



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SENTETİK TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN
AGREGAT BÜYÜKLÜĞÜNE BAĞLI OLARAK
YAPAY YAĞIŞ KOŞULLARINDA AGREGAT
PARÇALANMA MEKANİZMALARI ÜZERİNE
ETKİLERİ**

FERİT KIRAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ, 2015

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SENTETİK TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN
AGREGAT BÜYÜKLÜĞÜNE BAĞLI OLARAK
YAPAY YAĞIŞ KOŞULLARINDA AGREGAT
PARÇALANMA MEKANİZMALARI ÜZERİNE
ETKİLERİ

FERİT KIRAY

Bu tez,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2015

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ferit KIRAY tarafından hazırlanan “SENTETİK TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN AGREGAT BÜYÜKLÜĞÜNE BAĞLI OLARAK YAPAY YAĞIŞ KOŞULLARINDA AGREGAT PARÇALANMA MEKANİZMALARI ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 10/08/2015 tarihinde oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU (DANIŞMAN)
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN (ÜYE)
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sertan SESVEREN (ÜYE)
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ferit KIRAY

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından Kariyer Geliştirme Programı (3501) kapsamında desteklenen ve TOVAG grubu tarafından izlenen 113-O-555 no'lu ve "Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması" isimli projenin belirli bir bölümünden üretilmiştir.

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

**SENTETİK TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN AGREGAT
BÜYÜKLÜĞÜNE BAĞLI OLARAK YAPAY YAĞIŞ
KOŞULLARINDA AGREGAT PARÇALANMA MEKANİZMALARI
ÜZERİNE ETKİLERİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Ferit KIRAY

ÖZET

Hızlandırılmış erozyon olayında ilk aşama agregatların parçalanmasıdır. Toprak agregatları su erozyonunda farklı mekanizmalarla parçalanmaktadır. Bu mekanizmaların işleyişine birçok faktör etki etmektedir. Bu çalışmanın amacı, toprak düzenleyici olarak kullanılan poliakrilamid (PAM) ve polivinil alkolün (PVA) farklı toprakların değişik başlangıç büyüklüğündeki agregatlarına uygulandıklarında parçalanma mekanizmalarının ne şekilde gerçekleştiğinin taşınan sediment büyüklüğü üzerinden incelenmesidir. Çalışmada Typic Xerochrept ve Typic Xerorthent topraklar kullanılmış, toprakların değişik büyüklükteki başlangıç agregatları (<1, 1-2, 2-4, 4-6.4 ve > 6.4 mm) erozyon tavalalarına yerleştirilmiş ve bu agregatlara 6.25 kg ha⁻¹ dozunda PAM ve PVA uygulanmıştır. Hazırlanan bu erozyon tavalalarına yapay yağış yağdırılmıştır. Yüzey akışla oluşan sedimentler yağ olarak tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir. Daha sonra ıslak eleme yöntemiyle taşınan sedimentte tanecik büyüklük analizi yapılmıştır. Büyüklük dağılımı, 1-0.5-0.25-0.1-0.02 mm'lik elek setine yerleştirilen sedimentin belirli süre ve dalış uzunluğunda elenmesiyle belirlenmiştir. Bu işlemlerden sonra toprakların fırın kuru ağırlıkları hesaplanmış ve taşınan materyalin büyüklük grupları oransal olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak başlangıç agregat büyüklüklerine bağlı olarak polimer uygulanan ve uygulanmayan tavalardan yapay yağış uygulamasıyla taşınan sedimentte parçacık dağılımında değişkenlik gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agregat parçalanması, Polimer, Sediment, Yapay yağış

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Ağustos/2015

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU

Sayfa sayısı: 82

**EFFECTS OF SYNTHETIC SOIL CONDITIONERS ON THE AGGREGATE
BREAKDOWN MECHANISMS DEPENDING ON INITIAL AGGREGATE SIZE
UNDER SIMULATED RAINFALL CONDITIONS**

(M.Sc. Thesis)

FERİT KIRAY

ABSTRACT

Aggregate breakdown is the first stage of accelerated erosion. Soil aggregates are breakdown by different mechanisms in water erosion. Many factor influences these mechanism process. The objective of this study is investigate to how occurs breakdown mecanisms through the transported sediment size, when used polyacrylamide (PAM) and polyvinyl alcohol (PVA) as a soil conditioner on different initial aggregate size of different soils. In this study, Typic Xrochrept and Typic Xerorthent soils were used and different sizes of aggregate (<1, 1-2, 2-4, 4-6.4 ve > 6.4 mm) of these soils placed on the erosion pans. Dose of 6.25 kg ha⁻¹ was applied to PAM and PVA on these aggregates. Artificial rains showered to these pans. Sediments generated by runoff were weighted as moist and recorded its masses. Then, size distribution analysis was done by wet sieving. Size distribution was determined by sieving of sediments in a certain diving long and duration. After these processes, dried weight of the materials calculated and groups of sediment sizes determined as proportional. As a result, it was showed that there was a difference between applied and non applied erosion pans in terms of size distribution depending on initial aggregate size.

Key Words: Aggregate breakdown, Polymer, Sediment, Artificial rainfall

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology

Department of Soil Science and Plant Nutrition August/2015

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU

Page Number: 82

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimi belirli bir bölümünden ürettiğim 113-O-555 numaralı ve “Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması” isimli Kariyer Destekleme Programı (3501) projesini finansal olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)’na ve projeyi izleyen TOVAG grubuna teşekkür ederim.

Ayrıca akademik danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU’na ve adı geçen projenin gerçekleştirme görevlisi Sayın Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN’a çalışmalarım sırasında maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşim Selvinaz KIRAY’a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Deneme konusu topraklar	18
3.1.2. Denemede kullanılan polimerler	19
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Denemeye konu edilen toprakların araziden alınması ve yağmurlama denemesi için hazırlanması	19
3.2.2. Yağış simülatörü ve kalibrasyonu	22
3.2.3. Polimerlerin farklı büyüklükteki agregatlara uygulanması ve bu agregatlar ile kontrol toprak tavalalarına yapay ardıl yağışların uygulanması	25
3.2.4. İstatistiksel analizler	27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	28
4.1. Typic Xerochrept Topraklardan yüzey akışla taşınan sedimentte parçacık büyüklük dağılımı	28
4.3. İstatistiksel Değerlendirmeler	58
5. SONUÇLAR	70
KAYNAKLAR	73
ÖZ GEÇMİŞ	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Deneme konusu toprakların bazı kimyasal analiz sonuçları (Demirkol, 2015)	18
Çizelge 3.2. Deneme konusu toprakların bazı fiziksel analiz sonuçları (Demirkol, 2015).	19
Çizelge 3.3. Deneme konusu toprakların bazı aşınım parametre değerleri (Demirkol, 2015)	19
Çizelge 4.2. Birinci yağış altında oluşan sedimentte > 1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	58
Çizelge 4.3. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte > 1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	59
Çizelge 4.4. Taşınan >1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	59
Çizelge 4.5. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.5-1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	60
Çizelge 4.6. Birinci yağışta taşınan 0.5-1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	60
Çizelge 4.7. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.5-1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	60
Çizelge 4.8. Ardıl yağışta taşınan 0.5-1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	61
Çizelge 4.9. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.25-0.5 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	61
Çizelge 4.10. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.25-.05 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	62
Çizelge 4.11. Ardıl yağışta taşınan 0.25-0.5 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	62
Çizelge 4.12. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.1-0.25 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	62
Çizelge 4.13. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.1-0.25 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	63
Çizelge 4.14. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	64
Çizelge 4.15. Birinci yağışta taşınan 0.02-0.1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	64

Çizelge 4.16. Taşınan 0.02-0.1 mm boyutlu parçacıklar bakımından uygulamaların Duncan testi ile karşılaştırılması	64
Çizelge 4.17. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	64
Çizelge 4.18. Birinci yağış altında oluşan sedimentte <0.02 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	66
Çizelge 4.19. Taşınan <0.02 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	66
Çizelge 4.20. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte <0.02 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri	66
Çizelge 4.21. Ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması	67
Çizelge 4.22. Ölçülen değişkenler bakımından iki yağışın karşılaştırıldığı “t” testi sonuçları.	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Yağmur damlası ve akış enerjilerindeki varyasyonlarla ilişkili olan parçalanma ve taşınma süreçleri.	13
Şekil 2.2. Çeşitli kültivasyonlar uygulanmış kuzey Fransa toprağı agregat stabilitesi	15
Şekil 2.3. Parmaklar arası erozyonda alt süreçlerin kavramsal olarak modellenmesi: parçalanma, mobilizasyon ve taşınma veya sedimentasyon.....	16
Şekil 2.4. Agregat parçalanma mekanizmasının oluşum ve gelişiminin teorik şeması.....	17
Şekil 3.1. Toprak örneklemesini gösteren resimler	21
Şekil 3.2. Toprakların agregat büyüklüklerine ayrılması işlemini gösteren resimler.....	22
Şekil 3.3. Eijkelkamp mini yağış simülatörü (M1.09.06.E).....	23
Şekil 3.4. Yağış simülatörünün kalibrasyonu ve yağış ölçümlerine ait bazı fotoğraflar.....	24
Şekil 3.5. Toprakların polimer uygulaması ve yağmurlama işlemine hazırlık sürecini gösteren resimler	25
Şekil 4.1. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları.....	30
Şekil 4.2. Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları.....	30
Şekil 4.3. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları.....	31
Şekil 4.4. Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	31
Şekil 4.5. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	32
Şekil 4.6. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları ..	32
Şekil 4.7. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	34

Şekil 4.8. Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	35
Şekil 4.9. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	35
Şekil 4.10. Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	36
Şekil 4.11. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	36
Şekil 4.12. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PAM tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları ..	37
Şekil 4.13. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	39
Şekil 4.14. Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	39
Şekil 4.15. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	40
Şekil 4.16. Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	40
Şekil 4.17. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	41
Şekil 4.18. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PVA tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları ..	41
4.2. Typic Xerorthent Topraklardan Yüzey Akışla Taşınan Sedimentte Parçacık Büyüklük Dağılımı	42
Şekil 4.19. Typic Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları.....	44
Şekil 4.20. Typic Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	44

Şekil 4.21. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	45
Şekil 4.22. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	45
Şekil 4.23. Typic Xerorthent toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	46
Şekil 4.24. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları ..	46
Şekil 4.25. Typic Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	48
Şekil 4.26. Typic Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	49
Şekil 4.27. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	49
Şekil 4.28. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	50
Şekil 4.29. Typic Xerorthent toprağın > 6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	50
Şekil 4.30. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PAM tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları ..	51
Şekil 4.31. Typic Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	53
Şekil 4.32. Typic Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	53
Şekil 4.33. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları	54

- Şekil 4.34. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları 54
- Şekil 4.35. Typic Xerorthent toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları 55
- Şekil 4.36. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PVA tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları .. 55

1. GİRİŞ

Birçok boyutu olan toprak bozulmasının en önemli nedenlerinden biri, agregat stabilitesinin zayıf olduğu topraklarda hızlandırılmış erozyonun gerçekleşmesidir. Bu durum dünyanın birçok yerinde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde toprak kaynaklarının korunmasında toprak düzenleyicileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal organik ürünlerin yanı sıra sentetik düzenleyicileri toprak yüzeyine serpilerek veya karıştırılarak uygulanmasının toprağın strüktürel yapısını önemli düzeyde geliştirerek toprak geçirgenliğini arttırdığı iyi bilinmektedir. Son dönemlerde, yapay organik polimerlerin strüktürel düzenleyici olarak stabiliteyi arttırıcı etkisi, toprak havalanması ve su geçirgenliği, kabuk bağlama, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkinliği yoğun olarak araştırılmaktadır. Toprakların erozyona karşı dirençleri, arazi yönetimi ile birlikte toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle yakından ilişkilidir (Lal, 1988). İyi bir agregatlaşma, toprakta verimin artmasına yardımcı olduğu gibi, toprağın erozyona karşı direncini de arttırmaktadır. Toprakta strüktürel farklılığa neden olan faktörlerin erozyona uğrama eğilimlerini önemli ölçüde etkilediği saptanmıştır (Saatçi ve Altınbaş, 1975; Bryan, 1976).

Toprakta agregatların varlığı kadar onların stabilitesi ve bu stabilitenin süresi son derece önemlidir. Agregatların bu üç özelliği, bir taraftan çevre korunması ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini giderebilmek için önemliyen bir taraftan da iklim değişikliğinden ve çevresel faktörlerden kuvvetle etkilenmektedir. Bu karşılıklı etkileşimden dolayı agregat stabilitesi ile ilgili çalışmalar yapmak günümüzde büyük önem taşımaktadır.

Toprakların aşındırıcı güçlere karşı stabilitelelerini arttırmak amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Uygulanan bu yöntemlerden birisi de toprağa organik kökenli sentetik düzenleyicileri ilave etmektir. Polivinil alkol (PVA) ve poliakrilamid (PAM) bu düzenleyicilerin en çok kullanılanlarıdır. Polimer uygulama dozu, uygulama şekli, uygulama zamanı, iklim elemanlarının polimerin parçalanmasını etkilemesi ve toprak özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak PVA ve PAM'ın toprakta etkinliği değişebilmektedir (Blanco-Canqui ve Lal, 2008). Bu yönetim uygulamasından en etkin sonucun alınabilmesi her toprak için en uygun uygulama şekli ile polimer çeşidi ve dozajının belirlenmesine bağlıdır. Ancak burada, erozyonla mücadele amaçlı olarak uygulanan polimerin topraktaki etkinliğinin, agregat parçalanma dinamikleri ile çok yakından ilişkili olduğu, erozif gücün

fiziksel özelliklerinden son derece fazla etkilendiği unutulmamalıdır. Gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde yürütülen birçok erozyon çalışmasında (Al-Abed ve ark., 2003; Imbufe ve ark., 2005; Yönter ve Uysal, 2011; Yakupoglu ve ark., 2012) PAM ve PVA kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Ancak önceki çalışmaların büyük bir çoğunluğunda yalnızca toplam toprak ve su kayıplarının azaltılmasına odaklanılmış ve hem agregat parçalanma dinamikleri hem de ardıl yağışların polimerin stabilizasyon başarısını nasıl etkilediği göz ardı edilmiştir.

Başlangıç agregat büyüklüğünün agregatların stabiliteyi üzerine etkisinin bilinmesine karşın, polimerlerin farklı büyüklükteki agregatlar üzerine etkileri ve onları stabilize etme mekanizmaları tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamış bir konudur. Agregat büyüklüğünün polimer uygulama denemelerine konu edildiği birkaç yayınlanmış araştırma olsa da (Kukal ve ark., 2007; Mamedov ve ark., 2007) bu çalışmalarda agregat büyüklükleri tamamen keyfi olarak seçilmiştir ve bütün agregat büyüklüklerini kapsamamaktadır. Oysaki bir polimerin agregat büyüklüğüne bağlı olarak tam anlamıyla etki mekanizmasının açıklanabilmesi için aynı toprağın bütün agregat büyüklükleriyle çalışılması gerekmektedir. Küresel ısınma ile toprak arasındaki ilişkiler göz önünde bulundurulduğunda ve bu ekseninde yürütülen çalışmaların sonuçları incelendiğinde toprak struktürü ve sürekliliğinin korunması araştırma önceliği olan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüksek lisans tez çalışması yapılırken iki farklı toprağın bütün agregat büyüklükleri denemelere konu edilmiş, çalışma öncesinde iki hipotezden kurulmuştur. Bunlar;

H0: Başlangıç agregat büyüklüğü, polimerlerin agregat parçalanma mekanizmalarına etkisini değiştirmez

H1: Başlangıç agregat büyüklüğü, polimerlerin agregat parçalanma mekanizmalarına etkisini değiştirir

Agregat stabilitesinde sürekliliğin sağlanması konusunun, iklim değişikliği ve çevre bilinci ekseninde araştırma önceliği kazandığı günümüzde, bu çalışmanın amacı, genesisleri farklı iki toprağın değişik büyüklükteki agregatlarına uygulanan PVA ve PAM'ın agregatların parçalanma mekanizmaları üzerine etkilerinin yapay ardıl yağışlar altında taşınan sediment büyüklüğü üzerinden araştırılmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tarımsal sürdürülebilirliği tehdit eden ana tehlike olan hızlandırılmış erozyonla mücadelede toprağın aşınabilirliğini azaltacak tedbirler önem arz etmektedir (Ingram ve ark., 1996). Çevrenin korumasının ve sürdürülebilir besin üretiminin birinci koşulunu toprak ve suyun korunumu oluşturmaktadır (Graber ve ark., 2006). Bu bağlamda, toprak agregat stabilitesinin geliştirilmesi ve korunması aşınabilirliği azaltıcı tedbirlerin en başında gelmektedir.

Topraklar sahip oldukları farklı özelliklerinden dolayı parçalayıcı kuvvetlere karşı değişik ölçülerde duyarlılık gösterirler. Bu özelliklerin başında ise toprağın agregasyon derecesi ve topraktaki stabil agregatların miktarı gelmektedir. Agregat stabilitesi, su ve mekaniksel etmenlerin bozucu etkilerine karşı toprak agregatlarının ve bunların tertiplenme durumunun dayanıklılığını ifade etmektedir (Özdemir, 1998). Başka bir tanıma göre (Kay ve Angers, 2000) ıslak agregat stabilitesi agregatların birleşmesi, partiküller arası bağlanmanın doğası ve dinamikleri ile bunlara etki eden tüm önemli unsurlar olarak değerlendirilmektedir. Toprak agregatlarının dayanıklılık durumunun değerlendirilmesi için üzerinde durulan başlıca özellikler; agregatların büyüklüğü, miktarı, büyüklük dağılımı ve stabilite durumudur. Agregatların büyüklüğü ve büyüklük dağılımı, toprakların su ve rüzgar erozyonuna karşı dayanıklılık durumlarının değerlendirilmesinde, kültür topraklarında ise toprak içerisindeki su ve hava hareketinde önemlidir.

Toprak agregatlarının oluşumu kadar devamlılığının da sağlanması toprak ekosistemi için çok önemlidir (Şimşek-Erşahin, 2010). Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı metninde (Anonim, 2005) toprak yapısının bozulması, bununla bağlantılı olarak özellikle üst toprak katmanında oluşan kabuklaşma, Türkiye'deki çölleşmenin temel nedenleri arasında gösterilmektedir.

Agregat stabilitesi ve por sürekliliğinin incelenmesi, toprak havalanması, sera gazlarının atmosfere yayılımı, uçucu organik kimyasalların gaz halinde kaybolması gibi konuların anlaşılması ve modellenmesi bakımından da büyük önem taşımaktadır (Ball ve ark., 2007).

Toprak agregatlarının formasyonu, makro ve mikroagregatların stabilitesi ve agregatların parçalanma mekanizmaları büyük ölçüde toprakların kil içeriğine, aynı zamanda organik madde, seskioksitler ve kil minerolojisine bağlıdır (Amezketta, 1999). Fakat toprakların karmaşık bir kil mineral düzenine sahip olmaları kil minerolojisinin

agregat ve strüktür stabilitesine etkilerini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır. Çünkü minerallerin karakteristikleri ve davranışları diğer mineraller ile etkileşimleri sonucu değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin yüksek sodiklik ve düşük elektrolit konsantrasyonu gibi stabil olmayan koşullarda montmorillonit grubu kil minerallerinin baskın olduğu topraklar stabil değilken hem kaolinit hem de montmorillonit baskın ve seskioksit içeriği yüksek olan topraklar stabil olabilmektedir.

Agregatlar toprak işlemenin neden olduğu deformasyon, rüzgarın ve akarsuyun aşındırma etkisi, ıslanma-kuruma, donma-çözünme döngülerinin oluşturduğu stresler gibi olumsuzluklara maruz kalabilirler. Esasen agregatların stabilitesi bu streslere karşı gösterdiği dirence göre toprak erodibilitesi olarak adlandırılır (Yoder, 1936).

Yürütülen birçok çalışmada (Abu-Sharar ve ark., 1987; Le Bissonnais, 1988, 1989, 1990; Quirk ve Murray, 1991; Shainberg ve ark., 1992; So ve Aylmore, 1993) makroagregat dönüşümü (macroaggregate turnover) sürecinde killerin dispersiyonu agregat parçalanmasında bir evre olarak tanımlanmıştır.

Mevsimlere bağlı olarak meydana gelen iklimsel farklılıklar ya da uygulanan sulama programları sonucunda, toprağın strüktürel yapısı ile agregat stabilitesi üzerine etkili olan en yaygın doğal süreçler arasında donma-çözülme ve ıslanma-kuruma olayları önemli yer tutmaktadır. Toprak belirli bir nem düzeyine sahipken donma-çözünme döngüleri büyük keseklerin doğal yolla daha küçük parçalara ayrılmasına neden olmaktadır. Su donduğunda hacmi % 9 oranında arttığı için gözeneklerde suyun donmasıyla oluşan buz kristalleri toprak taneleri tarafından adsorbe edilmiş suyu kendilerine çekip hacimlerini daha da büyütürken bir yandan da çevrelerine büyük bir basınç uygulayarak boşlukları genişletmekte ve giderek büyük keseklerin daha küçük parçalar ve agregatlar halinde dağılmasına neden olmaktadır (Utomo ve Dexter 1982; Hussein ve Adey 1995; Piccolo ve ark., 1997). Mevsimsel iklim değişikliği ve sulama olaylarından etkilenen topraklarda donma-çözünme ve ıslanma-kuruma periyotlarının bir sonucu olarak meydana gelen şişme-büzülme döngüsü agregat stabilitesi üzerine etki etmektedir. Bu döngüler, belirli zaman aralıklarında, zayıf agregatlı topraklarda olduğu gibi kuvvetli agregatlara sahip topraklarda da strüktürel stabilitenin azalmasına neden olabilmektedir (Piccolo ve ark., 1997; Şeker, 2004).

Yapılan birçok çalışmada (Benoit, 1973; Bullock ve ark., 1988; Mostaghimi ve ark., 1988; Şahin ve ark., 1999; Bronick ve Lal, 2005; Kvaerno ve Oygarden, 2006)

donma-çözünme süreçlerinin, toprak fiziksel durumunu, özellikle strüktür ve agregat yapısını etkilediği bildirilmiştir. Toprak strüktürel durumu ve agregat yapısının etkilenmesi, toprakta gözenek büyüklük dağılımının, hidrolik iletkenlik, infiltrasyon oranı ve yüzey akış gibi hidrolojik özelliklerin ve toprak erodibilitesinin değişmesi ile sonuçlanmaktadır (Lehrsch ve ark., 1991; Kvaerno ve Oygarden, 2006). Donma-çözünme ile toprağın strüktürel yapısı ve agregat stabilitesi arasındaki ilişkiyi toprak tipi, başlangıç agregat büyüklüğü ile agregat stabilitesi, donma hızı, donma anındaki toprak nem içeriği ve donma-çözülme sayısı etkilemektedir (Benoit 1973; Mostaghimi ve ark., 1988; Lehrsch ve ark., 1991; Edwards 1991; Oztas ve Fayetorbay, 2003).

Genel olarak ıslanma-kuruma koşulları şişme büzülmenin bir sonucu olarak makroagregatların (>250 µm) parçalanarak erozyona karşı daha hassas olan mikroagregatlara (53-250 µm) dönüşmesine neden olmaktadır. Küresel ısınmanın bir sonucu olan iklim değişikliği özellikle yüksek bölgeler ve yüksek enlemlerde kış boyunca donma-çözünme döngüsünün sayısını artırmakta ve bu durum agregat stabilitesinin azalmasına neden olmaktadır. Devam eden küresel ısınmanın süregelen olan bu etkisi ile kutuplara yakın enlemlerin ve yüksek bölgelerin topraklarında su geçirgenliği ve agregat stabilitesi değeri bakımından bir düşüş söz konusu olmaktadır (Özgül ve ark., 2011). Toprak strüktürünün bozulması, toprakta degradasyonun meydana geldiği anlamına gelmektedir (Grandy ve ark., 2002; Chan ve ark., 2003) ve bu çoğunlukla arazi kullanımının yanısıra toprak ve ürün yönetim uygulamaları ile ilişkilidir. Toprak strüktürü, toprakta su hareketi ve tutulmasını, erozyonu, kabuk oluşumunu, besin döngüsünü, kök penetrasyonunu ve ürün verimini etkilemektedir.

Agregat stabilitesi değeri, agregat büyüklüğüne, agregantın tipine ve parçalanma dinamiklerine göre değişim göstermektedir (Bronick ve Lal, 2005; Legout ve ark., 2005; Aksakal ve Öztaş, 2012). Agregat stabilitesi yukarıda sıralanan faktörlere bağlı olduğundan dolayı toprak gözenekli sistemini çok yönlü bir karakterle açıklamak için çeşitli uygulamaların denenmesine ihtiyaç bulunmaktadır (Cardenas ve ark., 2012).

Tarım yapılan topraklarda agregasyonu sağlamak ve agregat stabilitesini artırmak için izlenen en yaygın yol üst toprak içerisine organik atıkların karıştırılmasıdır. Fakat bu amaç için fazla miktarda organik atığa ihtiyaç duyulması ve topraktaki inkübasyon sürecinin birçok faktöre bağlı olarak uzun sürmesi polimerik toprak düzenleyicilerinin alternatif kullanım olanaklarının araştırılmasına yön vermiş ve bu alanda poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) yoğun olarak denemelere konu edilmeye başlanmıştır. Bu

polimerlerin kullanımına çok çeşitli amaçlar için 1970’li yıllarda başlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, sentetik polimerlerin toprak yüzeyine düşük dozlarda uygulandıklarında bile agregat stabilitesi ve strüktürel yapıyı geliştirme bakımından önemli pozitif etkiler yapabileceği genel bir sonuç olarak vurgulanmaktadır (Gabriels, 1990; Bryan 1992; De Boodt, 1993; Mukhopadhyay ve ark., 1994; Sojka ve Lentz 1994; Zhao ve Xu, 1995; Nadler ve ark., 1996; Amezketa, 1999; Sivapalan, 2002; Imbufe ve ark., 2005).

Organik atıkların belirli düzeylerde ayrışmış olma zorunluluğu ve ıslah için çok miktarda gerekmesi ekonomik açıdan büyük bir yük oluşturmaktadır. Bu nedenle günümüz koşullarında özellikle erozyon önleme çalışmalarında organik atıklara alternatif olacak PAM, PVA, polyacrylate (PAC), hydrolysed polyacrylonitrile (HPAN), propenode-propenamide (PPA) ve vinylacetate melaic acid (VAMA) gibi materyaller birçok avantajları nedeniyle popüler konuma gelmiştir. Barvenik (1994), PAM’ın avantajlarını sıraladığı bir çalışmada, materyalin karakteristiğini, toksikolojisini, topraktaki etki mekanizmasını ve bitkideki etkilerini tanımladıktan sonra PAM’ın doğrudan kullanılması halinde herhangi bir güvenlik sorunu oluşturmadığını bildirmiştir.

Toprağın kalitesini yükseltmek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini yönetmek gerekmektedir. Dinamik kalite göstergelerinin iyileştirilmesiyle toprağın sahip olduğu problem bertaraf edilebilmektedir. Etki mekanizmasına bağlı olmak koşuluyla yapay polimerler birkaç gün ile birkaç hafta gibi kısa bir süre içerisinde etkinliklerini gösterebildiklerinden (Levy, 1996), toprakların fiziksel özelliklerini geliştirmek amaçlandığında tercih edilmektedirler. Çoğunlukla yüksek molekül ağırlıkları ile karakterize edilen ve doğal ya da sentetik olan bir polimer, uzun zincir moleküllerin ya da çeşitli monomerlerin milyonlarcasının birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır. Bu polimerler yaygın olarak doğal maddelerden faydalanılarak üretilen plastikler ya da reçineler olarak bilinmektedirler (Blanco-Canqui ve Lal, 2008).

Toprağın strüktürel stabilitesini geliştirmek ve agregasyon derecesini artırmak için yapay organik polimerlerin kullanılması 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 toprakta stabiliteyi arttırdığı bilinmektedir (Harris ve ark., 1966). Allison (1952)’a göre, sentetik toprak düzelticiler, toprak strüktürünün bitki büyümesine etkisini araştırmada başarıyla kullanılabilen materyallerdir. Flokülasyon sağlayıcı materyallerin, taneler arasında bağlanma kuvvetlerini arttırarak agregatları parçalayıcı

kuvvetlerin olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmektedir (Heitner, 1994; Sharma ve ark., 2006).

