiz edilerek sıçrayan damlacıklara ait veriler elde edilecektir.

Bu çalışmada; *i)* Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarında farklı tekstür sınıfındaki (kil, tın, kumlu tın) topraklara polivinilalkol (PVA) uygulamasının toprakların strüktürel stabilite ölçütleri üzerine etkileri ile yapay yağmurlama koşulları altında yüzey akış ve sıçrama kayıplarının azaltılmasında ki etkinliğini belirlemek, *ii)* sıçrama erozyonu ile meydana gelen toprak ve su kayıplarının belirlenmesinde ve boyutlandırılmasında suya duyarlı kartların kullanılabilirliği üzerine yeni bir yaklaşım ve yöntem geliştirmek ve *iii)* sıçrama erozyonu ile meydana gelen toprak ve su kayıplarının alansal dağılım paternini jeostatistiksel yöntemlerle ortaya koymak amaçlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma toprakları

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarından Daphan ovasından Vertisol ordosu Typic Ustert, Erzurum ovasından Entisol ordosu Fluvaquent ile Ustorthent büyük toprak gruplarından, 0-30 cm'lik işlemeli tarım yapılan arazilerden toplanmıştır. Örnekleme alanları Akgül (1992) ve Özgül (2003) tarafından yapılan çalışma sonuçları dikkate alınarak belirlenmiştir.

3.1.2. Toprak örneklerinin alındığı alanın coğrafi konumu

Erzurum, Doğu Anadolu Bölgesinde 39°10'-40°57' kuzey enlemleri ve 40°15'-42°30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İl, kuzeyden Artvin-Rize, kuzeydoğudan Ardahan, batıdan Gümüşhane-Erzincan, güneyden Bingöl-Muş, doğudan Ağrı-Kars illeri ile çevrilmiş olup genel sınırları içinde kalan alan 24 768 km², merkez ilçenin alanı ise 2 892 km²'dir.

3.1.3. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Araştırmada kullanılmak üzere üç farklı tekstür grubunu temsil edecek toprak işlemeli tarım alanlarından örnekleme noktaları belirlenmiştir. Belirlenen noktalardan 0-30 cm'lik işleme katmanından bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır.

Alınan örnekler plastik torbalara konulup etiketlendikten sonra laboratuvarda oda sıcaklığında kurutulmuştur. Hava kurusu nem düzeyine getirilen topraklar 8 mm'lik elekten elenmiştir. Ayrıca, her toprak örneği için bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılması amacıyla 2 mm'lik elekten geçirilmiş alt örnekler hazırlanmıştır.

3.1.4. Araştırmada kullanılan polivinilalkol (PVA)'ün özellikleri

Denemede kullanılan Polivinilalkole (PVA) ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

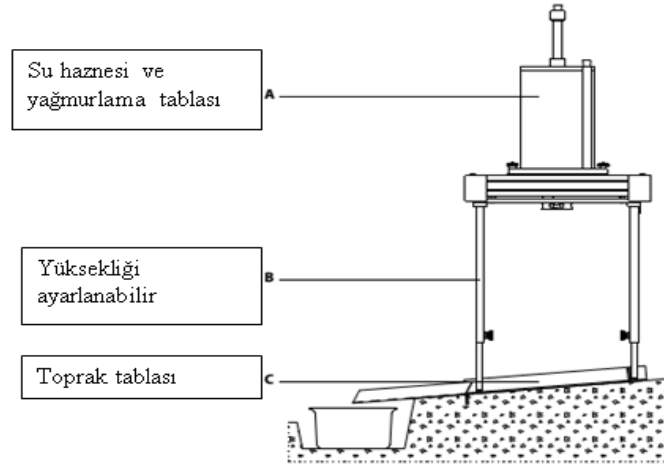
Çizelge 3.1. Polivinilalkole (PVA) ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler (Çataltaş 1985)

Görünüm	Beyaz granüler
Kimyasal formülü	$[-CH_2CHOH-]_n$
Moleküler ağırlığı, $g\ mol^{-1}$	145000
Hacim ağırlığı, $g\ cm^{-3}$	0.4 – 0.6
Tane yoğunluğu, $g\ cm^{-3}$	1.2 – 1.3
pH	5 – 7
Çözünme sıcaklığı, $^{\circ}C$	58 ~ 85
Çözünürlüğü, %	97.5-99.5
Erime noktası, $^{\circ}C$	~265
Depolanma uygunluğu	Nemden korunduğu sürece
Renk (%10 solüsyonda)	APHA 20'den daha az
Parçacık büyüklüğü	14-120 mesh içerisinde %95'den fazla

3.1.5. Araştırmada kullanılan rainfall simulatör ve oluşturulan yüzey akış tablalarının özellikleri

Farklı yağış yoğunluklarına ayarlanabilme özelliği olan Eijkelkamp Rainfall Simulator'de yapay yağmurlama tablaları 5cm derinlikte ve 33x33 cm e paslanmaz çelikten hazırlanmıştır.

Araştırmada kullanılan Rainfall Simulator'ün şematik görünümü Şekil 3.1'de, teknik özellikleri ise Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.



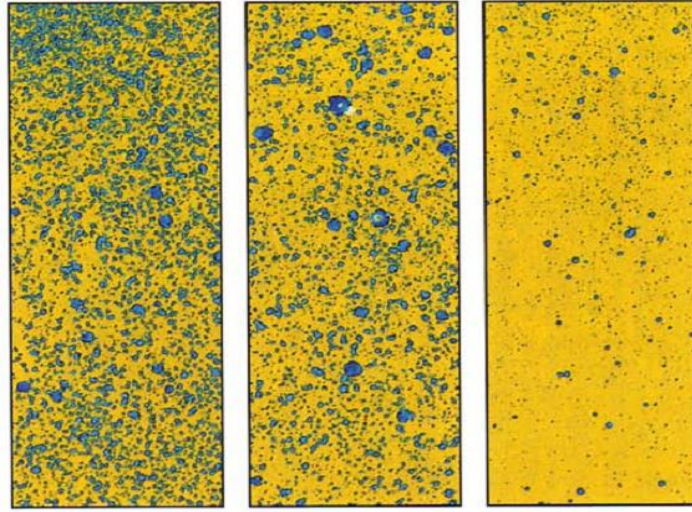
Şekil 3.1. Rainfall simülörün şematik görünümü

Çizelge 3.2. Rainfall simulator'ün teknik özellikleri

Damlaların düşme yüksekliği	40-80 cm
Damlaların çapı	5.9 mm
Damlaların kütlesi	0.106 g
Kapillar yağmurlayıcı sayısı	49 adet
Serbest boşalım durumdaki sağanak yağışın enerjisi	$4 \text{ J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$
Serbest boşalım durumdaki sağanak yağışın toplam enerjisi	72 J m^{-2}

3.1.6. Sıçrama erozyonunun belirlenmesinde kullanılan Suya Duyarlı Kartların (SDK) özellikleri

Suya Duyarlı Kartlar (SDK) yüzeyi sarı renkli olan üzerine sıvı damlası düştüğünde temas yüzeyi mavi renge dönüşen 52x76 mm boyutlarında sert yapılı bir kâğıttır (Coates and Palumbo 1997; Syngenta 2002). (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Suya duyarlı kart (Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH)

Üretici firma (Syngenta 2002), kart yüzeyinde ölçülen leke çaplarına karşılık gelen gerçek damla çapı değerlerini rapor etmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Suya duyarlı kartlarda damla yayılma oranı (Syngenta 2002)

Leke çapı (µm)	Yayılma katsayısı*	Gerçek damla çapı (µm)
100	1,7	59
200	1,8	109
300	1,9	155
400	2,0	200
500	2,1	243
600	2,1	285

*: Değerler 20°C sıcaklık ve %40 bağıl nem ortamında belirlenmiştir.

Kart üzerinde damlaların temas alanına bağlı olarak belirli bir yayılma oranı esas alınmış ve gerçek damla çapını belirlemek için ölçülen leke çapları yayılma katsayısına bölünmüştür (Franz 1993). Leke çapı ile gerçek damla çapı arasındaki ilişkiden yola çıkarak damla boyut analizinde aşağıda verilen regresyon eşitliğini kullanılmıştır.

$$D_g = 1,033 D_s^{0,879}$$

Dg: gerçek damla çapı, μm

Ds: leke çapı, μm

3.2. Yöntemler

3.2.1. Laboratuvar analiz yöntemleri

3.2.1.a. Toprak tekstürü

Toprakların tekstürleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Bauder 1986).

3.2.1.b. Toprak reaksiyonu

Toprakların pH'ları 1:2.5'luk toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Mc Lean 1982).

3.2.1.c. Kireç

Toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson 1982).

3.2.1.d. Organik madde

Toprakların organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982).

3.2.1.e Katyon değişim kapasitesi

Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8.2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) ekstrakte edilen solusyonlarda Na miktarı ICP OES (Optima 2100 DV Perkin Elmer) spektrofotometresinde okunmak suretiyle tespit edilmiştir (Rhoades 1982a).

3.2.1.f. Değişebilir katyonlar

Toprakların değişebilir katyonları amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra ICP OES spektrofotometresinde okunmak suretiyle tespit edilmiştir (Thomas 1982).

3.2.1.g. Fosfor

Molibdofosforik mavi renk yöntemine göre oluşturulan mavi renkli çözeltinin ışık absorbsiyonu 660 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Olsen and Sommers 1982).

3.2.1.h. Elektriksel iletkenlik

Hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon süzüklerinde elektriki kondüktivite aleti ile dS m^{-1} olarak belirlenmiştir (Rhoades 1982b).

3.2.1.i. Agregat büyüklük dağılımı ve ortalama ağırlık çap (OAC)

Agregat büyüklük dağılımı ve ortalama ağırlık çapı belirlemek için >8 mm, 8-6 mm, 6-4 mm, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm ve <0,25 mm'den oluşan elek seti kullanılmıştır.

Yaklaşık 1 kg toprak örneği elek setinden geçirilmiş ve her bir elek boyutu içerisinde kalan toprak fraksiyonlarının miktarları ağırlık esasından belirlenerek toplam toprak miktarı içerisindeki yüzde dağılımları hesaplanmıştır. Her bir elek aralığındaki toprak fraksiyonlarından agregat stabilitesi analizi için örnek alınmıştır.

Aşağıda formül ile ortalama ağırlık çap elde edilmiştir.

$$OAÇ = \sum_{i=1}^n \overline{X_i} W_i$$

X_i = Her bir büyüklük fraksiyonunun ortalama çapı

W_i =Fraksiyon oran değeri

n = Fraksiyon sayısı

3.2.1.j. Agregat stabilitesi (AS)

Agregat büyüklük dağılımı belirlenen her bir agregat büyüklüğü fraksiyonunun agregat stabilitesi 12.7 mm darbe uzunluğu ve 42 devir dak^{-1} darbe frekansına sahip Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Kemper and Rosenau 1986).

Agregat stabilitesinin belirlenmesindeki ıslak eleme analizinde >8mm, 8-6 mm, 6-4 mm büyüklüğündeki agregat fraksiyonları için 0.25 mm elek açıklığında 5 cm çapındaki elekler kullanılırken, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm ve <0,25 mm'den oluşan agregat fraksiyonları için 0.25 mm elek açıklığında 2 cm çapındaki elekler kullanılmıştır.

$$AS = \frac{P_1 - P_2}{P - P_2} \times 100$$

AS: Agregat stabilitesi, %

P_1 : Stabil agregat + Kum miktarı, g

P₂: Kum miktarı, g

P: Fırın kuru toprak miktarı, g

3.2.2. Polivilalkol (PVA) uygulaması

Toprak örneklerine uygulanacak polivilalkol (PVA) miktarları bu konuda daha önce yapılmış etkin doz deneme sonuçlarına göre belirlenmiş olup; bu oran kuru ağırlık esasına göre %0,05 g/g belirlenmiştir (Painuli and Pagliali 1990; Öztaş vd 2002; Chiellini *et al.* 2003; Aksakal ve Öztaş 2010).

Deneme kapları içerisindeki toprakları tarla kapasitesi nem içeriğine getirebilecek su miktarları tespit edilmiştir. Topraklara uygulanacak su içerisine ilave edilen PVA su içerisinde çözünmesi için 70°C’de ısıtılmıştır. Su içerisinde çözünen ve uygulamaya hazır hale gelen çözelti, topraklara püskürtülerek ve toprak yapısını bozmamaya dikkat ederek homojen bir şekilde uygulanmıştır. Polivinilalkol uygulaması yapılan topraklar iki gruba ayrılmıştır; Uygulamaya ait deneme planı Çizelge 3.4’de verilmiştir.

1. Grup örnekler: Yapay yağmurlama düzeneği için hazırlanan ve 33x33x5 cm’lik çelik kaplara yerleştirilen toprak örnekleridir.

2. Grup örnekler: Polivinilalkol uygulamasının toprak özellikleri üzerine olan etkisinin araştırılması ve yapay yağmurlama sonucu oluşacak olan erozyon kayıplarının değerlendirilmesinde için hazırlanan 30x50x7 cm boyutlarındaki PVC kaplar içerisine yerleştirilen toprak örnekleridir. Her iki örnek grubu da simetrik olarak hazırlanmıştır.

Çizelge 3.4. Deneme planı

Toprak I			Toprak II			Toprak III		
Kontrol-1	Kontrol-2	Kontrol-3	Kontrol-1	Kontrol-2	Kontrol-3	Kontrol-1	Kontrol-2	Kontrol-3
PVA-1	PVA-2	PVA-3	PVA-1	PVA-2	PVA-3	PVA-1	PVA-2	PVA-3

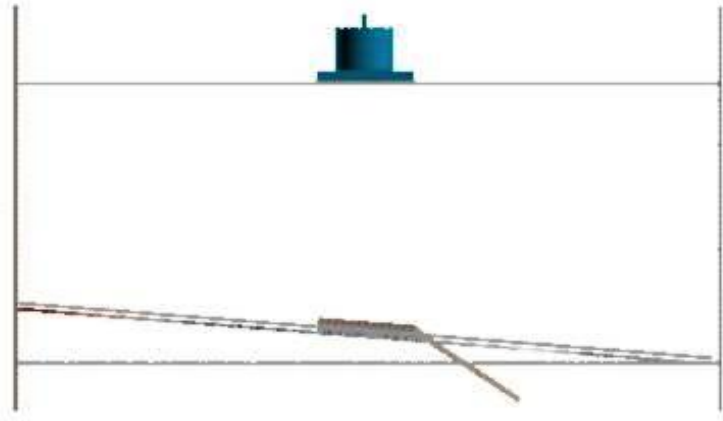
3.2.3. Yapay yağış uygulaması ve yüzey akış kayıplarının belirlenmesi

Yapay yağış için kullanılan rainfall simülatörün yağış yoğunluğu 40 mm h^{-1} yağış yoğunluğunda ve 80 cm yükseklikte ayarlanmış olup yapay yağışa maruz kalacak olan toprak tablası %9 eğim derecesinde ayarlanmıştır. Araştırmanın yapılabilmesi ve suya duyarlı kartların yerleştirilebilmesi için yağış düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 3.3). Yağış düzeneği $2,33 \times 2,33 \times 1,5$ m boyutlarında olup eğim derecesi ve yapay yağmurlayıcının yüksekliği ayarlanabilir bir şekilde dizayn edilmiştir. Yağış düzeneğinin orta kısmında yüzey akış ile kayıpların tespit edilebilmesi için bir kanal açılmıştır. Yüzey akış ile uzaklaşan su ve toprak bu kanal vasıtası ile süspanse halde toplanmıştır. Deneme sonunda süspanse haldeki sıvı mezür ile ölçülerek yüzey akış ile kaybolan su miktarı, süspanse haldeki sıvı etüvde buharlaştırılarak geriye kalan materyal ise tartılarak yüzey akışla uzaklaşan toprak miktarı olarak değerlendirilmiştir.

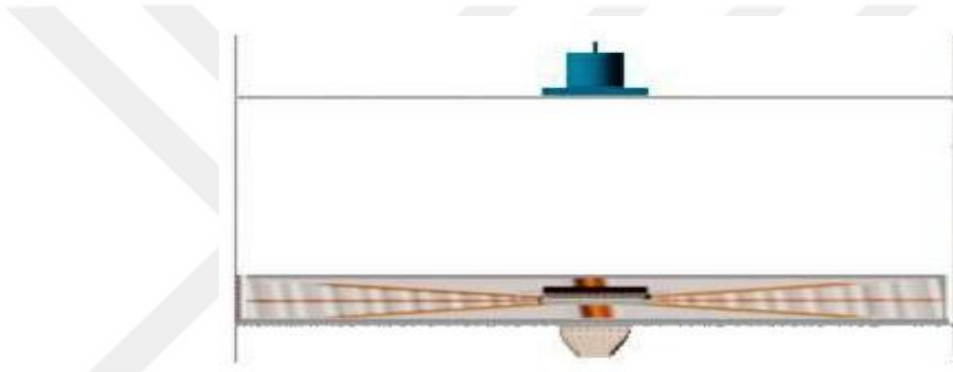
3.2.4. Suya duyarlı kartların düzenlenmesi ve sıçrama erozyonu parametrelerinin tespit edilmesi

3.2.4.a. Suya duyarlı kartların düzenlenmesi

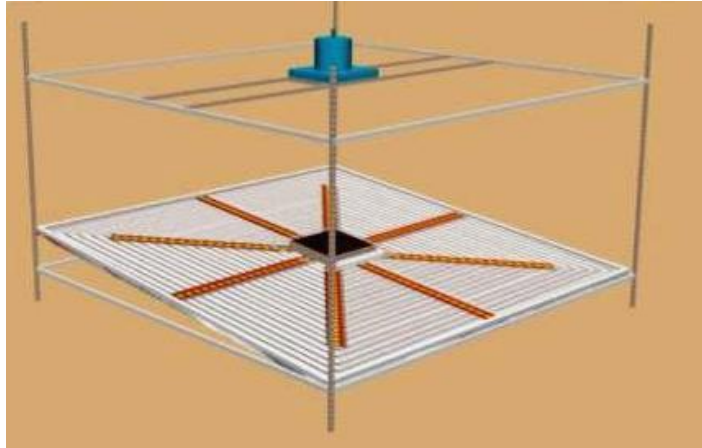
Suya duyarlı kartlar yağış düzeneğindeki toprak tablasının etrafına 8 yönde ve 10 farklı mesafede yerleştirilmiş olup Şekil 3.4 gösterilmiştir. Bu şekildeki kartların dağılımı sıçrama erozyonu parametrelerinin değerlendirilmesinde jeoistatistiksel analizde kullanılmış olup, istatistiksel olarak incelenmesinde 3 farklı yön (eğim aşağı, eğim yukarı ve yanal) incelenmiştir. Üç farklı yönde değerlendirilme yapılırken, hatlar birleştirilmiş olup 1. Hat, 2. Hat, 8. Hat eğim aşağı yönü (Yön1), 3. Hat, 7. Hat yanal yönü (Yön2) ve 4. Hat, 5. Hat, 6. Hat eğim yukarı yönü (Yön3) temsil edecek şekilde veriler düzenlenmiştir.



a) Yandan Görünüm

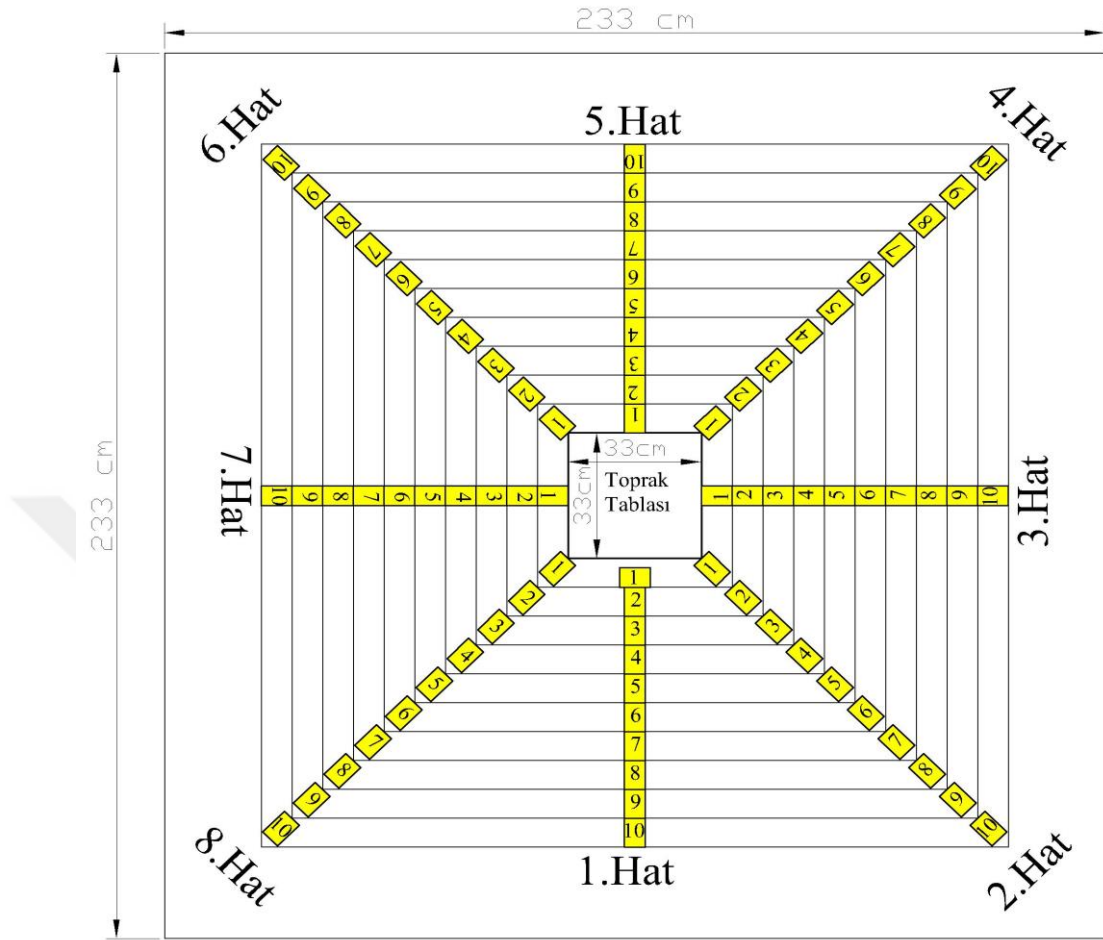


b) Önden Görünüm



c) Perspektif Görünüm

Şekil 3.3. Yağış düzeneği şematik çizimleri



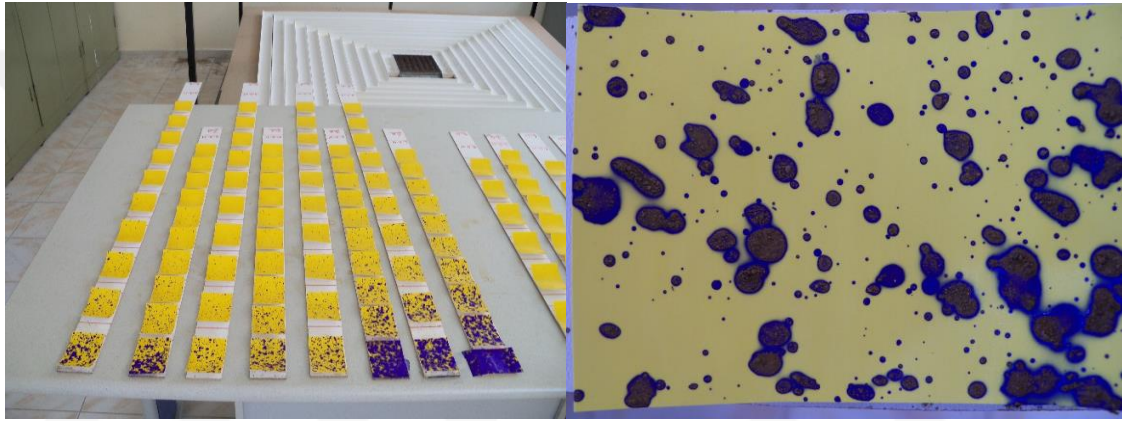
Şekil 3.4. Suyu duyarlı kartların yağış düzeneğindeki dizilimi

3.2.4.b. Suyu duyarlı kartlardan sıçrama erozyonuna ait parametrelerin tespiti

1. Sıçrama ile uzaklaşan toprak miktarının belirlenmesi

Toprak yüzeyine çarpması ile daha küçük parçalara ayrılan yağmur damlası toprak yüzeyinden uzaklaşırken bünyesinde toprak partiküllerini koloidal veya mikro agregatlar halinde götürmektedir. Bünyesinde toprak partikülü taşıyan damla, sıçrama enerjisi ve yoğunluğuna göre belli bir mesafe kat etmektedir (Ghadiri 2006). Taşınma noktalarına yerleştirilen suya duyarlı kartlar üzerine gelen partikül içerikli damla, kart yüzeyinde belli bir yayılma oranına (Çizelge 3.3) göre tutulurlar. Yüzeyi, sıçrama erozyonu sonucu oluşan damlacıklarla ve toprak partikülleri ile kaplı suya duyarlı

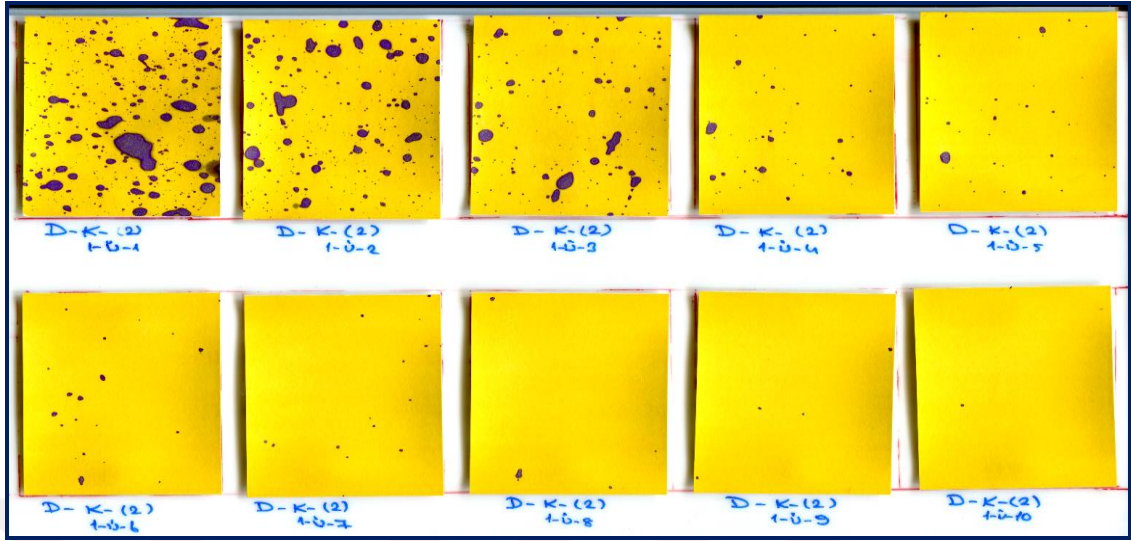
kartlar (Şekil 3.5) 1 gün kurumaya bırakılmış ve kart yüzeyinde sadece toprak partiküllerinin kalması sağlanmıştır. Suyu duyarlı kartlar yüzeyinde kalan toprak partikülleri 0,0001 mg hassasiyetli terazi ile toplam ağırlık ve dara olacak şekilde tartılarak sıçrayan toprak miktarları belirlenmiştir. Yüzeyindeki toprak partikülleri belirlenen kartlar kuru bir fırça yardımı ile temizlendikten sonra sıçrayan damlaların oluşturmuş olduğu yüzeysel dağılım ve sıçrayan damlaların damla çapı analizi için numaralandırılarak nem almayacak şekilde paketlenmişlerdir.



Şekil 3.5. Sıçrayan damlaların ve damlalarla taşınan toprak partiküllerinin suya duyarlı kartlar yüzeyindeki görünümü

2. Sıçramanın oluşturmuş olduğu yüzey kaplama ve sıçrayan damlaların ortalama çaplarının belirlenmesi

Yüzeyi kurutulmuş ve toprak partiküllerinden temizlenmiş suya duyarlı kartlar her deneme sonrasında yüzeyindeki renk dağılımında bozulma olmaması için Epson Perfection V370 photo tarayıcı ile *tiff* formatında taranarak image prosesing için kayıt altına alınmıştır.

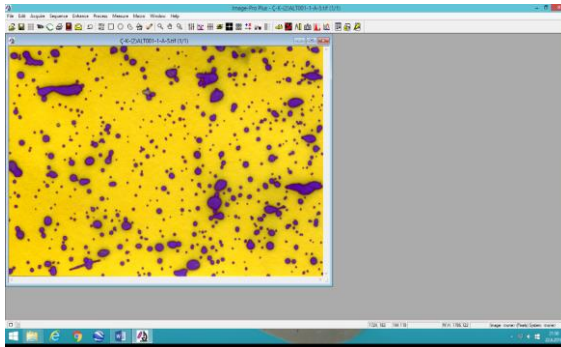


Şekil 3.6. SDK'ların taranması ve okuma için hazırlanması

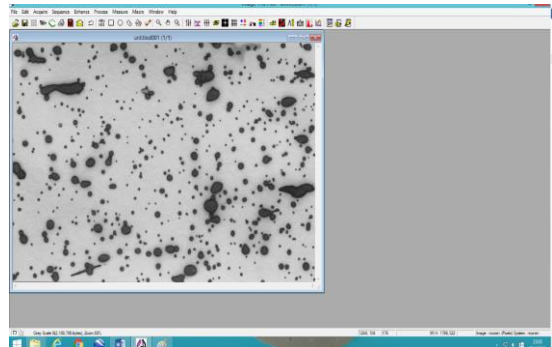
Tiff formatında dönüştürülen suya duyarlı kartlarda *Image Pro Plus 5.1* programı ile sıçrayan damlalara ait parametreler elde edilmiştir. Sıçrayan damlalara ait parametrelerin elde edilmesin de aşağıda sıralanan süreç takip edilmiştir.

- 1) Programda açılan resim Gray Scale 8 ile gri formata dönüştürülmüştür.

