



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) MEŞCERELERİNDE
ARALAMANIN YAĞIŞIN DİSPOZİSYONU VE BAZI SU
KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

FARUK YILMAZ

AĞUSTOS 2014

DÜZCE

KABUL VE ONAY SAYFASI

Faruk YILMAZ tarafından hazırlanan “Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Meşcerelerinde Aralamanın Yağışın Dispozisyonu ve Bazı Su Kalitesi Parametrelerine Etkileri” isimli Doktora tez çalışması, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 21/07/2014 tarih ve 2014-633 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Düzce Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL
İstanbul Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Emrah ÇİÇEK
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Murat YILMAZ
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 22/08/2014

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Faruk YILMAZ’ın Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

22.08.2014

Faruk YILMAZ



Sevgili eşime ve biricik kızım Elif Yüstra'ya

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı danışman hocam Prof. Dr. Refik KARAGÜL'e içten teşekkür ederim.

Araştırma süresince yol gösteren, değerli tavsiyeleri ve görüşlerinden her daim yararlandığım Prof. Dr. Emrah ÇİÇEK'e teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde yer alan ve katkılar sunan sayın Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL'e, yardımlarından ve desteklerinden dolayı Doç. Dr. Murat YILMAZ'a, Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN'a ayrıca teşekkür ederim. Doktora ders aşamasında fikirlerinden faydalandığım hocam merhum Prof. Dr. Ahmet HIZAL'ı da burada rahmetle yad ederim.

Arazi ve büro çalışmalarımında desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM, Arş. Gör. Tark ÇİTGEZ, Arş. Gör. Ahmet Salih DEĞERMENCİ'ye içten teşekkürlerimi sunarım. Yağış ölçme kaplarının temininde yardımcı olan Dr. Mustafa ZENGİN'e teşekkür ederim. Araştırma sahasının kurulmasında destek veren Düzce Orman İşletme Müdürlüğü ve Darıyeri Orman İşletme Şefliğinin değerli çalışanlarına, araştırma sahasının korunmasına yardımcı olan Kaynaşlı Sazköy muhtarı, kooperatif başkanı ve köy halkına ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen bizzat arazi çalışmalarına katılan babama, dualarını eksik etmeyen anneme, sabırla destekleyen sevgili eşime ve biricik kızıma sonsuz teşekkür ederim. Adını sayamadığım diğer çalışma arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2011.02.02.074 numaralı Bilimsel Araştırma Destek Projesi kapsamında desteklenmiştir.

Ağustos 2014

Faruk YILMAZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
EKLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT	3
1. GİRİŞ	6
1.1. LİTERATÜR BİLGİSİ	11
1.1.1. Yağışın Dispozisyonunun Araştırıldığı Çalışmalar.....	11
1.1.2. Yağışın Dispozisyonunda Yer Alan Öğelerde Bazı Su Kalite Parametrelerinin Araştırıldığı Çalışmalar	19
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
2.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI.....	23
2.1.1. Konum.....	23
2.1.2. İklim	24
2.1.3. Bitki Örtüsü	26
2.1.4. Jeolojik Yapı ve Toprak	27
2.2. ARAZİDE UYGULANAN YÖNTEMLER.....	28
2.2.1. Araştırma Alanına Denemenin Kurulması.....	28
2.2.2. Aralama Müdahalesi.....	29

2.2.3.	Yaprak Alan İndeksi (YAI).....	29
2.2.4.	Araştırma Alanı ve Yağış Ölçme Düzeneklerinin Kurulumu.....	31
2.2.4.1.	Açık Alan Yağış (Toplam Yağış).....	32
2.2.4.2.	Orman Altı Yağış	32
2.2.4.3.	Gövdeden Akış	33
2.2.4.4.	İntersepsiyon.....	35
2.2.4.5.	Yüzeysel Akış	35
2.2.5.	Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması.....	36
2.2.6.	Toprak Örneklerinin Alınması	37
2.3.	LABORATUVARDA UYGULANAN YÖNTEMLER.....	38
2.3.1.	Su Analizleri	38
2.3.1.1.	pH ve Elektriksel İletkenlik (Eİ)	38
2.3.1.2.	Bulanıklık.....	39
2.3.1.3.	Toplam Azot (TN)	39
2.3.1.4.	Toplam Fosfor (TP).....	39
2.3.1.5.	Katyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+).....	39
2.3.2.	Toprak Analizleri.....	39
2.3.3.	İstatistiksel Analizler	40
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
3.1.	ARAŞTIRMA ALANINA AİT GENEL BULGULAR.....	41
3.1.1.	Meşcere özellikleri.....	41
3.1.2.	Yaprak Alan İndeksi (YAI).....	42
3.1.3.	Toprak Özellikleri.....	43
3.2.	ARALAMA ŞİDDETİNİN YAĞIŞIN DİSPOZİSYONUNA ETKİSİ	44
3.2.1.	Toplam Yağış (TY).....	45
3.2.2.	Orman Altı Yağış (OAY).....	46
3.2.2.1.	Tüm Ölçüm Periyodunda OAY.....	46