Sojka ve Lentz (1997), polimerlerin toprak agregatları üzerinde adsorbe edilen mikroskobik ağlar gibi davranarak agregatlar için yapısal destek sağladığını ifade etmişlerdir. Stefanson (1973), polimerlerle toprağın strüktürel stabilitesinin sağlanması üzerine yürüttüğü çalışmasında PVA'nın diğer birçok organik polimer kadar etkili olduğunu belirtmiş ve yüzey toprağının yapısal dayanımının toprak organik maddesi tarafından korunduğu sürece PVA uygulamasının toprağın strüktürel yapısını etkili bir şekilde stabilize ettiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca araştırmacı, PVA'nın çok düşük dozlarının bile (% 0.005) yapay yağış koşullarında infiltre olan su miktarını iki katına çıkarılabileceğini bildirmiştir.

Başlangıç agregat büyüklüğünün agregatların stabiliteyi üzerine etkisinin bilinmesine karşın, polimerlerin farklı büyüklükteki agregatlar üzerine etkileri ve onları stabilize etme mekanizmaları tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamış bir konudur. Agregat büyüklüğünün polimer uygulama denemelerine konu edildiği birkaç yayınlanmış araştırma olsa da (Kukul ve ark., 2007; Mamedov ve ark., 2007) bu çalışmalarda agregat büyüklükleri tamamen keyfi olarak seçilmiştir ve bütün agregat büyüklüklerini kapsamamaktadır. Oysaki bir polimerin agregat büyüklüğüne bağlı olarak tam anlamıyla etki mekanizmasının açıklanabilmesi için aynı toprağın bütün agregat büyüklükleriyle çalışılması gerekmektedir. Bu tezde iki farklı toprağın bütün agregat büyüklükleri denemelere konu edilmiştir.

Flokulant materyallerin, taneler arasında bağlanma kuvvetlerini arttırarak agregatları parçalayıcı ve yıkıcı kuvvetlerin olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmektedir (Heitner 1994; Sharma ve ark., 2006). Vleeschauwer ve ark. (1978) tarafından, PAM'ın toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, uygulamaların fiziksel özelliklerine çok fazla etki ettiği fakat kimyasal özelliklerin değişmediği saptanmıştır. Aynı çalışmada uygulamaların toprağın porozite ve infiltrasyon oranını arttırdığı, PAM'ın agregat stabilitesine pozitif etki yaptığı belirlenmiştir.

PAM uygulamasının bu potansiyel faydaları polimerlerin karmaşık özelliklerinden (moleküler ağırlık, yük tipi ve yük yoğunluğu) ve toprak özelliklerinden (tekstür, organik madde içeriği, kil minerolojisi, toprak çözeltisinin kompozisyon ve konsantrasyonu) önemli derecede etkilenmektedir (Ben-Hur ve ark., 1992; Letey, 1994; Seybold, 1994;

Levy ve Agassi, 1995; Laird, 1997; Miller ve ark., 1998; Levy ve Miller, 1999; Lu ve ark., 2002; Green ve ark., 2004; Mamedov ve ark., 2007, McLaughlin ve Bartholomew, 2007). Pefferkorn (1997) tarafından yapılan çalışmada, sodyum yönünden zengin olan toprakların stabilizasyonunun sağlanmasında polimer uygulamasının kalsiyum ile muamele edildikten sonra daha başarılı olabileceği açıklanmıştır.

Toprağa PAM eklenmesi toprak dispersiyonunu ve flokülasyonunu etkilemekte, mevcut agregatların stabilizasyonunu arttırmaya yardımcı olurken bitişik toprak partikülleri arasındaki bağları güçlendirmektedir (Schamp ve ark., 1975; Ben-Hur ve Keren, 1997).

PAM'ın toprak agregatına ve strüktür stabilitesine etkileri toprak biliminde birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu çalışmalardan birinde (Nadler ve ark., 1996) PAM kumlu tınlı toprağın ıslak ve kuru agregatlarına düşük dozlarda (28-75 ppm) uygulanmıştır. Agregat stabilitesinin her iki agregat büyüklüğünde de polimer yük yoğunluğuna, toprak nem içeriğine ve değişebilir iyonun tipine bağlı olarak geliştiği belirtilmiştir.

Smektitik toprakların 0.5-1 ve 1-2 mm agregatlarına PAM uygulanarak yapılan bir çalışmada (Mamedov ve ark., 2007) agregatın dış yüzeylerindeki stabilitenin PAM uygulamasıyla arttığı tespit edilmiştir. Ancak PAM moleküllerinin agregat yapısında yer alan porlara girmesinin strüktür stabilitesini önemli düzeyde etkilemediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Kaolinitçe baskın ve farklı tekstürlerdeki toprakların değişik büyüklükteki agregatlarına PAM'ın uygulanmasıyla kontrole göre agregat stabilitesinde ciddi oranda artışlar sağlandığı belirtilmiştir (Miller ve ark., 1998; Levy ve Miller, 1999).

Toprakta PAM'ın agregasyon üzerine etkisinin kil mineralojisine bağımlı olduğu açıkça bilinmekte fakat kil mineralojisinin PAM etki mekanizması üzerindeki rolü tartışmalıdır. Bunun nedeni konuyla ilgili yürütülen çalışmaların sonuçlarının birbiriyle örtüşmemesidir. Bu durum yapılan çalışmaların yanlış olduğu anlamına gelmemekte, söz konusu farklılıklar birtakım nedenlere dayanmaktadır. Bu nedenler (i) toprak solusyonlarındaki elektrolit konsantrasyonu farklılıkları, (ii) çimentolayıcı maddelerin farklılıkları (CaCO₃, organik madde ve oksitler gibi) ve (iii) örnekleme yapılan alandaki amenajman geçmişi şeklinde sıralanabilir (Lu ve ark., 2002; Ruiz-Vera ve Wu, 2006; Norton ve ark., 2006).

Chiellini ve ark., (2000), PVA'nın montmorillonit, kuvars kumu ve çiftlik toprağı tarafından adsorbsiyonunu inceledikleri çalışmalarında, en yüksek oranda adsorbsiyonun montmorillonit tarafından yapıldığını, buna karşılık kuvars kumunun PVA adsorbsiyonunda başarılı olamadığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar toprakta adsorbe edilen PVA'nın adsorbe edilmemeyene oranla çok daha yavaş mineralize olduğunu, bu nedenle toprakta PVA'nın kil bileşikleri tarafından geri dönüşümsüz olarak adsorbe edildiği ve bu durumda PVA'nın biyodegradasyonunu engellediğini açıklamışlardır.

Painuli ve Pagliali (1990), kil ve tın bünyeli topraklara polivinilalkol, dekstran ve hümik asidi % 0, 0.5, 1.0 ve 2.5 oranlarında ilave ederek toprakların strüktüel değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmalarında PVA ve dekstran uygulaması ile yapısal stabilitenin önemli derecede geliştiğini ve suda dispers olabilen silt + kil miktarının önemli oranlarda azaldığını bulmuşlardır.

Farklı tekstüre sahip topraklara, PVA ve PAM uygulanması ile bu toprakların hacim ağırlıklarının azaldığı, buna karşılık su karşısındaki agregat stabilitesi ve toplam porozite yüzdelerinin arttığı belirtilmektedir (Stefanson 1973; Ben-Hur ve Keren 1997; Green ve ark., 2000).

Aly ve Letey (1990), sodyumdan etkilenmiş zayıf agregatlı topraklara % 1 ve % 5 düzeylerinde PVA uygulanmışlar ve PVA uygulamasının özellikle mikroagregatların dayanıklılığını artırarak daha büyük agregat oluşumunu teşvik ettiğini belirlemişlerdir.

Uygulanan polimerik materyaller topraklarda etkilerini kısa sürede göstermektedirler. Barry ve ark., (1991), toprağı uygulamış oldukları PVA'nın 7 gün inkübasyonu sonunda toprağın dağılılırlılığını önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir.

Meydana gelecek toprak kayıplarının toprak kalite göstergeleri ile yakından ilişkili olduğu bilgisinden hareketle Asghari ve çalışma arkadaşları (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, Typic Calcixerept'e uygulanan çeşitli toprak düzenleyicilerin ortalama ağırlıklı çap, suya dayanıklı agregatlar, gözenek büyüklük dağılımı ve respirasyon aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bilim insanları, 4.76 mm'lik elek altına geçen bozulmuş yüzey agregatlarına, farklı doğal organik madde kaynakları ve bir PAM türünün 0.25 ve 0.50 g kg⁻¹ dozlarını uyguladıkları çalışmanın sonucunda, her iki PAM uygulama dozunun kontrol ile karşılaştırıldığında toprağın MWD ve WAS değerlerini önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) artırdığını açıklamışlardır. Araştırmacılar ayrıca, parsel boyutunda çalışılması

düşünüldüğünde, PAM'ın yüksek doz uygulamalarının maliyeti artıracığına vurgu yapmışlar ve bu tür çalışmalar için 0.25 g kg^{-1} dozunu tavsiye etmişlerdir.

Toprakta agregasyonun kademeli olarak meydana geldiği ve birincil agregatların oluşum mekanizmasının toprak tipine göre farklı şekillerde cereyan ettiği bilinmektedir. Diğer taraftan agregat parçalanma dinamikleri de sıralı mekanizmalar şeklinde işlemektedir. Ufalanma, mikro çatlakların oluşumu ve damlanın çarpma etkisiyle parçalanma gibi agregat bozucu mekanizmaların etkinliği agregatların stabilite süreleri ile yakından ilişkilidir (Six ve ark., 2004). Toprakta parçalanma üzerine agregat büyüklüğü etki etmektedir. Dolayısıyla uygulanan polimerlerin agregat stabilite süresini uzatması başlangıç agregat büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir. Strüktürü koruma stratejileri geliştirme amaçlı olarak bugüne kadar yürütülen polimer uygulama çalışmalarında aynı toprağın bütün agregat büyüklükleri başlangıç agregat büyüklüğü olarak denemelere konu edilmemiştir. Oysaki doğal koşullarda farklı büyüklüklerdeki agregatlar aynı uzayı paylaşıyorlar dahi ortamda hangi agregat büyüklük grubunun daha baskın olduğu zamana bağımlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu değişikliğin temel nedenleri; yıl içerisinde mevsime bağlı olarak meydana gelen (i) toprak nem içeriğinin değişimi, (ii) organik madde miktarı ve ayrışma derecesinin değişimi, (iii) ıslanma-kuruma/donma-çözünme periyotlarının cereyan etmesi ve (iv) kültüvasyon uygulamaları şeklinde sıralanabilir (Demirkol, 2015).

Agregat parçalanması süreci infiltrasyon, kabuk oluşumu ve erozyon gibi toprağın çok yönlü fiziksel davranışlarını etkilemektedir. Daha ince daha taşınabilir partiküllerin bulunduğu toprağın parçalanmaya karşı hassasiyeti erozyon sürecinde büyük öneme sahiptir. Agregat parçalanma ölçümleri toprak aşınabilirliğinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. (Brayn, 1968; Le Bissonnais, 1996).

Agregat parçalanmasından sorumlu olan bir çok süreç vardır. Parçalanma sürecinin tipi agregat parçalanma yoğunluğu ile dağılma ve taşınmaya elverişli toprak fragmentlerinin büyüklük dağılımını etkilemektedir. Toprak parçacıklarının dağılılırlığı ve parmaklar arası erozyon süresince yüzey akışın miktarı, toprak kabuğu oluşum sürecini yönetmektedir. Toprak kabuğunun hidrodinamik özellikleri ve oluşum karakteristikleri parçalanmış agregatın büyüklük dağılımıyla ilişkilendirilmektedir (Bradford ve ark., 1987; Loch ve Foley, 1994 ; Le Bissonnais, 1996).

Kinnel (2005), toprakta hidrolik süreçler üzerine yaptığı bir çalışmada agregatların parçalanma mekanizmalarını tanımlamış ve söz konusu çalışmacının yapmış

olduğu bu tanımlmaya göre (Raindrop Impact Induced Erosion: RIIE) yağmur damlasının neden olduğu erozyon olayında aşınıp taşınma işlemleri olarak düşen yağmur damlaları ve akan suyun enerjilerinden kaynaklı olarak ikisinin birlikte veya tek başlarına etkileri sonucu oluşmaktadır. Erozyon, toprak matriksinin yüzeyinden toprak materyallerinin ayrılması sonrasında parçalanmış toprak materyallerinin parçalandığı noktadan uzağa taşınmasını içeren bir işlemdir. Parmaklar arası ve tabaka erozyonunda RIIE temel faktördür. Yağmur damlasının çarpmasına ilave olarak yüzeydeki su akışları da toprak matriksinin yüzeyinden toprak materyallerinin saçılmasına neden olabilmektedir. Parçalanma başlamadan önce ya da yağmur damlası ya da akışın gücüne ihtiyaç vardır. Akışın parçalanmaya yeterli enerjisi olmadığı veya toprak yüzeyini yağmur damlalarından koruyacak derinliği olmadığı zamanlarda RIIE erozyonunda baskın rol oynamaktadır.

Parçalanmış materyalin taşınması yağmur damlalarının ve yüzey akışın birlikte ya da tek başlarına etkileriyle oluşmaktadır. Sonuç olarak tabaka erozyonu ile parmak ve parmaklar arası erozyonda dört farklı parçalanma ve taşınma sistemi tanımlanmıştır (Kinnel, 2005).

(i) Yağmur damlasının sıçratma etkisiyle parçalanma ve taşınma (Raindrop detachment with transport by raindrop splash RD-ST)

(ii) Yağmur damlası etkisinde oluşan akışın taşınması esnasında meydana gelen parçalanma ve taşınma (Raindrop detachment with transport by raindrop-induced flow transport RD- RIFT)

(iii) Yağmur damlasıyla parçalanma ve yüzey akışla (Raindrop detachment with transport by flow RD-FT)

(iv) Yüzey akışla parçalanma ve yüzey akışa taşınma (Flow detachment with transport by flow FD-FT)

Birinci sistemde (RD-ST), erozyon toprak yüzeyini etkileyen yağmur damlasının etkisiyle oluşan enerjiyle yönetildiğinde yağmur damlası enerjisi toprak yüzeyinde partiküllerin tutunmasını sağlayan bağları zayıflatır ve damlanın düştüğü yerden parçalanmış partikülleri uzaklaştırır. En sık görülen taşınma mekanizması yağmur damlasının sıçratma etkisiyle oluşandır. Yağmur damlasının sıçratma etkisi parçalanmış partiküllerin parçalandıkları yerden hareket etmesine sebep olur. RD-ST sistemi genellikle bir fırtınanın başlamasıyla yüzey akış olmayan veya çok az olan durumlarda etkin olur. Fakat sıçramayla taşınma (ST) çoğunlukla etkisiz bir taşınma sistemidir. Eğer toprakta

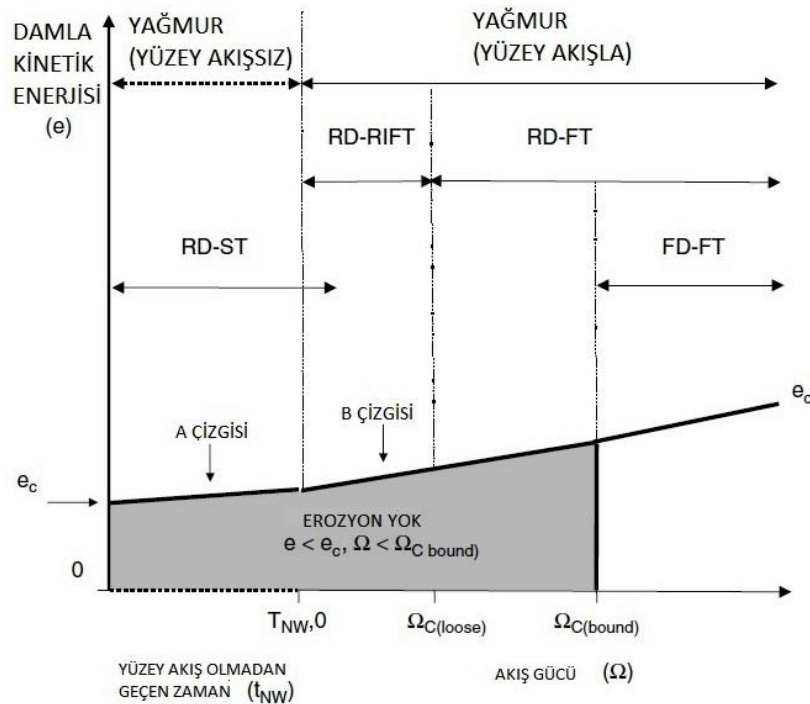
eğim yoksa damlanın düştüğü noktadan sıçrayan materyal bir başka damlanın etkisiyle tekrar sıçradığı bölgeye geri dönebilir. Eğer eğim varsa sıçrayan materyal eğim doğrultusunda sıçradığı noktadan uzaklaşır. Bu sıçrayan materyalin hareketi eğime bağlı olarak artar, fakat çoğu durumda taşınan materyalin artmasına artan damla sayısı sebep olur. Yağmur erozyonu ya parçalanma ile ya yağmur damlasıyla ilişkili olan taşınma kapasitesiyle ya da yüzey akışıyla sınırlanır. RD-ST sınırlayıcı bir faktördür.

İkinci sistemde (RD-RIFT), toprak yüzeyinde su akışı gerçekleştiği zaman yağmur damlası akışın içine toprak partiküllerini parçalamak için penetre olabilir, damlanın ayrılmasının bir etkisi olarak sıçrayabilir veya alternatif olarak akış içinde akış yönüne göre kaldırılıp tekrar yüzeye indirilebilir. Damla etkisinin partikülleri akış içerisinde tekrar ve tekrar kaldırmasını takiben akış yönüne göre her biri farklı bir bölgeye taşınır. Ortaya çıkan taşınma süreci yağmur damlasının ve su akışının etkisini içerir. Bu yüzden taşınma etkisini içeren yağmur damlası etkisi olarak adlandırılır (RIFT). Kaba materyal ile birlikte, akış suyuna yağmur damlası etkisi savrulanlardan ziyade yuvarlananlara benzetilebilir. RIFT sıçrama taşınmasından (ST) daha etkili bir sistemdir. RD-RIFT toprak materyalinin çatlaklar arasından çatlaklara hareketinde önemli bir role sahiptir. Ayrıca sıçrama materyali rüzgarla kaplanmamış alandan RIFT'in idaresini RD-ST-RIFT sistemine verdiği bölgelere taşınır. RIFT sıçrama taşınmasından (ST) daha etkili bir sistem olmasada materyali aşağı bölgelere taşımak için pek çok yağmur damlasının etkisine ihtiyaç vardır ve RD-RIFT sistemi taşınmayı kısıtlar.

Üçüncü sistemde (RD-FT) pek çok durumda ince yüzey akışı bölgedeki materyalin taşınarak kaybına sebep olma potansiyeline sahiptir fakat yüzeyin altındaki materyalin parçalanmasına yeterli olmaz. Buna rağmen akışa penetre olan damla bunu yapabilir. Sonuç olarak damla etkisiyle parçalanmış partiküller eğim yönünde taşınma sürecinde damla etkisine ihtiyaç duymadan taşınabilirler. RD-FT parçalanma-taşınma sistemi RD-RIFT' den daha etkilidir. Çoğunlukla hem RD-RIFT hemde RD-FT (RIFT ile taşınan kaba materyal ve FT ile ince materyalin taşınması) aynı anda aynı akış içerisinde gerçekleşir. RIFT yükün taşınması kapasitesini azaltan damla etkisi olmadan yük taşıma kapasitesine sahip akışlar sağlar.

Dördüncü sistemde (FD-FT) toprak yüzeyinde kohezyonla tutunan partiküllerini parçalaması için gereken kritik enerji ve partiküller arası sürtünme $\Omega_{c(\text{bound})}$ olarak belirtilmiştir. FD (Ω), $\Omega_{c(\text{bound})}$ 'a eşit veya daha büyük olmadan gerçekleşmez. Akış gücü eğim oranına ve akış deşarjına göre değişen bir hidrolik parametredir.

Şekil 2.1’de sırasıyla yağmur damlası etkisi ve akarsu etkisiyle ilişkili olarak damla enerjisini ve akış gücünü erozif bir güç olarak ilişkilendirildiğinde taşıma ve parçalamada damla enerjisinin (e) ve akış gücünün (Ω) parçalanma ve taşınmaya nasıl etki ettiği şematik olarak gösterilmektedir. Adı geçen şekilde yağmur damlasının toprak yüzeyinde kohezyonla tutunan partikülleri parçalaması için gereken kritik enerji ve partiküller arası sürtünme e_c olarak belirtilmiştir. Yağmur damlasının parçalanması (RD) e ’nin e_c ’ye eşit olmadığı veya daha büyük olmadığı durumda gerçekleşmez. Parmak ve tabaka erozyonu parçalanmada RD’nin baskın olduğu alanlarda gerçekleşir. RD-FT akış gücü (Ω), $\Omega_{C(lose)}$ ’e eşit veya daha büyük olduğu zamanlarda gerçekleşir.



Şekil 2.1. Yağmur damlası ve akış enerjilerindeki varyasyonlarla ilişkili olan parçalanma ve taşınma süreçleri (Kinnel, 2005’den uyarlanmıştır). TNW: Yüze akış başlamadan önceki toplam yağış süresi. e_c : parçalanmaya sebep olan kritik damla enerjisi; damla enerjisi (e) e_c ’ye eşit ya da daha büyük olduğu zaman yağmur damlası etkisinde içeren erozyon oluşur. A: akış başlamadan önce toprak yüzeyinden toprak partikülleri yağmur damlasıyla parçalandığı andaki kritik enerji çizgisi. Bu çizginin eğimi kabuk oluşumu gibi parçalanma etmenlerine karşı artan direncin göstergesi olarak kullanılır. B: (akış gerçekleşirken toprak yüzeyinden yağmur damlalarıyla toprak partiküllerinin parçalanması esasındaki kritik yağmur damlası enerjisi için çizgi). Bu çizginin eğimi akışa penetre olan yağmur damlası enerjisinin artan kullanımının derinlik arttıkça akış gücünün artmasının göstergesi olarak kullanılır. $\Omega_{C(lose)}$: (ön parçalanması gerçekleşen toprakların taşınması için gerekli kritik akış gücü). $\Omega_{C(bound)}$: (toprak yüzeyine kohezyon ve partiküller arası etkileşimle bağlı parçacıkların parçalanması için gerekli kritik akış gücü). RD-ST: yağmur damlasının parçalanması ve taşınması. RD-RIFT yağmur damlasının parçalanması ve yağmur damlasının etkisini içeren akışla taşınma. RD-FT: yağmur damlasıyla parçalanma ve akışla taşınma. FD-FT akışla parçalanma ve akışla taşınma.

Agregatların suyla parçalanmaları çeşitli fiziko-kimyasal mekanizmalardan kaynaklanabilir ve kil partiküllerinin interaksiyonundan makroskobik agregat davranışlarına kadar farklı toprak strüktür ölçeklerini kapsayabilir (Emerson ve Greenland, 1990; Oades ve Waters, 1991; Le Bissonnais, 1996).

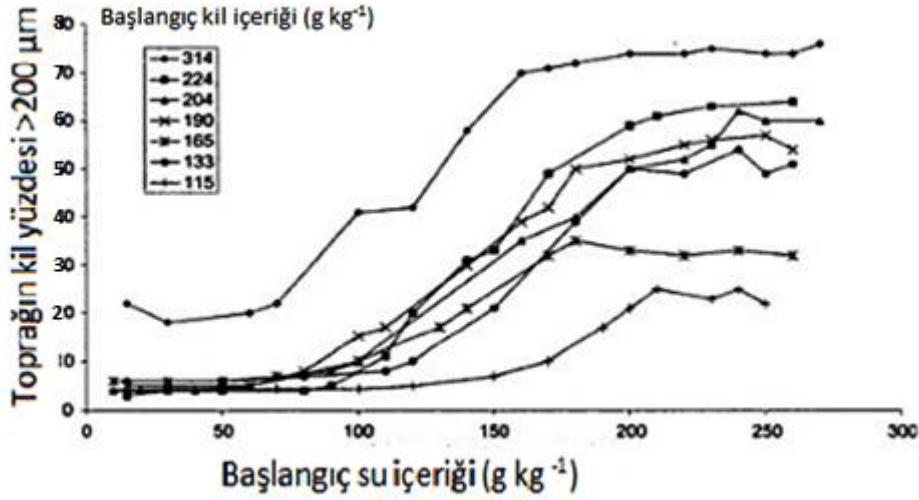
Agregatların parçalanmasında tanımlanan birçok mekanizma içerisinde özellikle dört tanesinin üzerinde durulmaktadır. Bunlar; (i) osmotik stressen kaynaklanan fiziko-kimyasal dispersiyon, (ii) ufalanma yani agregat içerisinde hapsolmuş havanın ıslanma esnasında sıkıştırma etkisiyle parçalanması (iii) yağmur damlasının etkisi ile parçalanma ve (iv) diferansiyel şişmelerden kaynaklanan parçalanmadır.

Bu mekanizmalar partiküller arası bağlanma doğası ve bozulmaları için gereken enerji, agregasyonun bozulması için gereken fiziksel ve kimyasal koşullar, parçalanma sürecindeki kinetikler, mekanizmayı etkileyen toprak özelliklerinin ve agregat parçalanma ürünlerinin büyüklük dağılımı gibi pek çok yönden farklılık gösterir.

Fiziko-kimyasal dispersiyon ıslanma sürecinde koloidal partiküllerin arasındaki çekici güçlerin azalmasından kaynaklanmaktadır. Stabilite veya dispersiyon katyon büyüklüğüne ve değerliliğine bağlıdır. Polivalent katyonlar flokülasyona sebep olurken monovalent katyonlar dispersiyona sebep olmaktadır. Dispersiyon toprak solusyonunun elektrolit konsantrasyonundan, uygulanan suyun elektriksel iletkenliğinden (EC) ve yağmur damlasının çarpma etkisinden kaynaklı mekanik bozulmasından etkilenir. Dispersiyon esasen değişebilir sodyum yüzdesine bağlıdır. Dispersiyon karakteristiğinin tanımlanması mikroagregatlardan ziyade primer partiküllerin ürünüdür. Bu yüzden dispersiyon agregat parçalanmasındaki en etkili süreçtir ve diğer mekanizmaların etkisini arttırmaktadır. Dispersiyon genellikle çok hızlı kabuk oluşumuna, infiltrasyonun yavaşlamasına ve sudaki partiküllerin büyük oranda hareketine yol açar.

Le Bissonnais (1996), yaptığı bir çalışmada saturasyona ulaşana kadar başlangıç nem içeriğinin artmasına paralel olarak, ufalanmanın azaldığını bildirmiştir (Şekil 2.2). Bu durum hava hacminin azalması sebebi ile yani ıslanma süresince hapsolan hava ve matrik potansiyel eğiminin azalması nedeniyledir. Şekil 2.2'de farklı kil içeriğine sahip toprakların farklı başlangıç nem içeriklerindeki dağılma miktarları gösterilmektedir. Bu şekilde göre kil içeriği arttığında dağılma azalmaktadır. Ufalanmadan kaynaklı fragmentler çoğunlukla mikroagregatlardır ve bu mikroagregatların boyutu kil içeriğinin artışına

paralel olarak artar. Kil hacmi ve iskelet parçacıkların arasındaki bağların direnci kil içeriğiyle artar. Bundan dolayı primer partiküllerin elementel bileşimleri daha büyüktür.