SDK kartının normal görüntüsü



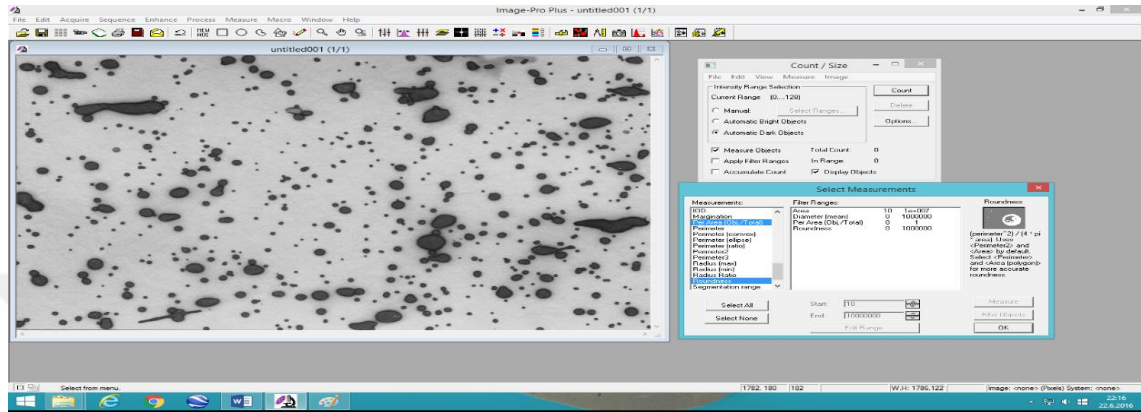
SDK kartının Gri 8 Görüntüsü



Şekil 3.7. Suya duyarlı kartların Gray Scale 8 ile gri formatına dönüştürülmesi

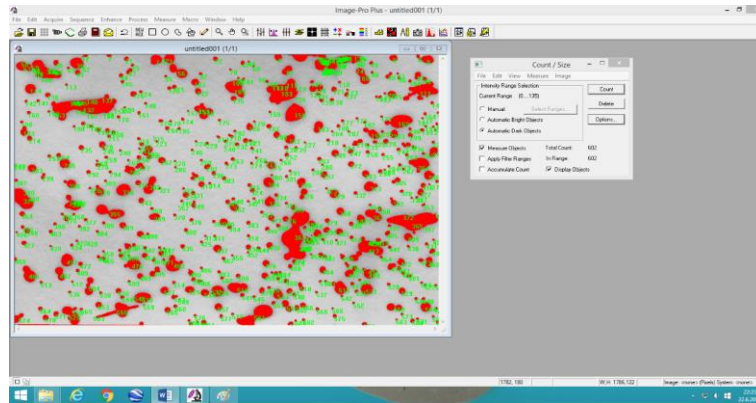
- 2) Okuma yapılması ve sıçrama parametrelerinin belirlenmesi için hazır hale getirilen kartlarda öncelikle istenilen okuma parametreleri belirlendi. Çalışmanın hedefin de olan

sıçrayan damlaların kaplama oranı, damla büyüklük dağılımı, damla yoğunluğu ve ortalama damla çapı için gerekli olan ölçü parametreleri Area, Diameter(mean), Per Are(Obj./Total) ve Roundness verileri seçilmiştir.



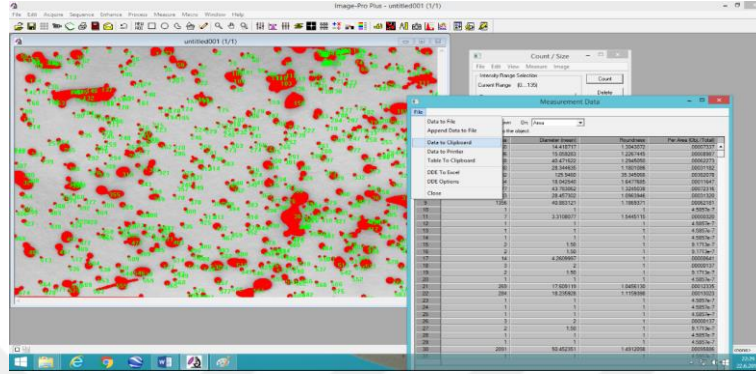
Şekil 3.8. Image Pro Plus 5.1 programında okuma parametrelerinin seçimi

3) SDK üzerinde iki damlanın üst üste gelmesi damlanın şeklinin bozukluğu gibi yuvarlak olmayan veya kart köşesinde yuvarlaklığını kaybetmiş olan kartların elemine edilmesi için okuma hassasiyeti ve kart köşe sınırları ayarlanmıştır. Bu tür ayarlar yapıldıktan sonra okuma yapılmış ve okuması yapılan damla lekeleri numaralandırılmıştır.



Şekil 3.9. Image Pro Plus 5.1 programında sıçrama ile oluşan lekelerin okuması ve numaralandırılması

4) Ölçüleri belirlenen ve numaralandırılan damla lekelerine ait veriler kopyalanarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.10. Image Pro Plus 5.1 programında sıçrama ile oluşan lekelerle ait verilerin alınması ve kaydedilmesi

5) Image processing sonunda kart üzerine sıçrayan damlaların oluşturmuş olduğu lekelerinin boyutları belirlenmiştir. Bu leke çapları sıçrayan damlanın gerçek çapını yansıtmayıp belli bir yayılma oranına göre değişen çap boyutlarıdır. Suyu duyarlı kartların üretici firmasının vermiş olduğu yayılma oranları (Çizelge 3.3) sonucunda elde edilen regresyon eşitliği ile leke çaplarından sıçrayan damlanın gerçek çapı hesaplanmıştır.

6) Sıçrayan damlalara ait gerçek çap değerleri hesaplandıktan sonra karakteristik damla çapı analizi yapılmıştır. Karakteristik damla çaplarını belirlemek için Excel programında makro bir program yazılmış ve 20 adet çap sınıfı aralığında analiz yapılmıştır. Damla çapı sınıf aralığı belirlenirken en küçük damla ile en büyük damla çapı aralığında 20 adet sınıf oluşturulmuştur. Karakteristik damla çapı analizi sonucunda her bir damlanın kart üzerindeki yüzey kaplama alanı belirlenmiş ve tüm damlaların yüzey kaplama alanları toplanarak suya duyarlı kart üzerinde sıçrama sonucu oluşan yüzey kaplama oranı belirlenmiştir.

Aynı makro program ile suya duyarlı kart üzerine sıçrama ile gelen damlaların ortalama çapları aşağıda eşitlik ile hesaplanmış olup D_{10} çapı olarak belirtilmiştir.

$$D_{10} = \sum_{i=0}^n d_i/n$$

D_{10} = Aritmetik ortalama çap, μm

i = Sınıf numarası

d_i = i . sınıftaki ortalama damla çapı

n = Toplam damla sayısı

3.2.5. Araştırmanın yürütölmesi ve yapay yağış süresinin belirlenmesi

Laboratuvar koşullarında yürütölün araştırma oda sıcaklığında ve ortalama %20 bağıl nemde yürütölümüştür.

Yapay yağış altında sıçrama ile kayıplar belirlenirken toprağın nem durumuna göre iki farklı ölçüm alınmıştır.

1. Ölçüm: Yapay yağış düzeneğine yerleştiren hava kurusu toprak ve suya duyarlı kartlar yağışın başlatılmasıyla birlikte 5 dakika yağışa maruz kalmıştır. Yağışın 5. dakikasında yağış kesilmiş ve kartlar toplandıktan sonra yağış devam ettirilmişdir. Bu süre içerisinde kuru durumdaki toprağın yağış altında sıçrama erozyonu sonucu oluşan kayıpları belirlenmiş ve bu 5 dk'lık süreç kuru durum olarak değeriendirilmiştir. Devam eden yağış gözlemlenmiş olup toprağın satire hale gelmesi ve yüzey akışın başlaması ile birlikte ikinci ölçüm alınmıştır.
2. Ölçüm: Yüzey akışın başlamasıyla yağış kesilerek ikinci seri kartlar yerleştirilmiştir. Kartlar yerleştirildikten sonra yağış başlatılmış ve 3.5 dakika boyunca yüzey akış ile olan kayıplar ve nemli durumda sıçrama ile oluşan kayıplar belirlenmiştir. Nemli durumdaki bu 3.5 dakikalık ölçüm nemli durum olarak değeriendirilmiştir.

Tüm topraklar için 1. ve 2. ölçümler aynı sürede yapılmış olup 1. ölçüm için başlangıç süresi, 2. ölçüm için ise yüzey akışın başlama süresi referans alınmıştır. Yapaya yağışa tabi tutulan tüm örneklerin toplam yağış ve yüzey akışa başlama süreli farklılık

göstermiş olup bu farklılık toprak tipi ve PVA uygulamasına göre değişiklik göstermiştir. Bu değişkenlik araştırma sonucunda değerlendirilmiştir.

3.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Yapay yağış sonucu meydana gelen sıçrama erozyonu parametreleri ile yüzey akış kayıplarının ve PVA uygulamasının toprak özellikleri ile araştırma konusu erozyon parametreleri üzerine etkinliğinin değerlendirilmesinde ANOVA ve Duncan'ın çoklu karşılaştırma test yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, toprak özellikleri ile sıçrama erozyonu ve yüzey akış kayıpları arasında ilişkileri değerlendirmek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır (SPSS 2000).

3.2.7. Jeostatistiksel değerlendirme

Sıçrama erozyonu ile uzaklaşan su ve toprak miktarının alansal dağılım desenlerinin belirlenmesinde jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır (GS⁺ 2007). Jeostatistiksel yöntemler iki aşamada uygulanmaktadır. İlk aşamada, incelemeye konu olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyonun yani doğal olarak bulunan yersel bağımlılığın derecesi belirlenmektedir. İkinci aşamada ise, ileri bir interpolasyon tekniği yardımıyla örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım paterni belirlenmeye çalışılmaktadır. Semivariogramlar yersel bağımlılık derecesinin belirlenmesi ve Kriging analizi ise interpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öztaş 1995).

Yersel değişkenliğin jeostatistiksel uygulamaları, incelenen konunun parametrelerinin mekansal varyasyonunu tanımlayabilir ve değişkenler arasındaki ilişkiyi izah edebilir ve genellikle yersel değişkenlik, örneklenmemiş alanların değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılır (Sadler *et al.* 2000; Huang *et al.* 2001).

Bu tekniğin geleneksel interpolasyon metotlarına göre avantajı daha önceden belirlenmiş standart bir ağırlık alma işlemi yerine yarıvaryans diyagramları ile

hesaplanan yapısal bağımlılığı tahminde kullanılmasıdır. Diğer önemli bir avantajı ise hem tahmini hem de bu tahminden kaynaklanan hatayı belirtmesidir. Bu tahmin etmeden kaynaklanan varyans kullanılarak tahmin edilen özellik için güven sınırları hesaplanabilmektedir (Upchurch and Edmons 1991; Burrough 1991; Mulla 1997; Mulla 1998).

3.2.7.a. Semivariogram analizi

Semivariogram modelleri ve kriging teknikleri, klasik istatistik yöntemler gibi tek bir istasyonun gözlem değerleri ile ilgilenmemekte (Bastin and Gevers 1985), bir alan ya da doğrultu üzerinde düzenli veya düzensiz şekilde dağılmış mevcut tüm gözlemler ve konumsal değişkenlik boyutu da çalışmaya dahil edilmektedir (Karlinger and Skrivan 1980).

Semivaryans örnekler arasındaki konumsal bağımlılık derecesinin bir ölçütüdür. Noktalar arasındaki semivaryansın büyüklüğü, noktalar arasındaki mesafeye bağlıdır. Semivariogramlar belli bir x mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın mesafeyle olan ilişkisini gösterir. Diğer bir ifade ile örnekleme çiftleri arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak yersel bağımlılığı tanımlar ve matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Isaaks and Srivastava 1989).

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

Burada, $\gamma(h)$ semivaryans; $N(h)$ h mesafesi ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı; $Z(x_i)$, incelenen özelliğin i. noktadaki ölçüm değeri ve $Z(x_i+h)$ incelenen özelliğin (i+h) noktadaki ölçüm değeridir.

Genel olarak ideal bir semivariogramda, örnekleme çiftleri arasındaki mesafe arttıkça (h, 2h, 3h ...) semivaryans değeri de artar ve belli bir noktadan sonra az ya da çok sabit bir

değere ulaşır. Semivariogram grafiğinin x eksenine paralel konuma geldiği bu noktadaki semivaryans değeri “tepe varyansı” (sill variance), semivariogramın tepe varyansını noktadaki x değeri ise “etki aralığı” olarak adlandırılmaktadır (Isaaks and Srivastava 1989).

Sadece örnek çiftleri arası mesafenin dikkate alındığı semivariogram hesaplamalarına isotropik semivariogramlar, mesafe ve yönün birlikte dikkate alındığı semivariogram hesaplamalarına ise anisotropik semivariogramlar kullanılmaktadır (Goovaerts 1999). Bu çalışmada; sıçrama erozyonu ile sıçrayan toprak miktarı ve sıçrayan damlacıkların suya duyarlı kartlar üzerinde oluşturmuş olduğu yüzey kaplama değerlerinde yönsel değişkenliğin olup olmadığını tanımlamak için 0°, 45°, 90° ve 135°'lik açılarla farklı yönler için semivariogramlar geliştirilmiştir. Tanımlanmış olan yönsel semivariogramların model parametreleri arasında farklılık olmadığı belirlendiği için isotropik semivariogram modelleri kullanılmıştır.

En çok kullanılan semivariogram modelleri; küresel, üssel, Guassian ve linear modelleridir (Trangmar *et al.* 1985; Goovaerts 1999). Bu modellerde Co, Co+C ve Ao parametreleri nugget varyans, tepe (sill) ve etki aralığı (range) olarak tanımlanır. Nugget değerinin küçük olması, varyansı yansıtmak için uygun olan örnekleme mesafesini daha iyi bildirmektedir. Ayrıca, lag mesafesindeki artışa bağlı olarak semivaryansta önemli derecede değişkenliğin olmadığı nokta, sill diye adlandırılır ve tesadüf varyasyonunun önemini yansıtır (Nielsen 1998).

Nugget Varyans (Co): Mesafenin sıfır olduğu noktadaki değişkenliktir. Örnekleme esnasında, ölçümde ve varyansta açıklanamayan kaynaklardan gelen hatalar nedeniyle oluşan varyansın ölçüsüdür.

Sill (Co+C): Sill, grafiğin aldığı maksimum değerdir. C ise yapısal varyansı ifade etmekte olup, örnek varyansına eşittir.

Range (A_0): Grafiğin maksimum değer aldığı, sill değerine karşılık gelen mesafedir. Variogramın yatay uzaklığı ya da uzaysal bağımlılığın bariz olarak görüldüğü mesafe olarak tanımlanır. Bu uzunluktan sonra veriler artık birbirleri ile korelasyonsuz olup, variogram ya da kovaryans değerleri bu uzunluktan sonra sabit kalmaktadır.

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h / A_0)] \quad \text{Exponential model}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h^2 / A_0^2)] \quad \text{Gaussian model}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1.5 \frac{h}{A_0} - 0.5 \left(\frac{h}{A_0} \right)^3 \right] \quad h \leq A_0 \quad \text{Spherical model}$$

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

$$\gamma(h) = C_0 + [h(C/A_0)] \quad \text{Linear model}$$

Burada; h lag mesafesi, C_0 nugget varyans, C yapısal varyans ve A_0 range değeridir

Çalışmada en uygun modellerin seçiminde minimum artık kareler toplamı (RSS) ve maksimum r^2 dikkate alınmıştır. Bu kriterlere göre çalışma için en uygun modeller küresel ve Gaussion modelleri olarak belirlenmiştir.

Yersel bağımlılık derecesini tanımlamak için nugget varyansın sill varyansa oranı ($C_0/(C_0+C)$) kullanılmıştır. Eğer bu oran %25'den düşükse çok güçlü yersel bağımlılığın olduğu, %25-%75 arasında ise orta düzeyde yersel bağımlılığın olduğu ve %75'den büyükse zayıf yersel bağımlılığın olduğu kabul edilmektedir (Cambardella *et al.* 1994).

3.2.7.b. Kriging yöntemi

Kriging örneklenmeyen noktalarda değerlerin enterpolasyon ile tahmini için jeostatistiksel yaklaşımı tanımlayan genel bir terimdir. Örneklenmeyen noktalardaki değerlerin tahmininde aynı alan için modellenmiş semivariogram fonksiyonunun bilinmesi gereklidir. Kriging bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılan

doğrusal tahmin metodudur. Matematiksel ifadesi ise aşağıdaki eşitlikteki gibidir (Isaaks and Srivastava 1989).

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

Eşitlikte $Z^*(x_0)$; x_0 noktasında değeri bilinmeyen ve enterpolasyon ile bulunacak değer, $Z(x_i)$; x_0 noktasındaki değer tahmininde kullanılacak komşu değerler ve λ_i ; bu verilere atanacak ağırlıkları ifade etmektedir. Kriging tahmininde kullanılacak olan noktalarındaki (x_i) ($i=1, \dots, n$) değişkenin değerleri bellidir ve istenilen sayıda değer tahmininde kullanılır. Tahminde kullanılan değerlere atanacak olan ağırlıklar modellenmiş olan semivariogram değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Ağırlık değerlerinin toplamı 1'e eşittir (Isaaks and Srivastava 1989).

Kriging yöntemi bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak diğer noktalardaki verilerin optimum değerini kestiren bir enterpolasyon metodudur. Kriging daha önceden tanımlanmış bir kovaryans modelinden hesap varyansını minimize eden lineer regresyon setidir. Kriging enterpolasyon yönteminde bir bölgede enterpole edilecek olan parametrelerin bölgesel bir değişken olduğu kabul edilir. Birbirine yakın noktalardaki veri değerlerinin daha korelasyonlu olması için bölgesel değişkenlik konumsal olarak sürekli bir çeşitlilik gösterir. Kriging yöntemi diğer tahmin yöntemlerine göre daha yansız sonuçların yanı sıra minimum varyanslı ve tahmine ait standart sapmanın hesaplanmasına olanak vermektedir (Deutsch and Journel 1992; Abtew *et al.* 1993; Goovaerts 1999). Kriging tekniğinde örnekleme yapılmamış bir noktada araştırılan özellik için enterpolasyon yapmada bu noktanın yakın çevresinde ölçüm yapılmış en az 6-8 ve en çok 16-24 arasında değişik nokta kullanılabilir (Wollenhaupt *et al.* 1997).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Araştırmada kullanılan topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Araştırma toprakları arasında en yüksek kil içeriğine %51,43 ile Pellustert büyük toprak grubu, en düşük kil içeriğine %16,67 ile Ustorthent büyük toprak grubu sahiptir. Buna karşılık en yüksek kum içeriği %52,52 Ustorthent büyük toprak grubunda, en az kum içeriği ise %24,15 ile Pellustert büyük toprak grubunda belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan toprakların tekstür sınıfları kil, tın ve kumlu tın olarak belirlenmiştir. Kil tekstür sınıfındaki toprak “Toprak1”, tın tekstür sınıfındaki toprak “Toprak2” ve kumlu tın tekstür sınıfındaki toprak “Toprak3” adı altında sırasıyla değerlendirme yapılmıştır.

Toprakların kireç içerikleri kil, tın ve kumlu tın sırasıyla, %1,33, %1,77 ve %1,27; pH değerleri ise 7,11, 7,73 ve 6,91 olarak belirlenmiş olup, reaksiyon bakımından nötr ile hafif alkali karakterde olduğu tespit edilmiştir. Organik madde içerikleri %1,60, 2,07 ve 2,59 olarak belirlenmiş olup, az ve orta sınıfına girmektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) ve değişebilir Na^+ içeriklerine göre tuzluluk ve alkalilik probleminin olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Araştırma konusu topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
Kil, %	51,43	21,13	16,67
Silt, %	24,42	43,51	30,82
Kum, %	24,15	35,36	52,52
Tekstür Sınıfı	Kil	Tın	Kumlu Tın
Büyük Toprak Grubu	Pellustert	Fluvaquent	Ustorthent
pH	7,11	7,73	6,91
EC, dS m^{-1}	0,50	0,45	0,31
Tane Yoğunluğu, g cm^{-3}	2,67	2,63	2,66
Hacim Ağırlığı, g cm^{-3}	1,07	1,21	1,32
CaCO_3 , %	1,33	1,77	1,27

Çizelge 4.1. (devam)

Organik Madde, %	1,60	2,07	2,59
P ₂ O ₅ , kg da ⁻¹	15,19	8,67	7,52
KDK, cmol kg ⁻¹	58,38	29,32	21,78
Ca, cmol kg ⁻¹	8,18	7,70	4,00
K, cmol kg ⁻¹	1,60	1,77	1,60
Na, cmol kg ⁻¹	0,13	0,31	0,15

4.2. Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Agregat Büyüklük Dağılımı ve Agregat Stabilitesi Üzerine Etkileri

Toprağın erozyona duyarlılığını etkileyen en önemli parametrelerden olan agregat büyüklük dağılımı, ortalama ağırlık çap (OAÇ) ve agregat stabilitesi (AS) üzerine PVA'nın etkileri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de görülmektedir.

Toprak1 kontrol düzeyinde toplam toprak kütlesi içerisinde oransal olarak en fazla >8 mm agregat fraksiyonu, Toprak2 ve Toprak3 kontrol düzeyinde ise 2-4 mm agregat fraksiyonun en fazla olduğu belirlenmiştir. Söz konusu topraklarda oransal olarak en az miktarda ise 0,25 mm'den küçük agregat fraksiyonun olduğu belirlenmiştir. Araştırma topraklarının kontrol düzeylerinde OAÇ değerleri sırasıyla 2,82 mm, 2,67 mm ve 2,78 mm olarak hesaplanmıştır. PVA uygulaması her üç toprakta özellikle <0,25 mm, 0,25-0,5 mm ve 0,5-1 mm agregat fraksiyonlarının oransal miktarlarını önemli düzeyde artırırken; 8 mm'den büyük agregat fraksiyonlarının miktarını ise önemli düzeyde azaltmıştır. Bu değişimlerden dolayı PVA uygulaması her üç toprakta OAÇ değerlerinde önemli düzeyde düşüslere neden olmuş ve PVA uygulaması sonrasında OAÇ değerleri 1,55 mm, 2,11 mm ve 2,08 mm olarak hesaplanmıştır.

Araştırma topraklarının farklı agregat fraksiyonlarında belirlenen AS değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Toprak1 kontrol düzeyinde en yüksek AS değeri 0,25 mm'den küçük agregat fraksiyonunda %40,01 olarak belirlenirken, en düşük AS değeri 6-8 mm agregat fraksiyonunda %5,92 olarak belirlenmiştir. Toprak2'de en yüksek AS değeri (%32,85) 4-6 mm, en düşük AS değeri

(%16,16) 0,25-0,5 mm agregat fraksiyonunda; Toprak3’de en yüksek (%28,55) ve en düşük (%13,44) AS değerleri ise <0,25 mm ve >8 mm agregat fraksiyonlarında tespit edilmiştir.

PVA uygulamasının araştırma konusu üç toprağın tüm agregat fraksiyonlarında ve ortalama AS değerlerinde önemli düzeyde ($p<0,05$) artışlar meydana getirdiği belirlenmiştir. PVA uygulaması sonrasında; Toprak1’de en yüksek AS değeri (%73,40) 0,25 mm’den küçük agregatlarda, en düşük AS değeri (%39,98) 1-2 mm agregat fraksiyonlarında, Toprak2’de en yüksek (%93,86) ve en düşük (%45,51) AS değerleri 8 mm’den büyük ve 0,25 mm’den küçük agregat fraksiyonlarında, Toprak3’de en yüksek (%87,41) ve en düşük (%50,30) AS değerleri 6-8 mm ve 0,25 mm’den küçük agregat fraksiyonlarında belirlenmiştir. Toprak1, 2 ve 3’ün kontrol düzeylerinde ortalama AS değerleri sırasıyla %12,00, %23,71 ve %21,61 iken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu toprakların ortalama AS değerleri %51,91, %69,19 ve %76,89 olarak belirlenmiştir. PVA uygulamasının Toprak1, 2 ve 3’ün ortalama AS değerlerinde sırasıyla %333, %193 ve %256 oranında artışlar meydana getirdiği hesaplanmıştır. Ayrıca toprakların AS değerleri arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) farklılıklar olduğu, ortalama olarak en yüksek AS değeri (%49,25) Toprak3’de belirlenirken, en düşük ortalama AS değeri (%31,96) Toprak1’de belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Araştırma topraklarının agregat büyüklük dağılımı (ABD) ve ortalama ağırlık çap (OAÇ) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Toprak	Muamele	Agregat Büyüklük Dağılımı, (%)								OAÇ, mm
		<0,25 mm	0,25-0,5 mm	0,5-1 mm	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	>8mm	
Toprak1	Kontrol	4,10±0,20g	8,87±0,49f	13,80±0,26d	15,60±0,70c	18,23±0,15b	12,17±0,85e	6,57±0,97g	20,60±1,57a	2,82±0,02A
	PVA	14,17±0,64d	23,20±0,52a	21,10±0,35b	15,73±0,25c	13,67±1,06d	6,97±0,49e	3,03±0,38f	2,13±0,68f	1,55±0,05B
Toprak2	Kontrol	6,23±1,06f	9,67±0,15e	13,57±0,32c	16,97±0,35b	21,13±0,64a	14,00±0,79c	6,67±0,25f	11,77±1,70d	2,67±0,06A
	PVA	10,97±0,71f	13,73±0,32d	16,17±0,25c	18,77±0,12b	22,17±0,11a	12,90±0,36e	4,03±0,59g	1,33±0,15h	2,11±0,04B
Toprak3	Kontrol	8,53±2,32e	8,97±1,72de	12,23±0,38cd	15,80±0,62b	19,13±0,32a	13,87±0,45bc	9,40±2,60de	12,03±2,94cd	2,78±0,19A
	PVA	12,90±4,50c	14,67±0,72bc	15,80±0,26bc	17,83±0,49ab	20,50±0,95a	13,30±1,32c	5,00±1,31d	0±0,0e	2,08±0,19B

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

42

Çizelge 4.3. Araştırma topraklarının agregat stabilitesi (AS) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Toprak	Muamele	Agregat Stabilitesi, (%)								Ort. AS, %	Toprak Ort.
		<0,25 mm	0,25-0,5 mm	0,5-1 mm	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	>8mm		
Toprak1	Kontrol	40,01±7,51a	6,41±2,59b	12,20±6,27b	9,00±0,34b	6,85±1,44b	8,22±2,91b	5,92±1,20b	7,39±1,15b	12,00±11,43B	31,96±21,93C
	PVA	73,40±0,78a	53,20±2,77b	47,45±5,88bc	39,98±3,73c	41,07±4,75c	45,18±2,16bc	47,68±8,97bc	67,34±6,55a	51,91±12,42A	
Toprak2	Kontrol	21,61±5,36bc	16,16±3,90c	26,23±3,28ab	20,23±3,25bc	23,12±0,39bc	32,85±5,96a	25,59±2,38b	23,92±3,97b	23,71±5,70B	46,45±24,91B
	PVA	45,51±1,74f	63,93±3,20de	72,70±1,98c	65,99±2,08de	61,91±2,46e	68,40±4,89cd	81,20±1,79b	93,86±0,65a	69,19±045A	
Toprak3	Kontrol	28,55±3,97a	26,69±7,52a	24,99±2,89a	21,89±0,81abc	23,78±1,69ab	16,28±1,31cd	17,31±3,21bcd	13,44±2,86d	21,61±5,97B	49,25±25,05A
	PVA	50,30±3,83c	81,89±2,03a	87,00±1,89a	82,37±1,96a	80,78±8,47a	68,46±5,76b	87,41±0,33a	0±0,0d	76,89±28,71A	

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

4.3. Sıçrama Erozyonu Parametrelerinin Değerlendirilmesi

4.3.1. Yapay yağışla sıçrayan damlaların suya duyarlı kartlar (SDK) yüzeyindeki ortalama çapları (D10)

Yapay yağış ile toprak yüzeyine çarpan yağmur damlası parçalanarak orijinal damladan daha küçük damlalar halinde toprak yüzeyinden havalandırılmakta ve sahip olduğu enerjiyle belirli bir mesafeye sıçramaktadır. Söz konusu bu damlalar sıçrama erozyonunda toprak taşınımını sağlayan temel faktördür (Legout *et al.* 2005). Bu nedenle, bu parçalanmış damlaların boyutlarının belirlenmesi ve değerlendirmesi önemlidir. Araştırmada, yapay yağış koşullarında sıçrayan damlaların her bir SDK üzerinde meydana getirdiği leke çaplarından faydalanılarak, toprak yüzeyinden sıçrayan tüm gerçek damlaların orijinal boyutları belirlenmiş ve her bir SDK üzerine gelen tüm damla boyutlarının ortalama çapları D10 parametresi olarak değerlendirilmiştir.

Sıçrayan damlaların D10 değerleri her bir toprak için kontrol ve PVA uygulamasının kuru ve nemli koşullarında, 3 farklı yönde (eğim aşağı, yanal ve eğim yukarı) ve farklı mesafelerde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4).

Araştırma topraklarının genel D10 değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değerin (279 μm) Toprak3'de, daha sonra Toprak1 (227 μm) ve Toprak2'de (220 μm) olduğu belirlenmiştir. Toprak1 ve Toprak2 arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı, Toprak3'ün ise diğer topraklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) farklı olduğu belirlenmiştir.

Toprak1'in kontrol düzeyindeki D10 değerinin (239 μm) PVA uygulaması sonrasında belirlenen D10 değerinden (214 μm) önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu belirlenirken, farklı nem düzeylerinde hesaplanan D10 değerlerinin ise birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir.

Toprak1'in kontrol düzeyindeki kuru durumunda en yüksek D10 değeri 272 μm ile Yön1'de (eğim aşağı) belirlenmiştir. Yön2'de (yanal) ki D10 değeri 235 μm , Yön3'deki

(eğim yukarı) D10 değeri ise 175 μm olarak belirlenmiş olup, yönler arasında önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılık görülmektedir. Ayrıca, söz konusu durumda her üç yönde de mesafeler arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğu ve en yüksek D10 değerlerinin 5. mesafede (353 μm) meydana geldiği tespit edilmiştir. Toprak1'in kontrol düzeyindeki kuru durumunun mesafeye göre genel ortalamasında D10 değerinin 5. mesafeye kadar arttığı, söz konusu mesafeden sonra ise azalışların meydana geldiği belirlenmiştir.

Toprak1'in kontrol düzeyindeki nemli durumunda yönler arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı belirlenirken, mesafeye bağlı olarak D10 değerleri arasında önemli düzeyde istatistiksel farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun her üç yönünde de en yüksek D10 değeri 1. mesafede oluşurken mesafenin artmasıyla genel olarak D10 değerinin azaldığı belirlenmiştir.

Toprak1'in PVA uygulamasının kuru durumunda D10 değerlerinde yönler arasında farklılıkların olmadığı belirlenirken her yönde mesafeye bağlı olarak D10 değeri arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Yön1, Yön2 ve Yön3'de en yüksek D10 değerleri sırasıyla 4. (355 μm), 6. (383 μm) ve 7. (420 μm) mesafelerde belirlenmiş olup söz konusu mesafelerden sonra D10 değerlerinde önemli düzeyde düşüşler belirlenmiştir.

Toprak1'in PVA uygulamasının nemli durumunda D10 değerleri Yön1'de 256 μm , Yön2'de 233 μm ve Yön3'de 180 μm olarak hesaplanmıştır. Yön1 ile Yön2 arasında farklılığın olmadığı fakat Yön3'ün diğer yönlerden önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. Yön1, Yön2 ve Yön3'de mesafeler arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğu, Yön1 ve Yön2'de en yüksek D10 değerleri 7. mesafede (344 μm ve 310 μm) belirlenirken, Yön3'deki en yüksek D10 değeri 4. mesafede (324 μm) belirlenmiştir. Her bir yön içinde genel olarak en yüksek D10 değerlerinin elde edildiği kart mesafelerine kadar D10 değerlerinin arttığı ve bu mesafeden sonra ise azaldığı saptanmıştır.