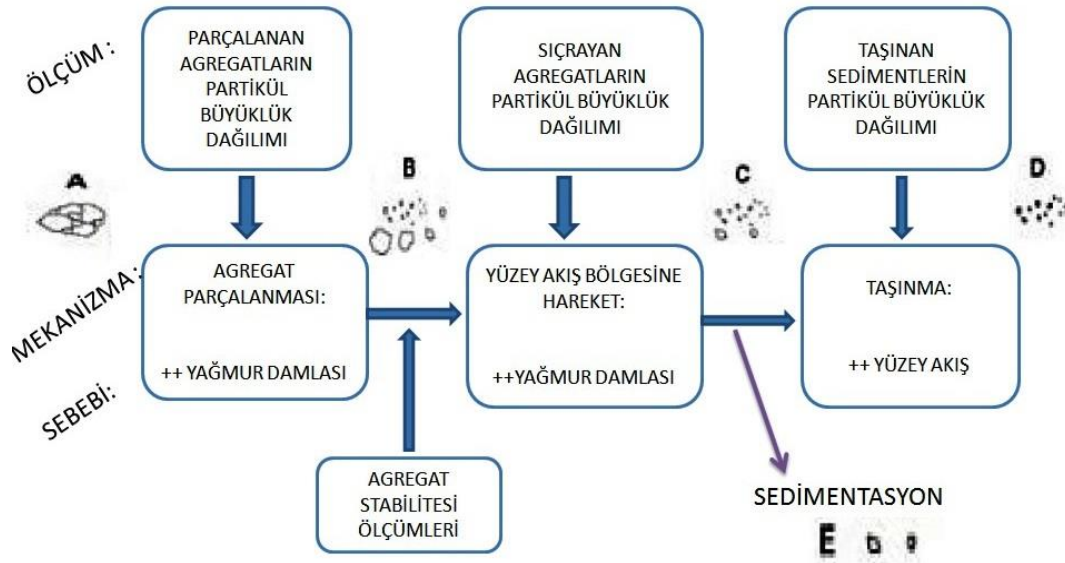
Şekil 2.2. Çeşitli kültivasyonlar uygulanmış kuzey Fransa toprağı agregat stabilitesi, (3-5 mm agregatların suya daldırılmasından sonra partikül yüzdesi >200 mikron) başlangıç su içeriği ve kil yüzdesi (Le Bissonnais, 1996'dan uyarlanmıştır)

Damla kinetik enerjisinin yeterince büyük olması durumunda yağmur damlası tarafından agregatların mekaniksel parçalanması çoğunlukla diğer parçalanma mekanizmalarıyla kombine bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu etkinin büyüklüğünü, toprak yüzeyini bu çarpma etkisine karşı koruyan vejetasyonun ve malçların varlığı yönetmektedir. Damla etkisi ile parçalanma mekanizması ıslak topraklarda baskın bir rol oynar çünkü toprak ısladıkça agregatlar zayıflamaktadır. Drene olmayan koşullar altında yağmur damlası etkisi ile oluşan sıkıştırıcı gerilim fragmentlerin parçalanmasına ve dağılmasına neden olan yatay kesme direncine dönüşmektedir. Dahası yağmur damlası etkisi parçacıkların sadece parçalanmasına değil aynı zamanda daha önce parçalanmış olanlarında yer değiştirmesine sebep olur (Bradford ve ark., 1987). Bu mekanizma splash etkisi olarak tanımlanır. Çünkü çok dayanıklı agregatlar sıçrama (splash) ile hareket edebilir. Ancak yağış devam ederken agregat stabilitesi ve damla etkisinin ölçümleri arasında tutarsızlıklar görülebilir. Yağmur damlası etkisiyle partiküller genellikle küçülerek diğer elementel partiküllere veya küçük mikroagregatlara dönüşebilirler (<100 µm).

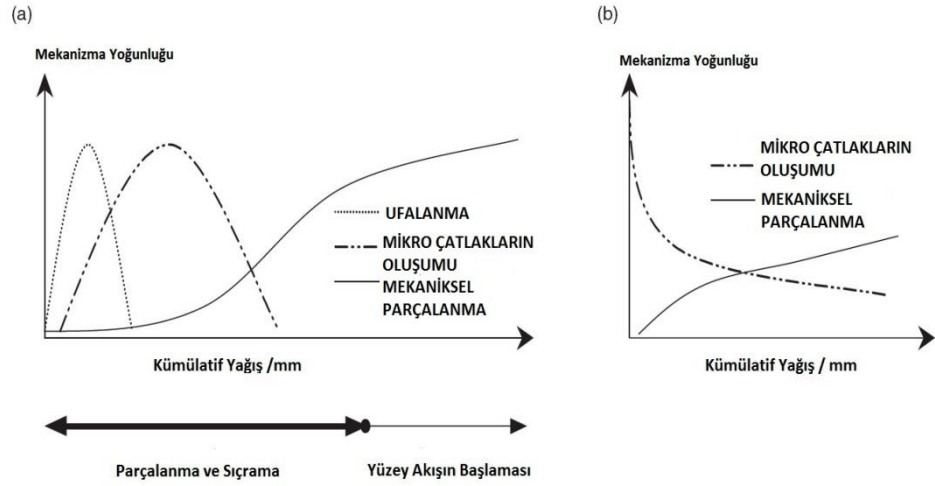
Killerin diferansiyel şişmeleri veya büzülmeleri ıslanma ve kuruma süreci agregatlarda mikroçatlamalara (microcracking) sebep olur. Bu ıslanma oranında dahil

olduğu ufalanma sürecinin benzer özelliklerine bağlıdır. Bu mekanizma başlangıçta ıslak toprakların ufalanmasından oluşan mikroagregatlara yaklaşık aynı tip ve büyüklükte mikroagregatları oluşturur. Bazı bilim adamları her iki mekanizma için ufalanma terimini kullansa da iki işlemden fiziksel süreçler birbirinden farklı olduğu için Le Bissonnais (2006) tarafından iki ayrı mekanizma olarak tanımlanmıştır.

Şekil 2.3’de parmaklar arası erozyonda gerçekleşen alt süreçlerin bir çeşit modellenmesi verilmiştir (Le Bissonnais, 2006). Söz konusu şekilde göre, teorik olarak yağış başlangıcındaki agregat yağmur damlası etkisi ile parçalanmakta, bu nedenle agregatın stabilite ölçümü bu evreden önceki dayanıklılığı yansıtmaktadır. Daha sonra bu parçalanmadan kaynaklı olarak oluşan fragmentler yağmur damlasının sıçratma etkisi ile (splash) yüzey akışın taşıma bölgesine hareket etmektedir. Bu bölgeye ulaşan parçacıklar büyüklüklerine bağlı olarak ya sedimentasyona uğramakta ya da yüzey akışı ile taşınmaktadır. İşte tam da bu noktada yağışın parçaladığı agregattan oluşan fragmentin büyüklüğü yüzey akışla taşınan materyalin parçacık büyüklük dağılımını etkilemektedir.



Şekil 2.3. Parmaklar arası erozyonda alt süreçlerin kavramsal olarak modellenmesi: parçalanma, mobilizasyon ve taşınma veya sedimentasyon A) başlangıç agregatları B) partiküllere ayrılma C) yağmur damlalarının küçük partikülleri mobilize etmeleri D) yüzey akışla ince partiküllerin taşınabilir olması E) veya kaba sedimente dönüşmesi (Le Bissonnais, 2006’den uyarlanmıştır)



Şekil 2.4. Agregat parçalanma mekanizmasının oluşum ve gelişiminin teorik şeması a) anlık yağış altında parçalanmadan sorumlu üç farklı fiziksel mekanizmanın gösterimi ve b) 30 mm saat⁻¹'lik yağış simülasyonu altında gözlemlenen basitleştirilmiş karşılaştırma şeması (Legout ve ark., 2005'ten uyarlanmıştır)

Toprak kayıpları mevcut olan depozit miktarı ile fragmentten parçalanıp sıçrama ve yüzey akışla taşınan toprak miktarı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Toprak fragmentlerinin parçalanması yağmur damlası nedeniyle ve taşınması da prensip olarak yüzey akış tarafından yönetilir (Kinnel, 1990; Hairsine ve Rose, 1991). Erozyonun bu alt prosesleri önceki toprak parçalanması tarafından sağlanan toprak fragmentlerinin büyüklük dağılımına bağlıdır (Le Bissonnais, 1996).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında da polimerlerin farklı toprakta başlangıç agregat büyüklüğüne bağlı olarak parçalanarak oluşan sedimentin büyüklük dağılımına etkisine odaklanılmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme konusu topraklar

Bu tez çalışmasında Alt Grup düzeyinde Typic Xerochrept ve Typic Xerorthent olarak tanımlanan (Gündoğan ve ark., 1997) iki farklı toprak kullanılmıştır. Bu toprakların seçilmesinin sebebi, genetik özellikleri kadar aşınabilirlik bakımından da farklı olmalarıdır. Çalışma konusu toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri ile aşınım parametre değerleri sırasıyla Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3’de (Demirkol, 2015) verilmiştir.

Çizelge 3.1’den de görüleceği üzere toprakların pH, OC ve değişebilir Na^+ içeriği değerleri birbirine yakın ancak EC, toplam CaCO_3 , KDK değerleri birbirinden farklıdır. Çizelge 3.2’ye göre, Typic Xerochrept toprak killi tın bünyeye sahipken Typic Xerorthent toprak kumlu killi tın bünyelidir. Toprakların hacimsel nem sabite değerleri birbirine yakınken hacim ağırlığı (HA) ve doymun hidrolik iletkenlik (K_{sat}) değerleri değişiklik göstermektedir. Çizelge 3.3’deki verilere göre Typic Xerochrept ve Typic Xerorthent toprakların ıslak agregat stabilitesi (WAS) değerleri sırasıyla % 41 ve % 12, dispersiyon oranı (DO) değerleri % 16.5 ve % 33.8, erozyon oranı (EO) değerleri % 14.9 ve % 35.1, SSI değerleri 52.1 ve 32.0, ortalama ağırlıklı çap (OAC) değerleri 2.10 ve 1.89 mm, toprak aşınım faktörü (USLE-K) değerleri 0.10 ve 0.22 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹’dir. Aşınabilirlik göstergelerine göre Inceptisol toprağın aşınımına karşı Entisol topraktan daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Deneme konusu toprakların bazı kimyasal analiz sonuçları (Demirkol, 2015)

Toprak	pH	EC _{25°C} dS m ⁻¹	CaCO ₃ g kg ⁻¹	OC g kg ⁻¹	KDK cmol _c (+)kg ⁻¹
Typic Xerochrept	8.3	2.24	117	12.0	35
Typic Xerorthent	8.5	1.90	181	10.1	17

pH ve EC saturasyon çamurunda ölçülen değerlerdir. EC: Elektriksel iletkenlik, OC: Organik karbon, KDK: Katyon değişim kapasitesi

Çizelge 3.2. Deneme konusu toprakların bazı fiziksel analiz sonuçları (Demirkol, 2015)

Toprak	Kil gkg ⁻¹	*Silt gkg ⁻¹	Kum gkg ⁻¹	Tekstür sınıfı	HA Mgm ⁻³	K _{sat} cm h ⁻¹	SAT cm ³ cm ⁻³	TK cm ³ cm ⁻³	DSN cm ³ cm ⁻³	YS cm ³ cm ⁻³
Typic Xerochrept	393	231	376	CL	1.32	4.06	0.52	0.37	0.24	0.13
Typic Xerorthent	291	192	517	SCL	1.36	10.4	0.40	0.31	0.19	0.12

*Parçacık büyüklüğü değerleri USDA ölçütleri esaslarına göre dir

HA: Hacim ağırlığı, K_{sat}: Doygun koşullardaki hidrolik iletkenlik, SAT: Saturasyon derecesi,

TK: Tarla kapasitesi, DSN: Devamlı solma noktası: YS: Yarayışlı su içeriği

Çizelge 3.3. Deneme konusu toprakların bazı aşınım parametre değerleri (Demirkol, 2015)

Toprak	WAS %	DO %	EO %	SSI	OAÇ mm	USLE-K t ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹
Typic Xerochrept	41	16.5	14.9	52.1	2.10	0.10
Typic Xerorthent	12	33.8	35.1	32.0	1.89	0.22

WAS: Islak agregat stabilitesi, DO: Dispersiyon oranı, EO: Erozyon oranı, SSI: Strüktürel stabilite indeksi, OAÇ: Ortalama ağırlıklı çap

3.1.2. Denemede kullanılan polimerler

Bu yüksek lisans tez çalışmasında moleküler ağırlığı 200 000 g mol⁻¹ ve yük yoğunluğu yaklaşık % 20 olan Poliakrilamid (PAM) ile moleküler ağırlığı 72 000 g mol⁻¹ ve yük yoğunluğu yaklaşık % 18 olan Polivinilalkol (PVA) kullanılmıştır. Kullanılan polimerlerden PAM ((-CH₂CHCONH₂-)_n) lineer bağlı, suda çözünebilir bir akrilamid sodyum akrilat kopolimeri ve PVA ((-CH₂OHOH-)_n) ise çapraz bağlı, belli bir çözücü sıcaklığına kadar hidrofobik olan bir venilalkol-akrilik asididir. Her iki düzenleyici de kuru iken granüler görünümlü ve beyaz renklidir. PAM ve PVA'nın bu çeşitleri tarımsal çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemeye konu edilen toprakların araziden alınması ve yağmurlama denemesi için hazırlanması

Polimer uygulaması ve yağmurlama işleminde kullanılmak üzere toprakların yayılım gösterdikleri alanların yüzeyinden (0-15 cm derinlikten) bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme işlemini gösteren resimler Şekil 3.1'de sunulmuştur. Naylon çuvalarla toprak kurutma odasına taşınan örnekler, büyük kesekleri el ile parçalanarak ve belirli aralıklarla altüst edilerek atmosfer koşullarında kurutulmuştur.

Hava kuru duruma getirilen her iki toprak önce 12.7 mm'den geçirilmiş ve sonra elek altına geçen kısım kendi aralarında <1, 1-2, 2-4, 4-6.4 ve >6.4 mm olacak şekilde agregat büyüklüklerine ayrılmıştır. Bu elek açıklıkları seçilirken konu ile ilgili olarak

yürütülen önceki çalışmalarda kullanılan elek setlerinde yer alan elek büyüklükleri göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin Kemper ve Rosenau (1986), tarafından agregat büyüklük dağılımının belirlenmesine yönelik olarak yürütülen çalışmada 0.5-1-2-4.76 mm lik büyüklükler kullanılmıştır. Demiralay (1993)'e göre bu tip çalışmalarda büyük kesekler göz ardı edildiğinde 12.7 mm en büyük doğal agregat büyüklüğü olarak tanımlanmaktadır 6.4 mm ise doğada bulunan stabil agregatın en yüksek agregat büyüklüğü olarak değerlendirilmektedir. Agregatların büyüklük sınıflarına ayrılmasında kuru eleme yöntemi kullanılmıştır (Demiralay, 1993). Bu işlem, yılın farklı dönemlerinde farklı agregat büyüklüğünün toprakta baskın oluşunu temsil etmek için gerçekleştirilmiştir. Toprakta süreğen olarak cereyan eden makroagregat dönüşümü (macroaggregate turnover) aynı yılın değişik dönemlerinde farklı büyüklük grubundaki agregatların nicelik bakımından toprakta baskın olmasına neden olmaktadır. Toprakların agregat büyüklüklerine ayrılması işlemini gösteren resimler Şekil 3.2 olarak verilmiştir.

Boyutları 250 x 250 x 150 mm (boy-en-derinlik) olan ve tabanındaki drenaj deliklerinin üzeri kaba filtre kağıdı ile örtülen toprak tavalarının ilk 100 mm'lik bölümüne deniz kumu yerleştirilmiştir. Kumun yüzeyi dikkatli bir şekilde düzeltildikten sonra üzerine bir tülbent serilmiş ve tavanın kalan 50 mm'lik kısmına ise yüzey akış toplama önlüğünün yüksekliği de gözetilerek bir toprağın bir büyüklükteki agregatı yerleştirilmiştir. Daha sonra tavanın yüzeyi düzeltilmiştir. Bu hazırlık her toprağın her agregat büyüklüğü için yapılmıştır. Farklı agregat büyüklüklerinin kontrol grupları yanı sıra, sonuçların değerlendirilmesinde önemi olduğu için, 12.7 mm'den (en yüksek elek açıklığı) geçirilmiş ve agregat sınıflarına ayrılmamış toprak tavaları da çeşitli karşılaştırmaların yapılabilmesi için yapay yağış uygulamasına hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Toprak örneklemesini gösteren resimler

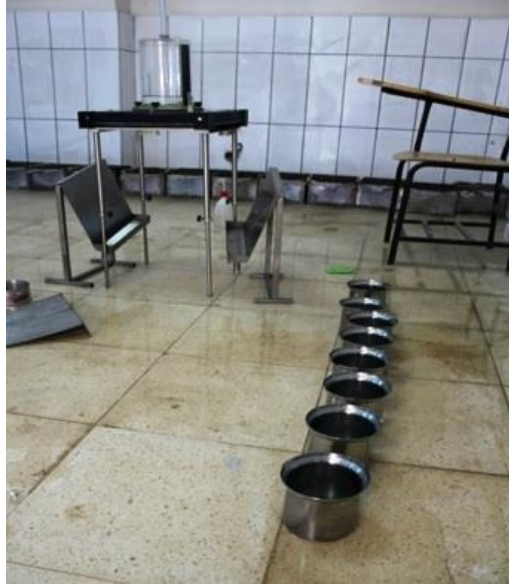


Şekil 3.2. Toprakların agregat büyüklüklerine ayrılması işlemini gösteren resimler

3.2.2. Yağış simülatörü ve kalibrasyonu

Toprak tavalarının üzerine yapay yağışın uygulanmasında Eijkelkamp firması tarafından seri üretimi yapılan mini yağış simülatöründen (Ürün Kodu: M1.09.06.E, type LUW, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, 6987 ZG Giesbeck, Netherlands)¹ yararlanılmıştır. Bu mini simülatör, 49 adet damla oluşturucu taşıyan bir yağmurlama haznesi ile bu haznedeki basıncı düzenleyen ve temelde bir Mariotte düzeneği olan 2300 ml kapasiteli su yükü ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 3.3). Damla oluşturucu başlıkların uzunluğu 10 ± 1 mm ve iç çapı 0.6 ± 0.08 mm'dir. Yağmurlama işlemi 0.0625 m^2 'lik bir taban alanında etkili olmaktadır. Damlaların düşme mesafesi 40 cm'dir. Ürün katalogunda kalibrasyon için verilen 360 mm h^{-1} intensiteli yağış yağdırıldığında, bir damlanın kütlesi 0.106 g ve çapı 5.9 mm olurken yağın birim kinetik enerjisi de $4 \text{ J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ olmaktadır (Eijkelkamp, 2005).

¹ Kullanılan yağış simülatörünün ticari isimi ve bazı özellikleri burada konunun daha iyi açıklanabilmesi amacıyla verilmiştir. Bu durum, tez yazarı, tez danışmanı ya da jüri üyeleri tarafından adı geçen ürünün alınımının tavsiye edildiği ya da teşvik edildiği anlamına gelmemektedir.



Şekil 3.3. Eijkelkamp mini yağış simülatörü (M1.09.06.E)

Mini yağış simülatörünün ürettiği yağışın yoğunluğu, kullanılan yağmurlama suyunun viskozitesinden ve zamanla kapillar yağmurlama başlıklarının çeşitli sebeplerle tıkanmasından etkilenmektedir. Bu nedenle her çalışma gününün başlangıcında yağmurlayıcı kalibre edilmiştir. Kalibrasyonda cihazın el kitapçığında mükemmel akış koşulları olarak belirtilen 375 ml dk^{-1} 'lık akış yoğunluğu sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla üretici firma tarafından önerilen su yükü haznesindeki hava alma borusunun yüksekliği Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmış (Eijkelkamp, 2005) ve simülatörde hava borusu yüksekliği ayarlanmıştır.

$$h = 100 - 0.65 \times t \quad [3.1.]$$

Burada:

100: Kalibrasyon başlangıcında 375 ml dk^{-1} 'lık yağışı yağdırmak için en uygun h değeri, mm

0.65: Sıcaklık için ortalama düzeltme faktörü (1 °C'lik sıcaklık değişimi yaklaşık 4 ml dk^{-1} 'lik bir akış değişimine neden olmaktadır)

t: yağmurlama suyunun sıcaklığı, °C

Üretilen yapay yağışın intensite ölçümleri TFA 35.1075 Nexus² kablolu tip mini meteoroloji istasyonundan yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon ve yağış ölçümlerine ait bazı fotoğraflar Şekil 3.4’de sunulmuştur.

Üretilen yağışlarda üniformite katsayısı (C_V) Eşitlik 3.2 (Christiansen, 1942) yardımıyla 0.96 olarak bulunmuştur.

$$C_V = [1 - (I_{SD}/I_{ort})] 100 \quad [3.2.]$$

Burada:

C_V : Christiansen üniformite katsayısı, %

I_{ort} : Ortalama yağış yoğunluğu, mm h⁻¹

I_{SD} : Yağış yoğunluğu ölçümlerine ait standart sapma



Şekil 3.4. Yağış simülasyonunun kalibrasyonu ve yağış ölçümlerine ait bazı fotoğraflar (1: Simülasyon ve plüviyometrenin ön görünümü, 2: simülasyonun kullanıma hazırlanması, 3: hava borusunun yüksekliğinin ayarlanması, 4: hava istasyonu setinin bilgisayar ve analog bağlantı görünümü, 5: simülasyonun su yükü haznesi ve su tankı bağlantısının görünümü)

² Kullanılan iklim istasyonunu setinin ticari ismi ve bazı özellikleri burada konunun daha iyi açıklanabilmesi amacıyla verilmiştir. Bu durum tez yazarı, tez danışmanı ya da jüri üyeleri tarafından adı geçen ürünün alımının tavsiye edildiği ya da teşvik edildiği anlamına gelmemektedir.

3.2.3. Polimerlerin farklı büyüklükteki agregatlara uygulanması ve bu agregatlar ile kontrol toprak tavalarına yapay ardıl yağışların uygulanması

Deneme konusu toprakların erozyon tavalarındaki hava kuru agregatlarına, 500 ml'lik solüsyonlar halinde fırın kuru ağırlık esasına göre % 0.005 dozunda (10 mm'lik üst toprak katmanı dikkate alındığında 6.25 kg ha⁻¹ dozuna denk gelmektedir) PAM ve PVA bir el püskürtücüsü yardımıyla püskürtülerek uygulanmıştır. Tavaların hazırlık işlemlerini gösteren resimler şekil 3.5'te verilmiştir. Toprak erozyonunu azaltmak için bazı durumlarda 20 kg ha⁻¹ ve daha yüksek PAM dozunun gerekebileceğini belirten Blanco-Canqui ve Lal (2008), her bir toprak için eşik değerin belirlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Denet tavalarının tamamına ise 500 ml saf su uygulanmıştır. Polimer uygulaması yağmurlama işleminden 24 saat önce gerçekleştirilmiştir. Yapay polimerlerin solüsyonları, kimyasalların 70 °C'lik su banyosu içerisinde bulunan cam beherdeki saf suda eritilmesiyle hazırlanmıştır (Stefanson, 1973). Agregatların parçalanma oranı, yağış karakteristiklerine, toprakların özelliklerine ve eğim durumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Agregatların, uygulanacak yağış ve polimer karşısında göstereceği direncin derecesinin agregatların parçalanma mekanizmaları hakkında sağlıklı bilgiler verebilmesi için bu çalışmada yağış yoğunluğu, yağmurlama süresi ve toprak tavalarının eğimi sabit tutulmuştur.



Şekil 3.5. Toprakların polimer uygulaması ve yağmurlama işlemine hazırlık sürecini gösteren resimler

Polimer uygulamasından 24 saat sonra toprak tavalarına % 15 eğim verilerek 12 dakika süre ile yoğunluğu 360 mm h⁻¹ olan yağış uygulaması yapılmıştır (Birinci yağış uygulaması). Bilindiği üzere >50 mm h⁻¹ yoğunluktaki doğal yağışlar intensite bakımından “çok şiddetli” sınıfına girmekte (Özdemir, 2002), yıl içerisinde meydana gelen toplam erozyonun büyük bölümüne bu yağışlar neden olmaktadır (Hudson, 1995). Yoğunluğu 50

mm h⁻¹ olan 10 mm kalınlığındaki doğal yağışın sağladığı toplam enerji akışını Eijkelkamp mini yağış simülatörü ile sağlamak için yağmurlamalar seçilen süre ve yoğunlukta yapılmıştır. Ayrıca simülatörün teknik kataloğunda 360 mm h⁻¹ yoğunluktaki yapay yağışların simülatör tarafından üniform yağdırılabildiği, 40 cm'lik damla düşüş mesafesinin neden olduğu düşük kinetik enerji sorununun, aletin yüksek intensitede çalıştırılmasıyla aşılabileceği açıklanmaktadır (Eijkelkamp, 2005).

Bu çalışmada 50 mm h⁻¹ intensiteli doğal yağışların enerji akışının taklit edilerek çalışılması öngörülmüştür. Enerji ve yağış süresi hesaplamalarında Demirkol, (2015)'de verilen hesaplamalar esas alınmıştır. Bu yoğunluktaki doğal yağışın birim kinetik enerjisi Eşitlik 3.3 ile 0.273 MJ ha⁻¹ mm⁻¹ olarak hesaplanmış, yağış kalınlığı 10 mm alınarak söz konusu doğal yağışın toplam kinetik enerjisi Eşitlik 3.4 kullanılarak 2.73 MJ ha⁻¹ şeklinde bulunmuştur.

$$E_m = 0.29[1 - 0.72e^{(-0.05I_m)}] \quad [3.3.]$$

Burada:

E_m : Yağışın birim kinetik enerjisi, MJ ha⁻¹ mm⁻¹

I_m : Yağış yoğunluğu, mm h⁻¹

$$\sum E_m = E_m h \quad [3.4.]$$

Burada:

$\sum E_m$: Yağışın toplam kinetik enerjisi, MJ ha⁻¹

E_m : Yağışın birim kinetik enerjisi, mm h⁻¹

h : Yağış kalınlığı, mm

Böylece Eijkelkamp mini yağış simülatörünün teknik kataloğundaki bilgiler kullanılarak (Eijkelkamp, 2005) aletin 360 mm h⁻¹ intensite ile yağış üretirken toplam 2.73 MJ ha⁻¹ enerji akışı sağlaması için yaklaşık 12 dakika yağmurlama süresine ihtiyaç duyduğu hesaplanmış; hesaplamalarda simülatörün 0.0625 m²'lik etki alanı da dikkate alınmıştır. Böylece denemedeki yağmurlama süresi her bir yağış uygulaması için 12 dakika olarak belirlenmiştir.

Yağmurlama işlemlerinde saf su kullanılmıştır. Yağış süresince tavadan taşınan sedimentler, toprak tavaasının boşaltım ağzının altına yerleştirilen alüminyum kaplara toplanmıştır. Yüzey akış ve sedimentlerin toplandığı alüminyum kaplar çökeltmenin

sağlanması için bir gece bekletilmiş ve yüzey akış suyu berraklaştığında sifonlama yoluyla topraktan ayrılmıştır. Bu işlemden sonra topraklar yaş olarak tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir. Eleme işleminden sonra bir düzeltme faktörü ile taşınan sedimentin fırın kuru ağırlıkları hesaplanmıştır.

Birinci yağmurlama uygulaması yapılan toprak tavaları, yağmurlama işleminden hemen sonra laboratuvar koşullarında olmak üzere, polimerlerin parçalanmasına neden olan doğrudan güneş ışığından sakınılarak, 48 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Bu bekleme süresine konu ile ilgili yürütülen benzer çalışmalarda (Nciizah ve Wakindiki, 2014; Demirkol, 2015) rastlanmaktadır. Bekleme süresinden sonra bütün işlem ve ölçümleri I. yağış uygulamasındaki ile aynı olacak şekilde, kuruyan tavalara II. yağış uygulaması (ardıl yağış) yapılmış ve birinci yağış esnasındaki ve sonrasındaki işlemler tekrar edilmiştir.

Daha sonra her erozyon tavasından taşınan sedimentte parçacık büyüklüğü belirlenmiştir. Bu amaçla 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.02 mm açıklıklara sahip eleklerden oluşan elek seti kullanılmıştır. Bu elek setinde en üstteki eleğin içerisine dökülen sedimentler 10 dakika süre ile 40 mm dalış uzunluğunda 30 devir dak^{-1} frekansında ıslak elemeye tabi tutularak parçacık boyutlarına ayrılmıştır (Mikha ve ark., 2005). Eleme sonucunda her bir eleğin üzerinde biriken sedimentler piset yardımıyla alüminyum kaplara aktarılmış suları süzölmüş ve 105°C 'de 24 saat süreyle etüvde bekletilmiştir. Kurutma işleminden sonra her elek açıklığına ait örneklerin ağırlıkları ölçülerek parçacıkların farklı başlangıç agregat büyüklüklerine sahip tavalardan taşınan toplam sediment içerisindeki ağırlıkları oransal olarak tespit edilmiştir. Bu işlem her bir başlangıç agregat büyüklüğü ve yağış (birinci ve ardıl) için tekrarlanmıştır.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Birinci ve ardıl yağış uygulamaları iki ayrı deneme olarak değerlendirilmiştir. Denemeler tesadüf parsellerinde faktöriyel düzende ve iki tekerrürlü olarak tertiplenmiştir. Polimerlerin ve başlangıç agregat büyüklüklerinin taşınan sediment büyüklük dağılımı değişkeni üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde ANOVA testi, değişkenlerin ortalama değerlerinin karşılaştırması Duncan testi ve değişkenlere etkileri bakımından iki yağışın karşılaştırılmasında "t" testi kullanılmıştır (Efe ve ark., 2000). İstatistiksel değerlendirmeler SPSS paket programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Typic Xerochrept Topraklardan yüzey akışla taşınan sedimentte parçacık büyüklük dağılımı

Birinci ve ardıl yağış uygulamaları altında yüzey akışla taşınan malzemede büyüklük dağılımı belirlenmiştir. Typic Xerochrept toprağın farklı büyüklükteki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentlerin parçacık büyüklük dağılımları halka grafikler şeklinde hazırlanmıştır. Kontrol tavalardan yüzey akışla taşınan sedimentin oransal olarak büyüklük dağılımı her bir başlangıç agregat büyüklüğü için Şekil 4.1-4.6'da, PAM uygulanan tavalalar için 4.7-4.12'de ve PVA uygulanan tavalalar için 4.13-4.18'de halka grafikler görünümünde verilmiştir. Her bir şekilde iç halka birinci yağış uygulamasını, dış halka ise ardıl yağış uygulamasını temsil etmektedir. Sonuçlar, polimerlerin toprak agregatlarının parçalanma dinamiklerine etkilerini açıklama bakımından önem taşımaktadır.

Şekil 4.1'in incelenmesinden anlaşılacağı gibi Typic Xerochrept toprağın <1 mm başlangıç agregat büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiği tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 41 olarak belirlenmiştir. Aynı değer ardıl yağış için % 42 olarak bulunmuştur. Ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacık miktarının birinci yağışta taşınanla neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan birincil yağışta 0.5-1 mm arasındaki parçacıkların toplam içerisindeki oranı da % 42 olarak belirlenmiş, bu değer ardıl yağışta % 33'e düşmüştür. Oransal olarak en düşük boyut aralığının 0.02-0.1 mm olduğu tespit edilmiştir (Birinci yağışta % 1, ardıl yağışta % 5).

Başlangıç agregat büyüklüğü 1-2 mm olan Typic Xerochrept agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan birinci yağışla taşınan toplam sedimentin oransal olarak en büyük kısmını (% 52) <0.02 mm boyutundaki parçacıklar oluşturmuştur. Aynı değer ardıl yağış için % 77 olarak bulunmuş, bu iki değer birbirinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Aynı tavalardan taşınan sedimentte 0.5-1 mm aralığındaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 5 olarak belirlenmiştir. Aynı değer ardıl yağış için % 3 olarak bulunmuştur. Yani bu tavalardan taşınan sedimentte oransal olarak en düşük parçacık boyutu 0.5-1 mm'dir (Şekil 4.2).

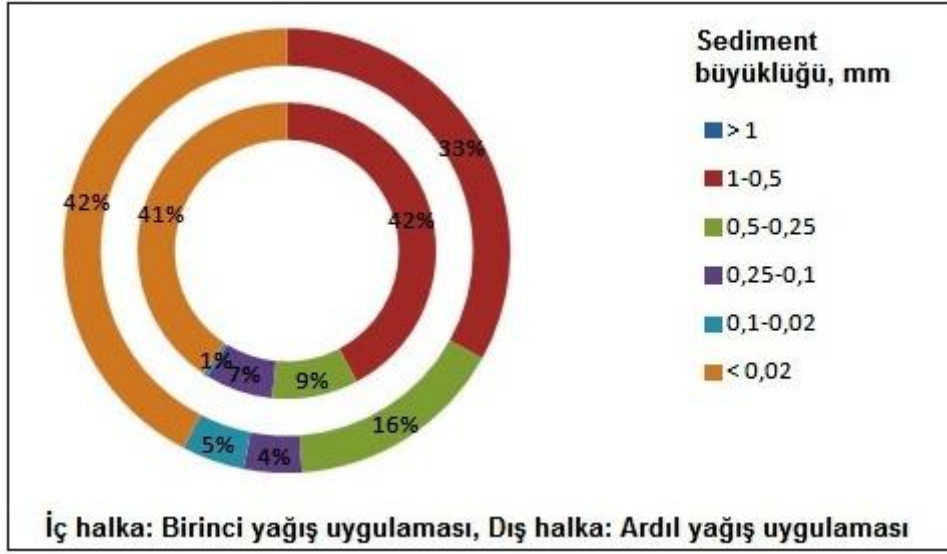
Typic Xerochrept toprağın başlangıç büyüklüğü 2-4 mm olan agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentlerin parçacık büyüklük dağılımları Şekil 4.3'de verilmiştir. Adı geçen şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi bu tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 65 olarak belirlenmiştir. Aynı boyuttaki parçacıklar ardıl yağış için % 69 olarak bulunmuştur. Ardıl yağışla taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacık miktarının birinci yağışla neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir. Başlangıç agregat büyüklüğü 2-4 mm olan agregatların yerleştirildiği tavalardan taşınan sedimentte 0.02-0.1 mm aralığındaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 2 olarak belirlenmiştir aynı değer ardıl yağış için % 3 olarak bulunmuştur. İki değer birbirine son derece yakındır.

Şekil 4.4.'e göre, Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm başlangıç agregat büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte >1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 44 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışla taşınan sedimentte ise oransal olarak en fazla (% 27) büyüklük grubunu 0.5-1 mm ve <0.02 mm boyutundaki parçacıkların oluşturduğu belirlenmiştir. Bu tavalardan birinci yağışla taşınan sedimentte oransal olarak en az (% 4) olan büyüklük grubunun <0.02 mm olduğu tespit edilmiştir. Ardıl yağışta ise oransal olarak en az (% 13) olan parçacık büyüklük gruplarının 0.1-0.25 mm ve 0.02-0.1 mm olduğu gözlemlenmiştir.

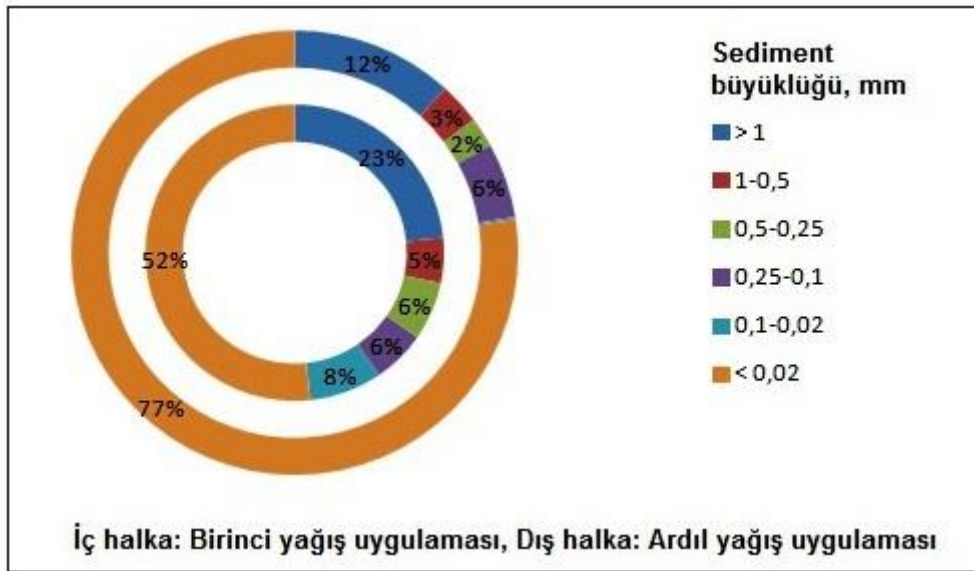
Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm başlangıç agregat büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 30 olarak belirlenmiştir aynı değer ardıl yağış için % 52 olarak gözlemlenmiştir, ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacık miktarının birinci yağıştan farklı olduğu gözlemlenmiştir. >6.4 mm başlangıç agregat büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan birinci yağışta taşınan sedimentte oransal olarak en az (% 3) ardıl yağışta ise (% 4) oranı ile 0.02-0.1 mm grubu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.5).

Şekil 4.6 incelendiğinde Typic Xerochrept toprağın tüm agregatların birlikte yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 82 olarak belirlenmiş. Aynı değer ardıl yağış için % 91 olarak bulunmuştur, ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacık miktarının birinci yağıştan farklı olduğu gözlemlenmiştir. Birinci yağışta parçacık

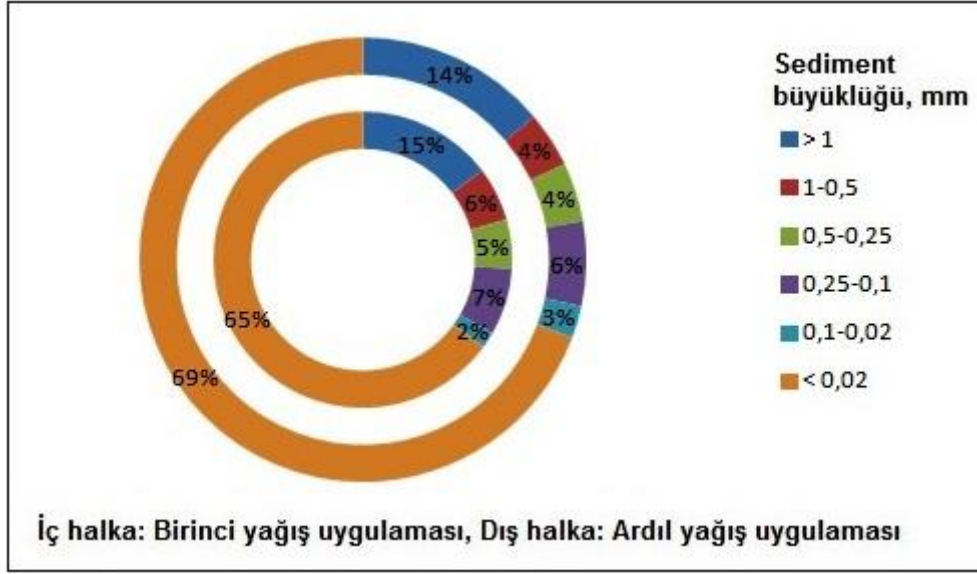
boyutu dağılımı oransal olarak en az 0.25-0.5 mm boyutundaki parçacıklar (% 3) ardıl yağışta ise % 4 oranı ile aynı boyuttaki parçacıklar olarak belirlenmiştir.



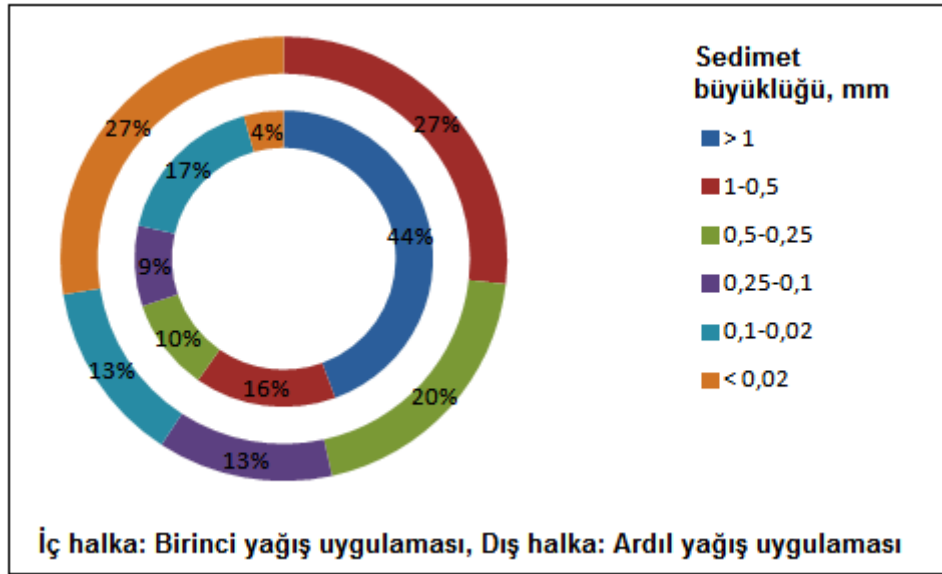
Şekil 4.1. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



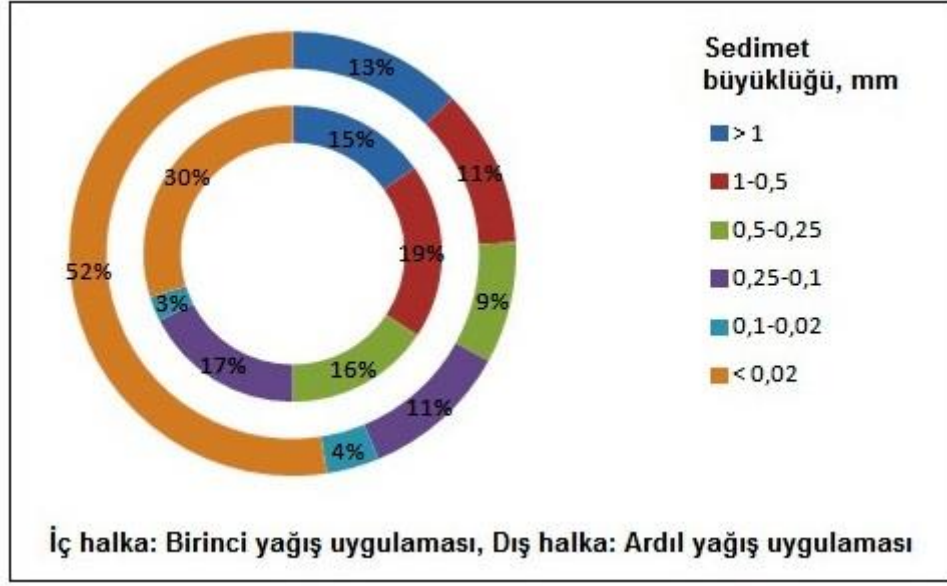
Şekil 4.2. Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



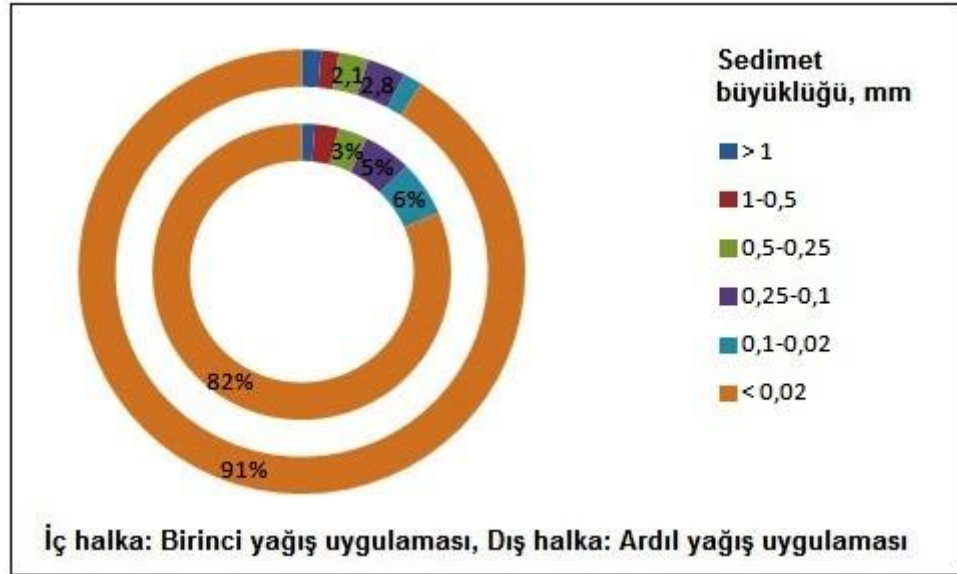
Şekil 4.3. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.4. Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.5. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.6. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Herhangi bir polimer uygulaması yapılmayan Typic Xerochrept toprağın agregatlarının yerleştirildiği tavalardan taşınan sedimentin büyüklük dağılımı genel olarak başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişim göstermiştir. Ayrıca sedimentin oransal dağılımı bazı tavalarda iki yağış arasında da değişiklik göstermiştir. Bu durumun öncelikle

farklı büyüklükteki agregatların farklı düzeylerde parçalanmalarına dolayısıyla, potansiyel olarak taşınacak sediment büyüklüğünün farklılık göstermesinden ileri gelmiş olabilir.

Şekil 4.7 incelendiğinde Typic Xerochrept toprağın <1 mm boyutundaki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte 1-0.5 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranının birinci yağışta aynı olduğu gözlemlenmiştir (% 43). En az parçacık oranı ise 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıklarda birinci yağışta % 2 olarak belirlenmiş ardıl yağışta da aynı değer gözlemlenmiştir.

Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm boyutundaki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 60 olarak belirlenmiştir aynı değer ardıl yağış için de % 78 olarak bulunmuştur. Ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacıkların oranının birinci yağışa göre arttığı gözlemlenmiştir. Oransal sediment dağılımı içerisindeki en az paya sahip parçacık büyüklüğü ise birinci yağışta % 3 oranıyla 0.5-1 mm boyutundaki parçacıklar olurken ardıl yağışta aynı değer % 2 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta belirlenen değerle neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8).

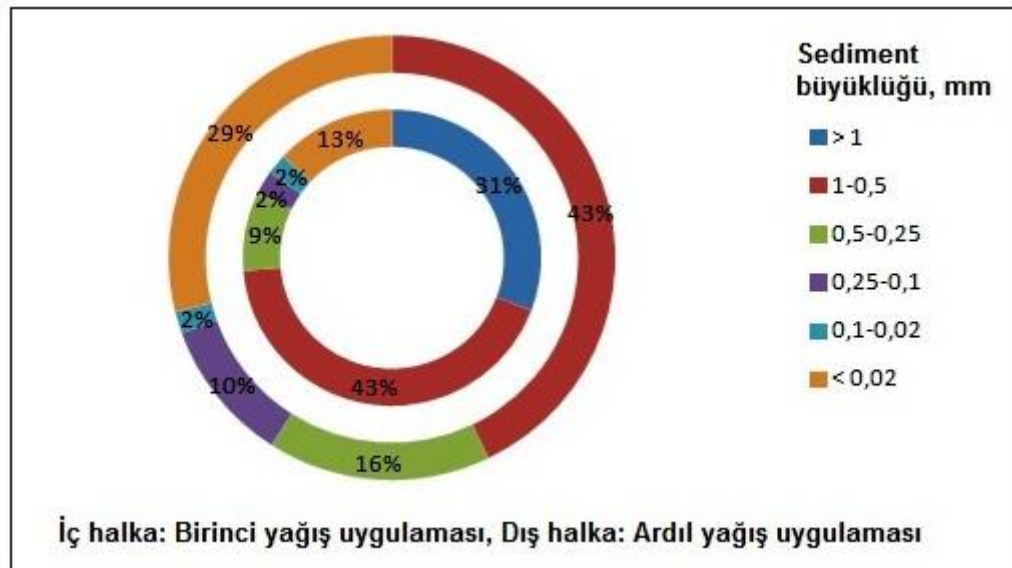
Şekil 4.9'un incelenmesinden de anlaşılacağı üzere Typic Xerochrept toprağının 2-4 mm büyüklüğündeki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 80 olarak belirlenmiş aynı değer ardıl yağış için % 78 olarak bulunmuştur. Ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutundaki parçacıkların oranı birinci yağışta gözlemlenen değere çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Toplam taşınan sediment içerisindeki en az parçacık oranı ise % 3 ile 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıklar olarak ölçülmüş ve aynı değer oranı ardıl yağışta ise % 1 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta ölçülen bu değer birinci yağışta ölçülen değere yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte parçacıkların oransal parçacık oranlarının dağılımları Şekil 4.10'da verilmiştir. <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 85 olarak belirlenmiştir aynı değer ardıl yağış için de % 86 olarak bulunmuş, <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranının birinci ve ardıl yağışta aynı olduğu gözlemlenmiştir. Taşınan toplam sediment

içerisindeki en az parçacık oranları birinci yağışta 0.25-0.5 mm ve 0.1-0.25 mm boyutundaki parçacıklar için %4 olarak belirlenmiş. Ardıl yağışta ise 0.02-0.1 mm, >1 mm ve 0.5-1 mm boyutlarındaki parçacıkların oranı ise % 2 olarak gözlemlenmiştir.

Typic Xerochrept toprağının >6.4 mm büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimette < 0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 86 olarak bulunmuş Şekil 4.11'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere aynı değer ardıl yağışta % 30 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenen orana göre azaldığı gözlemlenmiştir. Parçacık dağılımları içerisinde birinci yağışta en az oran % 3 ile 0.5-1 mm boyutundaki parçacıkların olurken ardıl yağışta en düşük oran ise % 4 ile 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıklara ait olduğu belirlenmiştir.

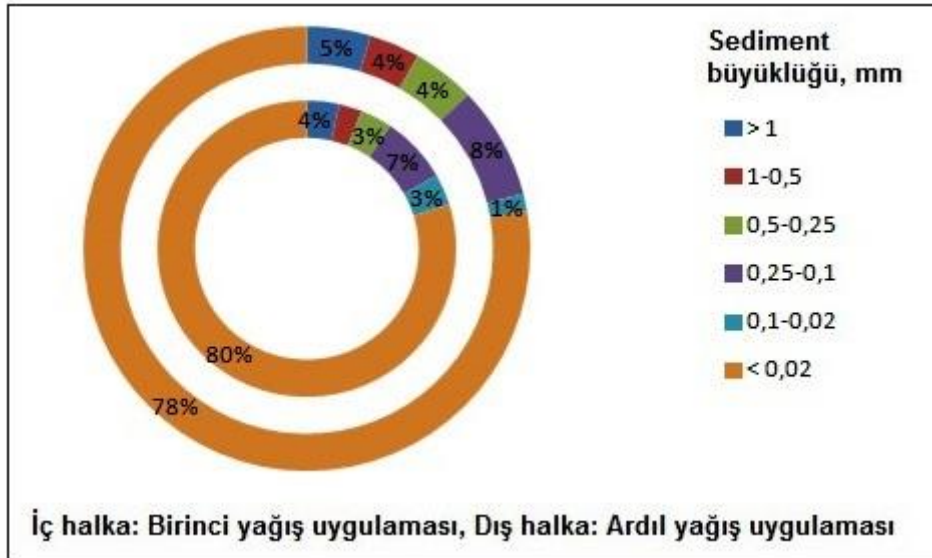
Şekil 4.12'nin de incelenmesinden anlaşılacağı üzere Typic Xerochrept toprağının tüm agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki dağılımı birinci yağışta % 78, ardıl yağışta ise bu oran % 87 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta gözlemlenen değere oranla arttığı gözlemlenmiştir. En az oran olarak ise 0.5-1 mm ve 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki dağılımı ise birinci yağışta % 3 olarak gözlemlenirken 0.25-0.5 mm boyutundaki parçacıkların oranı % 2 olarak gözlemlenmiştir.



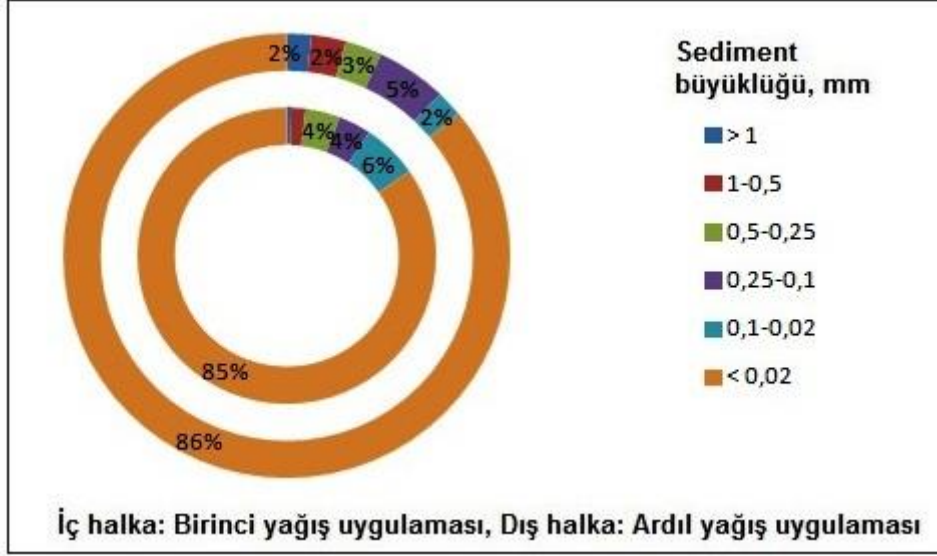
Şekil 4.7. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



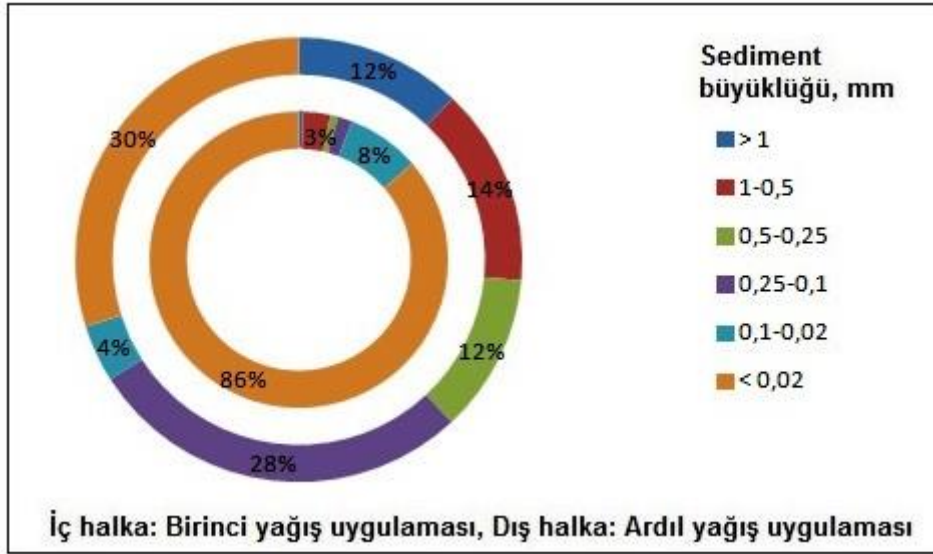
Şekil 4.8. Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



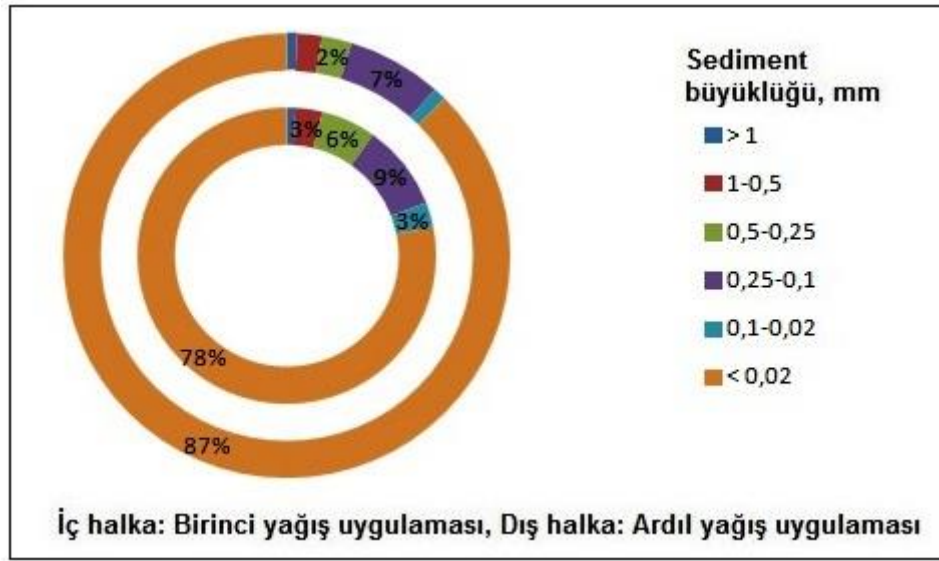
Şekil 4.9. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.10. Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.11. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.12. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PAM tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Tıpkı kontrol tavalarda olduğu gibi Typic Xerochrept toprağın PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte parçacık büyüklük dağılımı başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişmiştir. Ancak bu değişim PAM uygulanması nedeniyle kontrol tavalardan farklı bir seyir izlemiştir. Bu durum toprağa uygulanan PAM'ın etkisi ile açıklanabilir. Başlangıç agregat büyüklüğüne bağlı olarak parçalanma sonucunda farklı büyüklükte fragmentler oluşurken, ortamdaki PAM bu fragmentlerin büyüklüğünü etkilemek suretiyle taşınan sedimentin büyüklüğünün oransal dağılımını etkilediği düşünülmektedir.

Typic Xerochrept toprağının <1 mm yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte 0.5-1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 45 olarak bulunmuştur (Şekil 4.13). Aynı değer ardıl yağışta % 66 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenen orana göre arttığı gözlemlenmiştir. 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birincil yağışta % 1 olarak ölçülmüş aynı boyuttaki parçacıkların oranının ardıl yağışta da değişmediği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.14'ün de incelenmesinden anlaşılacağı üzere Typic Xerochrept toprağının agregatlarının yerleştirildiği ve PVA uygulanan tavalardan 1-2 mm başlangıç agregat büyüklüğüne sahip tavalardan taşınan sedimentte <0.02 boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki dağılımı birinci yağışta % 90, ardıl yağışta % 45 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta gözlemlenen değer

yarısı olduğu gözlemlenmiştir. Bu tavadan taşınan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki dağılımı ise birinci ve ardıl yağışta % 2 olarak belirlenmiştir.