Toprak1’de kontrol ve PVA uygulamasının ortalama D10 değerleri SDK mesafesine göre değişimleri değerlendirildiğinde sadece 7. mesafe dışında tüm mesafelerde kontrol düzeylerinde belirlenen D10 değerleri PVA uygulamasında belirlenen D10 değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SDK mesafesine bağlı olarak genel ortalama en yüksek D10 değeri (309 μm) 5. mesafede belirlenmiş olup, söz konusu mesafeye kadar D10 değerlerinde çok hafif artışlar belirlenmiş olup aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Söz konusu mesafeden sonra ise D10 değerlerinde önemli düzeyde düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiş olup, D10 değeri ile SDK mesafesi arasındaki önemli düzeyde negatif korelasyon (-0.579**) tespit edilmiştir (Ek 2). Genel ortalama Yn1, Yn2 ve Yn3 için D10 değerleri sırasıyla 248 μm , 232 μm ve 200 μm olarak belirlenmiş olup, Yn1 ile Yn2’nin birbirinden farksız olduğu, Yn3’n ise diğer yönlerden önemli düzeyde düşüş olduğu belirlenmiştir.

Toprak2’nin kontrol düzeyindeki D10 değerinin (257 μm) PVA uygulaması sonrasında belirlenen D10 değerinden (183 μm) nemli düzeyde ($p<0.05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. Kontrol ve PVA uygulamasının farklı nem düzeylerinde hesaplanan ortalama D10 değerlerinden nemli koşuldaki D10 değerlerinin kuru durumdaki değerlerden önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Toprak2’in kontrol düzeyindeki kuru durumunda en yüksek D10 değeri 313 μm ile Yn1’de belirlenmiştir. Yn2’deki D10 değeri 226 μm , Yn3’deki D10 değeri ise 169 μm olarak belirlenmiş olup yönler arasında önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılıklar görülmektedir. Ayrıca, söz konusu durumda Yn1’de mesafeler arasında farklılıklar olmadığı belirlenirken, Yn2 ve Yn3’n mesafeleri arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Toprak2’nin kontrol düzeyindeki kuru durumunun mesafeye göre genel ortalamasında en yüksek D10 değeri (290 μm) 4. mesafede belirlenmiş olup bu mesafeden sonra mesafenin artmasıyla D10 değerlerinde düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir.

Toprak2'nin kontrol düzeyindeki nemli durumunda en yüksek D10 değeri Yön1'de (308 μm) belirlenmiş olup, söz konusu değerin diğer yönlerin ortalama D10 değerlerinden önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Yönlerde mesafeye bağlı olarak D10 değerleri arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiş olup, Yön1 (397 μm) ve Yön2'de (381 μm) en yüksek D10 değeri 1.SDK mesafesinde, Yön3'de (345 μm) ise 4.SDK mesafesinde belirlenmiştir. Söz konusu SDK mesafelerinden sonra SDK mesafesinin artmasıyla genel olarak D10 değerinin azaldığı belirlenmiştir.

Toprak2'in PVA uygulamasının kuru durumunda ortalama olarak en yüksek D10 değeri Yön1'de (164 μm) belirlenmiş olup, bu yönde belirlenen D10 değerinin diğer yönlerdeki D10 değerlerinde önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Yön2'de belirlenen D10 değeri (105 μm) Yön3'de belirlenen D10 değerinden (91 μm) yüksek olmasına rağmen söz konusu yönler arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Genel olarak, tüm yönlerde SDK mesafesinin artmasıyla D10 değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Özellikle Yön2 ve Yön3'de 5. SDK mesafesinden sonra sıçramanın ulaşmadığı bu nedenle söz konusu mesafeden sonra D10 değeri hesap edilememiştir.

Toprak2'nin PVA uygulamasının nemli durumunda yönlerin ortalama D10 değerleri dikkate alındığında en yüksek D10 değeri Yön2'de (272 μm), daha sonra Yön1 (246 μm) ve Yön3 (224 μm) belirlenmiş olup yönler arasında istatistiksel olarak farklılık belirlenmemiştir. Yönlere göre D10 değerlerinin SDK mesafesine göre dağılımları incelendiğinde Yön1 ve Yön2'de en yüksek değerler 1.SDK mesafesinde belirlenirken Yön3 mesafesinde en yüksek değer 2.SDK mesafesinde belirlenmiş olup mesafelerin artmasıyla genel olarak D10 değerinin düştüğü belirlenmiş olup istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir. PVA uygulamasında ortalama D10 değerlerinin SDK mesafelerine bağlı olarak en yüksek değer 1. mesafede belirlenmiş olup SDK mesafesinin artmasıyla D10 değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği özellikle 5.SDK mesafesinden sonra SDK değerlerinin önemli düzeyde düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Toprak2’de genel ortalama D10 değerlerinin SDK mesafesine göre değişimleri değerlendirildiğinde; en yüksek değer 1.SDK mesafesinde (295 μm), en düşük değer (68 μm) en uzak SDK mesafesinde tespit edilmiştir. İlk 5 SDK mesafesi arasında farklılık olmadığı belirlenirken, söz konusu mesafeden sonra D10 değerlerinde önemli düzeyde düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir. D10 değerlerinin değişimi üzerine SDK mesafesinin önemli bir faktör olduğu, bu iki değişken arasında yapılmış olan korelasyonda da (-0,468**) görülmektedir (Ek 3). Genel ortalama Yön1, Yön2 ve Yön3 için D10 değerleri sırasıyla 258 μm , 217 μm ve 185 μm olarak belirlenmiş olup, en yüksek D10 değeri eğim aşağı yönde en düşük değer ise eğim yukarı yönde tespit edilmiş olup, yönler arasında önemli düzeyde istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Toprak3’ün kontrol düzeyinde ortalama D10 değeri 313 μm , PVA uygulaması sonrasında ortalama D10 değeri ise 245 μm olarak hesaplanmış olup muamele ortalamaları arasında önemli düzeyde istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kontrol düzeyinin farklı nem koşullarında belirlenen ortalama D10 değerleri arasında da önemli farklılıklar belirlenmiş olup, nemli durumdaki ortalama D10 değerinin (243 μm) kuru durumdaki değerden (282 μm) önemli düzeyde yüksek olduğu görülmektedir.

Toprak3’ün kontrol düzeyinin kuru durumunda ortalama D10 değerleri yönler göre incelendiğinde Yön1, Yön2 ve Yön3’de sırasıyla 314 μm , 302 μm ve 229 μm olarak hesaplanmıştır. Yön1 ve Yön2’nin birbirinden farksız olduğu Yön3’ün ise diğer yönlerden önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. Yön1’de SDK mesafelerine göre D10 değerlerinin dağılımı incelendiğinde, en yüksek D10 değeri (425 μm) 5.SDK mesafesinde, en düşük değer (226 μm) 6.SDK mesafesinde belirlenmesine rağmen mesafeler arasında istatistiksel farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Yön2’de en yüksek D10 değeri 9.SDK mesafesinde (375 μm), Yön3’de ise 4.SDK mesafesinde (418 μm) belirlenmiş olup söz konusu mesafelere kadar olan değerler arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir. Kontrol düzeyinin kuru durumunda SDK mesafesine göre ortalama en yüksek D10 değeri 4. mesafede 387 μm olarak hesaplanmış olup bu mesafeye kadar artışların meydana geldiği belirlenirken, söz konusu mesafeden sonra ise D10 değerlerinde önemli düzeyde düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir.

Toprak3'ün kontrol düzeyinin nemli durumunda ortalama D10 değerleri yönler göre incelendiğinde Yön1, Yön2 ve Yön3'de sırasıyla 378 μm , 346 μm ve 306 μm olarak hesaplanmıştır. Yön1 ortalamasının önemli düzeyde yüksek Yön3 ortalamasının ise önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. D10 değerleri farklı yönlerde SDK mesafelerine göre değerlendirildiğinde Yön1'de en yüksek değer 8.SDK mesafesinde (430 μm), Yön2'de 1.SDK mesafesinde (435 μm), Yön3'de 6.SDK mesafesinde (490 μm) belirlenmiş olup her yönde mesafeler arasında önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir. Kontrol grubunun nemli düzeyinde ortalama en yüksek D10 değeri 1.SDK mesafesinde (407 μm) belirlenmiş olup, D10 değerlerinin mesafeye bağlı olarak önemli düzeyde değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Toprak3'ün kontrol grubunda en yüksek ortalama D10 değeri 372 μm ile 4.SDK mesafesinde, en düşük ortalama değer ise 141 μm ile 10.SDK mesafesinde belirlenmiş olup mesafeler arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Toprak3'ün PVA uygulamasının kuru durumunda ortalama D10 değeri 166 μm , nemli durumunda ortalama D10 değeri ise 325 μm olarak belirlenmiş olup, toprağın nemlilik düzeyinin D10 değeri üzerine önemli düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir. PVA uygulamasının kuru durumunda yönler göre ortalama D10 değerleri Yön1, Yön2 ve Yön3 için sırasıyla 188 μm , 176 μm ve 134 μm olarak belirlenmiş olup, yön ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Yön1 ve Yön2'de en yüksek D10 değerleri 6. SDK mesafesinde (266 μm ve 268 μm) belirlenirken, Yön3'de 4.SDK mesafesinde (280 μm) belirlenmiştir. PVA uygulamasının kuru durumunda SDK mesafelerine göre ortalama en yüksek D10 değeri 4. mesafede (255 μm) belirlenmiş olup, genel olarak mesafeyle D10 değerlerinde düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir.

PVA uygulamasının nemli durumunda yönler göre ortalama D10 değerleri Yön1, Yön2 ve Yön3 için sırasıyla 332 μm , 329 μm ve 314 μm olarak belirlenmiş olup, yön ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Yön1, Yön2 ve Yön3'de en yüksek D10 değerleri sırasıyla 423 μm , 389 μm ve 425 μm olarak belirlenmiştir. Yön1 ve Yön2'de en yüksek değerler 1.SDK mesafesinde belirlenirken

Yön3’de en yüksek değer 7.SDK mesafesinde belirlenmiştir. Yön1 ve Yön2’de SDK mesafesinin değişimi ile D10 değerlerinde değişkenlikler belirlenmiş olmasında rağmen istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığı görülmüştür. Yön3’de ise en yüksek D10 değerinin belirlendiği 7.SDK mesafesine kadar değerlerin artış gösterdiği bu noktadan sonra ise değerlerde düşüşlerin olduğu tespit edilmesine rağmen değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farksız olduğu görülmektedir. PVA uygulamasının nemli koşullarında ortalama en yüksek D10 değeri 7.SDK mesafesinde en düşük değer 10.SDK mesafesinde belirlenmiştir.

Toprak3’de SDK mesafesine bağlı olarak genel ortalama en yüksek D10 değeri (332 μm) 4. mesafede belirlenmiş olup, söz konusu mesafeye kadar D10 değerlerinde çok hafif artışlar, daha sonraki mesafelerde düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiş olup istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir. Toprak3’de D10 değerleri ile SDK mesafesi arasındaki önemli düzeyde negatif korelasyon (-0,468**) tespit edilmiştir (Ek 4). Genel ortalama Yön1, Yön2 ve Yön3 için D10 değerleri sırasıyla 303 μm , 288 μm ve 246 μm olarak belirlenmiş olup, Yön1 ile Yön2’nin birbirinden farksız olduğu, Yön3’ün ise diğer yönlerden önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen verilere göre; D10 değerleri üzerine toprak tekstürünün, PVA uygulamasının, toprak nem düzeyinin, sıçramanın meydana geldiği yön ve mesafenin etkili birer faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak PVA uygulaması tüm topraklarda D10 değerlerini azaltmış olup, bu değişimdeki temel faktörün PVA uygulaması sonrasında toprakların agregat stabilitesinin artması ve strüktürel gelişmenin olduğu düşünülmektedir. D10 çapı ile agregat stabilitesi arasındaki genel korelasyon katsayısı (-0,173**) bu görüşü desteklemektedir (**EK 1**). Tüm toprakların nemli durumlarında toprak yüzeyinden sıçrayan damlacıkların D10 değerlerinin, kuru durumda sıçrayan damlacıkların D10 değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıçrayan damlacıkların D10 değeri üzerine toprak neminin çok önemli düzeyde etkili olduğu bu iki faktör arasındaki korelasyon katsayısı (0,249**) ile görülmektedir (**EK 1**). Kuru toprak yüzeyine düşen yağmur damlası pürüzlü toprak yüzeyine çarparak daha küçük damlacıklara ayrışır ve sadece toprak tarafından absorbe edilmeyen ve

infiltrasyona uğramayan damlacıklar sıçrayabilmektedir (Kinnell 1990; Hudson 1995; Kinnell 2005). Nemli durumda ise toprak yüzeyinde oluşan su filmine çarpan damlalar daha büyük çaptaki damlacıklar halinde sıçrama oluşturabilmektedir (Ghadiri 2006). Tüm toprak gruplarında yukarı eğim yönünde D10 değerinin azaldığı, eğim aşağı yönünde ise daha büyük çaplı damlacıkların sıçradığı belirlenmiştir. D10 değerlerinin mesafeye göre dağılımları genel olarak değerlendirildiğinde ise en büyük değerler genellikle 4. ve 5. SDK mesafesinde belirlenmiş olup, bu mesafeden sonra değerlerin düştüğü görülmüştür. Genel korelasyonda D10 değeri ile mesafe arasında önemli düzeyde negatif ilişki ($-0,438^{**}$) (**EK 1**) belirlenmiş olup, bu durum büyük damlacıkların kısa mesafelerde, küçük çaptaki damlacıkların ise daha uzak mesafelere sıçrayabildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.4. D10 çap (µm) değerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Toprak1	Kontrol	Kuru	Yön1	262±19bc	323±45abc	398±63ab	344±75abc	414±16a	374±33ab	393±85ab	217±188c	0±0,0d	0±0,0d	272±163A	227±152NS	239±139A
			Yön2	251±20a	245±37a	305±28a	334±68a	288±48a	265±38a	335±95a	324±45a	0±0,0b	0±0,0b	235±129B		
			Yön3	229±11c	252±3bc	336±32a	289±8b	358±39a	284±67b	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	175±151C		
		Kontrol-Kuru-Ortalama	247±21c	273±47bc	346±56a	322±57ab	353±63a	307±66ab	243±194c	180±173d	0±0,0e	0±0,0e				
		Nemli	Yön1	331±51a	282±18ab	268±10ab	298±35ab	282±5ab	245±79ab	346±39a	114±197b	113±196b	104±180b	238±128NS	251±124	
			Yön2	382±17a	295±50a	289±20a	284±32a	288±46a	287±46a	277±51a	283±137a	110±98b	230±213ab	273±101		
			Yön3	348±29a	315±51a	301±43a	308±29a	263±67a	220±192ab	222±193ab	229±198ab	229±198ab	0±0b	244±141		
		Kontrol-Nemli-Ortalama	354±38a	298±40ab	286±28ab	297±30ab	278±42ab	251±40abc	282±115ab	209±173bc	151±159cd	111±171d				
	Kontrol-Ortalama	300±62a	285±44a	316±53a	309±46a	316±65a	279±93a	262±156a	195±168b	75±134c	56±131c					
	PVA	Kuru	Yön1	274±26ab	299±49ab	351±53a	355±36a	291±34ab	331±26a	208±181ab	133±230bc	0±0c	0±0c	224±154NS	205±152NS	214±142B
			Yön2	218±7bc	227±3bc	262±9bc	278±53abc	321±26ab	383±38a	204±176b	0±0c	0±0c	0±0c	189±145NS		
			Yön3	266±15b	287±22b	312±11b	328±9b	319±10b	88±153c	420±28a	0±0c	0±0c	0±0c	202±162NS		
		PVA-Kuru-Ortalama	253±30a	271±43a	308±47a	320±47a	311±26a	267±158a	277±166a	44±133ba	0±0b	0±0b				
		Nemli	Yön1	309±23ab	290±32abc	279±5abc	276±9abc	311±28ab	331±30a	344±30a	203±176abc	99±171c	117±203bc	256±120A	223±131	
			Yön2	265±9a	256±21a	262±12a	265±5a	270±30a	303±23a	310±38a	291±31a	111±192b	0±0c	233±109A		
			Yön3	262±15ab	274±10ab	302±9ab	324±24a	303±22ab	111±192bc	116±200bc	108±187bc	0±0c	0±0c	180±151B		
		PVA-Nemli-Ortalama	279±27a	273±25a	281±19a	288±30a	295±30a	248±143a	257±148a	201±152a	70±139b	39±117b				
	PVA-Ortalama	266±31a	272±34a	295±38a	304±42a	303±28a	258±146a	267±153a	122±160b	35±102c	20±83c					
	YÖN	Yön1 Ort.	294±39a	298±36a	324±66a	318±51a	324±59a	320±63a	323±113a	167±176b	53±124c	55±129c	248±142A			
		Yön2 Ort.	279±66ab	256±38ab	280±25ab	290±48a	292±38a	309±56a	282±103ab	225±150b	55±109c	57±138c	232±124A			
		Yön3 Ort.	276±48a	282±34a	313±28a	312±23a	311±49a	176±159b	189±201b	84±152c	57±134cd	0±0d	200±152B			
	Toprak1 Genel Ortalama				283±51a	279±39a	305±46a	307±43a	309±50a	268±121a	265±153a	158±166b	55±119c	38±109c		

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.4. (devam)

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Toprak2	Kontrol	Kuru	Yön1	294±36ns	290±19	316±78	320±118	302±70	285±96	307±3	430±24	248±241	338±6	313±91A	236±130B	257±119A
			Yön2	266±35abc	233±24abc	258±56abc	347±26a	256±41abc	223±124abc	300±177ab	160±142abc	130±129bc	84±146c	226±117B		
			Yön3	267±19ab	341±33a	266±6ab	202±98ab	264±26ab	178±157b	174±151b	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	169±138C		
		Kontrol-Kuru-Ortalama		276±30a	288±52a	280±55a	290±102a	274±32a	229±120ab	260±133a	197±201abc	126±174c	141±169bc			
		emli	Yön1	397±45a	292±62ab	289±53ab	325±48ab	352±28ab	316±55ab	309±55ab	296±115ab	278±22ab	230±112b	308±70A	277±103A	
			Yön2	381±41a	287±42ab	304±18ab	316±38ab	335±37a	315±32ab	289±61ab	223±97b	222±111b	0±0,0c	267±112B		
			Yön3	328±22ab	301±6ab	318±21ab	345±41a	291±99ab	289±88ab	299±41ab	164±152bc	158±144bc	72±125c	256±116B		
		Kontrol-Nemli-Ortalama		368±45a	294±38ab	304±32a	329±39a	326±61a	307±56a	299±47ab	228±121bc	219±105c	101±132d			
		Kontrol-Ortalama		322±60a	291±44a	292±46a	309±78a	300±55a	268±99a	280±99a	212±162b	173±147bc	121±149c			
	PVA	Kuru	Yön1	176±6ab	217±17ab	223±19ab	248±86ab	188±165ab	152±142ab	103±179ab	328±358a	0±0,0b	0±0,0b	164±158A	120±130B	183±147B
			Yön2	190±16b	193±24b	250±8a	221±77ab	191±32b	0±0c	0±0c	0±0c	0±0c	0±0c	105±110B		
			Yön3	190±12a	216±18a	203±18a	177±156a	124±107a	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	91±108B		
		PVA- Kuru-Ortalama.		185±12ab	208±21a	225±24a	215±102a	168±105ab	51±104cd	34±103cd	109±242bc	0±0,0d	0±0,0d			
		Nemli	Yön1	403±74a	298±53ab	271±22ab	293±17ab	302±25ab	317±16ab	245±213ab	112±193b	125±216b	92±160b	246±145NS	247±136A	
			Yön2	377±14a	238±7d	277±22cd	306±17bc	298±20bc	301±48bc	330±36b	281±43bcd	308±5bc	0±0,0e	272±101NS		
			Yön3	272±2a	300±4a	312±10a	305±39a	327±38a	228±208ab	217±200ab	139±240ab	138±239ab	0±0,0b	224±155NS		
		PVA- Nemli-Ortalama		350±71a	279±41abc	287±26abc	302±24ab	309±28ab	282±115abc	264±156abc	177±175c	190±184bc	31±92d			
		PVA- Ortalama		268±98a	244±48a	256±40a	258±84a	238±104a	166±160b	149±174b	143±208b	95±160b	15±65c			
	YÖN	Yön1 Ort.		317±105a	274±50a	275±55a	296±73a	286±96a	268±105a	241±149b	291±217a	163±180b	165±159b	258±135A		
		Yön2 Ort.		303±87a	238±42bc	272±35ab	298±62a	270±63ab	210±144cd	230±161bc	166±133d	165±140d	21±73e	217±128B		
		Yön3 Ort.		264±53a	289±50a	275±50a	257±110ab	251±104ab	174±162b	173±157b	76±145c	74±142c	18±62c	185±143C		
	Toprak2 Genel Ortalama		295±85a	267±51a	274±46a	284±84a	269±88a	217±141b	214±155b	178±187b	134±156c	68±125d				

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.4. (devam)

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Toprak3	Kontrol	Kuru	Yön1	286±7ns	336±23	338±13	390±46	425±74	226±71	228±138	404±212	248±219	259±282	314±139A	282±164B	313±149A	
			Yön2	325±49a	333±29a	330±42a	355±78a	356±84a	348±92a	337±86a	267±242a	375±141a	0±0,0b	302±138A			
			Yön3	325±5a	343±12a	397±38a	418±180a	288±132ab	191±212ab	192±333ab	136±235ab	0±0,0b	0±0,0b	229±199B			
		Kontrol-Kuru-Ortalama		312±32ab	337±20ab	355±43ab	387±105a	356±105ab	255±140ab	252±197ab	269±231ab	208±210bc	86±192c		343±126A		
		Nemli	Yön1	418±81ab	370±57ab	349±26ab	356±11ab	334±53b	369±25ab	362±57ab	430±26a	374±46ab	417±12ab	378±49A			325±103A
			Yön2	435±13a	345±19ab	340±10ab	357±40a	370±20a	328±24ab	378±34a	364±57a	379±55a	167±289b	346±105AB			
			Yön3	368±50a	379±12a	386±33a	360±46a	405±63a	490±57a	430±42a	79±137b	161±279b	0±0,0b	306±181B			
		Kontrol-Nemli-Ortalama		407±57a	364±34abc	358±30abc	357±31abc	370±52abc	396±80ab	390±50ab	291±178c	305±180bc	195±232d				
		Kontrol-Ortalama		359±66ab	351±31ab	357±36ab	372±76a	363±81ab	325±132abc	321±156abc	280±200bc	256±196c	141±214d				
	PVA	Kuru	Yön1	169±12ab	201±21a	204±53a	238±42a	213±34a	266±27a	163±141ab	224±196a	205±182a	0±0,0b	188±108NS	166±122B	245±138B	
			Yön2	159±5ab	196±13a	234±44a	246±31a	263±81a	268±8a	200±175a	102±177ab	92±160ab	0±0,0b	176±118			
			Yön3	173±14ab	215±23ab	255±53a	280±50a	84±145ab	86±150ab	0±0,0b	144±249ab	103±179ab	0±0,0b	134±137			
		PVA-Kuru-Ortalama		167±11ab	204±19ab	231±48ab	255±41a	187±117ab	207±118ab	121±145b	157±189ab	133±160b	0±0,0c		325±103A		
		Nemli	Yön1	423±24ns	319±17	306±22	334±11	330±20	373±13	391±62	345±51	249±219	248±216	332±100NS			325±103A
			Yön2	389±18a	266±19b	302±1ab	309±33ab	298±16ab	310±33ab	309±35ab	350±28ab	374±15a	381±138a	329±57			
			Yön3	284±22a	304±20a	319±17a	341±18a	363±13a	415±48a	425±86a	369±31a	316±275a	0±0,0b	314±139			
		PVA-Nemli-Ortalama		365±65a	296±29a	309±16a	328±24a	331±32a	366±55a	375±76a	354±35a	313±184a	210±211b				
	PVA-Ortalama		266±112a	250±53a	270±53a	292±50a	259±111a	286±121a	248±173a	256±167a	223±191a	105±180b					
	YÖN	Yön1 Ort.		324±116ab	306±72ab	299±66ab	329±65ab	325±89ab	308±75ab	286±134ab	351±150a	266±168ab	231±217b	303±125A			
		Yön2 Ort.		327±112a	285±65a	301±51a	317±63a	322±68a	313±53a	306±110a	271±170a	305±159a	137±213b	288±126A			
		Yön3 Ort.		287±79ab	310±65a	339±68a	350±97a	285±156ab	296±206a	262±238ab	182±196bc	145±219c	0±0,0d	246±179B			
		Toprak3 Genel Ortalama		313±102ab	301±67ab	313±63ab	332±76a	311±109ab	306±127ab	285±166abc	268±182bc	240±192c	123±196d				

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

4.3.2. Yapay yağışla sıçrayan damlacıkların suya duyarlı kartlar (SDK) yüzeyindeki kaplama oranları

Toprak yüzeyine çarpan damlalar daha küçük damlacıklara parçalanarak belirli bir yönde ve mesafede sahip oldukları enerji ile su ve toprak taşınımına neden olmaktadır. Söz konusu damlacıkların ulaşmış olduğu birim alandaki yoğunlukları taşınım miktarının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir (Moeyersons and De Ploey 1976; Morgan 1981).

Sıçrayan damlacıkların SDK'lar yüzeyindeki kaplama oranları toprak bünyesi, toprağın doygunluk derecesi, PVA uygulaması, sıçramanın meydana geldiği yön ve mesafe faktörleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, her bir faktör için yüzey kaplama oranının dağılım paternlerinin yersel değişkenliği jeostatistiksel olarak haritalanmıştır.

Yüzey kaplama oranları tüm faktörler dikkate alınarak değerlendirildiğinde; genel ortalama kaplama oranları Toprak1'de %4,61, Toprak2'de %6,28 ve Toprak3'de %6,72 olarak belirlenmiş olup, Toprak2 ile Toprak3'ün birbirinden farksız olduğu, Toprak1'in ise diğer topraklardan önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tüm topraklarda sıçrama sonrasında meydana gelen yüzey kaplama oranı muamelelere göre karşılaştırıldığında kontrol düzeyindeki yüzey kaplama oranlarının PVA uygulaması sonrasındaki yüzey kaplama oranlarından önemli düzeyde ($p < 0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak1, Toprak2 ve Toprak3'ün kontrol düzeylerindeki ortalama yüzey kaplama oranları sırasıyla %6,76, %8,08 ve %8,02 olarak belirlenirken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu oranların %2,46, %4,48 ve %5,42'ye düşmüş olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Söz konusu değişimde PVA uygulamasının toprakların agregat stabilitesi değerlerini önemli düzeyde arttırmış olmasının önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Genel korelasyonda, PVA uygulaması ile agregat stabilitesi arasında çok önemli pozitif korelasyon ($0,956^{**}$), yüzey kaplama ile agregat stabilitesi arasında önemli düzeyde negatif korelasyonun ($-0,103^{**}$) ve PVA uygulaması ile yüzey

kaplama oranı arasında da önemli düzeyde negatif korelasyonun (-0,126**) belirlenmiş olması elde edilen sonucu desteklemektedir (**EK 1**).

Toprakların nemlilik durumuna göre yüzey kaplama oranları genel olarak değerlendirildiğinde; tüm toprakların hem kontrol hemde PVA uygulamalarında nemli toprak yüzeyinden daha fazla sıçramaların meydana gelmesine bağlı olarak SDK'lar yüzeyinde belirlenen yüzey kaplama oranlarının kuru durumda belirlenen yüzey kaplama oranlarından önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak1'in hem kontrol hemde PVA uygulaması sonrasında kuru durumdaki ortalama yüzey kaplama oranları %4,31 ve %1,37 iken, nemli durumdaki ortalama yüzey kaplama oranlarının %9,21 ve %3,56'ya artmış olduğu saptanmıştır. Söz konusu benzer durum Toprak2 ve Toprak3'de görülmüş olup, toprak nem durumunun artmasıyla daha fazla sıçramanın olduğu ve sıçrama sonrasında birim alana daha fazla damlacığın taşındığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Ayrıca, toprak nem durumu ile yüzey kaplama oranı arasında belirlenmiş olan 0,265** (**EK 1**) korelasyon katsayısı da toprak nemliliğinin artması ile yüzey kaplama oranında arttığını göstermektedir. Toprak1'in kontrol grubunun kuru durumundaki ortalama yüzey kaplama oranı %4,31 olarak belirlenmiş olup, söz konusu değer PVA uygulamasının kuru durumda %1,37'ye azaldığı belirlenmiştir. Kontrolün nemli durumunda ortalama yüzey kaplama oranı %9,21 iken PVA uygulamasının nemli durumunda yüzey kaplama oranı %3,56'ya düşmüştür. Benzer azalışlar araştırmada kullanılan diğer toprakların hem nemli hemde kuru durumunda da gerçekleşmiş olup, PVA uygulamasının yüzey kaplama oranını önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir. Tüm topraklarda PVA uygulaması yüzey kaplama oranını kontrole göre önemli düzeyde azaltmış olup, yüzey kaplama ile PVA uygulaması arasındaki negatif korelasyon (-0,126**) bu ilişkiyi desteklemektedir (**EK 1**).

Yüzey kaplama oranları yönler göre değerlendirildiğinde, araştırma konusu toprakların tüm koşullarında en yüksek kaplama oranları eğim aşağı yön olan Yön1'de belirlenirken, en düşük kaplama oranları eğim yukarı yön olan Yön3'de belirlenmiştir. Yönler arasında yüzey kaplama oranları bakımından önemli düzeyde ($p<0,05$) farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Toprak1'de yönler göre genel ortalama yüzey kaplama oranları

Yön1’de %6,04, Yön2’de %4,96 ve Yön3’de %2,83; Toprak2’de bu oranlar %9,24, %6,41, %3,19 ve Toprak3’de %9,21, %7,06 ve %3,89 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Herhangi bir toprak için her üç yönde meydana gelen sıçramaların toplamı %100 olarak kabul edildiğinde; Toprak1’de toplam sıçramanın %44’ünün eğim aşağı yönde, %36’sının yanal yönde ve %20’sinin eğim yukarı yönde meydana geldiği hesaplanmıştır. Toprak2 için sıçrama oranları Yön1’de %49, Yön2’de %34 ve Yön3’de %17 olarak; Toprak3’de ise Yön1 için %46, Yön2 için %35 ve Yön3 için %19 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar toprak yüzeyinden sıçrayan damlacıkların hareket yönünün eğim aşağı yönde daha yüksek olduğunu göstermektedir (Van Dijk *et al.* 2003a; Fu *et al.* 2011; Grismer 2012; Mahmoodabadi and Sajjadi 2016).

Yüzey kaplama oranları SDK mesafelerine göre değerlendirildiğinde; hem kontrol hem de PVA uygulamasında, kuru ve nemli durumda, her üç yönde de en yüksek kaplama oranları tüm topraklarda 1.SDK mesafesinde belirlenmiştir. Ayrıca, SDK mesafelerinin artmasıyla yüzey kaplama oranlarında önemli düzeyde ($p<0,05$) düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır. SDK mesafesinin artmasıyla yüzey kaplama oranlarının önemli düzeyde azaldığı iki parametre arasında belirlenen korelasyon katsayısıyla (-0,536**) ortaya konmaktadır (**EK 1**).

Yüzey kaplama oranları ile toprak tipi, PVA uygulaması, nem durumu, yön ve SDK mesafesi arasındaki ilişkiler ve değişimler Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6’da görülmektedir. Ayrıca, yüzey kaplama oranının söz konusu bağımsız değişkenlere göre yersel dağılım haritaları Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir. Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6’da yüzey kaplama oranının değişkenliği üzerine; toprak tipinin, muamelenin, nem durumunun, yönün ve SDK mesafesinin önemli düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

Yüzey kaplama oranlarının dağılım paternlerini belirlemek için tüm topraklarda Gaussian semivariogram modeli en uygun model olarak seçilmiş olup, model parametreleri Çizelge 4.6, dağılım haritaları Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de gösterilmiştir.