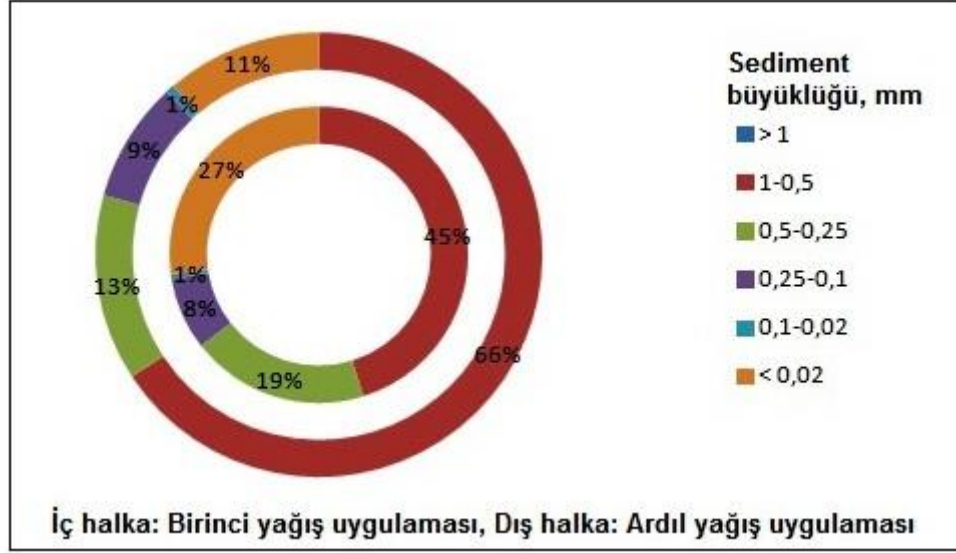
Typic Xerochrept toprağının 2-4 mm başlangıç boyutundaki agregatların yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 95 olarak bulunmuş (Şekil 4.15) Aynı değer ardıl yağışta % 94 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenene oranla neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir. 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birincil yağışta % 2 olarak belirlenmiştir. Aynı boyuttaki parçacıkların oranının ardıl yağışta da değişmediği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.16'dan da anlaşılacağı gibi Typic Xerochrept toprağının 4-6.4 mm başlangıç boyutundaki agregatların yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 85 olarak bulunmuş, aynı değer ardıl yağışta % 84 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışla neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir. 0.5-1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 3 olarak ölçülmüş aynı boyuttaki parçacıkların oranı ardıl yağışta % 2 olarak gözlemlenmiş, ardıl yağışta ölçülen bu değer birinci yağışta ölçülen değerle neredeye aynı olduğu görülmüştür.

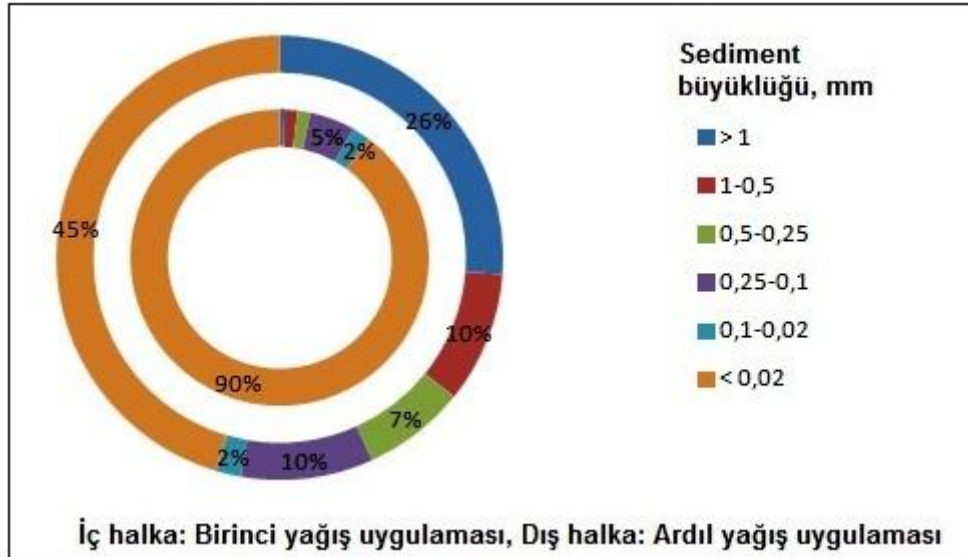
Typic Xerochrept toprağının >6.4 mm başlangıç boyutundaki agregatların yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 82 olarak bulunmuştur. (Şekil 4.17) Aynı değer ardıl yağışta % 67 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenen değere oranla azaldığı gözlemlenmiştir. 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 2 olarak ölçülmüş aynı boyuttaki parçacıkların oranı ardıl yağışta % 3 olarak gözlemlenmiştir. Ardıl yağışta ölçülen bu değer birinci yağışta ölçülen değerle neredeye aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 4.18'in de incelenmesinden anlaşılacağı üzere Typic Xerochrept toprağının tüm agregatların yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 63 olarak

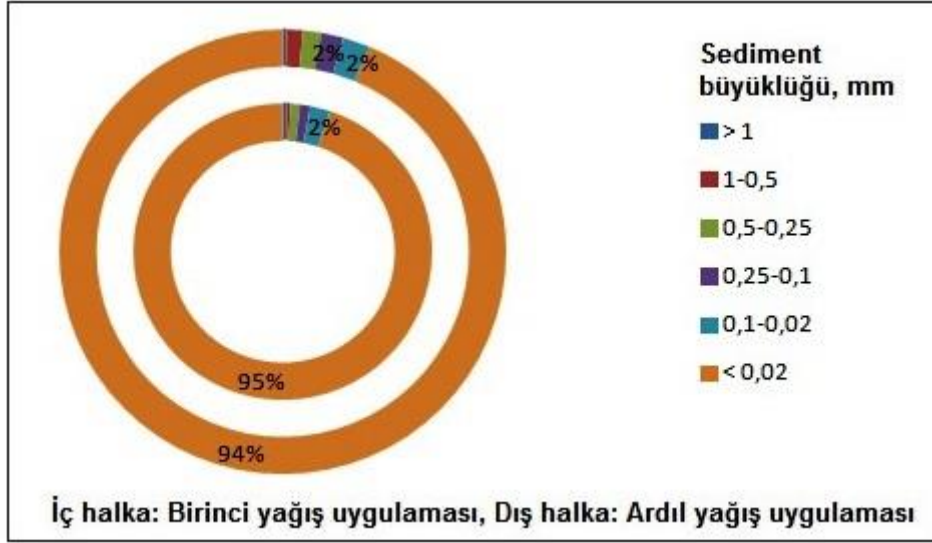
bulunmuştur. Aynı değer ardıl yağışta % 84 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değerlerin birinci yağışla belirlenen değere oranla arttığı gözlemlenmiştir. Bu tavadan taşınan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 1 olarak ölçülmüştür. Ardıl yağışta ise >1 mm boyutundaki parçacıkların oranının % 2 olduğu belirlenmiştir.



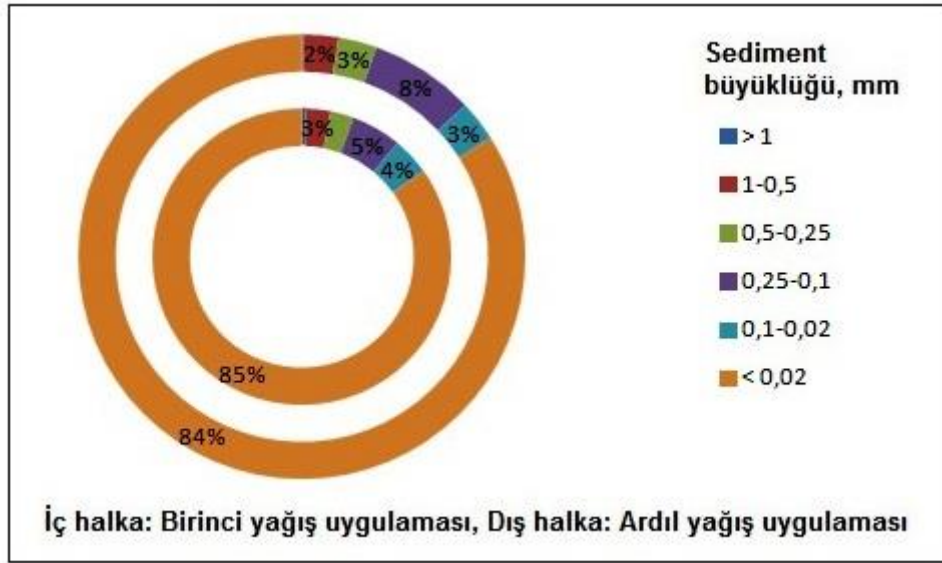
Şekil 4.13. Typic Xerochrept toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



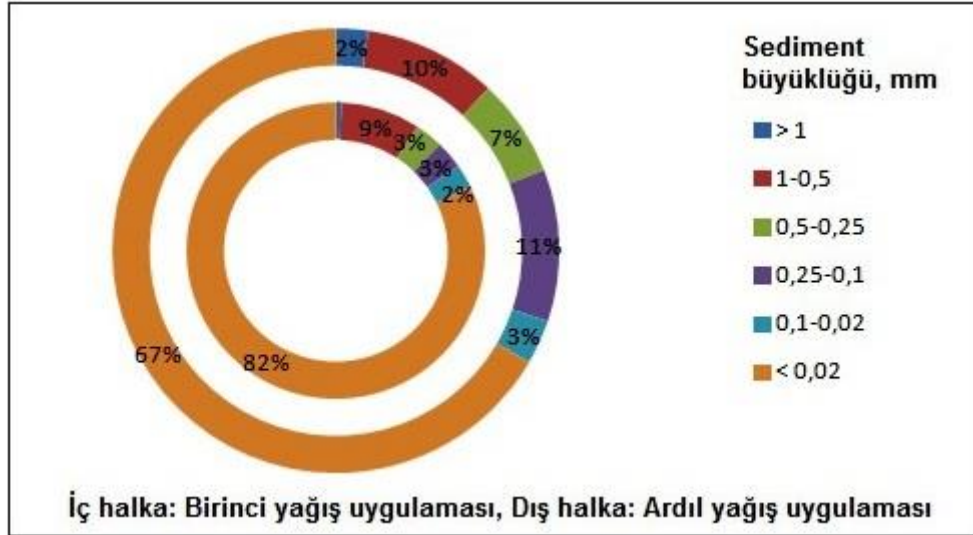
Şekil 4.14 Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



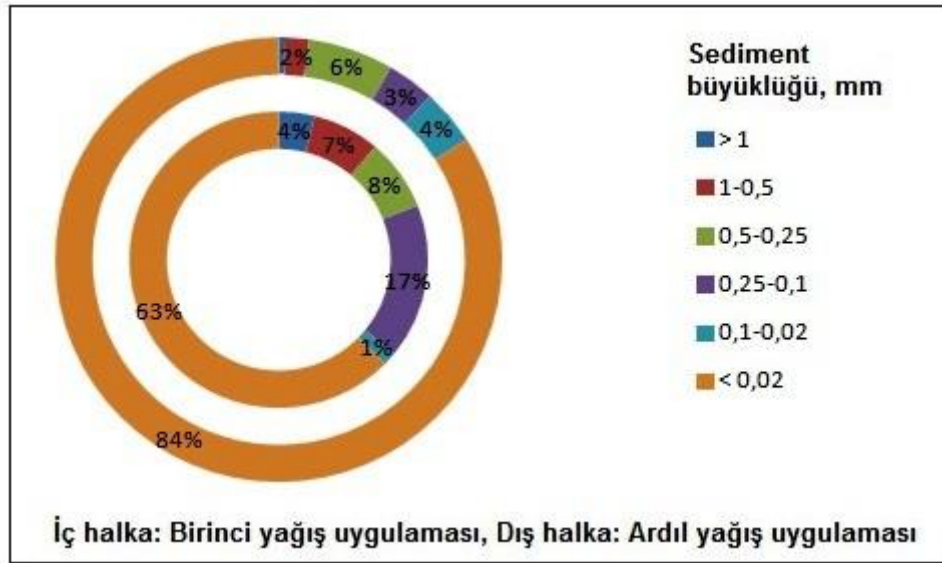
Şekil 4.15. Typic Xerochrept toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.16 Typic Xerochrept toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.17. Typic Xerochrept toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.18. Typic Xerochrept toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PVA tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Yukarıda verilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere PVA uygulanan tavalardan yapay yağışlar altında oluşan sedimentin oransal dağılımı kontrol tavalardan ve PAM uygulanan tavalardan genel anlamda farklılık göstermiştir. Kullanılan her iki polimerinde

anyonik özellikte olmasına rağmen taşınan sedimentin büyüklük dağılımında bazı tavalardan için farklılık göstermesi PAM'ın $200\ 000\ \text{g mol}^{-1}$ PVA'nın ise $72\ 000\ \text{g mol}^{-1}$ moleküler ağırlığa sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Polimer özellikleri polimerin toprakta stabiliteyi artırma gücünü etkilemektedir (Blanco-Canqui ve Lal, 2008). Nitekim farklı moleküler ağırlığa sahip polimerlerin kullanıldığı bu çalışmanın sonucunda (Abu-Zreig, 2006; Mamedov ve ark., 2007) yüksek moleküler ağırlığa sahip polimerlerin agregat stabilitesini arttırmada daha başarılı olduğunu açıklamıştır.

4.2. Typic Xerorthent Topraklardan Yüzey Akışla Taşınan Sedimentte Parçacık Büyüklük Dağılımı

Birinci ve ardıl yağış uygulamaları altında yüzey akışla taşınan malzemede ayrı ayrı büyüklük dağılımı belirlenmiştir. Typic Xerorthent toprak için kontrol tavalardan yüzey akışla taşınan sedimentin oransal olarak büyüklük dağılımı her bir başlangıç agregat büyüklüğü için Şekil 4.19-4.24'de, PAM uygulanan tavalardan için 4.25-4.30'da ve PVA uygulanan tavalardan için 4.31-4.36'da halka grafikler görünümünde verilmiştir. Her bir şekilde iç halka birinci yağış uygulamasını, dış halka ise ardıl yağış uygulamasını temsil etmektedir. Sonuçlar, polimerlerin toprak agregatlarının parçalanma dinamiklerine etkilerini açıklama bakımından önem taşımaktadır.

Typic Xerorthent toprağının <1 agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte $0.5-1$ boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 38 olarak bulunmuştur (Şekil 4.19). Aynı değer ardıl yağışta % 62 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenen değerle karşılaştırıldığında arttığı gözlemlenmiştir. En az parçacık oranı olarak ise $0.02-0.1$ mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birincil yağışta % 2 olarak ölçülmüş aynı boyuttaki parçacıkların oranı ardıl yağışta % 1 olarak gözlemlenmiş, ardıl yağışta ölçülen bu değer birinci yağışta ölçülen değerle neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.20'nin de incelenmesinden anlaşılacağı üzere Typic Xerorthent toprağının $1-2$ mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte <0.02 boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 96 olarak bulunmuş aynı değer ardıl yağışta % 72 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen değer birinci yağışta belirlenen değere göre azaldığı tespit edilmiştir bu tava

için hem birinci hemde ardıl yağışta diğer sediment büyüklük gruplarının oransal dağılım içindeki oranı düşük düzeyde kalmıştır.

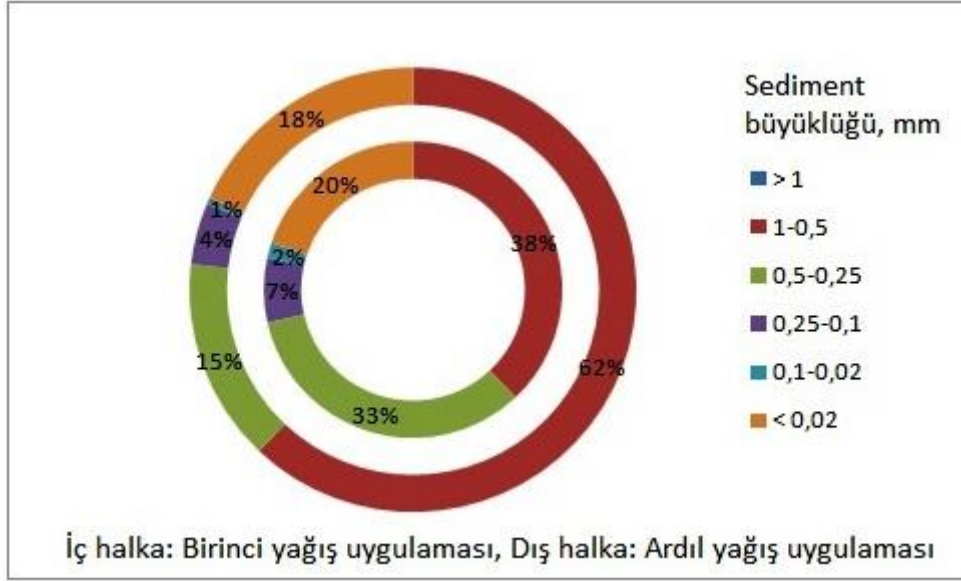
Typic Xerorthent toprağının 2-4 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı % 94 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için nerdeyse birinci yağışla aynı olacak şekilde % 93 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21). Bu tavalardan birinci yağışta taşınan sedimentte oransal olarak en düşük paya sahip sediment büyüklük grubu % 2 ile 0.25-0.5 boyutudur. Ardıl yağışta oluşan sedimentte ise oransal olarak en düşük pay % 2 ile 0.1-0.25 mm sediment boyutuna aittir.

Şekil 4.22'ye göre Typic Xerorthent toprağının 4-6.4 mm başlangıç büyüklüğündeki agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı % 32 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 65 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen orana göre iki kat arttığı gözlemlenmiştir. Bu tavadan birinci yağışta taşınan sedimentte oransal olarak en düşük miktar %3 ile 0.02-0.1 mm boyutundaki sedimentlerin olmuştur. Ardıl yağış için ise en düşük oran % 3 olarak >1 mm boyutundaki parçacıklar için belirlenmiştir.

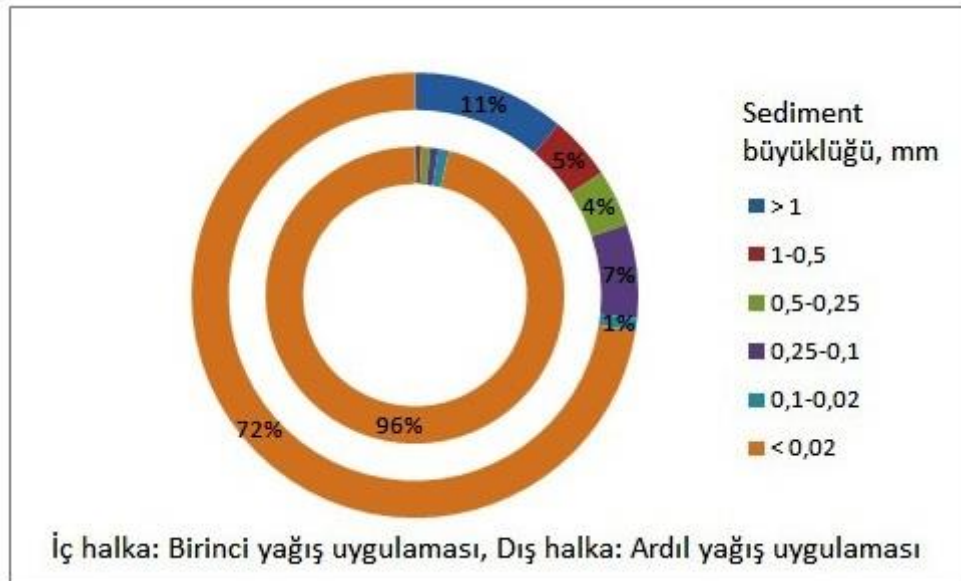
Typic Xerorthent toprağının >6.4 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan materyalde <0.02 mm boyutundaki partiküllerin toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 77 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 59 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.23). Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen orana göre azaldığı gözlemlenmiştir. Oransal dağılım içerisindeki en düşük paya sahip sediment büyüklük grupları açısından ise birinci yağışta >1 mm boyutundaki sedimentin oranının % 2 ardıl yağışta 0.02-0.1 mm boyutlu sedimentin oranının % 5 olduğu belirlenmiştir.

Typic Xerorthent toprağının tüm agregatların yerleştirildiği kontrol tavalardan taşınan sedimentte Şekil 4.24'ün de incelenmesinden anlaşılacağı üzere birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı % 61 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 68 olarak belirlenmiştir. Birinci ve ardıl yağışlar için belirlenen bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Anılan şekilde en az sediment onları incelendiğinde birinci yağışta >1 mm boyutundaki partiküllerin taşınan

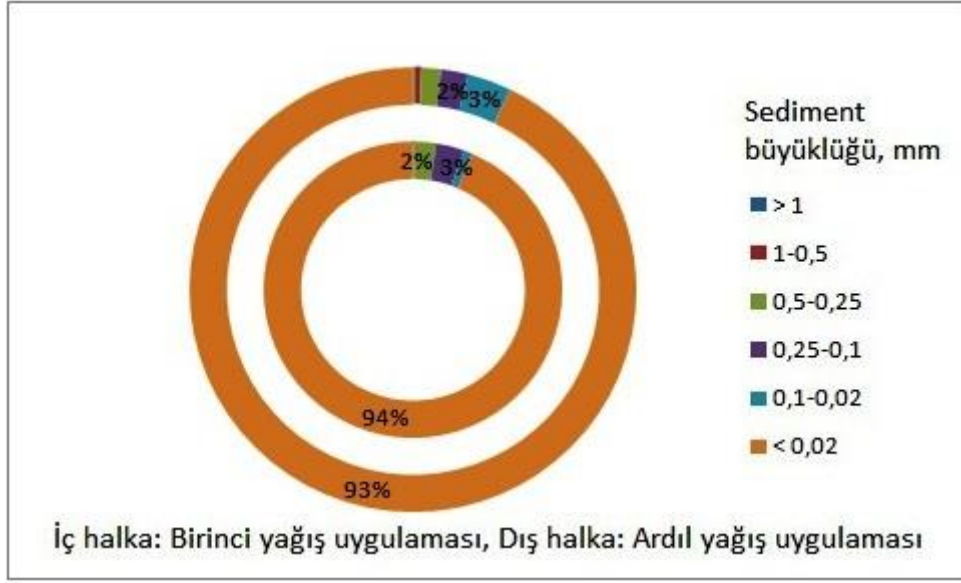
toplam sediment içerisindeki oranının % 3 olduğu, ardıl yağışta ise 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların oranının % 3 olduğu bulgusu elde edilmiştir.



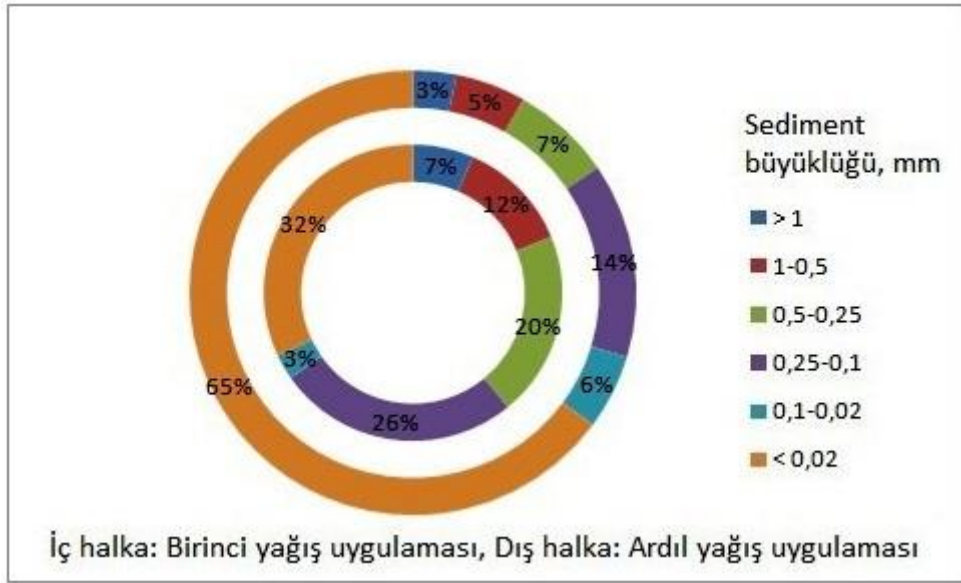
Şekil 4.19. Typic Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



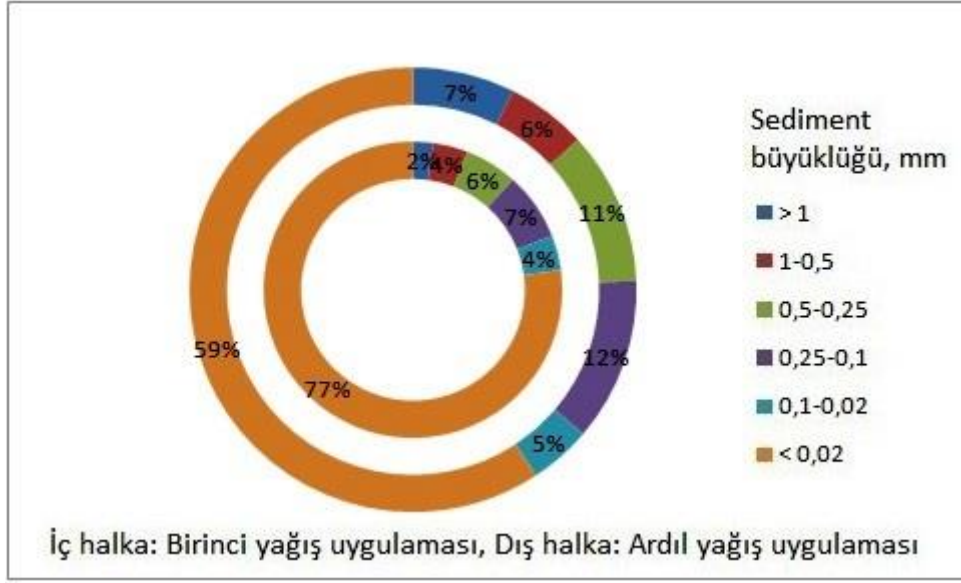
Şekil 4.20. Typic Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



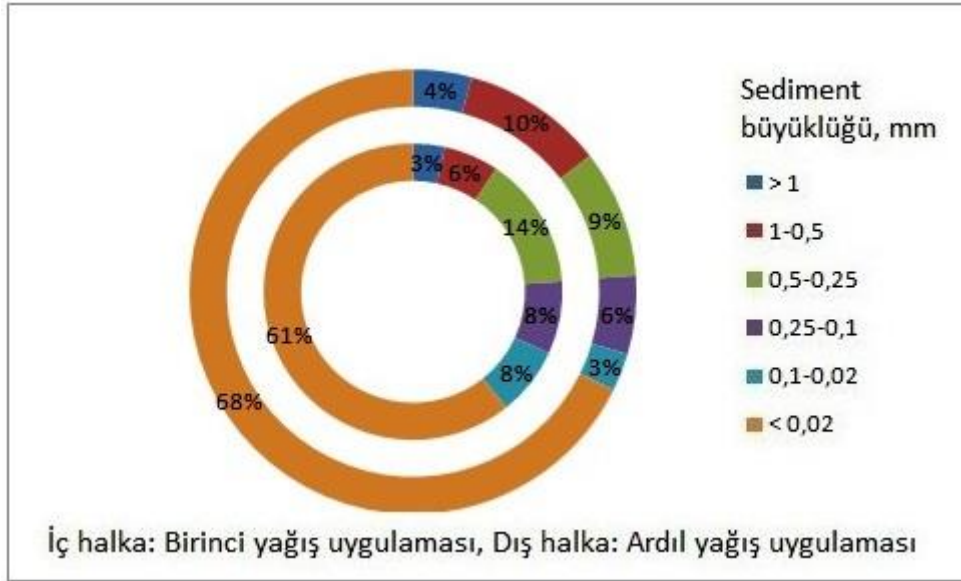
Şekil 4.21. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.22. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.23. Typic Xerorthent toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.24. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği kontrol tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Typic Xerorthent toprağının <1 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte Şekil 4.25'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere 1-0.5 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı birinci yağışta % 56 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 47 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değerden biraz düşük olduğu gözlemlenmiştir.

0.1-0.02 mm boyutundaki agregatların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı hem birinci hemde ardıl yağışla taşınan sedimentte % 1 olarak belirlenmiştir.

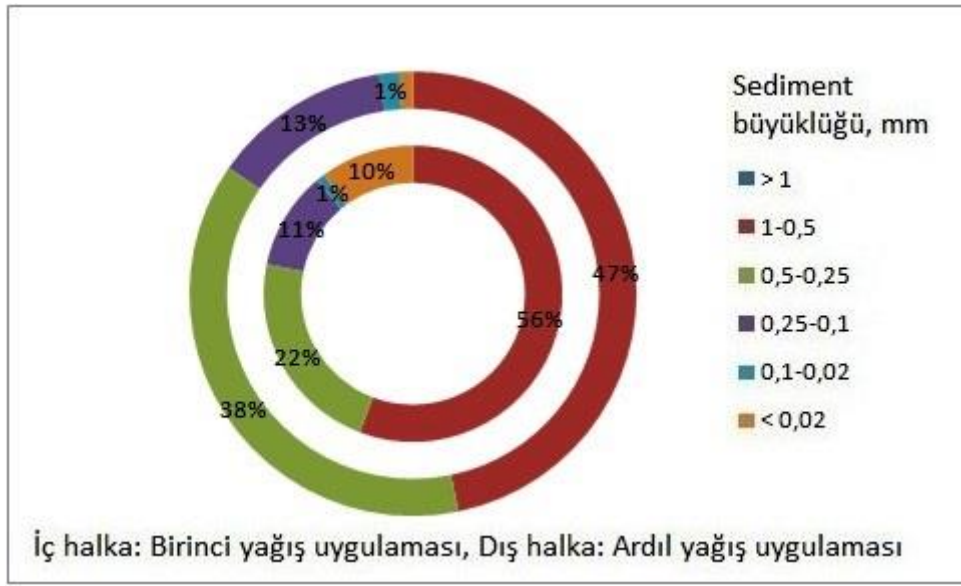
Şekil 4.26'nın incelenmesinden de anlaşılacağı üzere Typic Xerorthent toprağının 1-2 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı % 34 olarak ölçülürken ardıl yağışta >1 mm boyutundaki parçacıkların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı ise % 40 olarak belirlenmiştir. Birinci yağış ile taşınan malzemenin oransal büyüklük dağılımı incelendiğinde en düşük payı % 1 ile 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların aldığı görülmektedir. Ardıl yağışla taşınan sedimentte ise en düşük oran % 6 ile <0.02 mm boyutundaki parçacıklara aittir.

Typic Xerorthent'in 2-4 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki parçacıkların taşınan malzeme içerisindeki oranı % 67 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağıştan sonra taşınan sedimentte % 80 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta bu değer arttığı gözlemlenmiştir. Taşınan malzemenin dağılımlarındaki en az oranlar ise 0.5-1 mm boyutundaki birinci yağışta % 3 ardıl yağışta % 1 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.27).

Typic Xerorthent toprağının 4-6.4 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte parçacık büyüklük dağılımı Şekil 4.28'de verilmiştir. Söz konusu şekle göre birinci yağışta >1 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı en yüksek (% 27) bulunurken <0.02 mm boyutundaki toplam parçacıkların oranı (% 73) bulunmuştur. En az oran olarak 0.5-1 mm boyutundaki parçacıkların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 5 olarak belirlenmiş, aynı değer ardıl yağış için % 3 olarak ölçülmüştür. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değer ile neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir

Şekil 4.29'a göre Typic Xerorthent toprağının >6.4 mm boyutundaki agregatlarının yerleştirildiği ve PAM uygulaması yapılan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların oranı birinci yağışta % 80 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağışla taşınan sedimentte % 82 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değerle hemen hemen aynı olduğu gözlemlenmiştir. Taşınan toplam sediment içerisindeki en az oranların ise birinci yağışta 0.5-1 mm boyutundaki parçacıklara (% 5), ardıl yağışta ise >1 mm boyutundaki parçacıklara (% 3) ait olduğu belirlenmiştir.

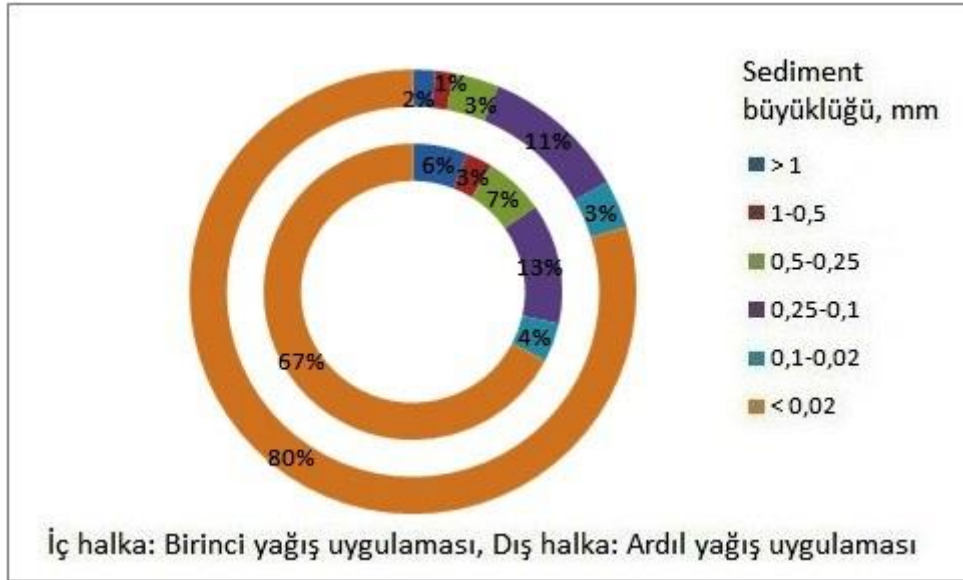
Typic Xerorthent toprağının tüm agregatların yerleştirildiği PAM uygulanan tavalardan taşınan sedimentte parçacık büyüklüklerinin oransal dağılımı Şekil 4.30'da sunulmuştur. Söz konusu şeklin incelenmesinden anlaşılacağı üzere 0.5-1 mm boyutundaki agregatların toplam parçacık içerisindeki oranı birinci yağışta % 27 olarak ölçülürken <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam taşınan sediment içindeki oranı ardıl yağış için % 49 olarak belirlenmiştir. Taşınan sedimentteki en düşük oranların ise birinci yağışta <0.02 mm boyutundaki parçacıklara (% 4), ardıl yağışta ise 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıklara (% 3) ait olduğu belirlenmiştir.



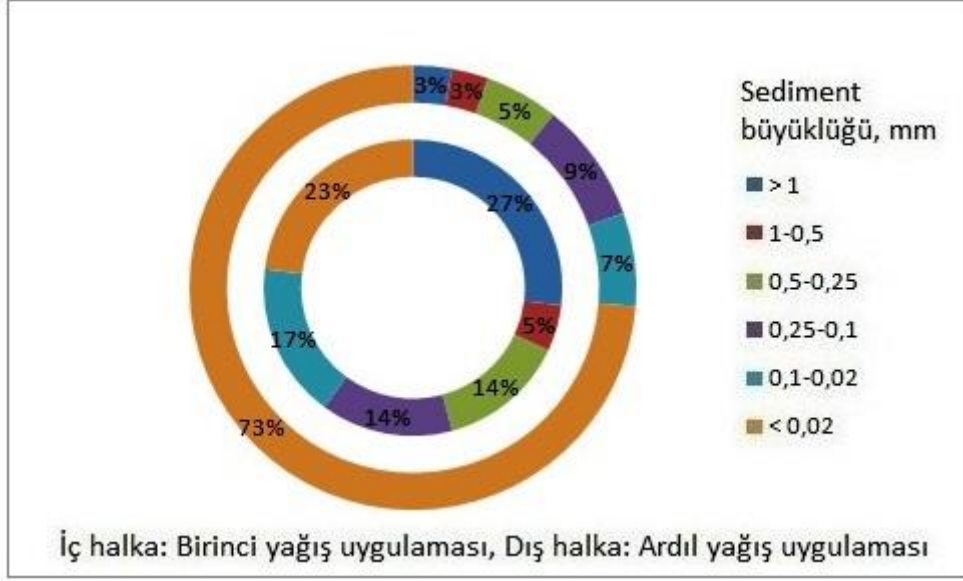
Şekil 4.25. Typic Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



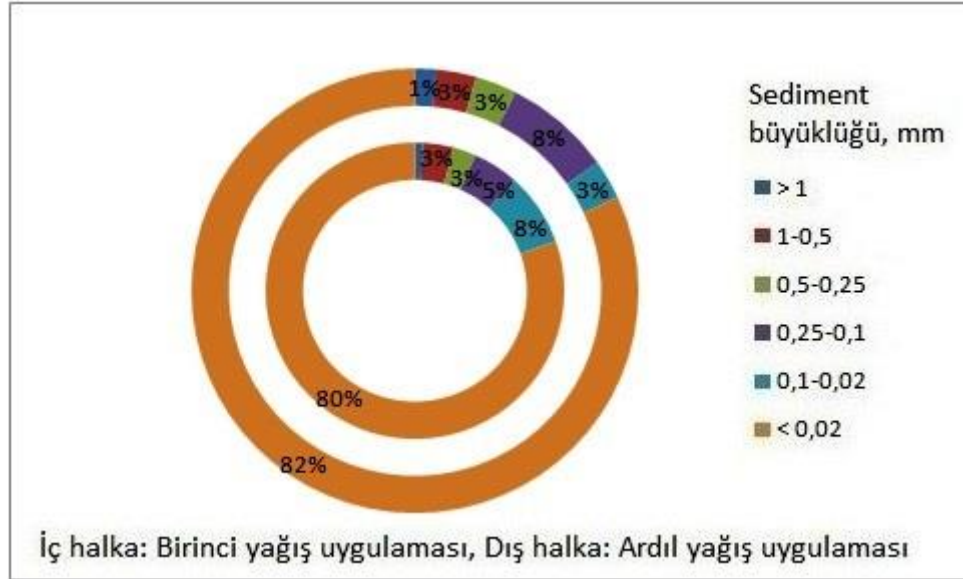
Şekil 4.26. Typic Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



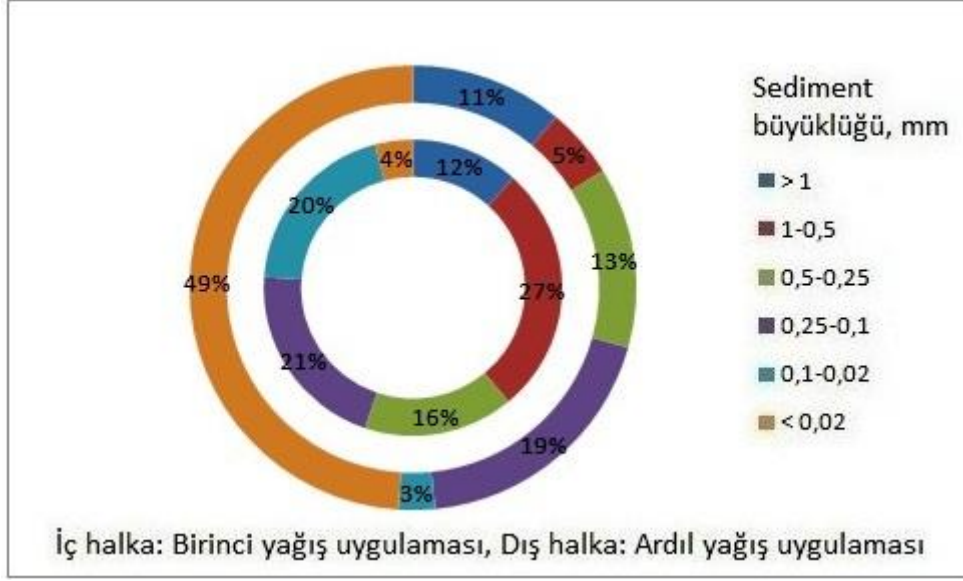
Şekil 4.27. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.28. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.29. Typic Xerorthent toprağın > 6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PAM uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.30. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PAM tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Şekil 4.31’de Typic Xerorthent toprağının <1 mm boyutundaki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanan tavalardan her iki yağışla taşınan taşınan sedimentte parçacıkların oransal dağılımı verilmiştir. Birinci yağışla taşınan malzemenin en yüksek oranının 0.5-1 mm boyutundaki parçacıklara (% 70) ait olduğu tespit edilmiş, ardıl yağışta ise % 73 ile en yüksek oranın aynı büyüklük gurubuna ait olduğu belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değerle nerdeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir. Aynı uygulama tavaşı için ilgili halka grafikler incelendiğinde her iki yağışta taşınan sedimentte de 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların oransal dağılımının en düşük olduğu görülmektedir (birinci yağışta taşınan sedimentte % 3 ardıl yağışta taşınan sedimentte %5).

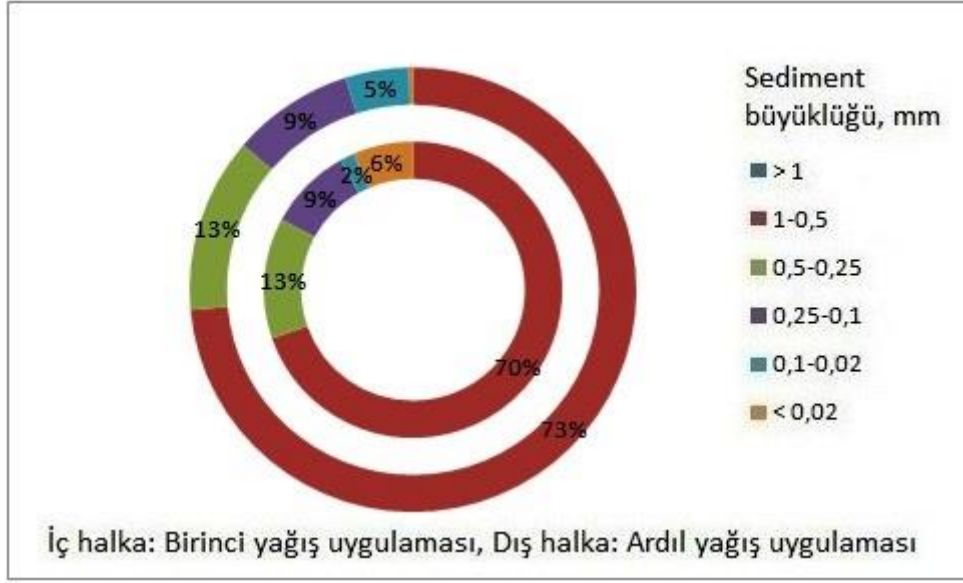
Typic Xerorthent toprağının 1-2 mm başlangıç büyüklüğüne sahip agregatlarının yerleştirildiği ve PVA uygulaması yapılan tavalardan birinci ve ardıl yağışlarla taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki agregatların taşınan malzeme içerisindeki oranının en yüksek (birinci yağışta % 94 ardıl yağışta % 60) olduğu belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değere göre azaldığı gözlemlenmiştir. 0.5-1 mm boyutundaki agregatların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı ardıl yağışta % 6 olarak belirlenirken birinci yağışta diğer sediment büyüklük gruplarının oranı çok düşük kalmıştır (Şekil 4.32).

Şekil 4.33’de Typic Xerorthent toprağına ait 2-4 mm boyutundaki agregatların yerleştirildiğı PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte parçacık büyüklük gruplarına ait oranlar verilmiştir. <0.02 mm boyutundaki sedimentin toplam taşınan malzeme içerisindeki oranı birinci yağışta % 80 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 91 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değerden biraz fazla olduğu gözlemlenmiştir. 0.5-1 mm boyutundaki parçacıkların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı birinci yağışta % 2 ile en az olarak belirlenmiş, ardıl yağışta ise 0.1-0.25 mm boyutundaki parçacıklar oransal olarak en az (% 1) bulunmuştur.

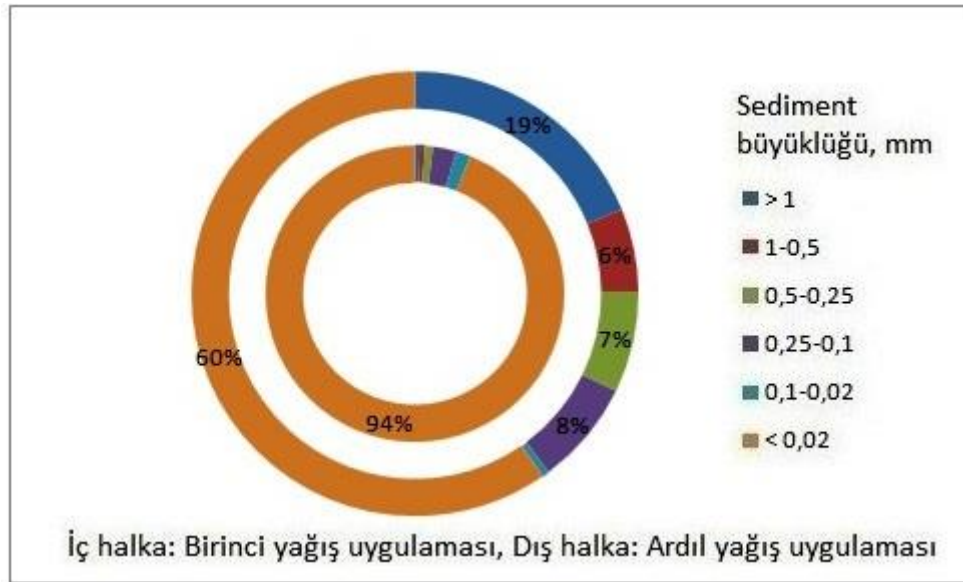
Typic Xerorthent toprağının 4-6.4 mm boyutundaki agregatlarının yerleştirildiğı PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların oranı birinci yağışta % 53 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağışla taşınan sedimentte % 90 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değere göre büyük ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Birinci yağışta 0.02-0.1 mm boyutundaki parçacıkların taşınan toplam sediment içerisindeki oranı % 5 olarak belirlenmiş, aynı değer ardıl yağış için % 6 ile en az parçacık oranı olarak ölçülmüştür. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değer ile neredeyse aynı olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.37).

>6.4 mm başlangıç büyüklüğüne sahip agregatların yerleştirildiğı ve PVA uygulanan tavalardan taşınan sedimentte Şekil 4.35’in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere <0.02 mm boyutundaki parçacıkların taşınan materyal içerisindeki oranı % 66 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 75 olarak belirlenmiştir. Ardıl yağışta belirlenen bu değer birinci yağışta ölçülen değerden yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Oransal olarak en az paya sahip büyüklük gurubunun ise birinci yağışta >1 mm boyutundaki (% 2) ardıl yağışta ise 0.5-1 mm boyutundaki (% 2) sediment guruplarına ait olduğu tespit edilmiştir.

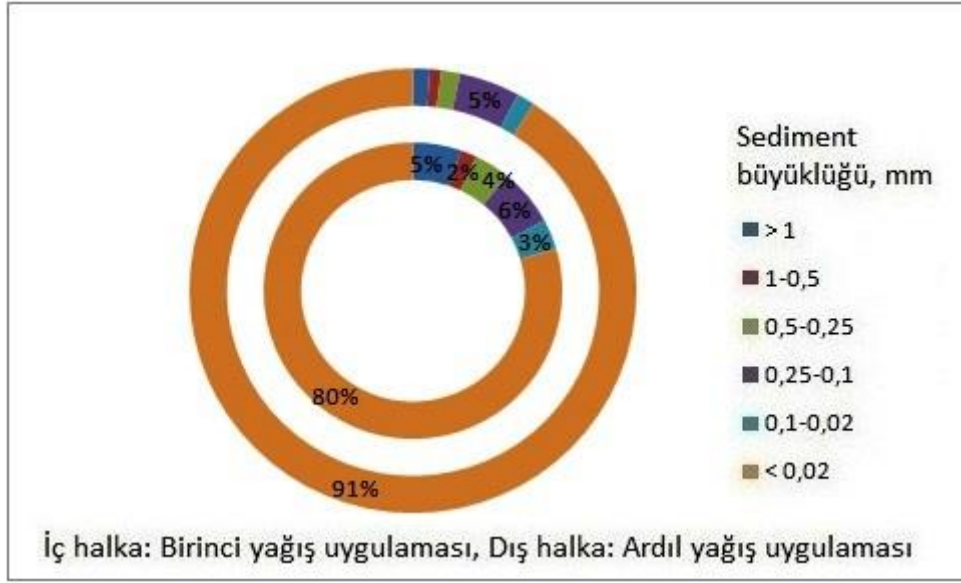
Şekil 4.36’ya göre Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiğı PVA uygulanan tavalardan birinci yağışta taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların toplam sediment içerisindeki oranı % 56 olarak ölçülürken aynı değer ardıl yağış için % 63 olarak belirlenmiştir. Taşınan malzemede oransal olarak en az miktara sahip sediment büyüklük gurubu birinci yağışta % 5 ile 0.02-0.1 mm olurken ardıl yağışta yine aynı büyüklük grubu % 4’lük bir pay almıştır.



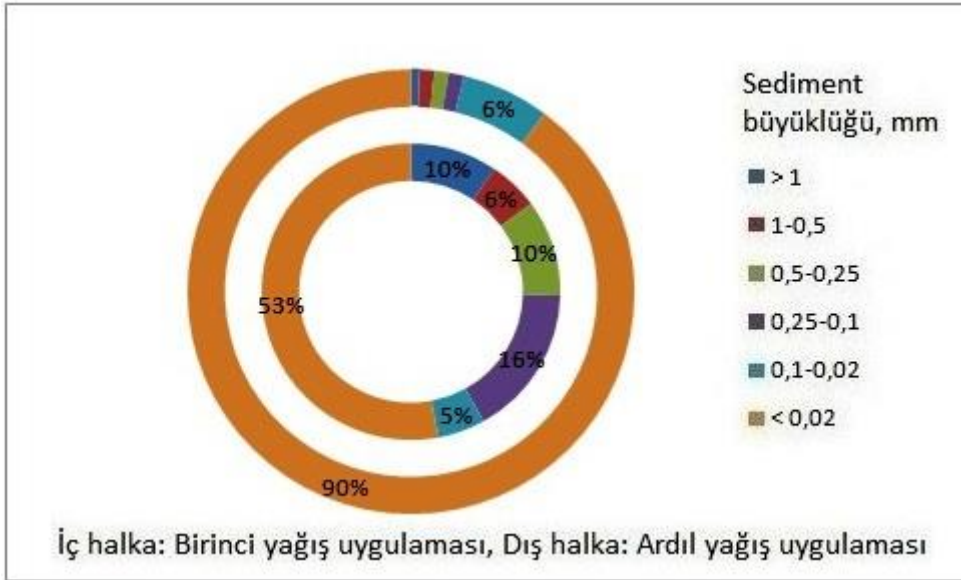
Şekil 4.31. Typical Xerorthent toprağın <1 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



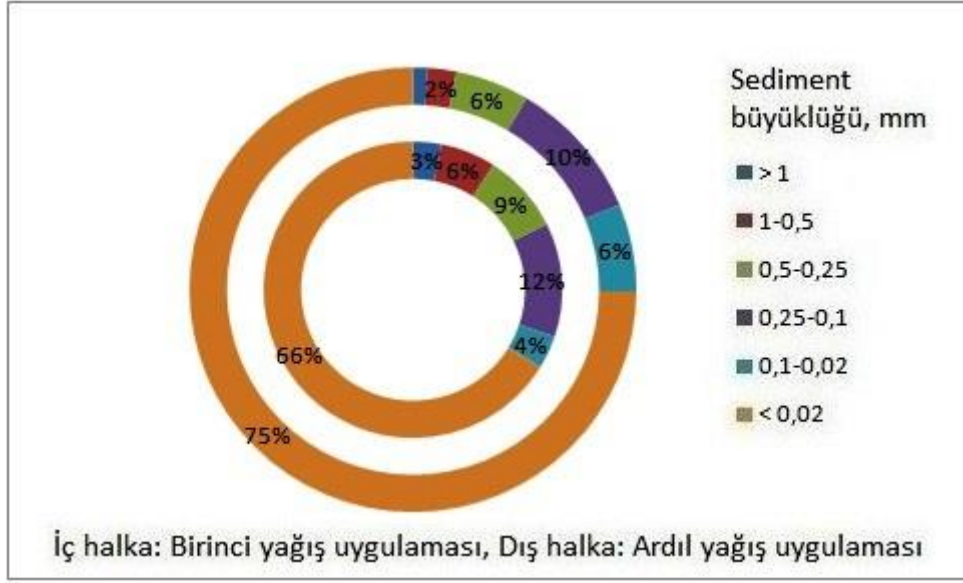
Şekil 4.32. Typical Xerorthent toprağın 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



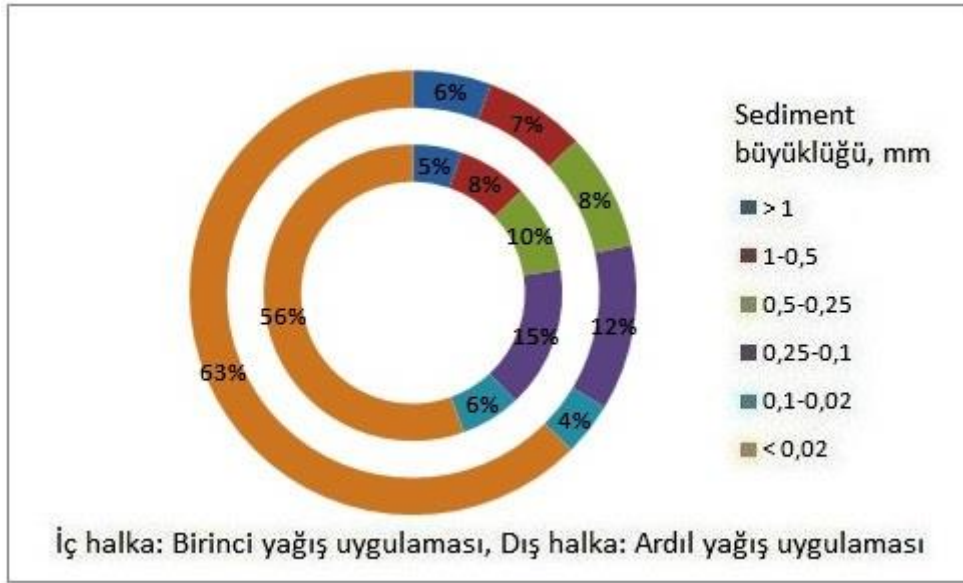
Şekil 4.33. Typic Xerorthent toprağın 2-4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.34. Typic Xerorthent toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.35. Typic Xerorthent toprağın >6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği PVA uygulanmış tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları



Şekil 4.36. Typic Xerorthent toprağın tüm agregatlarının birlikte yerleştirildiği PVA tavalardan yüzey akış ile taşınan sedimentin parçacık büyüklük dağılımları

Deneme konusu topraklardan ardışık yağışlarla taşınan malzemede en düşük ve en yüksek sediment büyüklük grupları, uygulamalara göre sınıflandırılarak çeşitli karşılaştırmaların yapılabilmesi için Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Söz konusu çizelgeden de açıkça anlaşılacağı üzere Typic Xerochrept ve Typic Xerorthent topraklardan taşınan

malzemenin oransal büyüklük dağılımı uygulamalara ve başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişim göstermiştir. Bu değişimin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı Bölüm 4.3’de açıklanmış ve tartışılmıştır. Bununla birlikte Çizelge 4.1, özellikle başlangıç agregat büyüklüğüne göre taşınan malzeme büyüklüğünün değiştiğini göstermektedir. Örneğin <1 mm başlangıç büyüklüğüne sahip Inceptisol toprağın agregatlarının yerleştirildiği ve herhangi bir polimer uygulaması yapılmayan erozyon tavaşından en fazla 0.5-1 mm büyüklüğünde sediment taşınırken aynı toprağın 4-6.4 mm büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği tavadan en fazla >1 mm boyutundaki agregatlar taşınmıştır. Entisol toprakta ise kontrol grubu dikkate alındığında birinci yağış altında <1 mm başlangıç büyüklüğündeki agregatların yerleştirildiği tavadan en fazla 0.5-1 mm büyüklüğündeki sedimentin taşındığı görülmektedir. Kontrol grubu Entisol’ün diğer agregatlarının yerleştirildiği tavalardan ise birinci yağış altında en fazla <0.02 mm boyutundaki parçacıklar taşınmıştır. Çizelge 4.1’den ardıl yağış altında da taşınan sediment büyüklüğünün kontrol tavalarda başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Başlangıç agregat büyüklüğüne göre taşınan sedimentin oransal büyüklük dağılımının farklılık arz etmesi; agregasyonun hiyerarşik bir düzende oluşmasına (Kemper ve Rosenau, 1986; Tisdall ve Oades, 1982; Six ve ark., 2004; Gülser, 2006; Dexter, 1988; Bronick ve Lal, 2005), taşınan sedimentin büyüklüğünün etkin olan agregat parçalanma mekanizmasından etkilenmesine (Le Bissonnais, 1996; Le Bissonnais ve Arrouays, 1997; Özdemir ve Canbolat, 1997; Amezketa, 1999; Legout ve ark., 2005; Le Bissonnais, 2006) ve parçalanma dinamiklerine bağlı olarak taşınacak malzemeye potansiyel teşkil eden fragment büyüklüğünün değişiklik göstermesine (Diaz-Zorita ve ark., 2002; Kinnell, 2005) atfedilebilir. Çizelge 4.1 polimer uygulanan tavalarda için elde edilen veriler bakımından incelendiğinde, taşınan sedimentteki agregat büyüklük dağılımının, bir genelleme ile hem birinci hem de ardıl yağışta her iki toprak için kontrol gruplarına göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Örneğin birinci yağış altında Typic Xerochrept toprağın 1-2 mm başlangıç büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği ve PAM uygulanan tavalardan en fazla <0.02 mm büyüklüğündeki parçacıklar taşınırken <1 mm başlangıç büyüklüğündeki agregatlarının yerleştirildiği tavalardan ise 0.5-1 mm boyutundaki sedimentler taşınmıştır. Tüm agregat gruplarının birlikte yerleştirildiği ve PAM uygulanan Inceptisol tavaşından birinci yağışta en az >1 mm boyutundaki sediment taşınırken PVA uygulanan aynı agregat büyüklük grubundan taşınan sedimentte oransal olarak en az 0.02-0.1 mm büyüklüğündeki sedimentin taşındığı tespit edilmiştir. Polimer uygulanmış tavalardan taşınan sedimentin oransal büyüklük dağılımının başlangıç agregat büyüklüklerine göre değişim göstermesi ve

bu erozyon tavalardan taşınan sediment büyüklük dağılımının kontrol tavalara göre farklılık arz etmesi; polimerlerin topraktaki etki mekanizmasından (Miller ve ark., 1998; Green ve Stott, 2001; Aksakal ve Öztaş, 2010) ve polimer özelliklerinden (Green ve ark., 2000; Hassan ve Peppas, 2000) kaynaklanmış olabilir.