Wilding (1985) toprak özelliklerinin varyasyon katsayısı (CV)'nin $<15\%$ olduğunda değişkenliğin zayıf, 15% ile 35% arasında olduğunda orta düzeyde değişken ve $>35\%$ olduğunda ise çok önemli düzeyde değişken olduğunu belirtmektedir. Yüzey kaplama oranlarının CV değerleri Toprak1'de 190% ile 230% , Toprak2'de 180% ile 215% ve Toprak3'de 170% ile 209% arasında değiştiği hesaplanmış olup, Wilding (1985)'in sınıflamasına göre yüzey kaplama oranlarının değişkenliğinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, yüzey kaplama oranlarının yersel bağımlılık derecelerinin (C_0/C_0+C), Toprak1'de $0,95\%$ ile $8,51\%$ arasında, Toprak2'de $1,06\%$ ile $8,39\%$ arasında ve Toprak3'de $1,59\%$ ile $7,48\%$ arasında değiştiği hesaplanmış olup, Cambardella *et al.* (1994)'e göre ($<25\%$) çok güçlü yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Yüzey kaplama oranının (%) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalamı	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Toprak1	Kontrol	Kuru	Yön1	41,07±8,97a	13,63±7,55b	5,00±4,87c	2,05±2,06c	1,45±1,59c	0,4±0,67c	0,21±0,10c	0,08±0,12c	0±0,00c	0±0,00c	6,40±12,89A	4,31±9,67B	6,76±14,76A
			Yön2	31,45±10,46a	9,46±3,20b	3,45±1,77c	2,12±0,81c	0,99±0,75c	0,30±0,05c	0,29±0,14c	0,07±0,06c	0±0,00c	0±0,00c	4,81±9,90A		
			Yön3	10,72±2,62a	3,67±0,51b	1,75±1,44c	0,61±0,50c	0,36±0,43c	0,14±0,21c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	1,73±3,35B		
		Kontrol-Kuru-Ortalama	27,75±15,15a	8,92±5,97b	3,4±3,04c	1,59±1,35c	0,93±1,02c	0,33±0,39c	0,17±0,16c	0,05±0,08c	0±0,00c	0±0,00c				
		Nemli	Yön1	67,82±16,74a	19,23±12,33b	8,58±5,75bc	4,46±4,00c	1,76±2,12c	0,90±1,30c	0,61±0,99c	0,14±0,24c	0,06±0,11c	0,02±0,03c	10,36±21,14A	9,21±18,23A	
			Yön2	63,07±6,97a	20,77±4,92b	8,59±2,93c	3,60±1,25d	1,90±0,45d	0,81±0,44d	0,31±0,09d	0,13±0,03d	0,06±0,05d	0,02±0,02d	9,93±19,22A		
			Yön3	45,16±7,02a	16,01±8,81b	6,60±4,43c	3,26±2,49c	1,43±1,17c	0,55±0,48c	0,25±0,22c	0,09±0,08c	0,02±0,02c	0±0,0c	7,34±14,08B		
		Kontrol-Nemli-Ortalama	58,68±14,20a	18,67±8,24b	7,92±4,04c	3,77±2,50cd	1,70±1,25d	0,75±0,74d	0,39±0,54d	0,12±0,13d	0,05±0,07d	0,01±0,02d				
	Kontrol-Ortalama	43,22±21,36a	13,79±8,59b	5,66±4,17c	2,68±2,25d	1,32±1,18d	0,54±0,62d	0,28±0,40d	0,09±0,11d	0,02±0,05d	0,01±0,02d					
	PVA	Kuru	Yön1	11,62±1,93a	4,11±1,28b	1,50±0,88c	0,83±0,55c	0,21±0,10c	0,15±0,07c	0,07±0,08c	0,03±0,06c	0±0,0c	0±0,0c	1,85±3,60A	1,37±2,74B	2,46±5,52B
			Yön2	8,57±1,06a	3,02±0,55b	1,36±0,35c	0,45±0,27d	0,28±0,09d	0,20±0,09d	0,02±0,02d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	1,39±2,62B		
			Yön3	5,31±0,23a	1,71±0,54b	0,84±0,85c	0,38±0,33cd	0,29±0,41cd	0,04±0,07d	0,03±0,03d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0,86±1,63C		
		PVA-Kuru-Ortalama	8,50±2,95a	2,95±1,28b	1,23±0,70c	0,55±0,41d	0,26±0,22d	0,13±0,09d	0,04±0,05d	0,01±0,03d	0±0,0d	0±0,0d				
		Nemli	Yön1	31,52±4,43a	11,66±6,66b	5,99±4,42c	3,20±3,10c	1,65±1,88c	0,83±0,99c	0,42±0,61c	0,22±0,36c	0,10±0,17c	0,05±0,09c	5,56±9,84A	3,56±7,17A	
			Yön2	22,19±2,23a	6,97±1,54b	4,23±2,83c	1,86±1,05d	0,89±0,42d	0,56±0,51d	0,29±0,20d	0,04±0,04d	0,02±0,03d	0±0,0d	3,70±6,73B		
			Yön3	8,09±1,22a	3,50±1,32b	1,57±1,17c	0,59±0,63cd	0,26±0,36d	0,09±0,16d	0,04±0,08d	0,01±0,01d	0±0,0d	0±0,0d	1,41±2,57C		
		PVA-Nemli-Ortalama	20,60±10,53a	7,37±4,97b	3,93±3,31c	1,88±2,01d	0,93±1,15d	0,49±0,65d	0,25±0,36d	0,09±0,20d	0,04±0,10d	0,02±0,05d				
	PVA-Ortalama	14,55±9,75a	5,16±4,19b	2,58±2,71c	1,22±1,57d	0,60±0,87de	0,31±0,49de	0,14±0,27d	0,05±0,15d	0,02±0,07d	0,01±0,04d					
	YÖN	Yön1 Ort.	38,01±22,72a	12,16±8,85b	5,27±4,59c	2,63±2,73cd	1,27±1,53d	0,60±0,81d	0,33±0,54d	0,12±0,20d	0,04±0,10d	0,02±0,04d	6,04±13,61A			
		Yön2 Ort.	31,32±21,65a	10,05±7,36b	4,41±3,34c	2,01±1,41d	1,01±0,73d	0,47±0,39d	0,23±0,17d	0,06±0,06d	0,02±0,04d	0,01±0,01d	4,96±11,68B			
		Yön3 Ort.	17,32±17,21a	6,22±7,07b	2,69±3,16c	1,21±1,67cd	0,59±0,77d	0,21±0,31d	0,08±0,14d	0,03±0,05d	0,004±0,01d	0±0,0d	2,83±7,76C			
		Toprak1 Genel Ortalama	28,88±21,89a	9,48±7,97b	4,12±3,80c	1,95±2,05d	0,96±1,08de	0,43±0,56e	0,21±0,35e	0,07±0,13e	0,02±0,06e	0,01±0,03e				

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.5. (devam)

Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalam	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Toprak2	Kontrol	Kuru	Yön1	36,60±2,94a	18,54±9,92b	11,33±9,34bc	5,62±4,85cd	2,65±1,94d	1,88±1,67d	1,09±1,05d	0,74±0,75d	0,36±0,39d	0,20±0,21d	7,90±11,96A	4,56±9,25B	8,08±15,17A
			Yön2	31,46±0,76a	7,84±3,04b	2,95±2,03c	1,23±1,03cd	0,64±0,38d	0,33±0,14d	0,14±0,12d	0,06±0,06d	0,03±0,04d	0,02±0,03d	4,47±9,50B		
			Yön3	8,48±0,85a	2,77±0,59b	0,90±0,33c	0,46±0,27cd	0,30±0,16cd	0,08±0,07d	0,05±0,06d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	1,30±2,58C		
		Kontrol-Kuru-Ortalama	25,51±13,06a	9,72±8,70b	5,06±6,77c	2,44±3,46cd	1,19±1,48d	0,77±1,19d	0,43±0,73d	0,27±0,52d	0,13±0,26d	0,07±0,14d				
		Nemli	Yön1	64,53±5,47a	46,88±23,47b	23,66±13,52c	14,32±8,79cd	7,35±5,45cd	3,81±2,69d	2,04±1,88d	0,91±1,01d	0,47±0,28d	0,23±0,29d	16,42±22,95A	11,60±18,76A	
			Yön2	58,78±9,69a	26,80±5,69b	12,67±3,94c	6,16±2,94cd	3,40±1,26d	1,47±0,66d	0,55±0,37d	0,29±0,15d	0,11±0,09d	0±0,0d	11,02±18,40B		
			Yön3	40,84±7,27a	17,97±8,34b	8,71±6,93c	3,34±3,18cd	1,50±1,56cd	0,63±0,81d	0,27±0,36d	0,12±0,16d	0,08±0,07d	0,02±0,03d	7,35±13,12C		
		Kontrol-Nemli-Ortalama	54,71±12,60a	30,55±18,10b	15,01±10,32c	7,94±6,96d	4,08±3,89de	1,97±2,03de	0,96±1,28e	0,44±0,63e	0,22±0,24e	0,08±0,18e				
	Kontrol-Ortalama	40,11±19,51a	20,13±17,46b	10,04±9,90c	5,19±6,03d	2,64±3,22de	1,37±1,73e	0,69±1,04e	0,35±0,57e	0,18±0,25e	0,08±0,16e					
	PVA	Kuru	Yön1	2,19±0,73a	0,74±0,43b	0,30±0,28bc	0,11±0,10c	0,05±0,06c	0,02±0,02c	0,01±0,01c	0,02±0,02c	0±0,0c	0±0,0c	0,34±0,71A	0,26±0,56B	4,48±13,53B
			Yön2	1,96±0,25a	0,55±0,04b	0,31±0,11c	0,13±0,04d	0,06±0,04d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0,30±0,59A		
			Yön3	0,97±0,12a	0,26±0,05b	0,08±0,02c	0,04±0,06c	0,02±0,02c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0,14±0,29B		
		PVA-Kuru-Ortalama	1,71±0,68a	0,52±0,30b	0,23±0,19c	0,09±0,07cd	0,04±0,04d	0,01±0,01d	0,002±0,007d	0,01±0,01d	0±0,0d	0±0,0d				
		Nemli	Yön1	68,29±17,54a	29,28±25,58b	13,84±14,76bc	5,81±7,20c	2,72±3,46c	1,49±2,18c	0,78±1,24c	0,32±0,56c	0,19±0,33c	0,06±0,10c	12,28±22,93A	8,70±18,21A	
			Yön2	64,32±11,15a	19,75±4,21b	7,90±1,60c	3,70±0,73cd	1,81±0,29cd	0,64±0,13d	0,28±0,10d	0,08±0,02d	0,03±0,04d	0±0,0d	9,85±19,65A		
			Yön3	25,45±8,75a	9,08±5,24b	3,13±2,52c	1,13±1,06c	0,59±0,66c	0,16±0,24c	0,09±0,14c	0,01±0,01c	0,003±0,006c	0±0,0c	3,96±8,26B		
		PVA-Nemli-Ortalama	52,69±23,40a	19,37±15,86b	8,29±8,85c	3,55±4,18cd	1,71±2,00cd	0,76±1,24d	0,38±0,70d	0,14±0,32d	0,08±0,19d	0,02±0,06d				
	PVA-Ortalama	27,2±30,76a	9,94±14,58b	4,26±7,35c	1,82±3,38cd	0,87±1,62cd	0,39±0,94d	0,19±0,52d	0,07±0,23d	0,04±0,13d	0,01±0,04d					
	YÖN	Yön1 Ort.	42,90±28,80a	23,86±23,30b	12,28±12,81c	6,47±7,48cd	3,19±3,98d	1,80±2,16d	0,98±1,31d	0,50±0,69d	0,26±0,31d	0,12±0,19d	9,24±18,09A			
		Yön2 Ort.	39,13±26,67a	13,74±11,14b	5,96±5,34c	2,80±2,79d	1,48±1,45de	0,61±0,64de	0,24±0,27e	0,11±0,13e	0,04±0,06e	0,004±0,01e	6,41±14,74B			
		Yön3 Ort.	18,93±16,85a	7,52±8,29b	3,20±4,72c	1,24±1,95cd	0,60±0,93d	0,22±0,44d	0,10±0,20d	0,03±0,09d	0,02±0,05d	0,0042±0,01d	3,19±8,24C			
	Toprak2 Genel Ortalama			33,66±26,21a	15,04±16,67b	7,15±9,08c	3,50±5,11d	1,76±2,66de	0,88±1,46e	0,44±0,85e	0,21±0,45e	0,11±0,21e	0,04±0,12e			

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

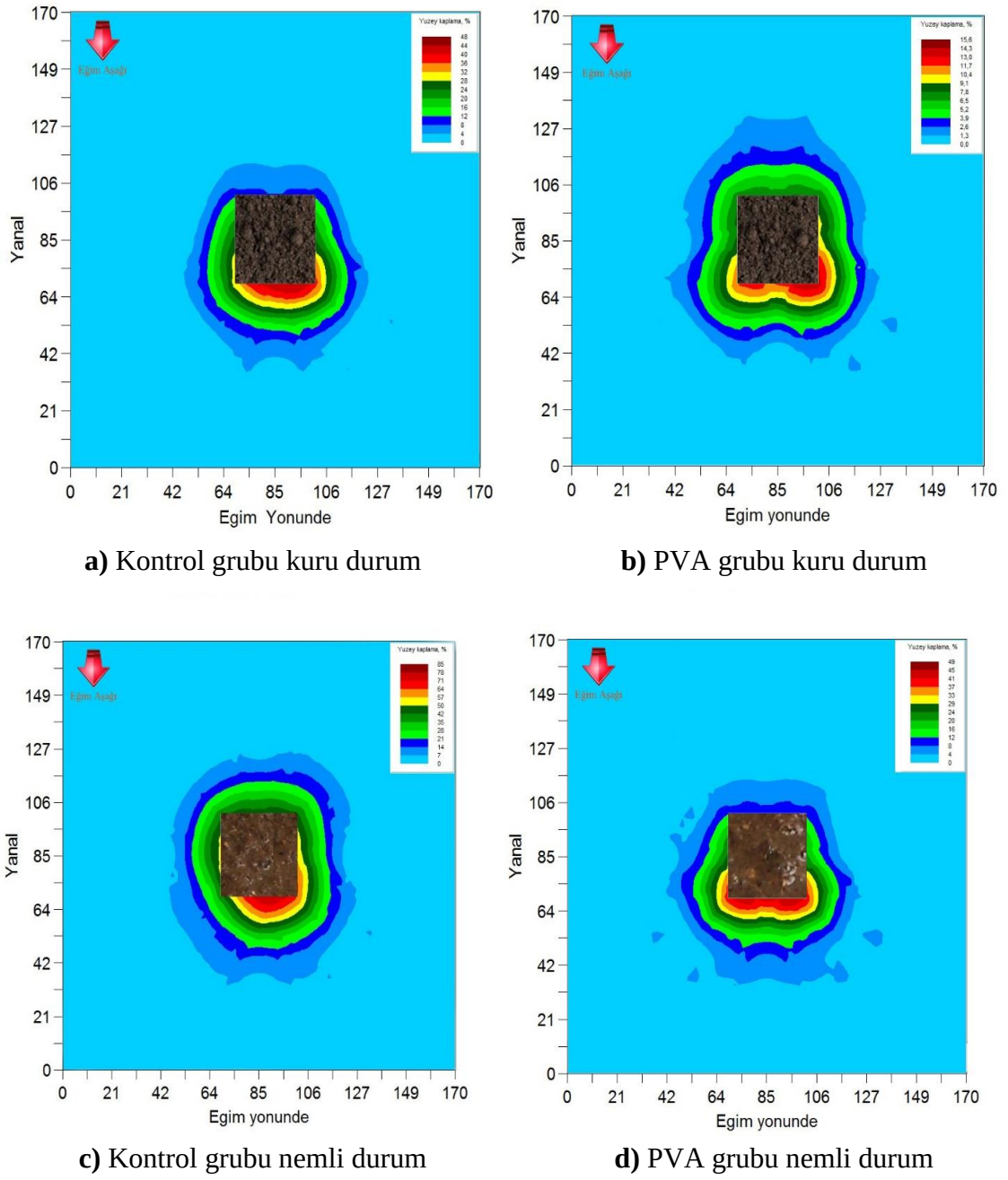
Çizelge 4.5. (devam)

Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK mesafe										YÖN Ortalam	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Toprak3	Kontrol	Kuru	Yön1	17,76±1,31a	7,49±3,92b	3,50±1,50c	1,69±0,89cd	1,05±0,60cd	0,50±0,28d	0,23±0,20d	0,09±0,08d	0,09±0,10d	0,03±0,04d	3,24±5,54A	2,32±4,59B	8,02±16,35A
			Yön2	17,37±0,72a	5,64±1,49b	2,19±0,89c	0,99±0,31d	0,55±0,21d	0,31±0,19d	0,22±0,16d	0,21±0,25d	0,04±0,04d	0,01±0,02d	2,75±5,25A		
			Yön3	5,58±2,14a	2,17±1,07b	1,10±0,45bc	0,50±0,35c	0,19±0,19c	0,06±0,06c	0,04±0,07c	0,03±0,06c	0±0,0c	0±0,0c	0,97±1,82B		
		Kontrol-Kuru-Ortalama	13,57±6,14a	5,10±3,18b	2,26±1,38c	1,06±0,72d	0,59±0,50d	0,29±0,26d	0,16±0,16d	0,11±0,16d	0,04±0,07d	0,01±0,02d				
		Nemli	Yön1	76,34±2,00a	46,98±1,14b	26,50±1,16c	14,41±0,16d	8,65±0,37e	4,25±0,73f	2,34±0,61g	1,31±0,24gh	0,63±0,29h	0,25±0,21h	18,17±24,39A		
			Yön2	69,26±6,47a	34,72±1,42b	15,36±2,75c	7,38±1,12d	4,74±0,69de	1,89±0,18ef	0,93±0,20ef	0,35±0,13f	0,09±0,07f	0,02±0,03f	13,47±21,67B		
	Yön3		54,12±4,88a	23,32±2,77b	10,56±0,38c	4,50±0,49d	1,91±0,24de	0,75±0,06e	0,25±0,21e	0,08±0,14e	0,01±0,02e	0±0,0e	9,55±16,77C			
	Kontrol-Nemli-Ortalama	66,57±10,68a	35,01±10,38b	17,47±7,24c	8,76±4,46d	5,10±2,96e	2,30±1,59f	1,17±0,98fg	0,58±0,58fg	0,24±0,33g	0,09±0,16g					
	Kontrol-Ortalama	40,07±28,55a	20,05±17,09b	9,87±9,32c	4,91±5,03d	2,85±3,10e	1,29±1,51f	0,67±0,86fg	0,35±0,48fg	0,14±0,25g	0,05±0,12g					
	PVA	Kuru	Yön1	2,74±1,38a	1,16±0,99b	0,53±0,55bc	0,23±0,28bc	0,14±0,21bc	0,13±0,08bc	0,05±0,04c	0,03±0,02c	0,02±0,02c	0±0,0c	0,50±0,96A	0,38±0,77B	5,42±14,25B
			Yön2	2,53±0,52a	0,93±0,19b	0,40±0,11c	0,16±0,05cd	0,10±0,07cd	0,03±0,02d	0,03±0,04d	0,01±0,01d	0,01±0,01d	0±0,0d	0,42±0,78AB		
			Yön3	1,44±0,78a	0,50±0,41b	0,18±0,16b	0,05±0,06b	0,02±0,03b	0,02±0,03b	0±0,0b	0,003±0,006b	0,003±0,006b	0±0,0b	0,22±0,50B		
		PVA-Kuru-Ortalama	2,24±1,03a	0,86±0,62b	0,37±0,33c	0,15±0,16c	0,09±0,12c	0,06±0,07c	0,03±0,04c	0,01±0,02c	0,01±0,01c	0±0,0c				
		Nemli	Yön1	73,40±3,55a	34,91±16,80b	18,15±11,46c	11,19±8,96cd	5,47±5,25cd	3,12±3,40d	1,48±2,03d	0,79±1,21d	0,43±0,66d	0,23±0,33d	14,92±23,30A		
			Yön2	67,52±6,22a	25,17±1,31b	12,23±1,57c	5,83±1,07d	3,11±0,41de	1,18±0,33e	0,61±0,05e	0,28±0,17e	0,14±0,03e	0,05±0,04e	11,61±20,52B		
			Yön3	28,43±0,83a	11,57±2,80b	4,43±1,14c	1,94±0,90d	1,01±0,44d	0,52±0,31d	0,28±0,23d	0,10±0,06d	0,04±0,04d	0±0,0d	4,83±8,75C		
		PVA-Nemli-Ortalama	56,45±21,47a	23,88±13,27b	11,60±8,32c	6,32±6,06d	3,19±3,27de	1,60±2,08e	0,79±1,15e	0,39±0,69e	0,20±0,37e	0,09±0,20e				
PVA-Ortalama	29,34±31,55a	12,37±14,94b	5,99±8,13c	3,24±5,24d	1,64±2,76de	0,83±1,63e	0,41±0,88e	0,20±0,51e	0,11±0,28e	0,05±0,14e						
YÖN	Yön1 Ort.	42,56±34,27a	22,63±21,11b	12,17±12,16c	6,88±7,40d	3,83±4,24de	2,00±2,35e	1,03±1,34e	0,55±0,76e	0,29±0,41e	0,13±0,21e	9,21±18,48A				
	Yön2 Ort.	39,17±31,25a	16,61±14,51b	7,54±6,81c	3,59±3,28d	2,12±2,01e	0,85±0,79ef	0,45±0,38f	0,21±0,20f	0,07±0,06f	0,02±0,03f	7,06±15,98B				
	Yön3 Ort.	22,39±22,06a	9,39±9,65b	4,07±4,28c	1,75±1,87d	0,78±0,82e	0,34±0,35e	0,14±0,19e	0,06±0,08e	0,02±0,03e	0±0,0e	3,89±10,09C				
Toprak3 Genel Ortalama			34,71±30,15a	16,21±16,30b	7,93±8,84c	4,07±5,13d	2,24±2,96e	1,06±1,57f	0,54±0,87f	0,27±0,49f	0,12±0,26f	0,05±0,13f				

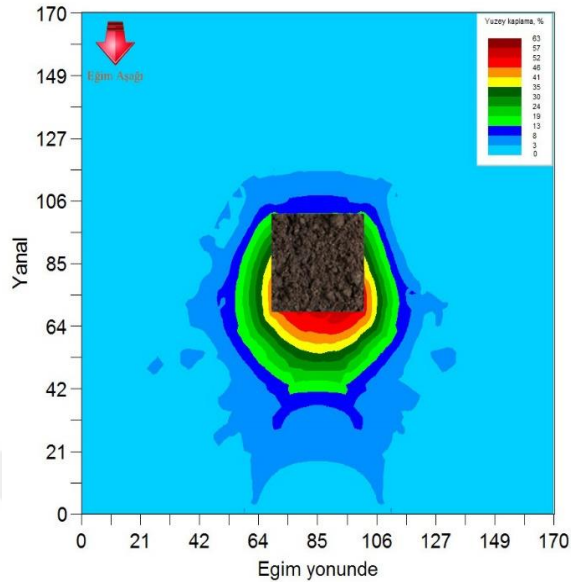
*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.6. Yüzey kaplama oranının (%) tanımlayıcı istatistikleri, semivariogram model ve model parametreleri

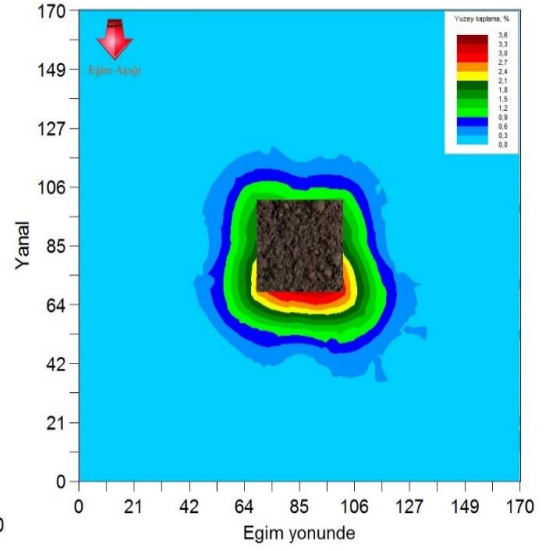
Yüzey kaplama, %													
	Uygulama	Nem Durumu	Min.	Mak.	Mean	Std.	CV, %	Model	Nugget (C _o)	Sill (C _o +C)	C _o /C _o +C	Range of influence (A ₀) (m)	r ²
Toprak1	Kontrol	Kuru	0,00	40,80	3,18	7,30	230	Gaussian	2,90	78,69	3,69	36,72	0,829
		Nemli	0,00	76,20	7,76	15,27	197	Gaussian	28,70	337,4	8,51	38,28	0,815
	PVA	Kuru	0,00	11,30	1,37	2,60	190	Gaussian	0,38	9,49	4,00	36,72	0,857
		Nemli	0,00	36,63	3,54	7,17	203	Gaussian	0,70	73,72	0,95	38,11	0,880
Toprak2	Kontrol	Kuru	0,00	51,43	4,81	10,36	215	Gaussian	1,70	159,90	1,06	40,01	0,888
		Nemli	0,00	70,94	10,16	18,28	180	Gaussian	23,0	466,6	4,93	41,05	0,898
	PVA	Kuru	0,00	3,03	0,268	0,574	214	Gaussian	0,032	0,48	6,67	36,72	0,818
		Nemli	0,00	64,57	8,1	16,5	204	Gaussian	33,0	393,2	8,39	39,84	0,883
Toprak3	Kontrol	Kuru	0,00	22,28	2,156	4,501	209	Gaussian	1,88	29,49	6,38	38,1	0,857
		Nemli	0,00	88,64	11,939	20,258	170	Gaussian	26,0	577,20	4,50	45,21	0,896
	PVA	Kuru	0,00	2,39	0,282	0,550	195	Gaussian	0,032	0,428	7,48	38,62	0,861
		Nemli	0,00	85,85	10,96	19,97	182	Gaussian	9,0	567,60	1,59	45,03	0,925



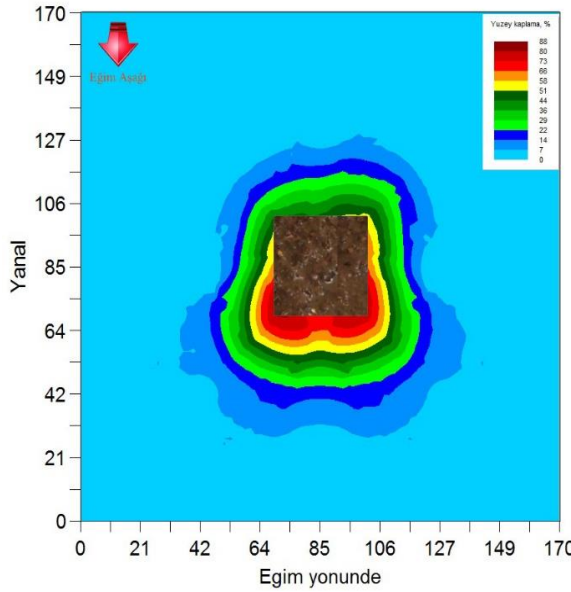
Şekil 4.1. Toprak1'in yüzey kaplama oranının geoistatistiksel dağılım haritaları



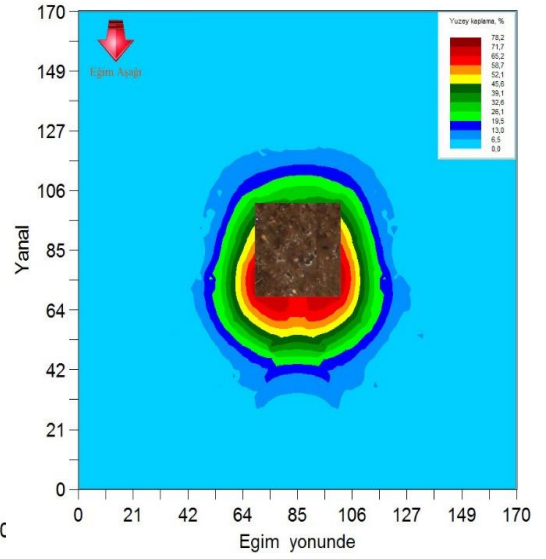
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

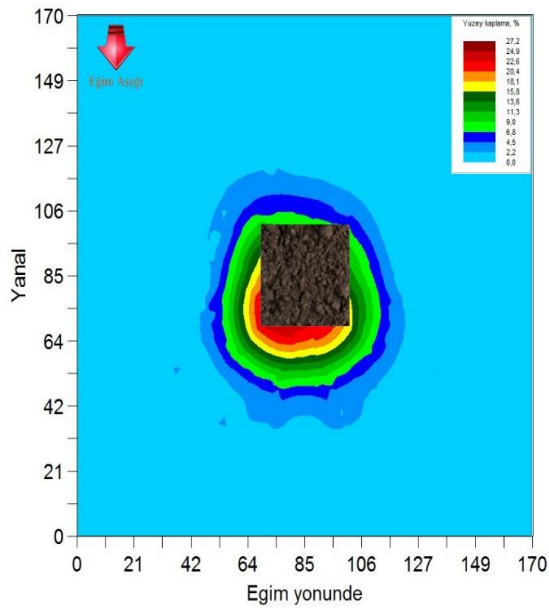


c) Kontrol grubu nemli durum

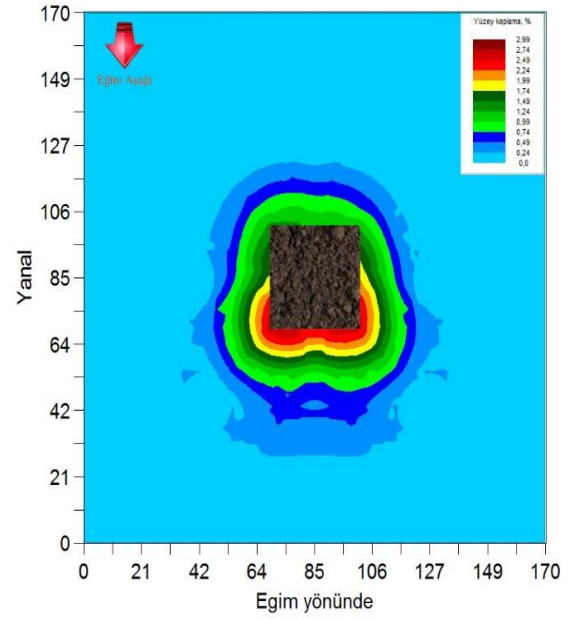


d) PVA grubu nemli durum

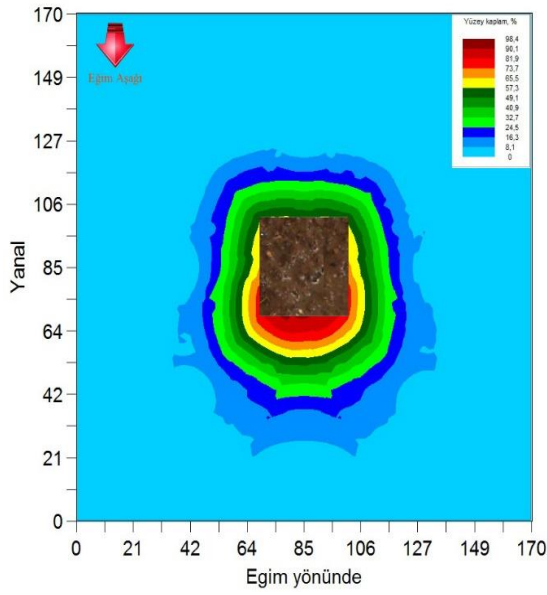
Şekil 4.2. Toprak2'nin yüzey kaplama oranının jeoistatistiksel dağılım haritaları