Polimerik düzenleyicilerin topraktaki agregasyonu arttırmadaki etkinliği polimer-toprak interaksiyonuna kuvvetli derecede bağlı olduğundan (Lu ve ark., 2002; Inyang ve Bae, 2005), ve bu duruma polimerin moleküler ağırlığı son derece etki ettiğinden polimer uygulandıktan sonra yağış sonucu oluşan fragmentin büyüklüğü polimer uygulanmış ve uygulanmamış topraklarda farklı olmaktadır. Bu çalışmada da PAM ve PVA uygulanan ve uygulanmayan tavalardan ardışık iki yağış altında taşınan sedimentin oransal parçacık büyüklük dağılımının değişkenlik göstermesi, yapay yağışların söz konusu erozyon tavalarda farklı büyüklüklerde fragment oluşturmuş olmasına atfedilebilir.

Çizelge 4.1. Deneme konusu topraklardan ardışık yağışlarla taşınan malzemede en düşük ve en yüksek sediment büyüklük grupları

	Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Birinci Yağışla taşınan sedimentin büyüklüğü, mm					
		Kontrol		PAM		PVA	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Typic Xerochrept	<1	0.5-1	0.02-0.1	0.5-1	0.02-0.1	0.5-1	0.02-0.1
	1-2	<0.02	0.5-1	<0.02	0.5-1	<0.02	>1
	2-4	<0.02	0.02-0.1	<0.02	0.25-0.5	<0.02	>1
	4-6.4	>1	<0.02	<0.02	>1	<0.02	>1
	>6.4	<0.02	0.02-0.1	<0.02	>1	<0.02	>1
	Tüm	<0.02	>1	<0.02	>1	<0.02	0.02-0.1
Typic Xerorthent	<1	0.5-1	>1	0.5-1	>1	0.5-1	>1
	1-2	<0.02	>1	<0.02	0.02-0.1	<0.02	>1
	2-4	<0.02	>1	<0.02	0.5-1	<0.02	0.5-1
	4-6.4	<0.02	0.02-0.1	>1	0.5-1	<0.02	0.02-0.1
	>6.4	<0.02	>1	<0.02	>1	<0.02	>1
	Tüm	<0.02	>1	0.5-1	<0.02	<0.02	>1
Ardıl Yağışla taşınan sedimentin büyüklüğü, mm							
Typic Xerochrept	<1	<0.02	0.1-0.25	0.5-1	0.02-0.1	0.5-1	0.02-0.1
	1-2	<0.02	0.25-0.5	<0.02	0.1-0.25	<0.02	0.02-0.1
	2-4	<0.02	0.02-0.1	<0.02	0.02-0.1	<0.02	>1
	4-6.4	<0.02	0.1-0.25	<0.02	>1	<0.02	>1
	>6.4	<0.02	0.02-0.1	<0.02	0.02-0.1	<0.02	>1
	Tüm	<0.02	>1	<0.02	0.02-1	<0.02	>1
Typic Xerorthent	<1	0.5-1	>1	0.5-1	>1	0.5-1	>1
	1-2	<0.02	0.02-0.1	>1	<0.02	<0.02	0.02-0.1
	2-4	<0.02	>1	<0.02	0.5-1	<0.02	0.5-1
	4-6.4	<0.02	>1	<0.02	>1	<0.02	>1
	>6.4	<0.02	0.02-0.1	<0.02	>1	<0.02	>1
	Tüm	<0.02	0.02-0.1	<0.02	0.02-0.1	<0.02	0.02-0.1

4.3. İstatistiksel Değerlendirmeler

Yapay yağışlar altında oluşan sedimentte farklı parçacık büyüklüğü gruplarına ait varyans analiz (ANOVA) sonuçları ve ortalamaların karşılaştırıldığı Duncan ($\alpha = 0.05$) testi sonuçları çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2'ye göre, birinci yağış altında oluşan sedimentte >1 mm boyutunda parçacıkların oranına çalışma konularının etkileri önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.3'e göre ise ardıl yağış altında oluşan aynı boyuttaki parçacıklar üzerine başlangıç agregat büyüklüğünün etkisi önemli ($P < 0.001$), toprak çeşidi ve polimer çeşidinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Başlangıç agregat büyüklüklerinin ardıl yağışla taşınan >1 mm boyutlu parçacıklar bakımından ortalamalarının karşılaştırılması Çizelge 4.4'de verilmiştir. Söz konusu çizelgeye göre ardıl yağışla >1 mm boyutunda en fazla parçacık (19.6833 g) 1-2 mm başlangıç büyüklüğündeki agregatların yerleştirildiği tavalardan gerçekleşmiş, diğer agregat büyüklüklerinden oluşan >1 mm boyutundaki parçacıkların miktarı ise bundan az ancak istatistiksel olarak birbirlerinin aynısı olmuştur.

Çizelge 4.2. Birinci yağış altında oluşan sedimentte > 1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	1316.278	18	73.127	0.902	0.586
Intercept	1442.734	1	1442.734	17.804	0.001
Toprak (T)	25.167	1	25.167	0.311	0.585 ns
Uygulama (U)	426.217	2	213.109	2.630	0.101 ns
Agregat boyutu (AG)	312.611	5	62.522	0.772	0.583 ns
U x AG	552.283	10	55.228	0.682	0.728ns
Hata	1377.598	17	81.035		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.3. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte > 1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	1836.134 ^a	18	102.007	2.330	0.044
Intercept	1309.234	1	1309.234	29.908	0.000
Toprak (T)	0.062	1	0.062	0.001	0.970 ns
Uygulama (U)	44.816	2	22.408	0.512	0.608 ns
Agregat boyutu (AG)	1458.585	5	291.717	6.664	0.001***
U x AG	332.671	10	33.267	0.760	0.664 ns
Hata	744.182	17	43.775		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.4. Taşınan >1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
<1	0.167b
4-6.4	2.9500b
2-4	3.6333b
Tüm	3.7333b
6.4<	6.1667b
1-2	19.6833a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6

HKO = 43.775 α = 0.05

Birinci yağış altında oluşan 0.5-1 mm büyüklüğündeki taşınan sediment üzerine Çizelge 4.5’de ve Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge 4.5’e göre toprak, uygulama, [uygulama x agregat] interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Başlangıç agregat büyüklükleri ise önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. Duncan testi sonucuna göre 0.5-1 mm büyüklüğündeki en fazla taşınma <1 mm boyutundaki agregat büyüklüğünde (48.9667 g) meydana gelmiştir. Diğer agregat büyüklüklerinin ise istatistiksel olarak birbirleri arasında fark görülmemiştir (Çizelge 4.6). Çizelge 4.7’ye göre ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.5-1 mm boyutundaki parçacıklar üzerine toprak, uygulama, [uygulama x agregat] etkisi önemsiz bulunurken başlangıç agregat büyüklüğünün etkisi ise önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. Ortalamaların karşılaştırıldığı Duncan testine göre birinci yağışta olduğu gibi 0.5-1 mm başlangıç boyutundaki parçacıklarda en fazla taşınma <1 mm büyüklüğündeki parçacıklarda (52.3500 g) taşınmıştır. Diğer agregat büyüklüklerinde istatistiksel olarak fark görülmemiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.5. Brinci yağış altında oluşan sedimentte 0.5-1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	10435.798 ^a	18	579.767	16.969	0.000
Intercept	5114.634	1	5114.634	149.701	0.000
Toprak (T)	15.867	1	15.867	0.464	0.505 ns
Uygulama (U)	11.429	2	5.714	0.167	0.847 ns
Agregat boyutu (AG)	9979.978	5	1995.996	58.421	0.000***
U x AG	428.524	10	42.852	1.254	0.327 ns
Hata	580.818	17	34.166		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.6. Birinci yağışta taşınan 0.5-1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
2-4	2.2833b
1-2	2.9500b
tüm	4.4333b
4-6,4	5.5833b
6,4<	7.3000b
<1	48.9667a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6
HKO = 34.166 α = 0.05

Çizelge 4.7. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.5-1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	11861.448 ^a	18	658.969	11.979	0.000
Intercept	6354.747	1	6354.747	115.522	0.000
Toprak (T)	52.080	1	52.080	0.947	0.344 ns
Uygulama (U)	19.351	2	9.675	0.176	0.840 ns
Agregat boyutu (AG)	11159.288	5	2231.858	40.573	0.000***
U x AG	630.729	10	63.073	1.147	0.386 ns
Hata	935.155	17	55.009		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.8. Ardıl yağışta taşınan 0.5-1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
2-4	1.9167b
4-6,4	3.4500b
1-2	6.3167b
6,4<	7.7333b
tüm	7.9500b
<1	52.3500a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6
HKO = 55.009 $\alpha= 0.05$

Birinci yağış altında oluşan 0.25-0.5 mm büyüklüğündeki parçacıklar üzerine konuların karşılaştırıldığı ANOVA test sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Adı geçen çizelgeye göre 0.25-0.5 mm boyutunda parçacıkların oranına çalışma konularının etkileri önemsiz bulunmuştur. Ardıl yağışta ise aynı büyüklükteki sedimentlerin miktarına agregat etkisi önemli ($P<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bunun sonucu olarak ardıl yağışla taşınan 0.25-0.5 mm büyüklüğündeki malzemeye etkileri bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin karşılaştırılması için Duncan testi yapılmış, bu testin sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.11’e göre iki farklı ortalama grubu bulunmuştur. En yüksek değer <1 mm büyüklüğündeki taşınan sediment için (19.1333 g) belirlenmiştir. Diğerleri ise istatistiksel olarak birbirinin aynı bulunmuştur.

Birinci yağış uygulaması altında ölçülen 0.1-0.25 mm boyutundaki taşınan sedimentin verilerine uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Adı geçen çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, bu sediment büyüklük grubuna çalışma konularının etkisi önemsiz bulunmuştur. Aynı sediment büyüklüğü için ardıl yağış uygulaması altında da çalışma konularının etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.9. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.25-0.5 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	946.211 ^a	18	52.567	1.008	0.495
Intercept	2401.000	1	2401.000	46.050	0.000
Toprak (T)	175.121	1	175.121	3.359	0.084 ns
Uygulama (U)	89.612	2	44.806	0.859	0.441 ns
Agregat boyutu (AG)	356.043	5	71.209	1.366	0.286 ns
U x AG	325.435	10	32.544	0.624	0.774
Hata	886.369	17	52.139		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.10. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.25-.05 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	1522.420 ^a	18	84.579	3.656	0.005
Intercept	2291.218	1	2291.218	99.040	0.000
Toprak (T)	84.028	1	84.028	3.632	0.074 ns
Uygulama (U)	66.836	2	33.418	1.445	0.263 ns
Agregat boyutu (AG)	1041.019	5	208.204	9.000	0.000***
U x AG	330.538	10	33.054	1.429	0.249
Hata	393.282	17	23.134		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.11. Ardıl yağışta taşınan 0.25-0.5 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
2-4	2,6333b
4-6,4	3,8833b
6,4<	6,3500b
1-2	7,2000b
tüm	8.6667b
<1	19.1333a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6

HKO = 23.134 α = 0.05

Çizelge 4.12. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.1-0.25 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	799.937 ^a	18	44.441	1.313	0.289
Intercept	2876.534	1	2876.534	84.985	0.000
Toprak (T)	143.201	1	143.201	4.231	0.055 ns
Uygulama (U)	21.309	2	10.654	0.315	0.734 ns
Agregat boyutu (AG)	263.252	5	52.650	1.556	0.226 ns
U x AG	372.174	10	37.217	1.100	0.415 ns
Hata	575.409	17	33.848		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.13. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.1-0.25 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	608.470 ^a	18	33.804	1.159	0.382
Intercept	2584.028	1	2584.028	88.622	0.000
Toprak (T)	27.388	1	27.388	0.939	0.346 ns
Uygulama (U)	203.694	2	101.847	3.493	0.054 ns
Agregat boyutu (AG)	219.419	5	43.884	1.505	0.240 ns
U x AG	157.969	10	15.797	0.542	0.837 ns
Hata	495.682	17	29.158		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Birinci yağış uygulaması sonucu ölçülen 0.02-0.1 mm boyutundaki taşınan sediment değerleri için yapılan ANOVA test sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Bu çizelgeye göre uygulama çeşidi ($P<0.05$) ve başlangıç agregat büyüklüğü ($P<0.05$) önemli bulunurken toprak çeşidi ve [uygulama x agregat] interaksyonunun etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan uygulama ve agregat boyutu için Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge 4.15 incelendiğinde konu edilen boyutta ortalama olarak en fazla 4-6.4 mm başlangıç boyutundaki agregatların (6.2833 g) taşındığı görülmüştür. En az ise <1 mm boyutundaki agregatların (1.2333 g) taşındığı görülmüştür. Uygulamalar bakımından en fazla taşınan sediment büyüklüğü ise PAM'da görülmüş (5.0417 g), PVA ve kontrol grubunda ise istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Ardıl yağış uygulaması sonucu ölçülen aynı boyuttaki parçacık değerlerine ait ANOVA sonuçları ise Çizelge 4.17'de verilmiştir. Söz konusu çizelgeye göre çalışma konularının parçacık boyutuna etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Birinci yağış altında oluşan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	253.777 ^a	18	14.099	2.702	0.023
Intercept	465.121	1	465.121	89.142	0.000
Toprak (T)	1.778	1	1.778	0.341	0.567ns
Uygulama (U)	41.784	2	20.892	4.004	0.038*
Agregat boyutu (AG)	93.186	5	18.637	3.572	0.022*
U x AG	117.029	10	11.703	2.243	0.069ns
Hata	88.702	17	5.218		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.15. Birinci yağışta taşınan 0.02-0.1 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
<1	1.2333c
2-4	2.6167bc
1-2	3.0000bc
tüm	3.6500abc
6.4<	4.7833ab
4-6.4	6.2833a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6

HKO = 5.218 $\alpha = 0.05$

Çizelge 4.16. Taşınan 0.02-0.1 mm boyutlu parçacıklar bakımından uygulamaların Duncan testi ile karşılaştırılması

Uygulama	Sediment, g
PVA	2.4583b
KONTROL	3.2833ab
PAM	5.0417a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 12

HKO = 5.218 $\alpha = 0.05$

Çizelge 4.17. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte 0.02-0.1 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	225.285 ^a	18	12.516	0.986	0.514
Intercept	477.422	1	477.422	37.606	0.000
Toprak (T)	24.503	1	24.503	1.930	0.183ns
Uygulama (U)	20.672	2	10.336	0.814	0.460ns
Agregat boyutu (AG)	64.909	5	12.982	1.023	0.435ns
U x AG	115.202	10	11.520	0.907	0.547ns
Hata	215.823	17	12.695		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Birinci yağış uygulaması altında ölçülen <0.02 mm boyutundaki taşınan sediment değişkenine ait ANOVA test sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Söz konusu çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere başlangıç agregat büyüklüğü önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Diğer etkiler ise önemsiz bulunmuştur. Başlangıç agregat büyüklüğünün bu sediment gurubu üzerine etkilerinin karşılaştırılması için Duncan testi yapılmış ve sonuç Çizelge 4.19’da verilmiştir. Adı geçen çizelgeye göre, <1 mm başlangıç agregat büyüklüğünün bu sediment büyüklük gurubu için etkisi diğer başlangıç agregat büyüklüklerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Ardıl yağıl uygulaması sonucu aynı boyuttaki parçacıklara ait varyans analizi sonucu Çizelge 4.20’de sunulmuştur. Adı geçen çizelgeden de anlaşılacağı üzere başlangıç agregat büyüklüğü önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Diğer konuların etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Bu taşınan sediment büyüklük gurubu için Duncan test sonucu Çizelge 4.21’de verilmiştir. Adı geçen çizelgeden de anlaşılacağı üzere <0.02 mm parçacık boyutunda en az taşınım <1 mm büyüklüğündeki başlangıç agregatlarının yerleştirildiği tavada meydana gelmiş, diğer başlangıç büyüklükleri ise bundan farklı fakat birbirinin aynı olmuştur.

Çizelge 4.18. Birinci yağış altında oluşan sedimentte <0.02 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	18812.630 ^a	18	1045.146	2.646	0.025
Intercept	134200.111	1	134200.111	339.727	0.000
Toprak (T)	651.951	1	651.951	1.650	0.216ns
Uygulama (U)	1067.389	2	533.694	1.351	0.285ns
Agregat boyutu (AG)	14062.852	5	2812.570	7.120	0.001**
U x AG	3030.438	10	303.044	0.767	0.658ns
Hata	6715.399	17	395.023		
Toplam	159728.140	36			

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.19. Taşınan <0.02 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
<1	19.5000b
4-6.4	56.9167a
Tüm	68.7500a
6.4<	70.3000a
1-2	70.8667a
2-4	80.0000a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6
HKO = 395.023 $\alpha= 0.05$

Çizelge 4.20. Ardıl yağış altında oluşan sedimentte <0.02 mm boyutunda parçacıklar üzerine çalışma konularının etkileri

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	P
Doğrulanmış model	21682.473 ^a	18	1204.582	2.468	0.034
Intercept	132168.602	1	132168.602	270.749	0.000
Toprak (T)	713.780	1	713.780	1.462	0.243ns
Uygulama (U)	1064.912	2	532.456	1.091	0.358ns
Agregat boyutu (AG)	16787.576	5	3357.515	6.878	0.001**
U x AG	3116.205	10	311.620	0.638	0.763ns
Hata	8298.695	17	488.159		

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri, P: Olasılık

Çizelge 4.21. Ardıl yağışta taşınan <0.02 mm boyutlu parçacıklar bakımından başlangıç agregat büyüklüklerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Başlangıç agregat büyüklüğü, mm	Sediment, g
<1	16.9833b
1-2	56.5833a
6.4<	60.8333a
Tüm	67.8333a
4-6.4	77.3167a
2-4	84.0000a

a. Kullanılan harmonik ortalama örnek büyüklüğü= 6
 HKO = 488.159 α = 0.05

Birinci ve ardıl yağışların taşınan sediment büyüklük gurupları üzerine etkilerinin başlangıç agregat büyüklüklerine göre karşılaştırılması “t testi” ile yapılmış ve deneme konusu her iki toprak için Çizelge 4.22’de verilmiştir. Adı geçen çizelgeye göre, Typic Xerorthent toprağının 4-6.4 mm başlangıç büyüklüğüne sahip agregatlarının yerleştirildiği tavalardan taşınan sedimentte 0.25-0.5 mm boyutundaki parçacıklar ile aynı toprağın aynı başlangıç agregat büyüklüğüne sahip tavalardan taşınan sedimentte <0.02 mm boyutundaki parçacıkların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Geri kalan başlangıç büyüklüklerinde her iki yağış arasında istatistiksel bakımdan bir fark tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.22. Ölçülen değişkenler bakımından iki yağışın karşılaştırıldığı “t” testi sonuçları.

		<i>P</i>					
Toprak	Sediment büyüklüğü	>1	0.5-1	0.25-0.5	0.1-0.25	0.02-0.1	<0.02
		Başlangıç agregat büyüklüğü					
Typic	<1	0.371	0.717	0.487	0.497	0.418	0.958
Xerochrept	1-2	0.942	0.515	0.863	0.932	0.323	0.989
	2-4	0.996	0.986	0.954	0.973	0.375	0.980
	4-6.4	0.982	0.869	0.534	0.718	0.864	0.952
	>6.4	0.577	0.755	0.620	0.298	0.718	0.482
	Tüm	0.263	0.156	0.314	0.169	0.502	0.093
Typic	<1	-	0.795	0.830	0.981	0.557	0.466
Xerorthent	1-2	0.245	0.221	0.351	0.832	0.521	0.381
	2-4	0.218	0.402	0.186	0.656	0.917	0.420
	4-6.4	0.130	0.152	0.038*	0.102	0.654	0.025*
	>6.4	0.597	0.612	0.771	0.517	0.750	0.762
	Tüm	0.713	0.220	0.988	0.969	0.523	0.558

T testi: iki yağışın karşılaştırması

Bölüm 3.2’de açıklandığı gibi bu çalışmada kullanılan yağış simülatörünün tasarım presibinden kaynaklı olarak denemede agregatların parçalanmasında çoğunlukla ufalanma (slaking) mekanizması etkili olmuştur. Ufalanma; ıslanma sürecinde agregatların içindeki havanın basıncıyla oluşmaktadır. Kuru ya da belirli bir seviyede nem içeriğine sahip

agregatlar suya batırıldığında veya hızlıca ıslatıldığında, ufalanma mekanizmasıyla agregat parçalanması meydana gelmektedir. Sıkışan havanın etkisi agregatın içindeki havanın hacmine, ıslanma oranına ve ıslak agregatların kesme direncine bağlı olmaktadır (Le Bissonnais, 1996). Bu çalışmada, poliakrilamid ve polivinil alkol uygulanmasıyla taşınan sediment büyüklüğünün oransal dağılımının kontrole göre genel anlamda değiştiği gözlenmiştir. Bu değişimin temel nedeni, kullanılan sentetik toprak düzenleyicilerin farklı başlangıç agregat büyüklüklerinde agregat stabilitesini değişik düzeylerde arttırmış olmasıdır. Uygulanan polimerlerle birlikte toprak partiküllerini bir arada tutan bağların kuvveti göreceli olarak havanın ufalamaya neden olan kuvvetinden büyük duruma gelmiştir. Sonuç olarak uygulanan yapay yağışlar altında polimer uygulanan ve uygulanmayan tavalarda farklı büyüklükte fragmentler oluşmuş ve taşınan sedimentin oransal dağılımı ve sonuç olarak taşınan sedimentin oransal büyüklük dağılımı farklılık göstermiştir.

Le Bissonnais (1996), saturasyona ulaşana kadar başlangıç nem içeriğinin artmasına paralel olarak, ufalanmanın azaldığını bildirmiştir. Bu durum havanın hacminin azalması nedeniyle yani ıslanma süresince hapsolan hava ve matrik potansiyelin eğiminin azalması nedeniyle. Ufalanmadan kaynaklı fragmentler çoğunlukla mikroagregatlardır ve bu mikroagregatların boyutu kil içeriğinin artışına paralel olarak artmaktadır. Kil hacmi ve iskelet parçacıkları arasındaki bağların direnci, kil içeriğiyle artmakta, bundan dolayı fragmentlerin büyüklükleri artmaktadır. Sonuç olarak taşınan sedimentin büyüklüğü oransal olarak değişmektedir.

Diferansiyel şişme ya da mikroçatlakların oluşumu olarak isimlendirilen agregat parçalanma mekanizmalarında, agregatın parçalanma etkisi artan kil içeriğiyle birlikte artmaktadır. Diferansiyel şişme (mikroçatlama) tarafından parçalanmanın bir sonucu olarak daha büyük partiküller oluşmaktadır. Bu da farklı büyüklükte fragmentlerin oluşumunu sonuçlamakta ve taşınan sedimentin büyüklüğünü değiştirmektedir (Bradford ve ark., 1987., Le Bissonnais 1998).

Toprak parçalanması, yağmur damlası ve yüzey akıştan kaynaklanmaktadır. Damla ve yüzey akışın konu edildiği birçok ampirik model ile uniform bir alandan kavramsal sınıflanmış mekanizmalarla taşınan partikül büyüklük dağılımları hesaplanabilir. Bu hesaplamalar yağışın parçalama oranını tanımlar ve hesaplamalarda ampirik parçalanabilirlik parametleri kullanılır. Le Bissonnais (2006)'a göre agregat parçalanması ölçümleri, yağmur damlası etkisiyle oluşan partiküllerin büyüklük dağılımı kullanılarak

hesaplanabilir olduğu ortaya konulmuş, damla ve yüzey akış sonucu oluşmuş sedimentin parçacık büyüklük dağılımlarının orijinal topraktan daha küçük olduğu gözlemlenmiştir.

Agregat stabilizasyonunda sentetik polimerlerin adsorbsiyon karakteristikleri önemli rol oynamaktadır. Yüksek moleköl ağırlıklı polimerler agregatlara penetre olmayıp agregatın dış yüzeyinde stabilizasyonu arttırmaktadırlar. Bu polimerler aynı zamanda agregatın parçalanmasıyla oluşan daha küçük boyuttaki fragmentlerin stabilizasyonunu arttırmaktadır. Levy ve Miller (1999) iki farklı toprakta PAM'ın adsorpsiyonu üzerine yürüttükleri bir çalışmada, toprakların başlangıç agregat büyüklüklerinin PAM'ın agregatları stabilize etmedeki etkinliğini araştırmışlardır. Bilim insanları çalışma konusu toprakları başlangıç büyüklüğüne ayırırken 0.5, 1, 2, 4, 6 ve 9.5 mm açıklığa sahip elekleri kullanmışlardır. Çalışma sonucunda araştırmacılar, her iki toprakta da agregat stabilitesinin, dolayısıyla PAM etkinliğinin başlangıç büyüklüğüne göre farklılık gösterdiği bulgusunu elde etmişlerdir. Bu sonuç araştırmacılar tarafından, büyük agregatlar parçalandıktan sonra uygulanmış olan PAM'ın etkinliğini oluşan yeni fragmentlerin üzerinde devam ettirdiğine atfedilmiştir. Araştırmacılar, hiyerarşik agregat oluşum mekanizması nedeniyle PAM etkinliğinin başlangıç agregat büyüklüğünden etkileneceği hipotezlerini bu yolla ispatlamışlardır.

Yürütülen bu yüksek lisans tezinin sonuçları yukarıda verilen çalışmadan elde edilen bulgular ile örtüşmektedir. Bu yüksek lisans tezinde de farklı başlangıç büyüklüğündeki agregatlara uygulanan PAM ve PVA, yapay ardıl yağışlar altında taşınan sedimentin büyüklük dağılımının farklı olmasına neden olmuştur. Bu farklılığın temel nedenlerinin; (i) değişik başlangıç büyüklüklerindeki agregatlardan ilk parçalanma ile oluşan fragmentlerin boyutunun farklı olması ve (ii) polimerlerin etkinliğinin oluşan fragment büyüklüğünden etkilenmesi, olduğu düşünülmektedir.