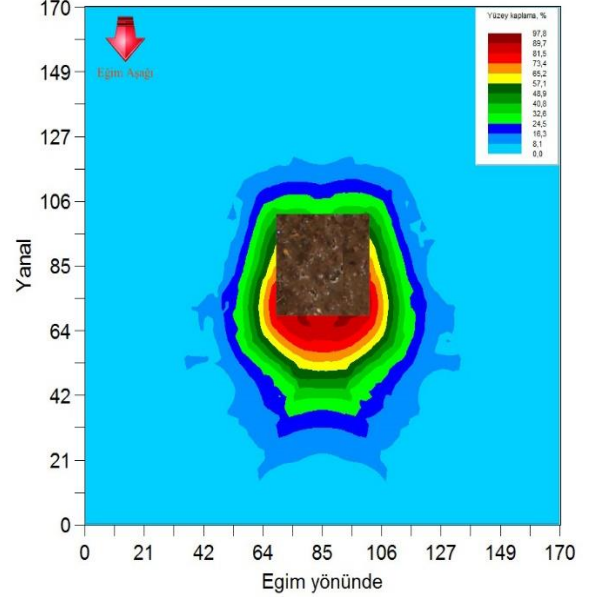
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

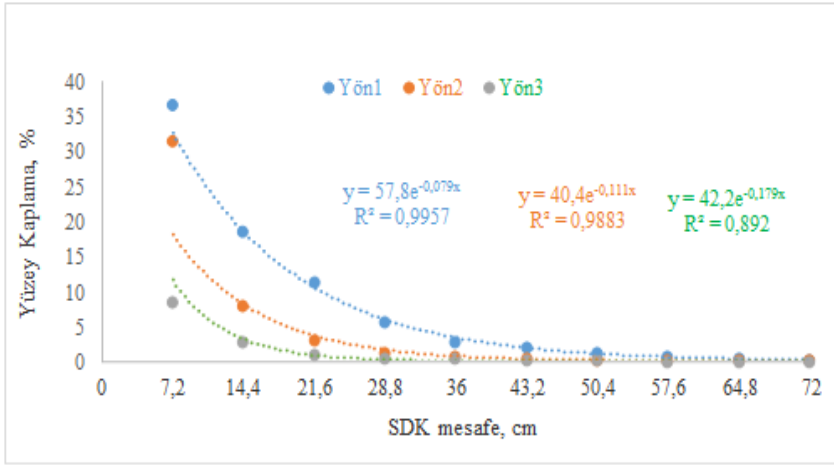


c) Kontrol grubu nemli durum

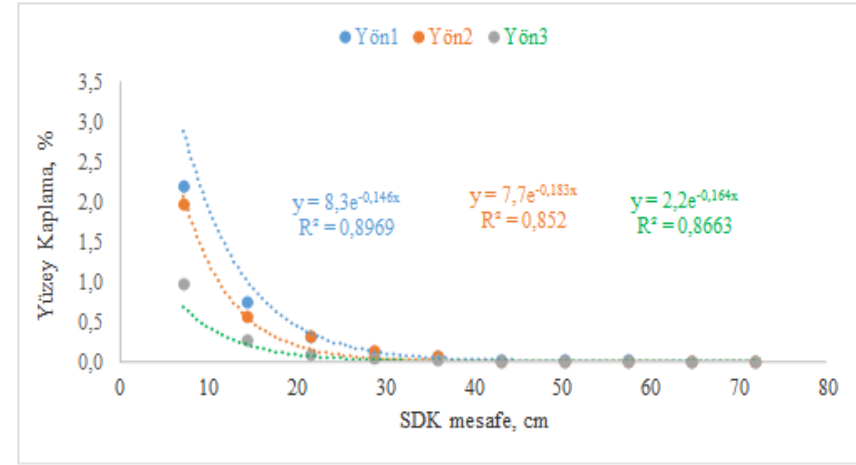


d) PVA grubu nemli durum

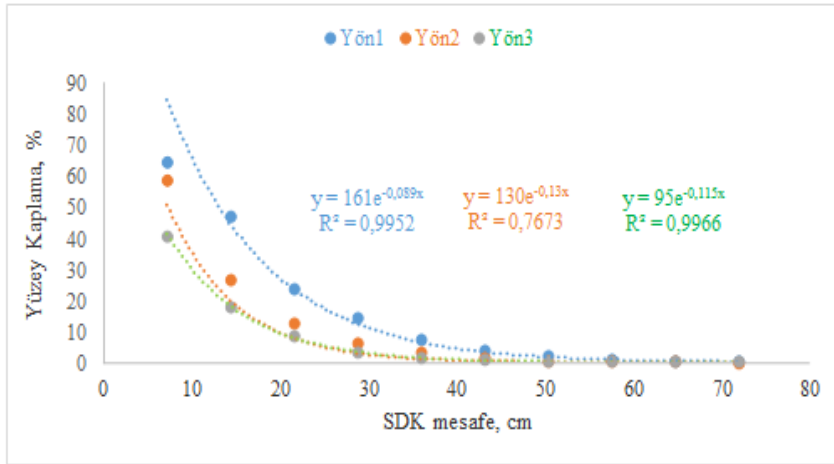
Şekil 4.3. Toprak3'ün yüzey kaplama oranının jeostatistiksel dağılım haritaları



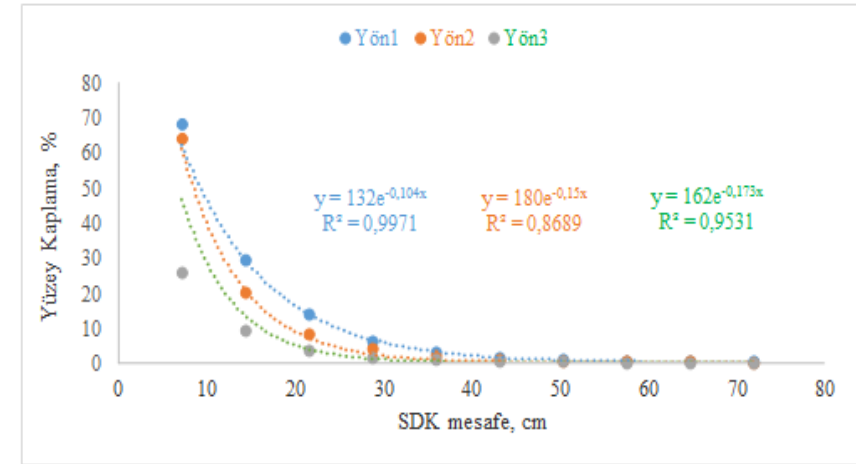
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

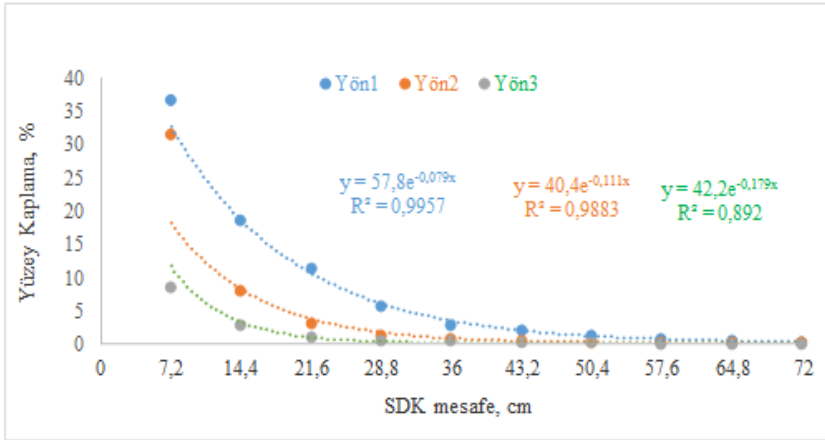


c) Kontrol grubu nemli durum

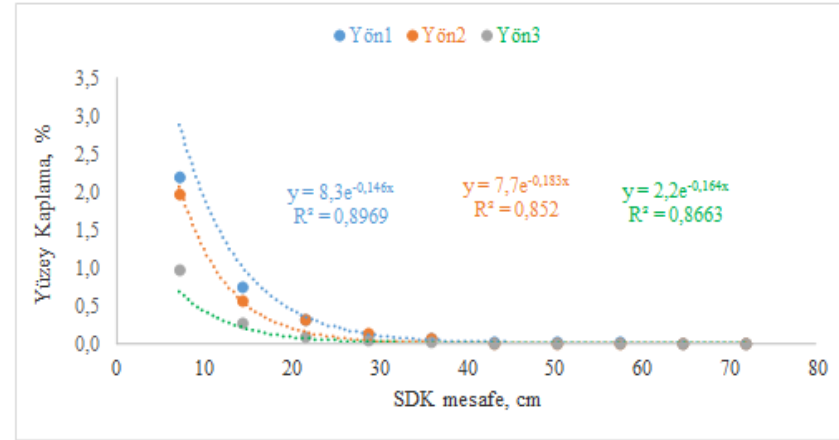


d) PVA grubu nemli durum

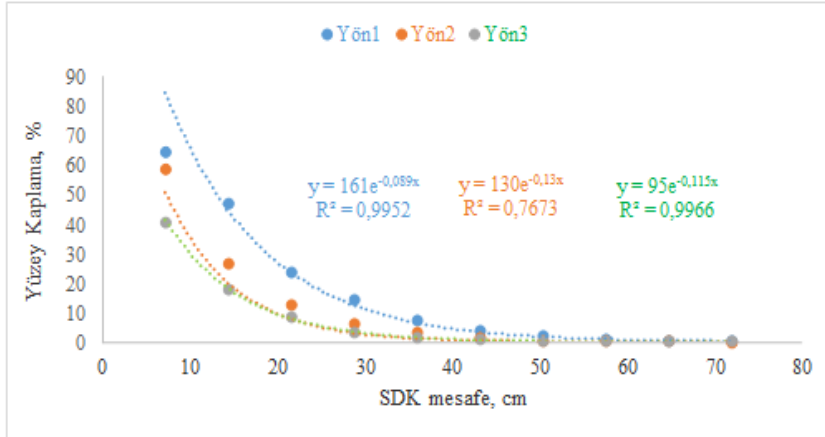
Şekil 4.4. Toprak1'in yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri



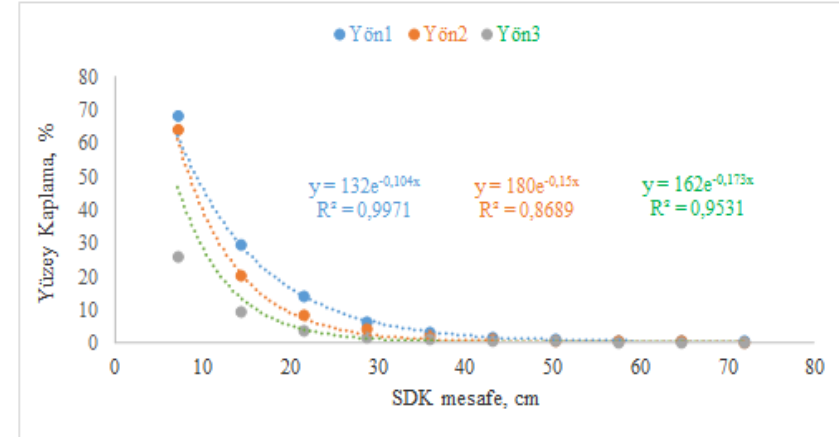
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

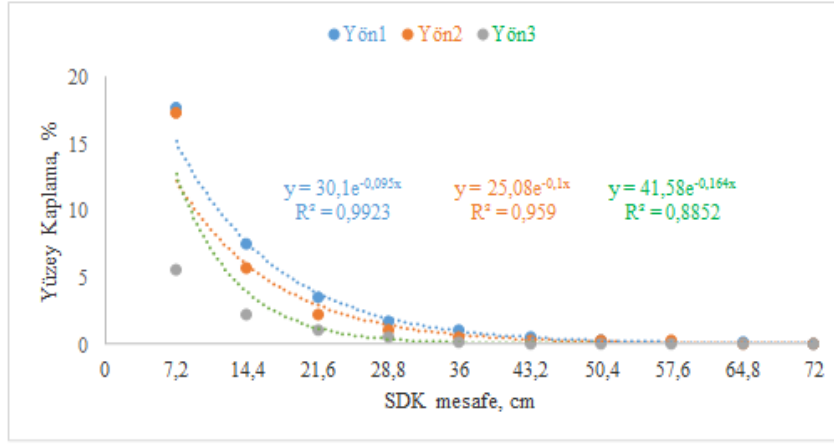


c) Kontrol grubu nemli durum

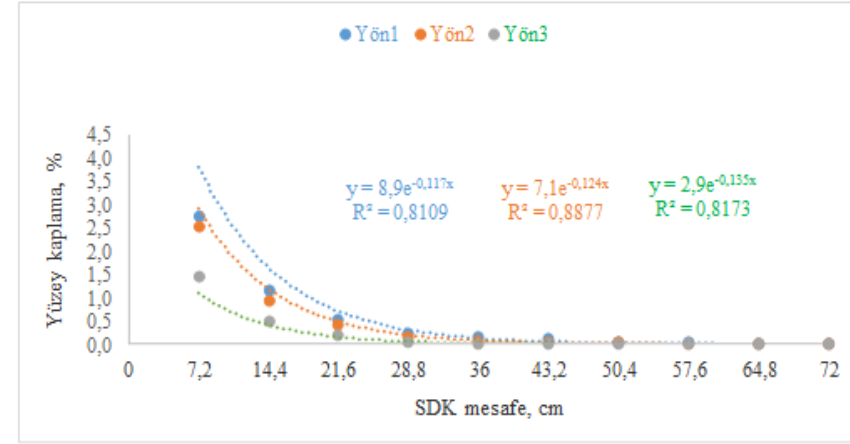


d) PVA grubu nemli durum

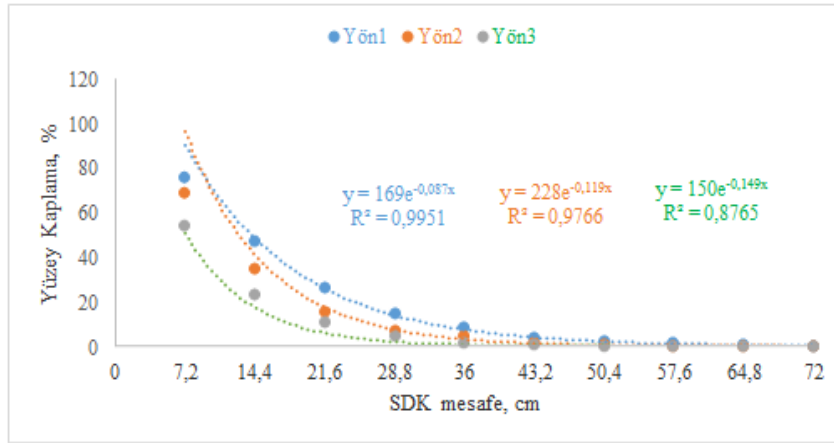
Şekil 4.5. Toprak2'nin yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri



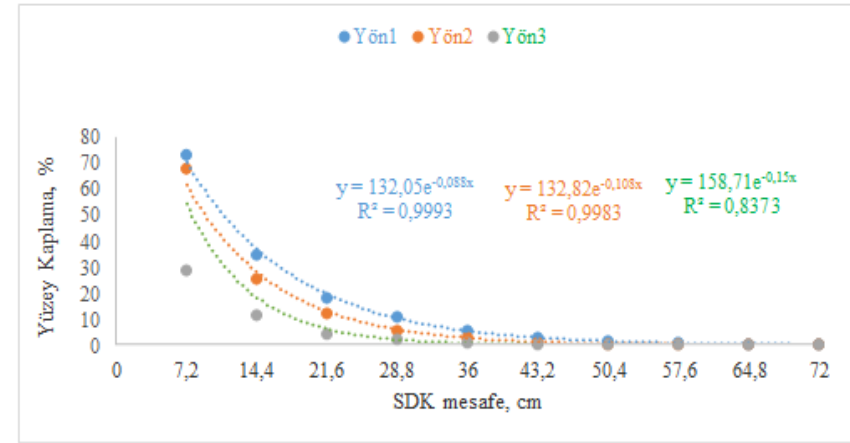
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum



c) Kontrol grubu nemli durum



d) PVA grubu nemli durum

Şekil 4.6. Toprak3'ün yüzey kaplama oranının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri

4.3.3. Sıçrama ile taşınan toprak miktarı

Yağmur damlalarının çarpma etkisi ile parçalanmış olan agregatlar ve dispers duruma geçen toprak tanecikleri, sıçrayan damlacıkların sahip oldukları enerjileriyle belirli bir yön ve mesafede taşınarak sıçrama erozyonuna neden olmaktadır (Young and Wiersma 1973; Meyer 1981; Kinnell 1990; Le Bissonnais 1996; Legout *et al.* 2005). Çalışmanın bu bölümünde; sıçrama erozyonu ile taşınan toprağın birim alandaki miktarları (g m^{-2}) toprak tipi, toprağın doygunluk derecesi, PVA uygulaması, sıçramanın meydana geldiği yön ve mesafe faktörleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Sıçramayla taşınmış olan birim alandaki toprak miktarları tüm faktörler dikkate alınarak değerlendirildiğinde; genel ortalama Toprak1’de $0,112 \text{ g m}^{-2}$, Toprak2’de $0,109 \text{ g m}^{-2}$ ve Toprak3’de $0,097 \text{ g m}^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Toprak1’de taşınmış olan toprak miktarı diğer topraklardan önemli düzeyde yüksek belirlenirken, Toprak3’de meydana gelen toprak kaybının önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. Toprak2’nin ise Toprak1 ve Toprak3’den farksız olduğu saptanmıştır. Genel ortalama sıçrama ile taşınan toprak miktarı en az kumlu-tınlı tekstür sınıfındaki toprakta belirlenmiştir. Sıçrama ile taşınan toprak miktarında toprak partiküllerinin kütlesinin çok önemli bir faktör olduğu belirten Poesen and Torri (1988), yapmış oldukları çalışmalarında kum içeriği yüksek olan toprakta sıçrama ile taşınan toprak miktarının daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Al-Durrah and Bradford (1982), Ekwue (1991) ve Angulo-Martínez *et al.* (2012) sıçrama ile taşınan toprak miktarı üzerine tekstürel yapının istatistiksel olarak önemsiz olduğunu belirtmektedirler.

Tüm topraklarda sıçrama ile taşınan toprak miktarları muamelelere göre karşılaştırıldığında, kontrol düzeyinde taşınan toprak miktarlarının PVA uygulaması sonrasındaki taşınan toprak miktarlarından önemli düzeyde ($p < 0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak1, Toprak2 ve Toprak3’ün kontrol düzeylerindeki ortalama taşınan toprak miktarları sırasıyla $0,146 \text{ g m}^{-2}$, $0,174 \text{ g m}^{-2}$ ve $0,141 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenirken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu değerler $0,080 \text{ g m}^{-2}$, $0,030 \text{ g m}^{-2}$ ve $0,053 \text{ g m}^{-2}$ ’ye düştüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). PVA uygulaması sonrasında

sıçrama ile taşınan toprak miktarları kontrolleri ile kıyaslandığında Toprak1’de %45, Toprak2’de %83 ve Toprak3’de %62 oranında azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır. Yağmur damlasının çarpma etkisi ile toprak partiküllerinin parçalanması ve dispersiyonunda damlanın enerjisi yanında toprak erodibilitesini etkileyen fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin ana faktör olduğu belirtilmektedir (Ekwue 1991; Angulo-Martínez *et al.* 2012). Toprak erodibilitesi üzerine doğrudan etkisi olan agregat stabilitesinin sıçrama ile taşınan toprak miktarı üzerine önemli düzeyde etkili olduğu ifade edilmektedir (Legout *et al.* 2005). PVA uygulaması ile agregat stabilitesi arasında çok önemli pozitif korelasyon (0,956**) belirlenirken, ortalama agregat stabilitesi ile sıçrayan toprak miktarı arasında ise çok önemli düzeyde negatif korelasyon (-0,157**) belirlenmiştir (**EK 1**). Elde edilen bulgular ve ilişkiler daha önce yapılmış olan çalışmalar ile örtüşmektedir.

Toprakların nemlilik durumuna göre sıçrayarak taşınan toprak miktarları genel olarak değerlendirildiğinde; Toprak1 ve Toprak2’nin hem kontrol hemde PVA uygulamalarında nemli durumunda taşınan toprak miktarları kuru durumda taşınan toprak miktarından önemli düzeyde ($p < 0,05$) daha düşüktür. Toprak3’ün kontrol düzeyinin kuru durumunda sıçrayan toprak miktarı nemli durumunda sıçrayan toprak miktarından daha yüksek olmasına rağmen, PVA uygulamasının nemli durumda sıçrayan toprak miktarının kuru durumda sıçrayan toprak miktarından önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak1’in hem kontrol hemde PVA uygulaması sonrasında kuru durumdaki sıçrayan toprak miktarları ortalama olarak $0,237 \text{ g m}^{-2}$ ve $0,123 \text{ g m}^{-2}$ iken, nemli durumdaki sıçrayan toprak miktarları $0,054 \text{ g m}^{-2}$ ve $0,037 \text{ g m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Söz konusu benzer durum Toprak2’de de görülmüş olup, Toprak1 ve Toprak2’de nem durumunun artmasıyla sıçrayan toprak miktarının azaldığı belirlenmiştir. Toprak3’ün kontrol düzeyinde de benzer bir değişim olmasına rağmen, PVA uygulamasının kuru durumda $0,040 \text{ g m}^{-2}$ belirlenirken nemli durumda sıçrama ile taşınan toprak miktarı $0,067 \text{ g m}^{-2}$ ’ye yükselmiştir (Çizelge 4.7). Toprak doygunluk derecesinin artmasıyla genel olarak sıçrayan toprak miktarının azaldığı iki değişken arasındaki korelasyon katsayısı ile de (-0,174**) ortaya konmaktadır (**EK 1**). Toprak yüzeyinde oluşan su filmi kalınlığının artması damlaların toprak ile doğrudan temasını

kestiği için sıçrayan toprak miktarının azalmasına sebep olmaktadır (Ghadiri and Payne 1986; Martínez-Mena *et al.* 1999; Kinnell 2005).

Toprak1'in kontrol grubunun kuru durumundaki sıçrayan toprak miktarı $0,237 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenmiş olup, söz konusu değer PVA uygulamasının kuru durumda $0,123 \text{ g m}^{-2}$ 'ye azaldığı belirlenmiştir. Kontrolün nemli durumunda sıçrayan toprak miktarı $0,054 \text{ g m}^{-2}$ iken PVA uygulamasının nemli durumunda sıçrayan toprak miktarı $0,037 \text{ g m}^{-2}$ 'ye düşmüştür. Benzer azalışlar araştırmada kullanılan diğer toprakların hem nemli hemde kuru durumunda da gerçekleşmiş olup, PVA uygulamasının sıçrayan toprak miktarını önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir. Tüm topraklarda PVA uygulaması sıçrayan toprak miktarını kontrole göre önemli düzeyde azaltmış olup, sıçrayan toprak miktarı ile agregat stabilitesi arasındaki negatif korelasyon ($-0,157^{**}$) bu ilişkiyi desteklemektedir (**EK 1**). Stabil agregatların yağmur damlalarının parçalayıcı etkisine karşı daha dirençli olduğu ve topraktaki stabil agregat oranının artmasının hem sıçrama ile hemde yüzey akış kayıplarını önemli düzeyde azalttığı bildirilmiştir (Mbagwu and Bazzoffi 1998; Barthès and Roose 2002; Leguëdois and Le Bissonnais 2004; Wuddivira *et al.* 2009; Vermang *et al.* 2009; Ma *et al.* 2014).

Sıçrama ile taşınan toprak miktarları taşındıkları yöne göre değerlendirildiğinde, araştırma konusu toprakların tüm durumlarında en yüksek miktarda taşınım eğim aşağı yön olan Yön1'de belirlenirken en düşük taşınım miktarı eğim yukarı yön olan Yön3'de belirlenmiştir. Tüm topraklarda yönler göre sıçrayan toprak miktarları toprakların nemlilik durumları dikkate alınarak karşılaştırıldığında, aynı yön için kuru durumundaki topraktan nemli durumundaki toprağa göre daha fazla taşınımın meydana geldiği saptanmıştır. Ayrıca, her bir yönde sıçrama ile taşınan toprak miktarları üzerine PVA uygulamasının önemli düzeyde azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Toprak1'de yönler göre genel ortalama sıçrama ile taşınan toprak miktarları Yön1'de $0,166 \text{ g m}^{-2}$, Yön2'de $0,119 \text{ g m}^{-2}$ ve Yön3'de $0,053 \text{ g m}^{-2}$; Toprak2'de bu değerler $0,170 \text{ g m}^{-2}$, $0,097 \text{ g m}^{-2}$ ve $0,038 \text{ g m}^{-2}$ ve Toprak3'de $0,125 \text{ g m}^{-2}$, $0,103 \text{ g m}^{-2}$, ve $0,063 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenmiş (Çizelge 4.7) olup, yönler arasında taşınan toprak miktarları bakımından önemli düzeyde ($p < 0,05$) farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Toprak1'den sıçrama ile taşınan toplam toprak miktarının %49'u Yön1'de, %35'i Yön2'de ve %16'sı Yön3 doğrultusunda meydana gelmiştir. Bu oransal taşınımlar Toprak2 için Yön1'de %56, Yön2'de %32 ve Yön3'de %12 olarak, Toprak3 için ise Yön1'de %43, Yön2'de %35 ve Yön3'de %22 olarak hesap edilmiştir. Sıçrama ile taşınan toprak miktarı üzerine yönün çok önemli bir faktör olduğunu Bancy (1994), Wainwright (1996) ve Grismer (2012;) yapmış oldukları çalışmalarda da belirtmekte olup, eğim aşağı yönde daha fazla taşınımın meydana geldiğini ifade etmektedirler.

Tüm topraklarda sıçrama ile taşınan toprak miktarları SDK mesafesine göre değerlendirildiğinde; hem kontrol hemde PVA uygulamasında, kuru ve nemli durumda, her üç yönde de en yüksek taşınımın 1.SDK mesafesinde meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.7). SDK mesafesinin artmasıyla sıçrama ile taşınan toprak miktarında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalışların meydana geldiği saptanmış olup, SDK mesafesi ile sıçrayarak uzaklaşan toprak miktarı arasında da çok önemli düzeyde negatif korelasyon ($-0,433^{**}$) belirlenmiştir (**EK 4**).

Genel ortalamada sıçramayla taşınan toprak miktarları mesafeye göre değerlendirildiğinde; Toprak1'de toplam toprak miktarı 1.SDK mesafesinden 10. SDK mesafesine doğru sırasıyla %66,1 - %18,7 - %8,0 - %3,7 - %1,8 - %1,0 - %0,4 - %0,3 - %0,1 ve %0 olarak hesaplanmıştır. Toplam sıçramanın %96,5'inin ilk 4 SDK mesafesinde meydana geldiği, söz konusu mesafeden sonra sıçrama ile taşınımın çok önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Toprak2'de SDK mesafesine göre genel ortalamada sıçrayan toprak miktarlarının oranları sırasıyla %64,2 - %18,6 - %8,7 - %3,8 - %1,9 - %1,5 - %0,6 - %0,4 - %0,2 ve %0,1 olarak belirlenirken bu oranlar Toprak3'de %64,4 - %17,2 - %7,6 - %4,6 - %2,3 - %1,4 - %1,2 - %0,6 - %0,4 ve %0,2 olarak belirlenmiştir. Toprak2'de toplam sıçramanın %95,4'ü, Toprak3'de ise %93,8'i Toprak1'de olduğu gibi ilk 4 SDK mesafesinde meydana geldiği saptanmıştır. Savat and Poesen (1981), Poesen and Savat (1981), Riezebos and Eperma (1985), Torri *et al.* (1987) and Van Dijk *et al.* (2002); Legout *et al.* (2005) yapmış oldukları çalışmalarında da sıçrama ile en fazla taşınımın kısa mesafelerde meydana geldiğini ve mesafenin artmasıyla taşınan toprak miktarının önemli düzeyde azaldığını belirtmektedirler.