Konu ile ilgili olarak yürütülen başka bir çalışmanın sonucunda (Miller ve ark., 1998), PAM'ın büyük agregatların dış yüzeyinde etkili olduğu, bununla birlikte > 1 mm boyutundaki agregatın içine belirli oranda penetre olan PAM'ın bu agregat parçalandıktan sonra oluşan fragmentlerde stabilite etkinliğini devam ettirdiği açıklanmış, ancak bu tip çalışmalarda sonuçların polimer uygulama şekli ve stabilite ölçüm yönteminden etkilendiği bildirilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tezinden elde edilen bulgulara göre, deneme konusu Entisol ve Inceptisol kökenli agregatlara uygulanan polimerlerin, taşınan sedimentin oransal büyüklük dağılımı üzerine etkileri, başlangıç agregat büyüklüğüne göre farklılık göstermiştir. Bu sonuç, hem taşınan parçacıkların farklı mekanizmalarla parçalanmış agregatlardan oluşan fragmentlerin ürünü olduğunu hem de bu fragmentlerin değişik taşınma mekanizmalarıyla erozyon tavalarından uzaklaştığını göstermektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre herhangi bir polimer uygulaması yapılmayan topraklardan taşınan sedimentin büyüklük dağılımı, genel olarak başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişiklik göstermiştir. Bu durumun, öncelikle farklı büyüklükteki agregatların değişik düzeylerde parçalanmalarından, dolayısıyla potansiyel olarak taşınacak sedimentin büyüklük bakımından çeşitlilik göstermesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Söz konusu farklılıklar ufalanma, mikroçatlakların oluşumu ve mekanik parçalanma gibi agregat bozucu mekanizmalarla ilişkili olarak meydana gelmektedir. Yani toprak agregatlarını parçalayan etken mekanizmanın hangisi olduğuna başlangıç agregat büyüklüğü etki etmiştir.

Bulgular ve Tartışma bölümünde verilen halka grafiklerden de anlaşılacağı üzere polimer uygulanan tavalardan hem birinci hemde ardıl yağışta çoğunlukla <0.02 mm boyutundaki parçacıklar taşınmıştır. Bu durum, uygulanan polimerlerin parçalanma sonucu oluşan fragmentler üzerindeki etkinliğinin sürdüğünü göstermektedir. Dolayısıyla polimer uygulaması, mikroçatlakların oluşumu, mekaniksel parçalanma ya da diferansiyel şişmeden çok, ufalanma (slaking) mekanizmasının agregat parçalanmasında etkili olmasına neden olmuştur. Tıpkı polimer uygulaması yapılmayan topraklarda olduğu gibi PAM uygulanmış topraktan taşınan sedimentte de parçacık büyüklük dağılımı başlangıç agregat büyüklüğüne göre değişmiştir. Ancak bu değişim PAM uygulaması nedeniyle polimer uygulaması yapılmayan topraklardan farklı bir seyir izlemiştir. Bu durum toprağa uygulanan PAM'ın etki mekanizmasıyla açıklanabilir. Başlangıç agregat büyüklüğüne bağlı olarak parçalanma sonucunda farklı büyüklükte fragmentler oluşurken, ortamdaki PAM bu fragmentlerin büyüklüğünü arttırmıştır. Buna bağlı olarak, etkin olan taşınma mekanizmasının da bir sonucu olarak taşınan sedimentte küçük partiküllerin miktarı oransal olarak artmıştır.

PVA uygulanan topraklardan yapay yağışlar altında oluşan sedimentin oransal dağılımı kontrol tavalardan ve PAM uygulanan tavalardan genel anlamda farklılık göstermiştir. Kullanılan her iki polimerin de anyonik özellikte olmasına rağmen taşınan sedimentin büyüklük dağılımında bazı tavalarda için farklılık göstermesi PAM ve PVA'nın farklı moleküler ağırlıklara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Polimer özellikleri polimerlerin topraktaki stabiliteyi artırma gücünü etkilemektedir. Farklı moleküler ağırlıklara sahip polimerlerin kullanıldığı bu çalışmada yüksek moleküler ağırlığa sahip polimerlerin agregat stabilitesini arttırmada genel bir ifade ile daha başarılı olduğu söylenebilir. Deneme konusu topraklardan ardışık yağışlarla taşınan malzemede farklılıklar görülmesinde agregasyonun hiyerarşik bir düzende oluşmasının da büyük etkisi vardır. Dolayısıyla bu farklılığın açıklanmasında agregat parçalanma dinamiklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada PAM ve PVA uygulanan ve uygulanmayan tavalardan ardışık iki yağış altında taşınan sedimentin oransal parçacık büyüklük dağılımının değişkenlik göstermesi yapay yağışların söz konusu erozyon tavalarda farklı büyüklüklerde fragment oluşturmuş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, H1 (Başlangıç agregat büyüklüğü, polimerlerin agregat parçalanma mekanizmalarına etkisini değiştirir) hipotezimizin kabul edildiğini, H0 hipotezinin red edildiğini ortaya koymaktadır.

Özellikle küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliğinin yağışların erozivitesini arttıracığı yönünde ciddi tahminlemelerin yapıldığı günümüzde, erozyonun işleyiş mekanizmasının her yönüyle anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, erozyonu azaltıcı uygulamalardan biri olarak değerlendirilen toprağa polimer uygulanmasının farklı yönleri araştırmalara konu edilmelidir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında başlangıç agregat büyüklüğünün taşınan sedimentin oransal büyüklük dağılımını etkileyeceği öngörülmüş ve bu hipotez ispatlanmıştır.

Toprak erozyonunu tanımlayan mevcut konsept modeller parmak erozyonu sahalarında toprak erozyonunu parçalanma, taşınma ve birikme gibi alt süreçlere ayırmaktadır. Her bir sürecin anlaşılması ve her bir süreç üzerine polimerlerin etkilerinin araştırılması gerekmektedir. Bu araştırmalar ile erozyon olgusu daha iyi anlaşılacak, erozyonla ilişkili doğa felsefesi daha iyi betimlenecek ve sonuç olarak erozyona karşı daha etkili tedbirler geliştirilebilecektir.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında görülmüştür ki yağış ve yüzey akışın parçalama ve taşıma özelliklerine PAM ve PVA'nın etkileri başlangıç agregat büyüklüğüne bağlı olarak farklı düzeyde olmaktadır. Bu tarz çalışmaların geliştirilebilmesi ve anlaşılamayan noktaların açıklığa kavuşturulabilmesi için polimerik materyal uygulanan agregatların elektron mikroskobu altında incelenmesi ve çalışma konusu toprakların baskın kil minerali çeşidinin belirlenmesi önerilebilir. Ayrıca çalışmalar arasındaki tutarsızlıkların giderilmesi bakımından, stabilite ölçüm ve sediment taşınım yöntemleri ile polimer uygulama metodlarının standardize edilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abu-Sharar, T.M., F.T. Bingham., J.D. Rhoades. 1987. Stability Of Soil Aggregates As Affected By Electrolyte Concentration And Composition. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:309-314.
- Abu-Zreig, M., 2006. Control Of Rainfall-Induced Soil Erosion With Various Types Of Polyacrylamide. J. Soils Sediments, 6(3): 137-144.
- Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2010. Polivinilalkol, Humik Asit Ve Poliakrilamid Uygulamalarının Strüktürel Stabilite Ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkileri. Iı. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt : Iıı S:953-962
- Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2012. Mean Weight Aggregate Stability; Is It Soundfull? 8th International Soil Science Congress On “Land Degradation And Challenges In Sustainable Soil Management”. May 15-17, Çeşme, İzmir-Turkey, Proceedings Book, Ed: Uysal, H., Kurucu, Y., Yönter, G., Vol. Iv, Pp: 187-192.
- Al-Abed, N., Amayreh, J., Shudifat, E., Qaqish, L., El-Mehaisin, G., 2003. Polyacrylamide (Pam) Effect On İrrigation İnduced Soil Erosion And İnfiltration. Arch. Agron. Soil Sci. 49, 301-8,
- Allison, E.L. 1952. Effect Of Synthetic Polyelectrolytes On The Structure Of Saline And Alkali Soils. Soil Sci. 73: 443-454.
- Aly, S.M., J. Letey. 1990. Physical Properties Of Sodium-Treated Soil As Affected By Two Polymers. Soil Science Society Of America Journal 54: 501-504.
- Amezket, E., 1999. Soil Aggregate Stability: A Review. Journal Of Sustainable Agriculture, 14(2/3): 83-151.
- Anonim, 2005. Çölleşme İle Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı, Çölleşme İle Mücadele Ulusal Koordinasyon Birimi, Çob Yayın No: 250, Ankara.
- Asghari, S., Neyshabouri M.R., Abbasi, F., Aliasgharzarad, N., Oustan, S., 2009. The Effects Of Four Organic Soil Conditioners On Aggregate Stability, Pore Size Distribution, And Respiration Activity In A Sandy Loam Soil. Turk J. Agric. For. 33, 47-55.
- Ball, B.C., Watson, C.A., Baddeley, J.A., 2007. Soil Physical Fertility, Soil Structure And Rooting Conditions After Ploughing Organically Managed Grass/Clover Swards. Soil Use Manage. 23, 20-7.

- Barry, P.V., Stott, D.E., Turco, R.F., Bradford, J.M., 1991. Organic Polymers' Effect On Soil Shear Strength And Detachment By Single Raindrops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55 (3), 799-804.
- Barvenik, F.W. 1994. Polyacrylamide Characteristics Related To Soil Applications. *Soil Sci.* 158:235-243.
- Ben-Hur, M., M. Malik, J. Letey., U. Mingelgrin. 1992. Adsorption Of Polymers On Clays As Aff Ected By Clay Charge And Structure, Polymer Properties, And Water Quality. *Soil Sci.* 153:349–356.
- Ben-Hur, M., Keren, R., 1997. Polymer Effect On Water Infiltration And Soil Aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 565-570.
- Benoit, G.R., 1973. Effect Of Freze-Thaw Cycles On Aggregate Stability And Hydraulic Conductivity Of Three Soil Aggregate Sizes. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 37: 3-5.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2008. Principles Of Soil Conservation And Management. Springer Science+Business Media B.V. Usa.
- Bradford, J.M., Ferris, J.E., Remley, P.A. 1987. Interrill Soil Erosion Processes. II. Relationship Of splash Detachment To Soil Properties. *Soil Science Society Of America Journal*, 51, 1571–1575.
- Bronick, C.J., Lal, R., 2005. Soil Structure And Management: A Review. *Geoderma*, 124, 3-22.
- Bryan, R. B., 1968. The Development, Use And Efficiency Of Indices Of Soil Erodibility. *Geoderma*, 2, 5-25.
- Bryan, R.B., 1976. Considerations On Soil Erodibility Indices And Sheetwash. *Catena* 3:99-111.
- Bryan, R., 1992. The Influence Of Some Soil Conditioners On Soil Properties: Laboratory Tests On Kenya Soil Samples. *Soil Technol.*, 5: 225-247.
- Bullock, M.S., Kemper, W.D., Nelson, S.D., 1988. Soil Cohesion As Effected By Freezing, Water Content, Time And Tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52: 770-776.
- Cardenas, J.P., Santiago, A., Tarquis, A.M., Losada, J.C., Borondo, F., Benito, R.M., (2012). Community Structure In A Soil Porous System. *Soil Science*, 177(2), 81-7.
- Chan, K.Y., Heenan, D.P., So, H.B., 2003. Sequestration Of Carbon And Changes In Soil Quality Under Conservation Tillage On Light Textured Soils In Australia: A Review. *Aust. J. Exp. Agric.* 43, 325-334

- Chiellini, E., Corti, A., Politi, B., Solaro, R., 2000. Adsorption/Desorption Of Polyvinyl Alcohol On Solid Substrates And Relevant Biodegradation. Journal Of Polymers And Environment, 8(2): 67-79.
- Christiansen, J.E., 1942. Irrigation By Sprinkling. California Agriculture Experiment Station Bulletin 670. University Of California, Berkley, California.
- De Boodt, M.F., 1993. Soil Conditioning, A Modern Procedure For Restoring Physical Soil Degradation. Pedologie, 43: 157-195.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 143, Erzurum, Pp: 132.
- Demirkol, B., 2015. Farklı Büyüklükteki Agregatlara Uygulanan Poliakrilamid Ve Polivinil Alkolün Toprak Ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Laboratuar Koşullarında Araştırılması Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 109s.
- Dexter, A.R., 1988. Advances In Caharacterization Of Soil Structure. Soil Till. Res. 11, 199-238.
- Diaz-Zorita, M., Perfect, E., Grove, J.H. 2002. Distruptive Methods For Assessing Soil Structure. Soil &Tillage Research, Vol. 64, Pp. 3-22.
- Edwards, L.M., 1991. The Effect Of Alternate Freezing And Thawing On Aggregate Stability And Aggregate Size Distribution Of Some Prince Edward Island Soils. European Journal Of Soil Science, 42(2): 193-204.
- Efe, E., Bek, Y., Şahin, M. 2000. Spss'de Çözümleri İle İstatiksel Yöntemler Iı. Yayın No: 73, Kahramanmaraş, Ksü Yayınları.
- Eijkelkamp, 2015. Ürün Katalogu. Url: [Http://Pkd.Eijkelkamp.Com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-0906e%20rainfall%20simulator.Pdf](http://Pkd.Eijkelkamp.Com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-0906e%20rainfall%20simulator.Pdf) (Son Erişim 05.06.2015).
- Emereson, W.W: Greenland, D.J., 1990.Soil Aggregates-Formation And Stability. In Soil Colloids And Their Associations İn Aggregates; De Boodt. M., Hayes, M., Herbiilon, A., Eds.: Plenum Press: New York,; 485-511.

- 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 Pres, New York, Pp: 557-565.
- Gülser, C. 2006. Effect Of Forage Cropping Treatments On Soil Structure And Relationships With Fractal Dimensions. *Geoderma*, 131:33-44.
- Graber, E.R., Fine, P., Levy, G.J., 2006. Soil Stabilization In Semiarid And Arid Land Agriculture. *J. Mater. Civil Eng.* 18(2), 190-205.
- Grandy, A.S., Porter G.A., Erich, M.S., 2002. Organic Amendment And Rotation Crop Effects On The Recovery Of Soil Organic Matter And Aggregation In Potato Cropping Systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1311-19.
- Green, V.S., D.E. Stott, J.G. Graveel., L.D. Norton. 2004. Stability Analysis Of Soil Aggregates Treated With Anionic Polyacrylamides Of Different Molecular Formulations. *Soil Sci.* 169:573–581.
- Green, V.S., Stott, D.E., Norton, L.D., 2000. Polyacrylamide Molecular Weight And Charge Effects On Infiltration Under Simulated Rainfall. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, 64(5), 1786-1791.
- Green, V.S., Stott, D.E., 2001. Polyacrylamide: A Review Of The Use, Effectiveness, And Cost Of A Soil Erosion Control Amendmet. Department Of Argonomy, Purdue University, West Lafayette, In 47907-1150 ; D.E Stott, Usda-Ars National Soil Erosion Research Labratory, West Lafayette, In 47907-1196, Usa
- Gündoğan, R., Yılmaz, K. Gürel, N., Bodur, M.N., Demirkıran, A.R., Köksal, D. Şerbetçi, H., 1997. Avşar Kampüsü Topraklarının Etüd Ve Haritalaması, Ksü Araştırma Fonu Projesi, Sonuç Raporu, Kahramanmaraş-Türkiye.
- Hairsine, P.B., Rose, C.W. 1991. Rainfall Detachment And Deposition: Sediment Transport In The Absence Off Low-Driven Processes. *Soil Science Society Of America Journal*, 55, 320–324.
- Harris, R.F., Chesters, G., Allen, O.N., 1966. Dynamics Of Soil Aggregation. *Adv. Argon.*, 18: 107-169.
- Hassan, C.M., Peppas, N.A., 2000. Structure And Applications Of Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogels Produced By Conventional Crosslinking Or By Freezing/Thawing Methods. *Advances In Polymer Science* 153. (Editörler: A. Abe, A.-C. Albertsson, H.-J. Cantow, K. Dusek, S. Edwards, H. Höcker, J.F. Joanny, H.-H. Kausch, T. Kobayashi, K.-S. Lee, J.E. Mcgrath, L. Monnerie, S.I. Stupp, U.W. Suter, E.L. Thomas, G. Wegner, R.J. Young), Springer-Verlag, 37-67s, Berlin.

- 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.
- Hudson, N., 1995. Soil Conservation Bt. Bastford Limited, Isbn 0-8138-2372-2, London.
- Hussein, J., Adey, M.A., 1995. Changes In Structure And Tilth Mellowing In A Vertisol Due To Wet/Drying Cycles In The Liquid And Vapour Phases. Eur. J. Soil Sci., 46: 357-368.
- Imbufe, A.U., Patti, A.F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W.R., Milner, A.D., 2005. Effects Of Potassium Humate On Aggregate Stability Of Two Soils From Victoria, Australia. Geoderma, 125, 321-330.
- Ingram, J., Lee, J., Valentin, C., 1996. Global Change And Terrestrial Ecosystems. J. Soil Water Conserv. 51(5), 376-385.
- Inyang, H.I., Bae, S., 2005. Polyacrylamide Sorption Opportunitiy On Interlayer And External Pore Surfaces Of Contaminant Barrier Clays. Chemosphere 58, 19-31.
- Kay, B.D., D.A. Angers. 2000. Soil Structure. P. 229–276. In M.E. Sumner (Ed.) Handbook Of Soil Science. Crc Press, Boca Raton, Fl.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986 Aggregate Stability And Size Distribution. Methods Of Soil Analysis: Part 1, Physical And Mineralogical Methods, Ed: Klute, A. 2nd Edn, American Society Of Agronomy And Soil Science Society Of America, Madison, W1, Pp: 425-442.
- 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. Hydrol. Process. 19 (14), 2815–2844.
- Kukul, S.S., Kaur, M., Bawa, S.S., Gupta, N., 2007. Water-Drop Stability Of Pva-Treated Natural Soil Aggregates From Different Land Uses. Catena, 70(3), 475-479.
- Kvaerno, S.H., Oygarden, L., 2006. The Influence Of Freeze–Thaw Cycles And Soil Moisture On Aggregate Stability Of Three Soils In Norway. Catena, 67(3):175-182.
- Laird, D.A. 1997. Bonding Between Polyacrylamide And Clay Mineral Surfaces. Soil Sci. 162:826–832.
- Lal, R., 1988. Soil Erosion Research Methods. Soil And Water Conservation Society Press, Usa
- Le Bissonnais, Y. 1988. Comportement D'agrégates Terreux Soumis À L'action De L'eau: Analyse Des Mécanismes De Désagregation. Agronomie 8:915-924.

- Le Bissonnais, Y. 1989. Analyse Des Processus De Microfissuration Des Agrégats À L'humectation. *Science Du Sol*. 27:187-199.
- Le Bissonnais, Y. 1990. Experimental Study And Modeling Of Soil Surface Crusting Processes. In Bryan, R.B. (Ed.). *Soil Erosion-Experiments And Models*. Catena Supplement 17:13-28.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate Stability And Assessment Of Soil Crustability And Erodibility. I. Theory And Methodology. *Eur. J. Soil Sci.* 47:425–437.
- Le Bissonnais, Y. 2006. Aggregate Breakdown Mechanisms And Erodibility. *Encyclopedia Of Soil Science*. 40-43
- Legout, C., Leguedois, S., Le Bissonnais, Y., 2005. Aggregate Breakdown Dynamics Under Rainfall Compared With Aggregate Stability Measurements. *European Journal Of Soil Science*, 56, 225-237.
- Lehrsch, G.A., Sojka, R.E., Carter, D.L., Jolley P.M., 1991. Freezing Effects On Aggregate Stability Affected By Texture, Mineralogy, And Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 1401-1406.
- Letey, J. 1994. Adsorption And Desorption Of Polymers On Soil. *Soil Sci.* 158:244–248.
- Levy, G.J., M. Agassi. 1995. Polymer Molecular Weight And Degree Of Drying Effects On Infiltration And Erosion Of Three Different Soils. *Aust. J. Soil Res.* 33:1007–1018.
- Levy, G.J., 1996. *Soil Stabilizers, Soil Erosion, Conservation And Rehabilitation*, Ed: Agassi, Marcel Dekker, Inc., 12, 267-299.
- Levy, G.J., W.P. Miller. 1999. Polyacrylamide Adsorption And Aggregate Stability. *Soil Tillage Res.* 51:121–128.
- Loch, R.J.; Foley. J.L., 1994. Structure Breakdown On Wetting. P. 113–132. In H.B. So Et Al. (Ed.) *Sealing, Crusting And Hardsetting Soils*. Australian Soil Sci. Soc., Queensland Branch, Brisbane, Australia.
- Lu, J.H., L. Wu., J. Letey. 2002. Effect Of Soil And Water Properties On Anionic Polyacrylamides Sorption. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:578–584.
- Mamedov, A.I., Beckmann, S., Huang, C., Levy, G.J., 2007. Aggregate Stability As Affected By Polyacrylamide Molecular Weight, Soil Texture, And Water Quality. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71(6), 1909-1918.
- Mclaughlin, R.A., N. Bartholomew. 2007. Soil Factors Influencing Suspended Sediment Flocculation By Polyacrylamide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:537–544.

- Mikha, M.M., Rice, C.W., Milliken, G.A., 2005. Carbon And Nitrogen Mineralization As Affected By Draying And Wetting Cycles. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 339-347.
- Miller, W.P., R.L. Willis., G.J. Levy. 1998. Aggregate Stabilization İn Kaolinitic Soils By Low Rates Of Anionic Polyacrylamide. *Soil Use Manage.* 14:101–105.
- Mostaghimi, S., Young, R.A., Wiltts, A.R., And Kenime, A.L., 1988. Effects Of Frost Action On Soil Aggregate Satability. *Trans. Of Asae* 31(2): 435-439.
- Mukhopadhyay, R., Gajri, P.R., Chaudhary, M.R., 1994. Synthesis Of A Soil Conditioner From Acrylic Waste And Its Effect On Aggregate Stability And Moisture Retention İn Two Soils. *Arid Soil Res. Rehabil.*, 8: 179-186.
- Nadler, A., Perfect, E., 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.
- Nciizah, A.D., Wakindiki, I.I.C., 2014. Rainfall Pattern Effects On Crusting, Infiltration And Erodibility İn Some African Soils With Various Texture And Mineralogy. *Water Sa*, 40, 57-63.
- Norton, L.D., A.I. Mamedov, G.J. Levy., C. Huang. 2006. Soil Aggregate Stability As Affected By Long-Term Tillage And Clay Mineralogy. *Adv. Geocol.* 38:422–429.
- Oades, J.M., Waters, A.G. 1991. Aggregate Hierarchy İn Soils. *Australian Journal Of Soil Research*, 29, 815–828.
- Oztas, T., Fayetorbay, F., 2003. Effect Of Freezing And Thawing Processes On Soil Aggregate Stability. *Catena* 52(1): 1-8.
- Özdemir, N., Canbolat, M., 1997. Toprak Strüktürünün Oluşum Süreçleri Ve Yönetimi. *Atatürk Ü.Zir.Fak.Der.* 28 (3), 413-419.
- Özdemir, N., 1998 Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı No: 30, Samsun, Pp: 209.
- Özdemir, N., 2002. Toprak Ve Su Koruma. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 22, Samsun.
- Özgül, M., Aksakal, E.L., Güneş, A., Angın, İ., Turan, M., Öztaş, T., 2011. Influence Of Global Warming On Aggregate Stability And Hydraulic Conductivity Under Highland Soil Order İn Turkey. *Soil Science*, 176, 559-66.
- Öztaş, T., A.K. Özbek., E. L. Aksakal., 2000, Structural Developments İn Soils Treated With Polyvinylalcohol. *International Conference On Sustainable Land Use And Management.* Soil Science Society Of Turkey.

- Painuli, D.K., 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.
- Pefferkorn, E., Ringenbach E., Chauveteau, G., 1997. Polyelectrolyte Complexation At Oxide-Water Interfaces Influence On Colloidal Stability. *Rev. Inst. Fr. Petr.*, 52, 222-225.
- Piccolo, A., Pietramellara, G., Mbagwu, J.S.C., 1997. Use Of Humic Substances As Soil Conditioners To Increase Aggregate Stability. *Geoderma*, 75, 267-77.
- Quirk, J.P., R.S. Murray. 1991. Towards A Model For Soil Structural Behaviour. *Aust. J. Soil Res.* 29:829-867.
- Ruiz-Vera, V.M., L. Wu. 2006. Influence Of Sodicity, Clay Mineralogy, Prewetting Rate, And Their Interaction On Aggregate Stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1825–1833.
- Saatçi, F., Ü. Altınbaş, 1975. Küçük Menderes Ovası Alluvial Topraklarında Organik Madde Miktarı İle Agregasyon İndeksi Arasındaki İlişkiler. E.Ü. Zir. Fak. Yayınları. No: 247.
- Schamp, N., J. Huylebroeck., M. Sadones. 1975. Adhesion And Adsorption Phenomena İn Soil Conditioning. P. 13–23. In W.C. Moldenhauer Et Al. (Ed.) *Soil Conditioners. Sssa Spec. Pub. 7. Sssa, Madison, W1.*
- Seybold, C.A. 1994. Polyacrylamide Review: Soil Conditioning And Environmental Fate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25:2171–2185.
- Shainberg, I., G.J. Levy, P. Rengasamy., H. Frenkel. 1992. Aggregate Stability And Seal Formation As Aff Ected By Drops' Impact Energy And Soil Amendments. *Soil Sci.* 154:113–119.
- Sharma, S., Szele, Z., Schilling, R., Munch, J.C., Schloter, M., 2006. Influence Of Freeze–Thaw Stress On The Structure And Function Of Microbial Communities And Denitrifying Populations İn Soil. *Applied And Environmental Microbiology*, 72: 2148–2154.
- Sivapalan, S., 2002. Potential Use Of Polyacrylamides (Pam) İn Reclaiming Some Problem Soils. Conference Proceedings, Asssı Future Soils National Conference, Uwa, Perth, Australia.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K., 2004. A History Of Research On The Link Between (Micro)Aggregates Soil Biota, And Soil Organic Matter Dynamics. *Soil & Tillage Research*, 79, 7-31.

- So, H.B., L.A.G. Aylmore. 1993. How Do Sodic Soils Behave? The Effects Of Sodicty On Soil Physical Behaviour. *Aust. J. Soil Res.* 31:761-777.
- Sojka, R.E., Lentz, R.D., 1994. Time For Yet Another Look At Soil Conditioners. *Soil Sci.*, 158: 233-234.
- Sojka, R. E., R. D., Lentz, 1997. Reducing Furrow Irrigation Erosion With Polyacrylamide (Pam). *Journal Of Production Agriculture*, 10: 47-52.
- Stefanson, R.C., 1973. Polyvinyl Alcohol As A Stabilizer Of Surface Soils. *Soil Sci.* 115: 420-428.
- Şahin, Ü., Canbolat, M.Y., Anapalı, Ö., 1999. Donma-Çözülme Koşullarının Bazı Toprak-Su Parametreleri Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 30(1): 41-47.
- Şeker, C., 2004. Portland Çimentosunun Oluşturduğu Toprak Agregat Stabilitesine Donma-Çözünme Ve Sıcaklığın Etkisi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(34), 51-5.
- Şimşek-Erşahin, Y., 2010 Küresel Isınma Sorununa Vermikültürel Çözümler. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu. 17-18 Haziran, Çorum. *Tebliğler Kitabı*, Pp: 626-633.
- Tisdall, J.M., J.M. Oades. 1982. Organic Matter And Water-Stable Aggregates İn Soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Utomo, W.H., Dexter, A.R., 1982. Changes İn Soil Aggregate Water Stability İnduced By Wetting And Drying Cycles İn Non-Saturated Soil. *J. Soil Sci.*, 33: 623-637.
- Vleeschauwer, D. De., Lal, R., De Boodt, M., 1978. Comparison Of Detachability Indices In Relation To Soil Erodibility For Some Important Nigerian Soils. *Pedologie*, Xxviii 1: 5-20.
- Yakupoglu, T., Özdemir, N., Dengiz, O., 2012. The Effect Of Pam And Pva Applications On Runoff And Soil Losses Under Simulated Rainfall. *International Scientific-Practical Conference On Rational Use Of Soil Resources And The Environment*. November 15-16, Almaty, Kazakhstan. *Proceedings Book*: 526-530.
- Yoder, R.E. 1936. A Direct Method Of Aggregate Analysis Of Soils And A Study Of The Physical Nature Of Erosion Losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28:337-351.
- Yönter, G., Uysal, H., 2011. Effects Of Poliacrylamide (Pam) Applications On Water Erosion And Crust Formation For Different Types Of Soils İn Menemen Plain, Turkey. *Journal Of Food, Agriculture And Environment*. 9(1): 642-647.
- Zhao, B.Z., Xu, F.A., 1995. Improvement Of Soil Physical Properties With Soil Conditioners. *Pedosphere*, 5(4): 363-370.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ferit KIRAY
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.01.1985, Şanlıurfa
Medeni hali : Evli
e-posta : feritkiray@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	KSÜ-ZF/Toprak Bil. ve Bitki Bes. Böl.	2012
Lise	Şanlıurfa Anadolu Lisesi	2004

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yakupoğlu, T., Gündoğan, R., Demir, Ö.F., Abacı-Bayan, A.A., **Kıray, F.**, Demirkol, B., 2013. Toprak Aşınabilirliği ile arazide ölçülen bazı fiziksel toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Bildiriler Kitabı: 246-253, 22-24 Ekim, Tokat.