Sıçrama ile taşınan toprak miktarı ile toprak tipi, muamele, nem durumu, yön ve SDK mesafesi arasındaki ilişkiler ve değişimler Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’de görülmektedir. Ayrıca, sıçrama ile taşınan toprak miktarının söz konusu bağımsız değişkenlere göre yersel dağılım haritaları Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilmiştir. Şekil 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12’de sıçrama ile taşınan toprak miktarının değişkenliği üzerine; toprak tipinin, muamelenin, nem durumunun, yönün ve SDK mesafesinin önemli düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

Sıçrama ile taşınan toprak miktarının dağılım paternlerini belirlemek için Gaussian ve Spherical semivariogram modelleri en uygun modeller olarak belirlenmiş olup, model parametreleri Çizelge 4.8’de, dağılım haritaları Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilmiştir. Tüm topraklarda sıçrama ile taşınan toprak miktarının CV değerleri %193 ile %244 arasında değişmektedir. Belirlenmiş olan CV değerleri, Wilding (1985)’in varyasyon katsayısına göre çok önemli düzeyde değişken grup olarak değerlendirdiği %35 değerinden daha yüksek olduğu için sıçrama ile taşınan toprak miktarları çok önemli düzeyde değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, sıçrama ile taşınan toprak miktarının yersel bağımlılık dereceleri (C_0/C_0+C), Toprak1’de %0,08 ile %8,19 arasında, Toprak2’de %0,04 ile %4,45 arasında ve Toprak3’de %0,04 ile %0,10 arasında değiştiği hesaplanmış olup, Cambardella *et al.* (1994)’e göre (<%25) çok güçlü yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Sıçrayan toprak miktarının (g m^{-2}) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK Mesafe,										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Toprak1	Kontrol	Kuru	Yön1	2,189±0,03a	0,760±0,24b	0,332±0,16c	0,119±0,09d	0,062±0,02d	0,036±0,02d	0,016±0,01d	0,010±0,01d	0,004±0,0001d	0±0,0d	0,353±0,66A	0,237±0,51A	0,146±0,39A	
			Yön2	1,770±0,24a	0,550±0,11b	0,203±0,09c	0,111±0,01cd	0,052±0,02cd	0,033±0,01d	0,019±0,01d	0,009±0,01d	0±0,0d	0±0,0d	0,275±0,54B			
			Yön3	0,556±0,19a	0,160±0,13b	0,071±0,04bc	0,031±0,02bc	0,018±0,02c	0,008±0,01c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0,085±0,18C			
		Kontrol-Kuru-Ortalama		1,505±0,75a	0,491±0,30b	0,202±0,15c	0,087±0,06d	0,044±0,03d	0,025±0,02d	0,0112±0,01d	0,007±0,01d	0,001±0,01d	0±0,0d				
		Nemli	Yön1	0,520±0,32a	0,065±0,04b	0,049±0,03b	0,025±0,03b	0,012±0,01b	0,007±0,01b	0,003±0,01b	0,003±0,01b	0,0004±0,01b	0±0,0b	0,068±0,18A			0,054±0,14B
			Yön2	0,492±0,01a	0,072±0,01b	0,040±0,02b	0,019±0,01b	0,008±0,01b	0,005±0,01b	0,002±0,01b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0,064±0,15A			
			Yön3	0,180±0,12a	0,060±0,04b	0,024±0,02b	0,019±0,02b	0,006±0,01b	0,003±0,01b	0±0,0b	0,0004±0,01b	0±0,0b	0±0,0b	0,029±0,06B			
		Kontrol-Nemli-Ortalama		0,397±0,23a	0,066±0,03b	0,038±0,02b	0,021±0,02b	0,009±0,01b	0,005±0,01b	0,002±0,003b	0,001±0,002b	0,0001±0,001b	0±0,0b				
		Kontrol-Ortalama		0,951±0,78a	0,278±0,30b	0,112±0,13c	0,054±0,06d	0,026±0,03d	0,015±0,02d	0,0080,01d	0,004±0,01d	0,0008±0,002d	0±0,0d				
	PVA	Kuru	Yön1	1,205±0,36a	0,440±0,29b	0,132±0,08c	0,064±0,04c	0,022±0,01c	0,007±0,004c	0,005±0,004c	0,005±0,005c	0±0,0c	0±0,0c	0,188±0,39A	0,123±0,28A	0,080±0,21B	
			Yön2	0,763±0,28a	0,134±0,07b	0,064±0,02b	0,029±0,01b	0,016±0,01b	0,012±0,01b	0,003±0,005b	0,001±0,002b	0±0,0b	0±0,0b	0,102±0,24B			
			Yön3	0,521±0,10a	0,138±0,04b	0,066±0,06bc	0,043±0,03c	0,013±0,01c	0,004±0,001c	0,004±0,001c	0,001±0,002c	0,001±0,002c	0±0,0c	0,079±0,16B			
		PVA-Kuru-Ortalam		0,830±0,38a	0,237±0,21b	0,087±0,06c	0,045±0,03c	0,017±0,01c	0,008±0,01c	0,004±0,003c	0,002±0,003c	0,0004±0,001c	0±0,0c				
		Nemli	Yön1	0,382±0,09a	0,055±0,03b	0,047±0,03b	0,031±0,01b	0,023±0,02b	0,008±0,01b	0,002±0,003b	0,001±0,001b	0±0,0b	0±0,0b	0,055±0,11A			0,037±0,09B
			Yön2	0,274±0,03a	0,050±0,01b	0,026±0,01c	0,011±0,002cd	0,005±0,002cd	0,004±0,006cd	0,001±0,002d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0,037±0,08B			
			Yön3	0,127±0,02a	0,044±0,01b	0,021±0,01c	0,003±0,005d	0,002±0,003d	0,001±0,002d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0±0,0d	0,020±0,04C			
		PVA-Nemli-Ortalama		0,261±0,12a	0,050±0,02b	0,031±0,02bc	0,015±0,01cd	0,01±0,02cd	0,004±0,008d	0,001±0,002d	0,0002±0,001d	0±0,0d	0±0,0d				
		PVA-Ortalama		0,545±0,40a	0,143±0,18b	0,059±0,05c	0,030±0,03cd	0,014±0,01cd	0,006±0,01cd	0,002±0,003d	0,001±0,003d	0,0002±0,0009d	0±0,0d				
	YÖN	Yön1 Ort.	1,074±0,78a	0,330±0,35b	0,140±0,15c	0,060±0,06cd	0,030±0,03d	0,015±0,02d	0,006±0,007d	0,004±0,006d	0,001±0,002d	0±0,0d	0,166±0,41A				
		Yön2 Ort.	0,825±0,62a	0,202±0,22b	0,083±0,08c	0,042±0,04cd	0,020±0,02d	0,013±0,01d	0,006±0,01d	0,003±0,005d	0±0,0d	0±0,0d	0,119±0,32B				
		Yön3 Ort.	0,346±0,23a	0,101±0,08b	0,046±0,04c	0,024±0,03cd	0,010±0,01cd	0,004±0,01d	0,001±0,002d	0,001±0,001d	0,0004±0,001d	0±0,0d	0,053±0,13C				
	Toprak1 Genel Ortalama		0,748±0,65a	0,211±0,25b	0,090±0,10c	0,042±0,05d	0,020±0,01de	0,011±0,007de	0,005±0,005de	0,003±0,001e	0,001±0,001e	0,000±0,0e					

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.7. (devam)

	Muamele	Doygunluk	YÖN	SDK Mesafe										YÖN Ortalamı	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalama	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Toprak2	Kontrol	Kuru	Yön1	3,270±0,36a	1,049±0,64b	0,591±0,35c	0,261±0,12cd	0,140±0,10cd	0,112±0,05cd	0,056±0,05d	0,038±0,04d	0,025±0,02d	0,011±0,01d	0,555±0,99A	0,312±0,71A	0,174±0,52A	
			Yön2	2,037±0,38a	0,528±0,16b	0,156±0,11c	0,061±0,05c	0,032±0,02c	0,033±0,02c	0,007±0,01c	0,002±0,002c	0,001±0,001c	0,001±0,001c	0,286±0,62B			
			Yön3	0,689±0,18a	0,146±0,09b	0,051±0,05bc	0,038±0,04bc	0,024±0,03bc	0,008±0,01c	0,004±0,01c	0±0,00c	0,001±0,001c	0,001±0,001c	0,096±0,21C			
		Kontrol-Kuru-Ortalama															
				1,999±1,15a	0,574±0,51b	0,266±0,31c	0,120±0,13cd	0,065±0,08d	0,051±0,05d	0,022±0,04d	0,013±0,03d	0,009±0,02d	0,004±0,01d				
		Nemli	Yön1	0,229±0,03a	0,100±0,03b	0,085±0,04b	0,023±0,03c	0,007±0,01c	0,007±0,01c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	0,045±0,07A	0,035±0,07B		
			Yön2	0,235±0,05a	0,063±0,03b	0,023±0,01c	0,014±0,02c	0,006±0,01c	0,015±0,03c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	0±0,00c	0,036±0,07AB			
			Yön3	0,171±0,09a	0,058±0,05b	0,012±0,01b	0,006±0,01b	0,001±0,001b	0±0,00b	0±0,00b	0±0,00b	0±0,00b	0±0,00b	0,025±0,06B			
		Kontrol-Nemli-Ortalama															
				0,211±0,06a	0,074±0,04b	0,040±0,04b	0,014±0,02d	0,005±0,01d	0,007±0,02d	0±0,00d	0±0,00d	0±0,00d	0±0,00d				
	Kontrol-Ortalama				1,105±1,21a	0,324±0,44b	0,153±0,24c	0,067±0,10d	0,035±0,06d	0,029±0,04d	0,011±0,03d	0,007±0,02d	0,004±0,01d	0,002±0,01d			
	PVA	Kuru	Yön1	0,333±0,15a	0,086±0,05b	0,036±0,02b	0,016±0,01b	0,006±0,01b	0,001±0,001b	0,001±0,002b	0,002±0,003b	0±0,00b	0±0,00b	0,048±0,11A	0,036±0,08A	0,030±0,07B	
			Yön2	0,274±0,06a	0,084±0,04b	0,035±0,005c	0,021±0,01c	0,005±0,003c	0±0,00c	0±0,00c	0,001±0,001c	0±0,00c	0±0,00c	0,042±0,08A			
			Yön3	0,116±0,03a	0,034±0,004b	0,014±0,01c	0,005±0,004c	0,0004±0,001c	0±0,00c	0±0,00c	0,001±0,002c	0±0,00c	0±0,00c	0,017±0,04B			
		PVA-Kuru-Ortalama															
				0,241±0,13a	0,068±0,04b	0,028±0,02c	0,014±0,01c	0,004±0,004c	0,0004±0,001c	0,0003±0,001c	0,001±0,002c	0±0,00c	0±0,00c				
		Nemli	Yön1	0,210±0,07a	0,053±0,04b	0,028±0,02bc	0,014±0,02bc	0,006±0,005bc	0,003±0,005c	0,001±0,001c	0±0,00c	0,002±0,003c	0,001±0,001c	0,032±0,07A	0,024±0,05B		
			Yön2	0,189±0,06a	0,039±0,01b	0,024±0,01b	0,003±0,002b	0±0,00b	0,001±0,002b	0±0,00b	0±0,00b	0±0,00b	0±0,00b	0,026±0,06AB			
			Yön3	0,097±0,02a	0,036±0,01b	0,017±0,005c	0,004±0,003cd	0,001±0,002d	0,001±0,002d	0±0,00d	0±0,00d	0±0,00d	0±0,00d	0,016±0,03B			
		PVA-Nemli-Ortalama															
				0,166±0,07a	0,042±0,02b	0,023±0,01c	0,007±0,01cd	0,003±0,004d	0,002±0,003d	0,0002±0,001d	0±0,00d	0,001±0,002d	0,0002±0,001d				
	PVA-Ortalama				0,203±0,11a	0,055±0,03b	0,026±0,01c	0,010±0,01cd	0,003±0,004d	0,001±0,002d	0,0002±0,001d	0,001±0,002d	0±0,00d	0±0,00d			
	YÖN	Yön1 Ort.	1,010±1,37a	0,322±0,52b	0,185±0,29c	0,079±0,12cd	0,04±0,07d	0,031±0,05d	0,014±0,03d	0,010±0,02d	0,007±0,07d	0,003±0,01d	0,170±0,55A				
Yön2 Ort.		0,683±0,83a	0,179±0,22b	0,059±0,07c	0,025±0,03c	0,011±0,02c	0,012±0,02c	0,002±0,004c	0,001±0,001c	0,0001±0,0006c	0,0001±0,0006c	0,097±0,33B					
Yön3 Ort.		0,268±0,27a	0,068±0,06b	0,023±0,03c	0,013±0,02c	0,007±0,02c	0,002±0,01c	0,001±0,003c	0,0003±0,001c	0,0001±0,0006c	0,0001±0,0006c	0,038±0,12C					
Toprak2 Genel Ortalama				0,654±0,96a	0,190±0,33b	0,089±0,18c	0,039±0,08d	0,019±0,05d	0,015±0,03d	0,006±0,02d	0,004±0,01d	0,002±0,01d	0,001±0,004d				

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

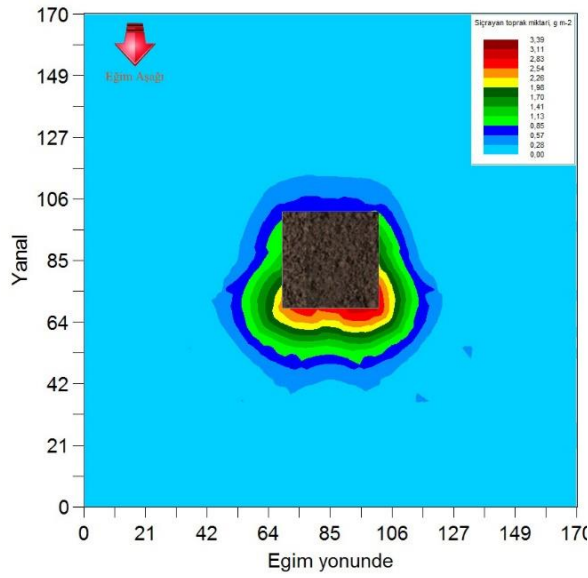
Çizelge 4.7. (devam)

	Muamele	Doygunluk	YÖN	WSP Mesafe, Sıçrayan Toprak Miktarı										YÖN Ortalama	Doygunluk Ortalama	Muamele Ortalaması
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Toprak3	Kontrol	Kuru	Yön1	1,624±0,39a	0,368±0,35b	0,185±0,15bc	0,132±0,16bc	0,055±0,05bc	0,033±0,03bc	0,037±0,02bc	0,021±0,01bc	0,021±0,01bc	0,015±0,01c	0,249±0,50A	0,207±0,43A	0,141±0,33A
			Yön2	1,509±0,36a	0,460±0,34b	0,177±0,11c	0,083±0,05c	0,043±0,02c	0,024±0,02c	0,029±0,02c	0,011±0,005c	0,005±0,005c	0,001±0,002c	0,234±0,47A		
			Yön3	1,018±0,25a	0,172±0,04b	0,070±0,03bc	0,043±0,03bc	0,020±0,02c	0,015±0,01c	0,013±0,01c	0,007±0,01c	0,004±0,004c	0,001±0,002c	0,136±0,31B		
		Kontrol-Kuru-Ortalama	1,384±0,40a	0,333±0,27b	0,144±0,11c	0,086±0,09c	0,039±0,03c	0,024±0,02c	0,026±0,02c	0,013±0,01c	0,010±0,01c	0,006±0,01c				
		Nemli	Yön1	0,545±0,40a	0,217±0,13b	0,089±0,03b	0,070±0,05b	0,024±0,02b	0,028±0,01b	0,023±0,02b	0,008±0,004b	0,012±0,01b	0,008±0,01b	0,102±0,20A	0,076±0,15B	
			Yön2	0,456±0,12a	0,121±0,06b	0,041±0,01c	0,027±0,01c	0,023±0,01c	0,015±0,001c	0,010±0,002c	0,004±0,002c	0,003±0,001c	0,004±0,003c	0,070±0,14AB		
			Yön3	0,356±0,09a	0,081±0,07b	0,039±0,02bc	0,028±0,01bc	0,012±0,004bc	0,012±0,004bc	0,005±0,002c	0,003±0,003c	0,003±0,002c	0,001±0,001c	0,054±0,11B		
		Kontrol-Nemli-Ortalama	0,452±0,23a	0,140±0,10b	0,057±0,03c	0,042±0,03c	0,020±0,01c	0,018±0,01c	0,013±0,01c	0,005±0,003c	0,006±0,01c	0,004±0,01c				
		Kontrol-Ortalama	0,918±0,57a	0,237±0,22b	0,100±0,09c	0,064±0,07cd	0,029±0,03cd	0,021±0,01cd	0,020±0,02cd	0,009±0,01d	0,008±0,01d	0,005±0,01d				
	PVA	Kuru	Yön1	0,322±0,06a	0,084±0,02b	0,042±0,02c	0,024±0,01c	0,020±0,03c	0,010±0,02c	0,013±0,02c	0,004±0,004c	0±0,0c	0±0,0c	0,052±0,10A	0,040±0,08B	0,053±0,11B
			Yön2	0,296±0,12a	0,081±0,02b	0,039±0,01bc	0,015±0,01bc	0,017±0,01bc	0,005±0,01c	0,001±0,002c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0,045±0,09A		
			Yön3	0,125±0,06a	0,044±0,02b	0,037±0,03bc	0,007±0,01bc	0,003±0,005c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0±0,0c	0,021±0,04B		
		PVA-Kuru-Ortalama	0,248±0,12a	0,070±0,03b	0,039±0,02c	0,016±0,01cd	0,013±0,02cd	0,005±0,01d	0,005±0,01d	0,001±0,003d	0±0,0d	0±0,0d				
		Nemli	Yön1	0,495±0,08a	0,205±0,08b	0,097±0,04c	0,075±0,04cd	0,038±0,01cd	0,024±0,01cd	0,006±0,01d	0,007±0,01d	0,001±0,001d	0±0,0d	0,095±0,15A	0,067±0,14A	
			Yön2	0,472±0,21a	0,085±0,05b	0,044±0,01b	0,019±0,02b	0,008±0,004b	0,005±0,01b	0,001±0,002b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0,063±0,15B		
			Yön3	0,283±0,14a	0,080±0,03b	0,028±0,01b	0,016±0,01b	0,008±0,004b	0,001±0,002b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0±0,0b	0,042±0,09B		
		PVA-Nemli-Ortalama	0,416±0,17a	0,123±0,08b	0,056±0,04c	0,037±0,04c	0,018±0,02c	0,010±0,01c	0,002±0,01c	0,002±0,005c	0,0002±0,001c	0±0,0c				
		PVA-Ortalama	0,332±0,16a	0,097±0,06b	0,048±0,03c	0,026±0,03cd	0,015±0,02d	0,008±0,01d	0,004±0,01d	0,002±0,004d	0,0001±0,0005d	0±0,0d				
	YÖN	Yön1 Ort.	0,747±0,59a	0,219±0,19b	0,103±0,09c	0,075±0,08c	0,034±0,03c	0,024±0,02c	0,020±0,02c	0,010±0,01c	0,008±0,01c	0,006±0,01c	0,125±0,29A			
		Yön2 Ort.	0,683±0,54a	0,187±0,22b	0,075±0,08c	0,036±0,04c	0,023±0,02c	0,012±0,01c	0,010±0,02c	0,004±0,01c	0,002±0,003c	0,001±0,002c	0,103±0,27A			
		Yön3 Ort.	0,445±0,38a	0,094±0,06b	0,044±0,03c	0,024±0,02c	0,010±0,01c	0,007±0,01c	0,005±0,01c	0,003±0,004c	0,002±0,003c	0,001±0,001c	0,063±0,18B			
	Toprak3 Genel Ortalama			0,625±0,51a	0,167±0,18b	0,074±0,07c	0,045±0,05cd	0,022±0,02d	0,014±0,01d	0,012±0,01d	0,006±0,006d	0,004±0,007d	0,002±0,006d			

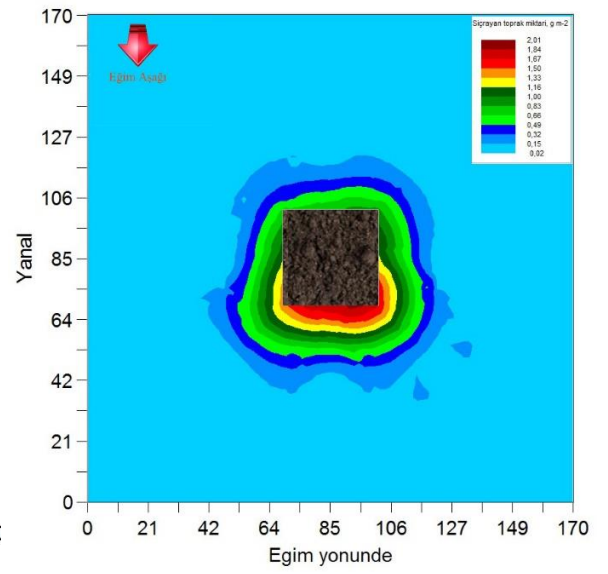
*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır. ** 1 SDK mesafesi 7,6 cm uzunluğundadır.

Çizelge 4.8. Sıçrayan toprak miktarının (g m^{-2}) tanımlayıcı istatistikleri, semivariogram model ve model parametreleri

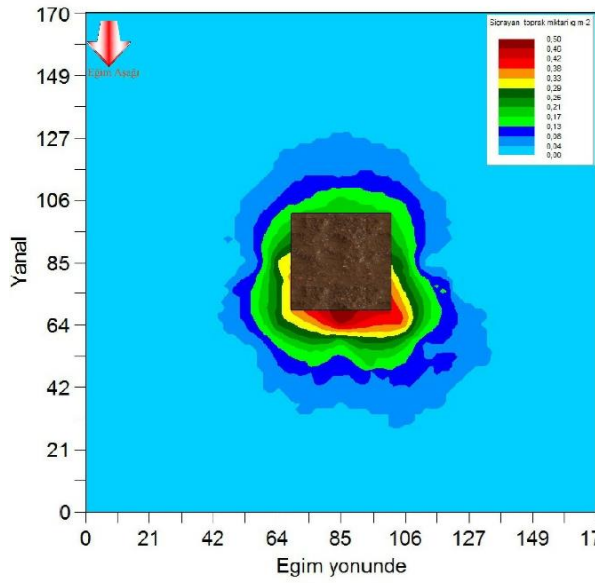
Sıçrayan Toprak Miktarı, g m^{-2}													
	Uygulama	Doygunluk	Min.	Mak.	Mean	Std.	CV (%)	Model	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	C_0/C_0+C	Range of influence (A_0) (m)	r^2
Toprak1	Kontrol	Üst(Kuru)	0,00	2,44	0,215	0,487	227	Gaussian	0,01	0,346	2,89	35,51	0,850
		Alt(Nemli)	0,00	0,50	0,044	0,092	209	Spherical	0,00001	0,0123	0,08	42,40	0,784
	PVA	Üst(Kuru)	0,00	1,75	0,164	0,352	215	Gaussian	0,0148	0,1806	8,19	36,20	0,817
		Alt(Nemli)	0,00	0,38	0,037	0,082	222	Gaussian	0,00054	0,00968	5,58	34,60	0,841
Toprak2	Kontrol	Üst(Kuru)	0,00	4,62	0,312	0,760	244	Gaussian	0,024	0,863	2,78	35,85	0,814
		Alt(Nemli)	0,00	0,26	0,03	0,058	193	Gaussian	0,00021	0,00472	4,45	37,07	0,889
	PVA	Üst(Kuru)	0,00	0,49	0,034	0,082	241	Spherical	0,00001	0,00982	0,10	40,60	0,746
		Alt(Nemli)	0,00	0,19	0,02	0,043	215	Spherical	0,000001	0,00266	0,04	39,40	0,796
Toprak3	Kontrol	Üst(Kuru)	0,00	1,93	0,192	0,411	214	Spherical	0,0001	0,2442	0,04	40,9	0,801
		Alt(Nemli)	0,00	0,70	0,045	0,100	222	Spherical	0,00001	0,01482	0,07	40,5	0,705
	PVA	Üst(Kuru)	0,00	0,39	0,039	0,083	213	Spherical	0,00001	0,00982	0,10	40,40	0,806
		Alt(Nemli)	0,00	0,66	0,064	0,135	211	Spherical	0,00001	0,02652	0,04	42,80	0,737



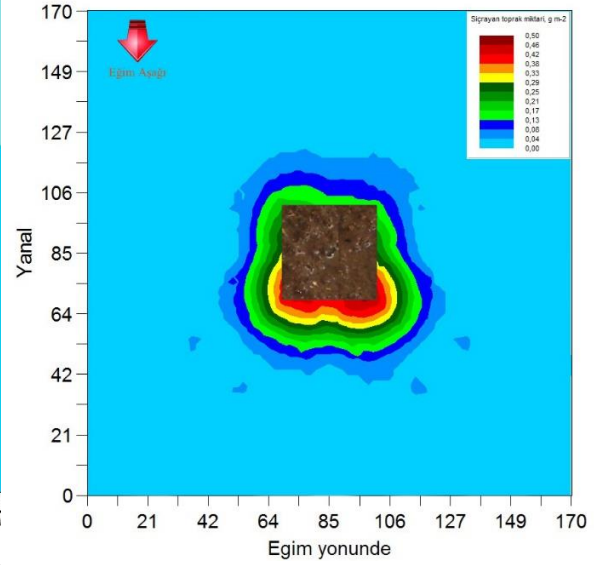
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

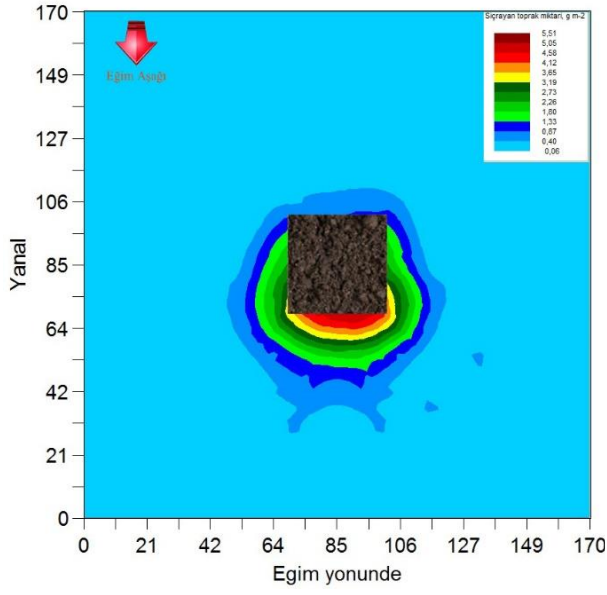


c) Kontrol grubu nemli durum

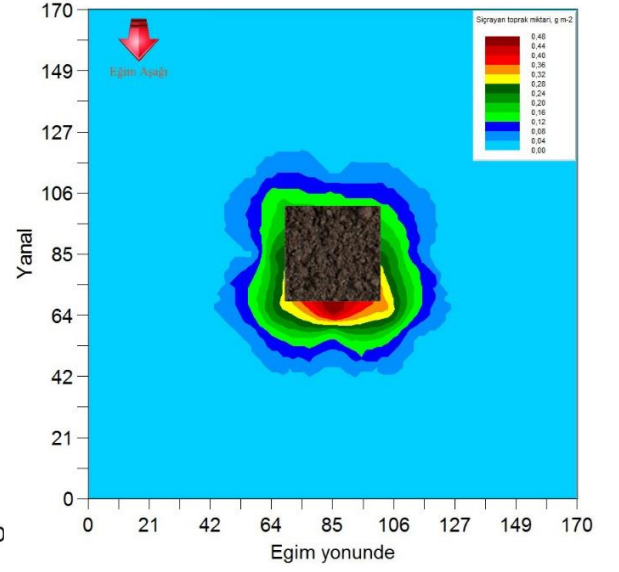


d) PVA grubu nemli durum

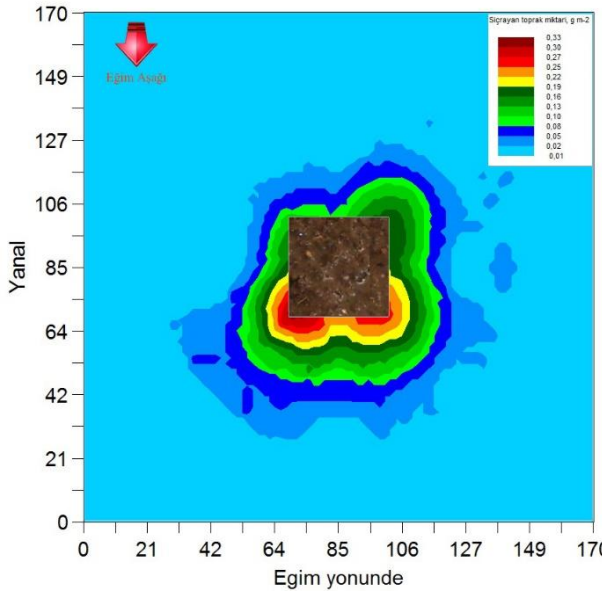
Şekil 4.7. Toprak1'in sızdıran toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları



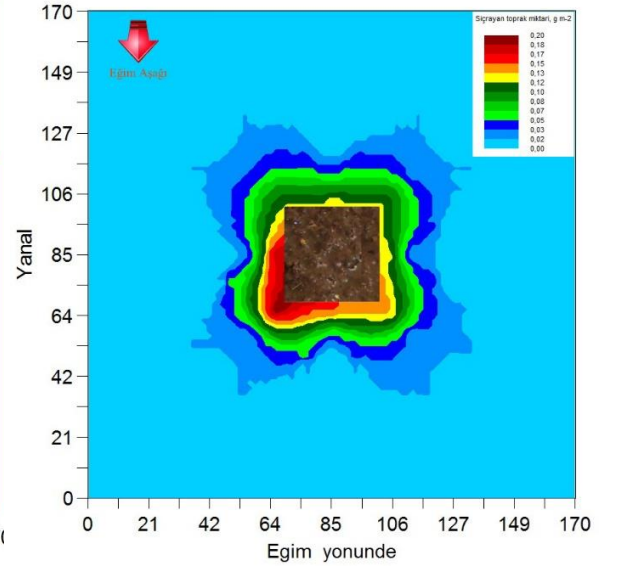
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

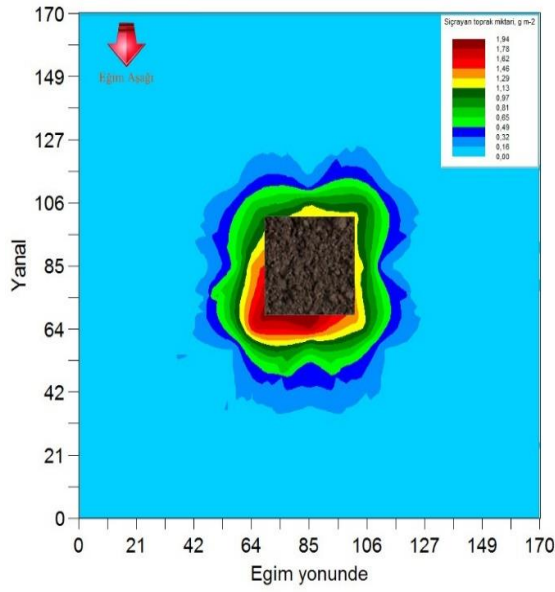


c) Kontrol grubu nemli durum

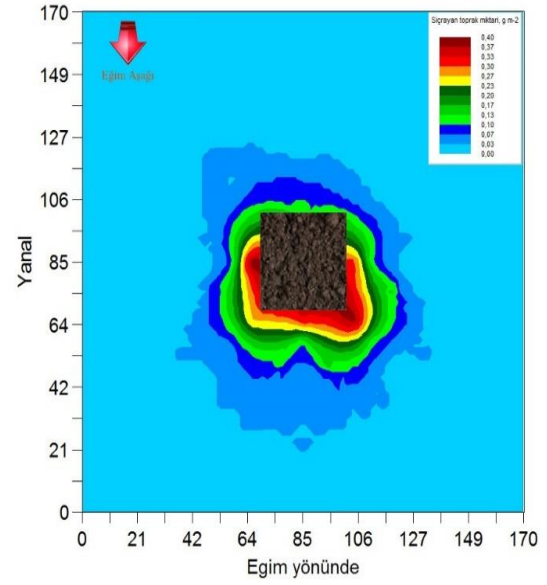


d) PVA grubu nemli durum

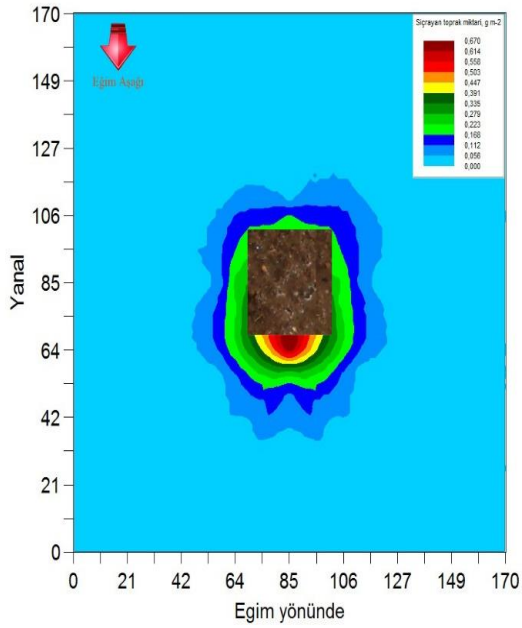
Şekil 4.8. Toprak2'nin sıçrayan toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları



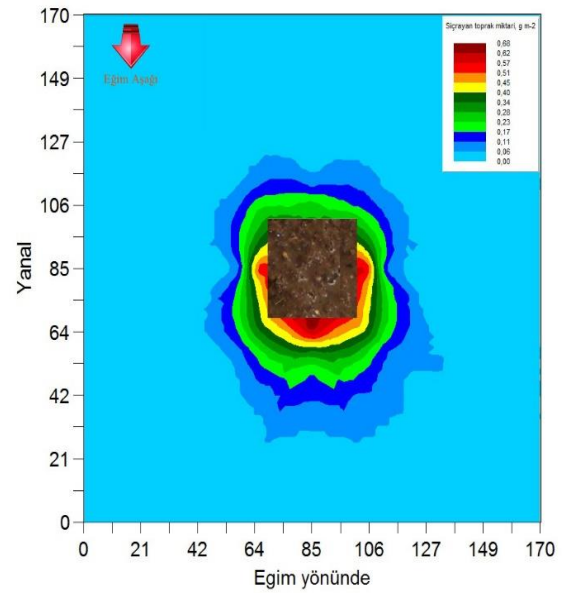
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

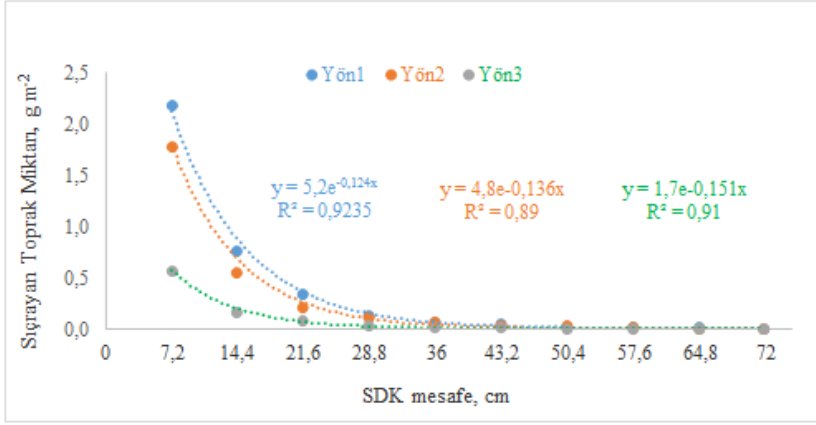


c) Kontrol grubu nemli durum

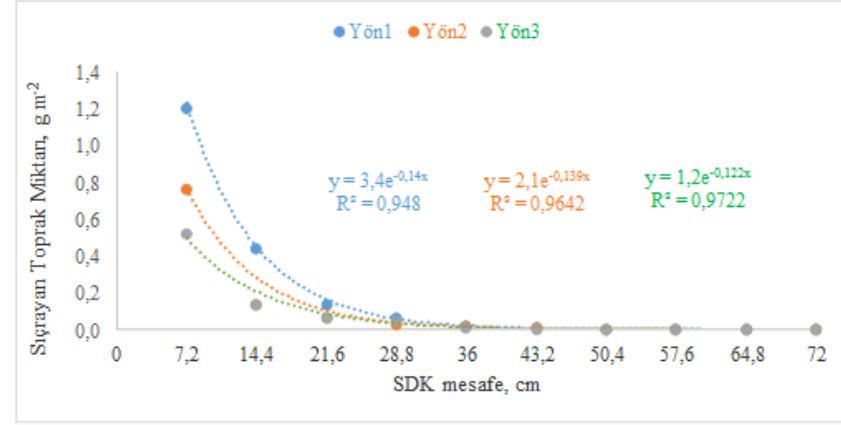


d) PVA grubu nemli durum

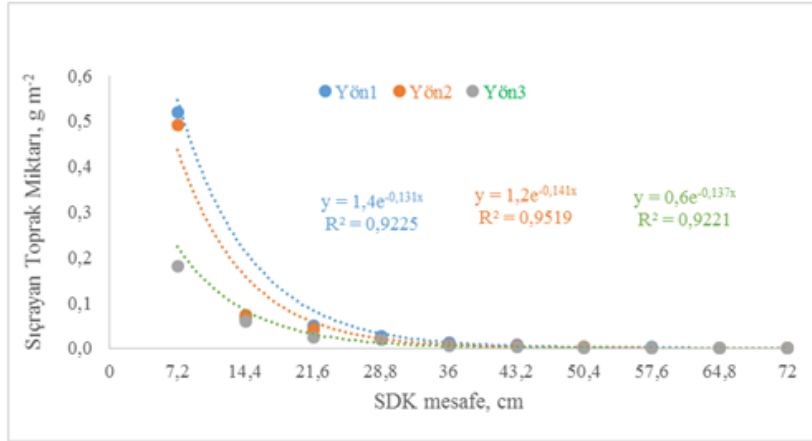
Şekil 4.9. Toprak3'ün sıçrayan toprak miktarının jeoistatistiksel dağılım haritaları



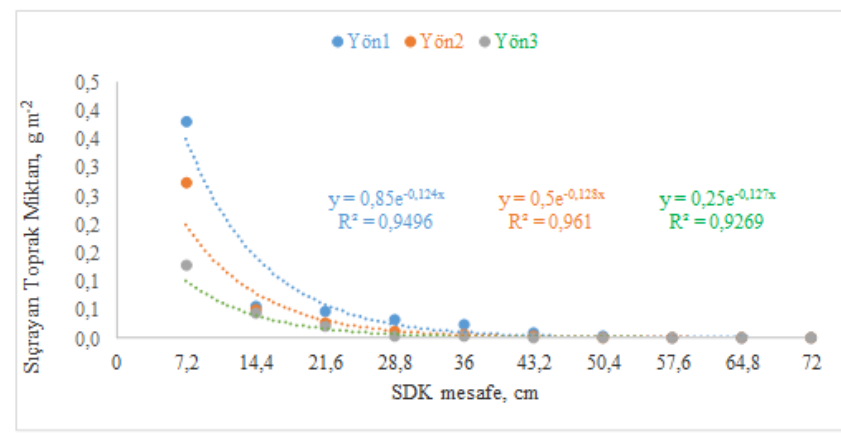
a) Kontrol grubu kuru durum



b) PVA grubu kuru durum

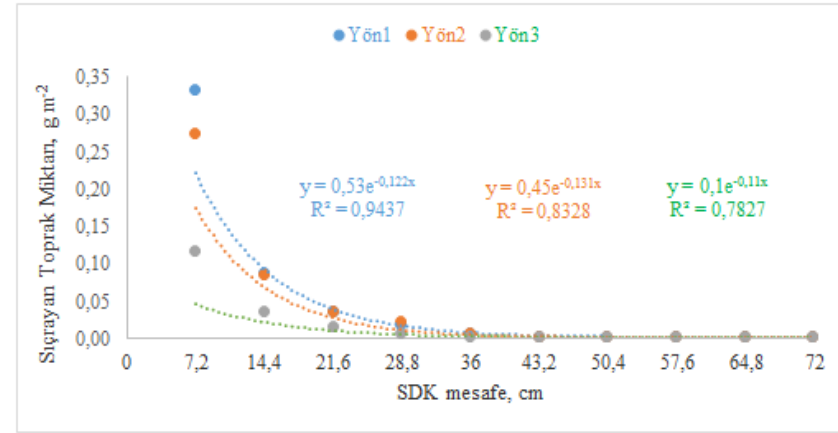
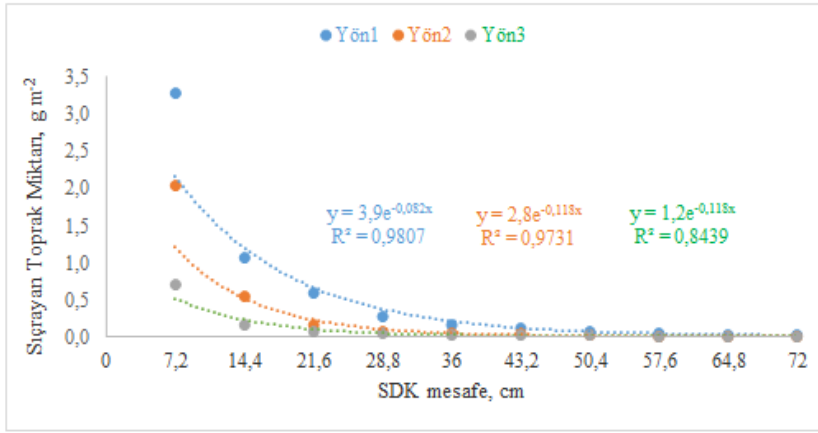


c) Kontrol grubu nemli durum



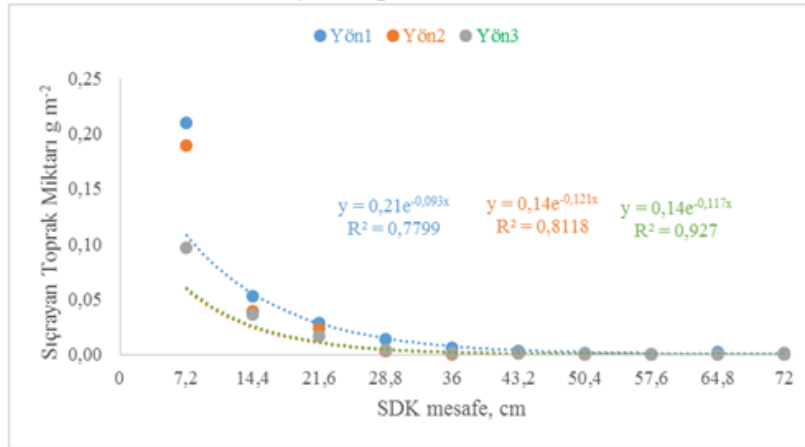
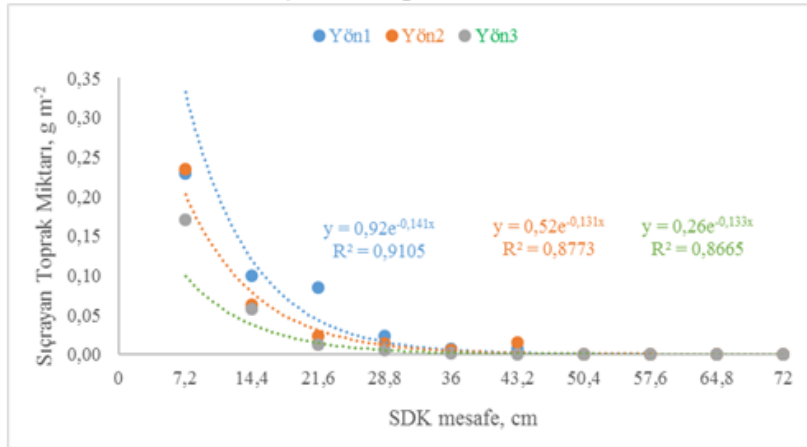
d) PVA grubu nemli durum

Şekil 4.10. Toprak1'in sıçrayan toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri



a) Kontrol grubu kuru durum

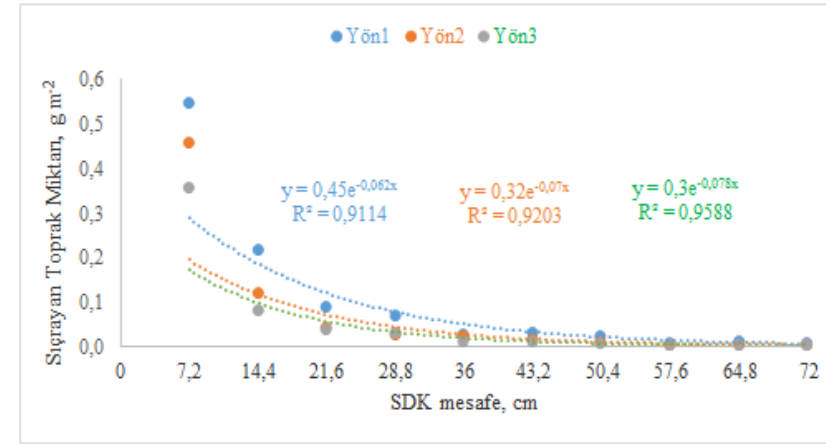
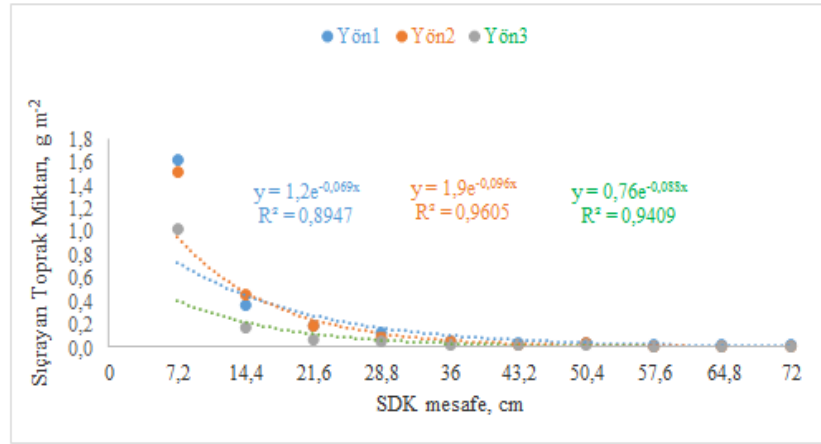
b) PVA grubu kuru durum



c) Kontrol grubu nemli durum

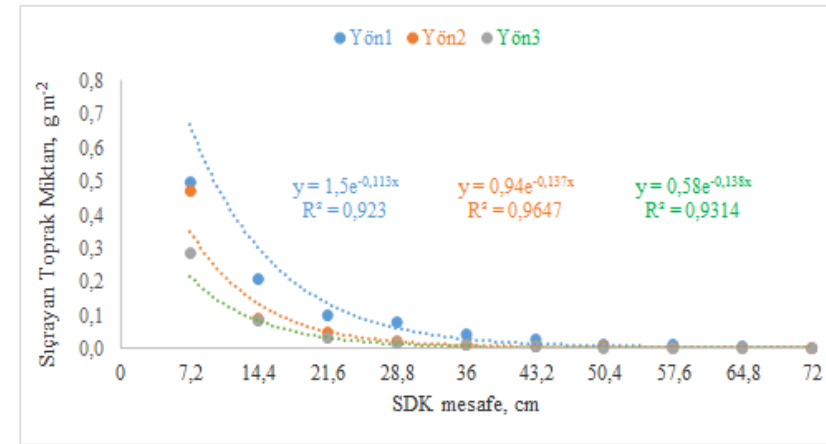
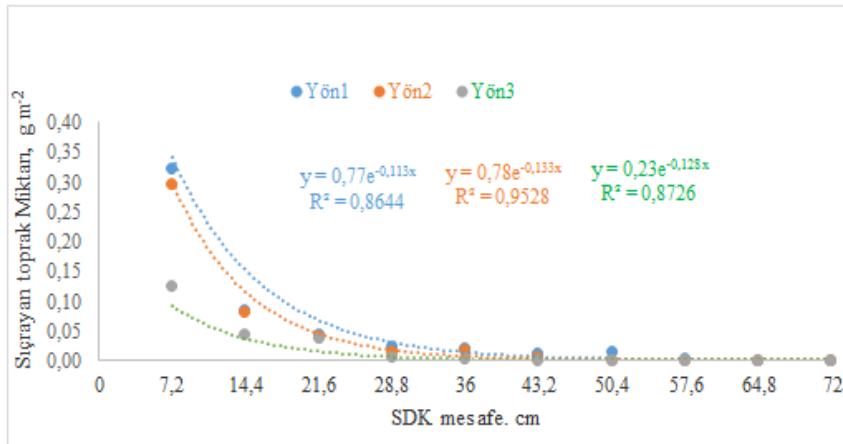
d) PVA grubu nemli durum

Şekil 4.11. Toprak2'nin sıçrayan toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri



b) Kontrol grubu kuru durum

b) PVA grubu kuru durum



c) Kontrol grubu nemli durum

d) PVA grubu nemli durum

Şekil 4.12. Toprak3'ün sızdıran toprak miktarının yön ve mesafelere göre değişim grafikleri

4.3.4. Yüzey akış ile taşınan toprak ve su miktarı

Toprağın infiltrasyon hızının yağış yoğunluğuna eşit olduğu noktaya kadar toprağa gelen su toprak tarafından absorbe edilmektedir. Toprak porozitesinin su ile doyması, yağış süresince agregatların dispers olması ve gözeneklerin tıkanması gibi faktörler toprak infiltrasyon hız ve kapasitesini azaltmaktadır (Agassi *et al.* 1981; Morin *et al.* 1981; Lado *et al.* 2004) Toprağın doymuş hale geldiği ve/veya yağış yoğunluğu ile infiltrasyon hızının birbirine eşit olduğu noktada yüzey akış başlamakta ve bu akış toprak ile su kayıplarına neden olmaktadır (DeBano *et al.* 1998; Neary *et al.* 1999; DeBano 2000; Letey 2001; Wakindiki and Ben-Hur 2002; Inbar *et al.* 2014).

Araştırma konusu topraklardan yüzey akış ile uzaklaşan toprak (g m^{-2}) ve su (L m^{-2}) miktarları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Toprak ve su kayıpları yönünden toprakların ve muamelelerin birbirlerinden önemli derecede ($p < 0,05$) farklı olduğu belirlenmiştir. Kontrol düzeyinde Toprak1'de yüzey akış ile taşınan toprak miktarı $17,05 \text{ g m}^{-2}$, Toprak2'de $20,72 \text{ g m}^{-2}$ ve Toprak3'de $15,28 \text{ g m}^{-2}$ olarak ölçülmüştür. En yüksek toprak kaybı tın tekstür sınıfında, en düşük kayıp ise kumlu-tınlı tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir. Yüzey akış ile taşınan toprak miktarı üzerine tekstürün önemli bir faktör olduğu Epstein and Grant (1967), Wischmeier and Smith (1978), Öygarden *et al.* (1997), Adekula *et al.* (2007), Ekwue *et al.* (2009) tarafından yapılmış olan çalışmalarda da belirtilmiştir.

PVA uygulamasının yüzey akış ile toprak kayıplarını kontrole göre önemli düzeyde ($p < 0,05$) azalttığı belirlenmiştir. Toprak1'de yüzey akış ile uzaklaşan toprak miktarı kontrolde $17,05 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenirken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu kayıp %56 oranında azalarak $7,44 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Toprak2 ve Toprak3'ün kontrollerinde yüzey akış ile uzaklaşan toprak miktarları sırasıyla $20,72 \text{ g m}^{-2}$ ve $15,28 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenmiş olup, bu kayıplar PVA uygulaması sonrasında %90 ve %83 oranlarında azalarak $2,14 \text{ g m}^{-2}$ ve $2,54 \text{ g m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Genel ortalamada yüzey akış ile kaybolan toprak miktarları bakımından muameleler karşılaştırıldığında

PVA uygulamasının toprak kayıplarını kontrole göre %77 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı kontrol düzeyinde kum içeriği yüksek olan kumlu tınlı tekstür sınıfına sahip Toprak3'de ($2,86 \text{ L m}^{-2}$) en fazla meydana gelirken, en az su kaybı kil içeriği yüksek olan Toprak1'de ($1,64 \text{ L m}^{-2}$) meydana gelmiştir. Yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı bakımından topraklar arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) farklılıklar belirlenmiştir.

PVA uygulamasının yüzey akış ile su kayıplarını kontrole göre önemli düzeyde ($p<0,05$) azalttığı belirlenmiştir. Toprak1'de yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı kontrolde $1,64 \text{ L m}^{-2}$ olarak belirlenirken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu kayıp %6 oranında azalarak $1,54 \text{ L m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Toprak2 ve Toprak3'ün kontrollerinde yüzey akış ile uzaklaşan su miktarları sırasıyla $2,08 \text{ L m}^{-2}$ ve $2,86 \text{ L m}^{-2}$ olarak belirlenmiş olup, bu kayıplar PVA uygulaması sonrasında %23 ve %22 oranlarında azalarak $1,61 \text{ L m}^{-2}$ ve $2,23 \text{ L m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Genel ortalamada yüzey akış ile uzaklaşan su miktarları bakımından muameleler karşılaştırıldığında PVA uygulamasının su kayıplarını kontrole göre %18 oranında azalttığı hesaplanmıştır.

Yüzey akışın başlaması ve miktarı üzerine toprak fiziksel özelliklerinin (porozite, gözenek büyüklük dağılımı, infiltrasyon hızı ve kapasitesi, agregat stabilitesi, agregat büyüklük dağılımı, kil minerolojisi...) ve tekstürel yapısının çok önemli bir faktör olduğunu Lal (1994), Torri *et al.* (1997), Bryan (2000), Barthès and Roose (2002), Cerdà (2002), Prosdocimi *et al.* (2016) ve Biddoccu *et al.* (2017) yapmış oldukları çalışmalarında ifade etmektedirler. Kil içeriği yüksek olan topraklarda spesifik yüzeyin ve porozitenin yüksek olması toprakta daha fazla suyun tutunmasına neden olduğu için yüzey akışa geçen su miktarını azaltmaktadır (Ben-Hur *et al.* 1985; Pachepsky and Rawls 2003).

Agregat stabilitesi toprağın erozyona karşı direncinin değerlendirilmesinde en önemli parametrelerdendir (Farres 1987; Chenu *et al.* 2000; Blanco-Canqui and Lal 2006).

PVA uygulaması araştırma konusu topraklarının agregat stabilitesi değerlerini önemli düzeyde arttırarak yüzey akış ile toprak ve su kayıp miktarlarını önemli düzeyde azaltmıştır. PVA uygulaması ile agregat stabilitesi arasında çok önemli pozitif korelasyon (0,956**) belirlenirken; agregat stabilitesi ile erozyona uğrayan toprak miktarı (-0.895**) ve yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı (-0,266**) arasında çok önemli düzeyde negatif korelasyon belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Yapay yağış koşullarında yüzey akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarlarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muameleler	Toprak	Yüzey Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, g m ⁻²	Yüzey Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, g m ⁻² Ortalama	Yüzey Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, L m ⁻²	Yüzey Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, L m ⁻² Ortalama
Kontrol	Toprak1	17,05±3,60b	17,68±4,05A	1,64±0,02c	2,19±0,52A
	Toprak2	20,72±0,34a		2,08±0,09b	
	Toprak3	15,28±4,55c		2,86±0,13a	
PVA	Toprak1	7,44±1,82a	4,04±2,64B	1,54±0,05c	1,79±0,35B
	Toprak2	2,14±0,38c		1,61±0,20b	
	Toprak3	2,54±0,31b		2,23±0,21a	

*Küçük harfler yatay değerlendirme için, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı tekstür sınıfındaki (kil, tın, kumlu tın) topraklardan yapay yağmur koşullarında sıçrama erozyonu ile meydana gelen kayıplarının ölçülmesi, boyutlandırılması, değerlendirilmesi ve organik bir polimer olan polivinilalkol (PVA) uygulanması ile hem sıçrama hem de yüzey akış kayıplarının minimize edilmesini amaçlayan bu çalışmada;

PVA uygulaması araştırma konusu üç toprağın tüm agregat fraksiyonlarının AS değerlerini (<0.25 , $0.25-0.5$, $0.5-1$, $1-2$, $2-4$, $4-6$, $6-8$, >8 mm) ve ortalama AS değerlerini önemli düzeyde ($p<0,05$) artırmış olup, PVA uygulaması ile agregat stabilitesi arasında çok önemli pozitif korelasyon ($0,956^{**}$) belirlenmiştir. Toprak1, Toprak2 ve Toprak3'ün kontrol düzeylerinde ortalama AS değerleri sırasıyla %12,00, %23,71 ve %21,61 iken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu toprakların ortalama AS değerleri %51,91, %69,19 ve %76,89 olarak belirlenmiştir. PVA uygulamasının Toprak1, Toprak2 ve Toprak3'ün ortalama AS değerlerinde sırasıyla %333, %193 ve %256 oranında artışlar meydana getirdiği hesaplanmıştır. PVA uygulaması kontrol düzeyinde ortalama AS değeri en düşük olan killi toprakta oransal olarak en fazla artışı sağlarken, gerçek anlamda agregat stabilitesinde en fazla artış kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir.

Toprak yüzeyinden sıçrama ile uzaklaşan damlacıkların ortalama çapı olarak değerlendirilen D10 parametresi üzerine toprak tekstürünün, PVA uygulamasının, toprak nem düzeyinin, sıçramanın meydana geldiği yön ve mesafenin etkili birer faktör olduğu belirlenmiştir. Genel olarak PVA uygulaması tüm topraklarda D10 değerlerini azaltmıştır. D10 değeri üzerine tekstürel farklılık incelendiğinde ise ortalamada en yüksek D10 değeri kumlu tın tekstür sınıfında belirlenirken, en küçük ortalama D10 değeri kil tekstür sınıfındaki toprakta belirlenmiştir. Sıçrayan damlacıkların D10 değeri üzerine toprak neminin çok önemli düzeyde etki olduğu ($0,249^{**}$), toprakların nemli durumlarında toprak yüzeyinden sıçrayan damlacıkların D10 değerlerinin, kuru durumda sıçrayan damlacıkların D10 değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. PVA uygulaması D10 çapını ince bünyeli toprakta %10 orta bünyeli toprakta %29 ve

kaba bünyeli toprakta %22 oranında azalttığı, azalış oranları kuru durumda sırasıyla %9.6, %49.2 ve %4.1, nemli durumda ise 11.2, %10.8 ve %6 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Tüm toprak gruplarında yukarı eğim yönünde D10 değerinin azaldığı, eğim aşağı yönünde ise daha büyük çaplı damlacıkların sıçradığı belirlenmiştir. D10 değerlerinin mesafeye göre dağılımlarında en büyük değerler genellikle 4. ve 5. SDK mesafesinde belirlenmiş olup, bu mesafeden sonra değerlerin düştüğü görülmüştür. Genel korelasyonda D10 değeri ile mesafe arasında önemli düzeyde negatif ilişki (-0,438**) belirlenmiş olup, bu durum büyük damlacıkların kısa mesafelerde, küçük çaptaki damlacıkların ise daha uzak mesafelere sıçrayabildiğini göstermektedir.

Sıçrayan damlacıkların ulaşmış oldukları SDK yüzey alanındaki yoğunlukları olarak değerlendirilen yüzey kaplama oranları, genel ortalama da Toprak1’de %4,61, Toprak2’de %6,28 ve Toprak3’de %6,72 olarak belirlenmiş olup, Toprak2 ile Toprak3’ün birbirinden farksız olduğu, Toprak1’in ise diğer topraklardan önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. D10 çapının yüksek olduğu toprakta yüzey kaplama oranında yüksek olduğu belirlenmiş olup, D10 çapı ile yüzey kaplama oranı arasında çok önemli pozitif (0,273**) ilişki belirlenmiştir. Ayrıca, PVA uygulaması yüzey kaplama oranlarını önemli düzeyde azaltmış olup, PVA uygulaması ile yüzey kaplama oranı arasında da önemli düzeyde negatif korelasyonun (-0,126**) tespit edilmiştir. Toprak nem durumu dikkate alındığında, hem kontrol hem de PVA uygulamalarında nemli toprak yüzeyinden daha fazla sıçramaların meydana gelmesine bağlı olarak SDK’lar yüzeyinde belirlenen yüzey kaplama oranlarının kuru durumda belirlenen yüzey kaplama oranlarından önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Yönler arasında yüzey kaplama oranları bakımından önemli düzeyde ($p<0,05$) farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, en yüksek kaplama oranları eğim aşağı yön olan Yön1’de belirlenirken, en düşük kaplama oranları eğim yukarı yön olan Yön3’de belirlenmiştir. Toprak1’de toplam sıçramanın %44’ünün eğim aşağı yönde, %36’sının yanal yönde ve %20’sinin eğim yukarı yönde meydana geldiği hesaplanmıştır. Toprak2 için sıçrama oranları Yön1’de %49, Yön2’de %34 ve Yön3’de %17 olarak; Toprak3’de

ise Yön1 için %46, Yön2 için %35 ve Yön3 için %19 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar toprak yüzeyinden sıçrayan damlacıkların hareket yönünün eğim aşağı yönde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Hem kontrol hem de PVA uygulamasında, kuru ve nemli durumda, her üç yönde de en yüksek kaplama oranları tüm topraklarda 1.SDK mesafesinde belirlenmiştir. Ayrıca, SDK mesafelerinin artmasıyla yüzey kaplama oranlarında önemli düzeyde ($p<0,05$) düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır. SDK mesafesinin artmasıyla yüzey kaplama oranlarının önemli düzeyde azaldığı iki parametre arasında belirlenen korelasyon katsayısıyla da ($-0,536^{**}$) ortaya konmuştur.

Sıçramayla taşınan toprak miktarı açısından topraklar arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğu, genel ortalamada Toprak1'de $0,112 \text{ g m}^{-2}$, Toprak2'de $0,109 \text{ g m}^{-2}$ ve Toprak3'de $0,097 \text{ g m}^{-2}$ toprak taşındığı hesaplanmıştır. Genel ortalamada sıçrama ile taşınan toprak miktarı en fazla kil tekstür sınıfındaki toprakta belirlenirken, en az taşınımın kumlu-tınlı tekstür sınıfındaki toprakta meydana geldiği belirlenmiştir. Kontrol düzeyinde taşınan toprak miktarlarının PVA uygulaması sonrasındaki taşınan toprak miktarlarından önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir.

PVA uygulaması sonrasında sıçrama ile taşınan toprak miktarları kontrolleri ile kıyaslandığında Toprak1'de %45, Toprak2'de %83 ve Toprak3'de %62 oranında azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır. Genel olarak, hem kontrol hem de PVA uygulamalarında toprağın nemli durumunda sıçrama ile taşınan toprak miktarlarının kuru durumda taşınan toprak miktarlarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu belirlenmiş olup, iki değişken arasında önemli düzeyde negatif korelasyon ($-0,174^{**}$) tespit edilmiştir.

Sıçrama ile taşınan toprak miktarı bakımından yönler arasında önemli düzeyde farklılıklar belirlenmiş olup, en yüksek miktarda taşınım eğim aşağı yön olan Yön1'de belirlenirken en düşük taşınım miktarı eğim yukarı yön olan Yön3'de belirlenmiştir. Toprak1'den sıçrama ile taşınan toplam toprak miktarının %49'u Yön1'de, %35'i Yön2'de ve %16'sı Yön3 doğrultusunda meydana gelmiştir. Bu oransal taşınımlar;

Toprak2 için Yön1’de %56, Yön2’de %32 ve Yön3’de %12 olarak, Toprak3 için ise Yön1’de %43, Yön2’de %35 ve Yön3’de %22 olarak hesap edilmiştir.

Tüm topraklarda sıçrama ile taşınan toprak miktarları, hem kontrol hem de PVA uygulamasında, kuru ve nemli durumda, her üç yönde de en yüksek taşınımın 1.SDK mesafesinde meydana geldiği belirlenmiştir. SDK mesafesinin artmasıyla sıçrama ile taşınan toprak miktarında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalışların meydana geldiği saptanmış olup, SDK mesafesi ile sıçrayarak uzaklaşan toprak miktarı arasında da çok önemli düzeyde negatif korelasyon ($-0,433^{**}$) belirlenmiştir. Toprak1’de sıçrama ile taşınan toplam toprak miktarının %96,5’i, Toprak2’de %94,5’i ve Toprak3’de %93,8’i ilk 4 SDK mesafesinde meydana gelmiştir.

Yüzey akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarları bakımından toprakların birbirinden çok önemli derece farklı olduğu, en fazla toprak kaybı tınlı tekstür sınıfında meydana gelirken en fazla su kaybı ise kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir. PVA uygulaması yüzey akışla hem toprak hem de su kayıplarını önemli düzeyde azaltmıştır. PVA uygulaması genel ortalamada yüzey akış ile kaybolan toprak miktarını %77 oranında, su miktarlarını ise %18 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Sıçrama erozyonuna ait D10 çapı, yüzey kaplama oranı ve sıçrama ile uzaklaşan toprak miktarı parametrelerinin farklı yön, mesafe ve toprağın doygunluk durumuna göre ölçülmesi, boyutlandırılması ve değerlendirilmesinde suya duyarlı kartları (SDK) kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmanın sonuçları; suya duyarlı kartların sıçrama erozyonu parametrelerinin değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, hem sıçrama erozyonu hem de yüzey akış kayıplarının azaltılmasında PVA’nın önemli bir amenajman uygulaması olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Rehim, H.A., Hegazy, E. S. A. and Abd El-Mohdy, H.L., 2004. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase plant performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(3), 1360-1371.
- Abedi-Koupai, J. and Asadkazemi, J., 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*, 15(9), 715-725.
- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud, F.I., 1988. Salt-affected soils and their management. *FAO Soils Bulletin No: 39*, Rome.
- Abtew, W., Obeysekera, J. and Shih, G., 1993. Spatial analysis for monthly rainfall in South Florida. *Water Resources Bulletin*, 29(2), 179-188.
- Abu-Zreig, M., 2006. Control of rainfall-induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *J. Soils Sediments*, 6(3), 137-144.
- Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A. and Osunbitan, J.A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, 98, 912-917.
- Agassi, M., Shainberg, I., Morin, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 848–851.
- Agrawal, R.P., and Sharma, S.K., 1984. Effect of triple superphosphate and polyvinylalcohol on crust strength, soil physical properties and seedling emergence of pearl millet. *Trop. Agric. (Trinidad)* 61, 269–272.
- Akgül, M., 1992. Daphan ovası topraklarının sınıflandırılması ve haritalanması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Bölümü.
- Aksakal, E.L. and T, Öztaş., 2004a. Maksimum dry-bulk density and optimum moisture content relations in soils treated with PVA. *International Soil Congress(ISC) on “Natural Resource Management for Sustainable Development”*, Abstract Book, June 7-10 Erzurum-Turkey.
- Aksakal, E.L. and T, Öztaş., 2004b. Effect of polyvinylalcohol (PVA) on reducing soil compactibility as an indication of hydraulic conductivit. *International Soil Congress(ISC) on “Natural Resource Management for Sustainable Development”*, Abstract Book, June 7-10 Erzurum-Turkey.
- Aksakal, E.L., 2009. Polimer (PVA&PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının donma-çözülme süreçlerine maruz kalan toprakların stabilite ölçütleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2010. Effects of PVA, PAM and HA on mean weight diameter and wet aggregate stability of soils. *45th Croatian and 5th International Symposium on Agriculture*, 15-19 February, Opatija, CROATIA.
- Aksoy, H. ve Bayat, A., 1996. Micromax tip döner diskli memeye ait işletme karakteristikleri ve ilaç uygulama etkinliğinin saptanması. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, 2-6 Eylül, Ankara, 400-407.

- Al-Durrah, M.M., Bradford, J.M., 1982. Parameters for describing soil detachment due to single waterdrop impact. *Soil Science Society of America Journal* 46, 836–840.
- Amezketta, E., 1999. Soil aggregate stability: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2/3): 83-151.
- Angin, İ., 2008. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilimdalı.
- Angulo-Martínez, M., Beguería, S., Navas, A. And Machín, J., 2012. Splash erosion under natural rainfall on three soil types in NE Spain. *Geomorphology*, 175-176, 38-44.
- Anonymous, 2000. Food Production and Security. (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/topic1.htm>)
- Anonymous, 2002. Water sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Bancy, M.M., 1994. Splash transport of soil on a slope under various crop covers. *Agricultural water management*. 26, 59–66.
- Barthès, B., Roose, E., 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena* 47 (2), 133–149.
- Bastin, G. and Gevers, M., 1985. Identification and optimal estimation of random fields from scattered pint-wise data. *Automatica*, 21(2), 139-155.
- Bayramin I.O., Baskan D., Parlak M., 2003. Soil erosion assessment with CONA model: case study Bey pazari area. *Turk Journal of Agriculture*, 27, 105–116.
- Ben-Hur, M., and Keren, R., 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61(2), 565-570.
- Ben-Hur, M., Shainberg, I., Bakker, D., Keren, R., 1985. Effects of soil texture and CaCO₃ content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. *Irrigation Science* 6, 281–294.
- Biddoccua, M., Ferraris, S., Pitacco, A. and Cavallo, E., 2017. Temporal variability of soil management effects on soil hydrological properties, runoff and erosion at the field scale in a hillslope vineyard, North-West Italy. *Soil & Tillage Research*, 165, 46-58.
- Blaikie, P., and Brookfield, H.(eds), 1987. *Land Degradation and Society*, Methuen, London.
- Blanco-Canqui, H. And Lal. R., 2006. Aggregates, Tensile Strength. *Encyclopedia of Soil Science Second Edition*, Rattan Lal. Taylor & Francis Group LLC, America, 1428-1432
- Bolline, A., 1975. La mesure de l'intensité du splash sur sol limoneux. Mise au point d'une technique de terrain et premiers resultats. *Pédologie* 25 (3), 199-210
- Bronick, C.J., and Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Brown A.G. and Quine T.A., 1999. *Fluvial Processes and environmental change*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Bryan, R., 1992. The influence of some soil conditioners on soil properties: laboratory tests on Kenya soil samples. *Soil Technology*, 5, 225-247.
- Bryan, R.B., 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32, 385–415.

- Burrough, P.A., 1991. Sampling Designs for quantifying map unit composition. p: 89-127. In Mausbach, M.J. and L.P. Wilding (eds) *Spatial Variability of Soils and Landforms*. SSSA Special Publication Number 28. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- By A De More, J., Langenakens, E., Jaeken, P. and Lootens, P. 2000. Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers. *Aspects of Applied Biology* 57 Pesticide Application.
- Cambardella, C.A., Moorman T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E., 1994. Field- Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America J.* 58, 1501-1511.
- Carson, M.A. and Kirkby, M.J., 1972. *Hillslope form and process*. Cambridge Geographical Studies No. 3. viii + 475 pp., 195 figs, 20 tables. Cambridge University Press.
- Cerdà, A., 2002. The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in Eastern Spain. *J. Arid Environ.* 52, 319–337.
- Chaney, K., and Swift, R.S., 1986. Studies on aggregate stability. II. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, 37(2), 337-343.
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Arrouays, D., 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society Journal of America*, 64, 1479–1486.
- Chiellini, E., Corti, A., and Swift, G., 2003. Biodegradation of thermally-oxidised, fragmented lowdensity polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 81, 341-351.
- Chizoba, E.R., and Chinyere, M.J.S., 2006. Effect of humic acids on size distribution of aggregates in soils of different clay content. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.*, 5(3), 1419-1428.
- Coates, W. and Palumbo, J., 1997. Deposition, off-target movement, and efficacy of captureTM and thiodanTM applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(2), 181-188.
- Coates, W., 1996. Spraying technologies for cotton: Deposition and Efficacy. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(3), 287-296.
- Coutts, J. R. H., Kandil, M. F., Nowland, J. L. and Tinsley, J., 1968. Use of radioactive Fe for tracing soil particle movement. I. Field studies of splash erosion. *J. Soil Sci.* 19 (2), 311-324.
- Çataltaş, A.İ., 1985. Kimyasal proses endüstrileri 2 . İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi Yay. No. 286-289, İstanbul.
- De Boodt, M.F., 1993. Soil conditioning, a modern procedure for restoring physical soil degradation. *Pedologie*, 43, 157-195.
- De Ploey, J. and Savat, J., 1968. Contribution à l'étude del'érosion par le splash. *Geomorph.* 12, 174-193.
- DeBano, L., 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *J. Hydrol.* 231–232, 195–206.
- DeBano, L.F., Neary, D.G., Ffolliott, P.F., 1998. *Fire Effects on Ecosystems*. John Wiley & Sons, New York.

- Degré, A., Mostade, O., Huyghebaert, B., Tissot, S. and Debouche, C., 2001. Comparison by image processing of target supports of spray droplets. *Transactions of the ASAE*, 44 (2), 217-222.
- Dehgan, B., Yeager, T.H. and Almira, F.C., 1994. Photinia and Podocarpus growth response to a hydrophilic polymer-amended medium. *Hortscience* 29(6), 641-644.
- Deutsch, C.V. and Journel, A.G., 1992. *Geoistatistical software library and user's guide*. Oxford University Press, Inc., New York.
- Diaz, R.A.P. and Escudero, R.R., 1991. Comparacion entre analizadores de imagen y no imagen, Para el Estudio de Poblaciones de Gotas en Boquillas de Pulverizacion Hidrolica. FIMA 91, 23. Conferancia Internacional de Mecanizacion Agraria, Ponencias Comunicaciones, 297-304, Zaragoza, Espana.
- Ekwue, E.I., Bharat, C. and Samaroo, K., 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. *Biosystems Engineering*, 102, 236-243.
- Ekwue, E.I.M., 1991. The effects of soil organic matter content, rainfall duration and aggregate size on soil detachment. *Soil Technology* 4, 197-207.
- Ellison, W.D., 1944. Two devices for measuring soil erosion. *Agriculture Engineering*, 25, 53-55.
- El-Morsy, E.A., Malik, M., and Letey, J., 1991. Polymer effects on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions. *Soil Science*, 151(6), 430-435.
- Epstein, E., and W. J. Grant. 1967. Soil losses and crust formation as related to some soil physical properties1. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 31, 547-550.
- Erpul, G., Norton, L.D., Gabriels, D., 2003. The effect of wind on raindrop impact and rainsplash detachment. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering* 45 (6), 51-62.
- Farres, P.J. 1987. The dynamics of rainsplash erosion and the role of soil aggregate stability. *Catena*, 14, 119-130.
- Fitch, B.C., Chong, S.K., Arosemena, J., and Theseira, G.W., 1989. Effects of conditioner on soil physical properties . *Soil Science Society of America Journal*, 53, 1536-1539.
- Fortun, A., Fortun, C., and Ortega, C., 1989. Effect of farmyard manure and its humic fractions on the aggregate stability of sandy-loam soil. *Journal of Soil Science*, 40, 293-298.
- Fox, D.M., Bryan, R.B., and Price, A.G., 2004. The role of soil surface crusting in desertification and strategies to reduce crusting. *Environmental Monitoring and Assessment*, 99, 149-159.
- Franz, E., 1993. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. *Transactions of the ASAE*, 36(5), 1271-1278.
- Fu, S., Liu, B., Liu, H. And Xu, L. 2011. The effect of slope on interrill erosion at short slopes. *Catena*, 84(1-2), 29-34.
- Gabriels, D., 1990. Application of soil conditioners for agriculture and engineering. In: De Boodt, M.F., Hayes, M., Herbillon, A. (Eds), *Soil Colloids and Their Association in Aggregates*, plenum Press, New York, pp: 557-565.
- Gee, G.W., and Bauder, J.W., 1986. *Particle-Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition. Agronomy No: 9. 383-411, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.

- Gehring, J.M., and Lewis, A.J., 1980. Effect of hydrophilic polymer on wilting and moisture stress of bedding plants. *J. Am. Soc. Horticult. Science*, 105, 511-513.
- Ghadiri, H. and Payne, D., 1986. The risk of leaving the soil surface unprotected against falling rain. *Soil and Tillage Research*, 8, 119-130.
- Ghadiri, H., 2006. Rain Impact and Splash Erosion. *Encyclopedia of Soil Science* Second Edition, Rattan Lal. Taylor & Francis Group LLC, America, 1428-1432.
- Goovaerts, P., 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89, 1-45.
- Gorchichko, G. K., 1977. Device for determining the amount of soil splashed by raindrops. *Sov. Soil Sci.* 8, 610-613.
- Grismer, M. 2012. Standards vary in studies using rainfall simulators to evaluate erosion. *California Agriculture*, 66(3), 102-107.
- GS⁺ 2007. Gamma Design Software. Geostatistics for the Environmental Sciences. GS⁺ User's Guide, Ver 7, Plainwell, MI, USA.
- Hamlett, C. A. E., Atherton, S., Shirtcliffe, N. J., McHale, G., Ahn, S., Doerr, S. H., ... & Newton, M. I. 2013. Transitions of water-drop impact behaviour on hydrophobic and hydrophilic particles. *European Journal of Soil Science*, 64(3), 324-333.
- Harris, R.F., Chesters, G., and Allen, O.N., 1966. Dynamics of soil aggregation. *Adv. Argon.*, 18, 107-169.
- Heitner, H.I., 1994. *Encyclopedia of Chemical Technology*, (In eds, Kroschwitz, J.I., and Howe-Grant, M.) 4th edn., vol 11. John Wiley & Sons, pp:61.
- Hillel, D., 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Huang, X., Skidmore E. I., and Tibke G. 2001. Spatial variability of soil properties along a transect of CRP and continuously cropped land. 10th International Soil Conservation Organization Meeting, Purdue University, USA.
- Hudson, N.W., 1995. *Soil Conservation*, 3rd. edition. Batsford, London, ISBN: 0-7134-7353-3, p. 391.
- Imbue, A.U., Patti, A.F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W.R., and Milner, A.D., 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125(3-4), 321-330.
- Inbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H. and Ben-Hur, M., 2014. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma*, 221-222, 131-138.
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York.
- Karlinger, M.R. and Skriver, J.A., 1980. *Kriging Analysis of Mean Annual Precipitation, Powder River Basin Montana and Wyoming*. U.S. Geological Survey. Water Resources Investigations, Tacoma-Washington.
- Kemper, W.D., and Rosenau, R.C., 1986. *Aggregate Stability and Size Distribution. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 425-442, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Kırkaç, Ç., 2005. İlaç Damlacık Dağılımının Görüntü Analiziyle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı.
- Kinnell, P.I.A., 1990. The mechanics of raindrop-induced flow transport. *Australian Journal of Soil Research* 28, 497– 516.

- Kinnell, P.I.A., 2005. Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction: a review. *Hydrology Process.* 19 (14), 2815–2844.
- Kirkby, A. V. T. and Kirkby, M. J., 1974. Surface wash at the semi-arid break in slope. *Z. Geomorphology Supplements*, 21, 151-176.
- Koerner, R.M. and T.A. Okrasinski. 1978. Erosion control of granular soils using PVA. *American Society of Civil Engineers*, 104(3): 279-294.
- Kukal, S.S., Kaur, M., Bawa, S.S., and Gupta, N., 2007. Water-drop stability of PVA-treated natural soil aggregates from different land uses. *Catena*, 70(3), 475-479.
- Kwaad, F. J. P. M. (1977) Measurements of rainsplash erosion and the formation of coluvium beneath deciduous woodland in the Luxembourg Ardennes. *Earth Surface Processes*, 2 (2-3), 161-173.
- Lado, M., Paz, A., Ben-Hur, M., 2004. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 935–942.
- Lafen J.M., Roose E.J., 1998. Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion. In: Law R., Balum W.E., Valentine C. (eds): *Soil Degrading*. CRC Press, Boca Raton.
- Lal, R., 1994. *Soil erosion research methods*. third ed. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Lal, R., 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12: 519-539
- Le Bissonnais, Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47, 425– 437.
- Legout, C., Legu dois, S., Le Bissonnais Y. and Malam Issa O., 2005. Splash distance and size distributions for various soils. *Geoderma*, 124, 279-292.
- Legu dois, S., Le Bissonnais, Y., 2004. Size fractions resulting from an aggregate stability test, interrill detachment and transport. *Earth Surf. Process. Landf.* 29 (9), 1117–1129.
- Legu dois, S., Planchon, O., Legout, C. and Le Bissonnais Y., 2005. Splash projection distance for aggregated soils: theory and experiment. *Soil Science Society of America Journal* 69, 30–37.
- Letey, J., 2001. Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. *Hydrol. Process.* 15, 2867–2875.
- Levy, G.J., Levin J., Ben-Hur, M., and Shinberg, I., 1992. Polymer effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 902-907.
- Ma, R.M., Li, Z.X., Cai, C.F. and Wang, J.G., 2014. The dynamic response of splash erosion to aggregate mechanical breakdown through rainfall simulation events in Ultisols (subtropical China). *Catena*, 121, 279-287.
- Mahmoodabadi, M. and Sajjadi, S.A. 2016. Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. *Geomorphology*, 253, 159-167.
- Malik, M., Nadler, A., and Letey, J., 1991. Mobility of polyacrylamide and polysaccharide polymer through soil material. *Soil Technol.* 4(3), 255-263.
- Martínez-Mena, M., Deeks, L.K. and Williams, A.G., 1999. An evaluation of a fragmentation fractal dimension technique to determine soil erodibility. *Geoderma*, 90 (1–2), 87–98.

- Mbagwu, J., Bazzoffi, P., 1998. Soil characteristics related to resistance of breakdown of dry soil aggregates by water-drops. *Soil Tillage Res.* 45 (1), 133–145.
- Mbagwu, J.S.C., and Piccolo, A., 1989. Changes in soil aggregate stability induced by amendment with humic substances. *Soil Technology.*, 2(1), 49-57.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 199-224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Mermut, A.R., Luk, S.H., Römken, M.J.M. and Poesen, J.W.A., 1997. Soil loss by splash and wash during rainfall from two loess soils. *Geoderma*, 75(1), 203-214.
- Meyer, L.D., 1981. How rainfall intensities affects interrill erosion. *Transactions of the ASAE* 23, 1472– 1475.
- Mitchell, A.R. 1986. Polyacrylamide application in irrigation water to increase infiltration. *Soil Science*, 141(5), 353-358.
- Moeyersons, J. and De Ploey, J., 1976. Quantitative data on splash erosion, simulated on unvegetated slopes. *Zeit. fur Geomorph. Supply*, 25, 120-131.
- Morgan, R. P. C.. 1995. *Soil Erosion and Conservation*, 2nd ed. John Wiley & Sons: New York, USA.
- Morgan, R.P.C. 1978. Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 3, 295-299.
- Morgan, R.P.C. 1981. Field measurement of splash erosion. *Erosion and Sediment Transport Measurement, Proceedings of the Florence Symposium*, Italy.
- Morin, J., Benyamini, Y., Michaeli, A., 1981. The effect of raindrop impact on the Dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile. *J. Hydrol.* 52, 321–335.
- Mukhopadhyay, R., Gajri, P.R., and Chaudhary, M.R., 1994. Synthesis of a soil conditioner from acrylic waste and its effect on aggregate stability and moisture retention in two soils. *Arid Soil Research Rehabilitation*, 8, 179-186.
- Mulla, D. J., 1998. Geostatistical and Sampling Design Applications in Precision Agriculture. pp. 77-92. In: A. Stein, M. K. Van Ittersum, and G. H. J. De Koning (eds.), *Active Methodology: Quantitative Approaches in Systems Analysis*. No. 19. DLO Research Institute for Agrobiological and Soil Fertility. Wageningen, Netherlands.
- Mulla, D.J., 1997. Geostatistics, Remote Sensing and Precision Farming. p.100-119. In: A. Stein and J. Bouma (eds.), *Precision Agriculture: Spatial and Temporal Variability of Environmental Quality*. Ciba Foundation Symposium 210. Wiley, Chichester.
- Nadler, A., Perfect, E., and Kay, B.D., 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60(2), 555-561.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, L.F., Ffolliott, P.F., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *For. Ecol. Manage.* 122, 51–71.
- Nelson, D.W., and Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.

- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nielsen, D. R., 1998. Colloge on Soil Physics: Applied Time Series Analysis and Geostatistical Methods, International Center for Theoretical Physics, Italy.
- Oades, JM., 1976. Prevention of Crust Formation in Soils by Polyvinyl Alcohol. Australian Journal of Soil Reserach 14(2), 139-148.
- Oldeman, L.R., Hakkeling R.T.A., and Sombroek W.G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory note, ISRIC, Wageningen.
- Olsen, S.R., and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 403-427, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Øygarden, L., Kværner, J. and Jenssen, P.D. 1997. Soil erosion via preferential flow to drainage systems in clay soils. Geoderma, 76, 65-86.
- Özgül, M., 2003. Erzurum Yöresinde Yaygın Olarak Bulunan Büyük Toprak Gruplarının Sınıflandırılması ve Haritalanması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilimdalı.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp., I, 271-280, Ankara.
- Öztaş, T., 1997. Toprak degradasyonu. Ekoloji Çevre Dergisi, 22, 31-33.
- Öztaş, T., Canbolat, M.Y. ve Akgül, M., 1998. Agregat stabilitesi tahmininde kullanılabilecek toprak özelliklerinin ridge regresyon analizi ile belirlenmesi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, 14-18 Eylül 1998, Erzurum.
- Öztaş, T., Özbek, A.K. ve Aksakal, E.L., 2002. Structural developments in soils treated with polyvinylalcohol. International Conference on Sustainable Land Use and Management, 143-148, 10-13 June, Çanakkale, TURKEY.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 2003. Soil structure and pedotransfer functions. European J. Soil Sci. 54, 443-451.
- Painuli, D.K., and Pagliali, M., 1990. Effect of polyvinyl alcohol, dextran and humic acid on some physical properties of a clay and loam soil. I. Cracking and Aggregate Stability, Agrochimica, 34(1-2), 117-130.
- Parlak, M., 2009. Sıçrama erozyonunun farklı kinetik enerji akışı ve farklı toprak bünyesi etkileşimleri ile araştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15(4), 341-347.
- Poesen, J. and Savat, J., 1981. Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash: Part II. detachability and transportability measurements. Catena 8, 19-41.
- Poesen, J. and Torri, D., 1988. The effect of cup size on splash detachment and transport measurements. Part I. Field measurements. Catena, 12, 113-126.
- Prosdocimi, M., Cerdà, A., Tarolli, P., 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. Catena, 141, 1-21.
- Qinjuan C., Qiangguo C. And Wenjun M., 2008. Comparative study on rain splash erosion of representative soils in China. Chinese Geographical Science, 18, 155-161.
- Quansah, C. 1981. The effect of soil type, slope, rain intensity and their interactions on splash detachment and transport. Journal of Soil Science, 32, 215-224.

- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 149-157, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Rhoades, J.D., 1982b. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 167-179, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Riezebos, H.T. and Eperma, G.F., 1985. Drop shape and erosivity: Part II. Splash detachment, transport and erosivity indices. Earth Surface Processes and Landforms 10, 69–74.
- Rose, C.W., 1960. Soil detachment caused J.W.A. 1986. Soil Erodibility and properties, Proceedings of the 13th Congress of the International Soil Science Society, pp.492-504.
- Sadler, E.J., Bauer P.J., Buscher W.J., 2000. Site-specific analysis of a droughted corn crop: I. growth and grain yield. Argonomy Journal, 92, 395- 402.
- Sarı, S., 2011. Iğdır yöresi tuzlu ve tuzlu-alkali toprakların ıslahında polimerlerin (PAM&PVA kullanım etkinliğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı.
- Savat, J. and Poesen, J., 1981. Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash: Part I. The calculation of absolute data on detachability and transportability. Catena 8, 1–17.
- Sayıncı, B., 2008. Patates İlaçlamasında Döner Diskli ve Hidrolik Memelerin Uygulama Performansları ve Leptinotarsa Decemlineata Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'ya Karşı Biyolojik Aktivitelerinin Spinosad ile Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı.
- Sayıncı, B., ve Bastaban, S., 2009. İlaç uygulama performansının değerlendirilmesinde kalitatif ve kantitatif analiz yöntemlerinin incelenmesi. Anadolu Tarım Bilimi Dergisi, 24(2), 133-140.
- Sen, K.K., Bhadoria, P.B.S. and Datta, B.,1995., Influence of soil conditioners on soil physical-properties and maize growth. Tropical Agriculture, 72(1), 23-27.
- Shainberg, I., and Levy, G.J., 1994. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. Soil Science, 158, 267-273.
- Shainberg, I., Warrington, D.N., and Rengasamy, P., 1990. Water quality and PAM interactionsin reducing surface sealing. Soil Science, 149, 301-307.
- Sharma, B.R., Dhuldhoya, N.C., and Merchant, U.C., 2006. Flocculants-an ecofriendly approach. Journal of Polymers and the Enviroment, 14(2), 195-202.
- Sivapalan, S., 2002. Potential use of polyacrylamides (PAM) in reclaiming some problem soils. Conference Proceedings, ASSSI Future Soils National Conference, UWA, Perth, Australia.
- Sojka, R.E., and Lentz, R.D., 1994. Time for yet another look at soil conditioners. Soil Science, 158, 233-234.
- Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D. and Orts, W.J., 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. Advances in Agronomy, 92, 75-162.
- SPSS for Windows, Release 10.0.5., SPSS Inc., USA.
- Sreenivas, L., Johnston, J.R. and Hill, H.O., 1947. Some relationships of vegetation and soil detachment in the erosion process. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 11, 471-474.

- Stefanson, R.C. 1973. Polyvinyl alcohol as a stabilizer of surface soils. *Soil Sci.* 115(6), 420-428.
- Sumner, H. R., Herzog, G. A., Sumner, P. E., Bader, M. and Mullinix, B. G., 2000. Chemical application equipment for improved deposition in cotton. *The Journal of Cotton Science*, 4, 19-27.
- Syngenta, 2002. Water sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Terry, R.E. and Nelson S.D., 1986. Effects of polyacrylamide and infiltration methods on soil physical properties. *Soil Science*, 141(5), 317-320.
- Thomas, G.W., 1982. Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9*, 159-165, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Tisdall, J.M. and Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Science*, 33, 141-163.
- Torri, D., Poesen, J., Borselli, L., 1997. Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena*, 31, (1-2), 1-22.
- Torri, D., Sfalanga, M. and Del Sette, M., 1987. Splash detachment: runoff depth and soil cohesion. *Catena* 14, 149 – 155.
- Toy, T.J., Foster, G.R., and Renard, K.G., 2002. *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. New York: John Wiley & Sons.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S. and Uehara, G., 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Argon.* 38: 45-94.
- Tripathi, R.P. and Singh, H.P., 2001. *Soil Erosion and Conservation*. New Age International Ltd. Publishers, New Delhi.
- Tuncay, H., 1983. Toprak Fiziği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Teksir No: 69-2.
- Tümsavaş, F., 2005. Tarım topraklarına polivinilalkol (PVA) uygulamalarının erozyon üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Upchurch D.R. and Edmons W.J., 1991. Stastical Procedures for Spesific Observations. p 49- 73. In Mausbach, M.J. and L.P. Wilding (eds) *Spatial Variability of Soils and Landforms*. SSSA Special Publication no 28. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Uysal, H. ve Taysun, A., 1995. Kümeleşmeyi sağlayan bazı polimerlerin toprak özellikleri ile birlikte laboratuvar şartlarında erozyona etkileri. İlhan Akalan Toprak-Çevre Semp., Ankara Üni. Ziraat Fak. Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi No: 7-1995, Cilt II, C 101-111.
- Uysal, H., 1986. Gediz Havzasındaki Farklı Büyük Toprak Gruplarına Ait Su Erozyonu Etkisi Altındaki Eğimli Tarım Alanlarında Polivinilalkol (PVA)'ün Agregatlaşmaya Etkileri Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Van Dijk, A.I.J.M., Bruijnzeel, L.A., and Wiegman, S. E., 2003b. Measurements of rain splash on bench terraces in a humid tropical steepland environment. *Hydrological Processes*, 17, 513-535.
- Van Dijk, A.I.J.M., Bruijnzeel, M. and. Eisma, E.H., 2003a. A methodology to study rain splash and wash processes under natural rainfall. *Hydrology Process*, 17, 153-167.

- Van Dijk, A.I.J.M., Meesters, A.G.C.A., Bruijnzeel, L.A., 2002. Exponential distribution theory and the interpretation of splash detachment and transport experiments. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 1466–1474.
- Vermang, J., Demeyer, V., Cornelis, W., Gabriëls, D., 2009. Aggregate stability and erosion response to antecedent water content of a loess soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73 (3), 718–726.
- Wainwright, J., 1996. Infiltration, runoff and erosion characteristics of agricultural land in extreme storm events, South East France. *Catena*, 26, 27–47.
- Wakindiki, I.I.C., Ben-Hur, M., 2002. Soil mineralogy and texture effects on crust micromorphology, infiltration, and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 897–905.
- Wallace, A., and Nelson, S.D., 1986. Foreword. *Soil Sci.*, 141, 311–312.
- Wallace, A., and Wallace, G.A., 1986. Effect of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton, and lettuce seedling. *Soil Science*, 141, 313–316.
- Wilding, L. P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil survey. In Nielsen, D. R. and Bouma, J. (eds.) *Soil Spatial Variability*. Pudoc, Wageningen, the Netherlands. pp. 166–194.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D., 1978. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky mountains. In: *Agricultural Handbook*, Vol. 537. USDA, US Govt Printing Office, Washington D.C.
- Wohlgemuth, P.M., 1986. Surface Sediment Transport: a Review Of Current Knowledge and a Field Study of Its Spatial and Temporal Distributions In The San Dimas Experimental Forest, California. Master thesis, California State University, Northridge.
- Wolf, R. E., 2005. Comparing downwind spray droplet deposits of four flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and analyzed using DropletScan™ software. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(2), 173–177.
- Wollenhaupt, N.C., Mulla D.J., and Gotway, C.A., 1997. Soil Sampling and Interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil Properties. P 19–55. In F.J. Pierce and E.J. Sadler (eds) *The State of Site-Specific Management for Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Wuddivira M.N., Stone R.J. and Ekwue E.I., 2009. Clay, organic matter and wetting effects on splash detachment and aggregate breakdown under intense rainfall. *Soil Science Society of American Journal*, 73, 226–232.
- Young, R.A., Wiersma, J.L., 1973. The role of rainfall impact in soil detachment and transport. *Water Resources Research* 9, 1629– 1636.
- Yönter, G. ve Uysal, H., 2010. Bazı polimerlerin laboratuvar koşullarında yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 2010, 47 (1), 21–30.
- Zhang, X.C., and Miller, W.P., 1993. The effect of drying on runoff and interrill erosion of crusted soils. P. 103–114. In J.W.A. Poesen and M.A. Nearing (ed.) *Soil surface sealing and crusting*. *Catena Supplement* 24.
- Zhao, B.Z., and Xu, F.A., 1995. Improvement of soil physical properties with soil conditioners. *Pedosphere*, 5(4), 363–370.
- Zheng, Z. and He, S., 2012. Change of Soil Surface Roughness of Splash Erosion Process. *Research on Soil Erosion*, Dr. Danilo Godone (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/51278. Available from: <http://www.intechopen.com/books/research-on-soil-erosion/change-of-soil-surface-roughness-of-splash-erosion-process>.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Amasya ili Suluova ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Suluova’da tamamladıktan sonra 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nden mezun oldu. Iğdır Üniversitesi Iğdır Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nde 2010 yılında araştırma görevlisi olarak göreve başladı. “Iğdır Yöresi Tuzlu ve Tuzlu-Alkali Toprakların Islahında Polimerlerin (PAM&PVA) Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi” isimli yüksek lisans tezini 2011 yılında tamamladı. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilimdalına 2012 yılında görevlendirilerek doktora eğitimine devam etmektedir.