3.2.2.2.	<i>Ölçüm Dönemlerine Göre OAY</i>	48
3.2.2.3.	<i>Yağış Sınıflarına Göre OAY</i>	50
3.2.3.	Gövdeden Akış (GA)	52
3.2.3.1.	<i>Tüm Ölçüm Periyodunda GA</i>	52
3.2.3.2.	<i>Ölçüm Dönemlerine Göre GA</i>	53
3.2.3.3.	<i>Yağış Sınıflarına Göre GA</i>	55
3.2.4.	Toprağa Ulaşan Yağış (TUY)	57
3.2.4.1.	<i>Tüm Ölçüm Periyodunda TUY</i>	57
3.2.4.2.	<i>Ölçüm Dönemlerine Göre TUY</i>	58
3.2.4.3.	<i>Yağış Sınıflarına Göre TUY</i>	59
3.2.5.	İntersepsiyon (INT)	60
3.2.5.1.	<i>Tüm Ölçüm Periyodunda INT</i>	60
3.2.5.2.	<i>Ölçüm Dönemlerine Göre INT</i>	62
3.2.5.3.	<i>Yağış Sınıflarına Göre INT</i>	64
3.2.6.	Yüzeysel Akış (YA)	66
3.2.6.1.	<i>Tüm Ölçüm Periyodunda YA</i>	66
3.2.6.2.	<i>Ölçüm Dönemlerine Göre YA</i>	67
3.2.6.3.	<i>Yağış Sınıflarına Göre YA</i>	69
3.3.	ARALAMA ŞİDDETİNİN BAZI SU KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİLERİ	70
3.3.1.	pH	70
3.3.1.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta pH</i>	70
3.3.1.2.	<i>Yüzeysel Akışta pH</i>	74
3.3.2.	Elektriksel İletkenlik (Eİ)	76
3.3.2.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Eİ</i>	76
3.3.2.2.	<i>Yüzeysel Akışta Eİ</i>	79
3.3.3.	Bulanıklık (NTU)	80

3.3.3.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Bulanıklık.....</i>	80
3.3.3.2.	<i>Yüzeysel Akışta Bulanıklık.....</i>	82
3.3.4.	Sediment.....	84
3.3.4.1.	<i>Yüzeysel Akışta Sediment.....</i>	84
3.3.5.	Toplam Azot (TN)	85
3.3.5.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta TN</i>	85
3.3.5.2.	<i>Yüzeysel Akışta TN</i>	88
3.3.6.	Toplam fosfor (TP).....	90
3.3.6.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta TP.....</i>	90
3.3.6.2.	<i>Yüzeysel Akışta TP.....</i>	92
3.3.7.	Kalsiyum (Ca⁺²).....	93
3.3.7.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Kalsiyum</i>	93
3.3.7.2.	<i>Yüzeysel Akışta Kalsiyum</i>	96
3.3.8.	Magnezyum (Mg⁺²)	98
3.3.8.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Magnezyum ..</i>	98
3.3.8.2.	<i>Yüzeysel Akışta Magnezyum</i>	101
3.3.9.	Sodyum (Na⁺).....	102
3.3.9.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Sodyum</i>	102
3.3.9.2.	<i>Yüzeysel Akışta Sodyum</i>	105
3.3.10.	Potasyum (K⁺).....	106
3.3.10.1.	<i>Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Potasyum ..</i>	106
3.3.10.2.	<i>Yüzeysel Akışta Potasyum</i>	110
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	112
5.	KAYNAKLAR	119
6.	EKLER	127
	ÖZGEÇMİŞ	148

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Araştırma alanının coğrafi konumu.....	23
Şekil 2.2. Araştırma alanına ait (620 m) Thornthwaite iklim diyagramları	25
Şekil 2.3. Araştırma alanının jeoloji haritası (MTA 2002).....	27
Şekil 2.4. Araştırmada parsel büyüklüğü ve izolasyon şeritleri	28
Şekil 2.5. Balıkgözü lens monteli fotoğraf makinesi ile görüntü alınması.....	30
Şekil 2.6. HemiView (v2.1) paket programının ara yüzü.....	31
Şekil 2.7. Araştırma alanının tel örgü ile çevrili dış sınırları ve giriş kapısı	31
Şekil 2.8. Orman altı yağış ölçme ve toplama kapları.....	33
Şekil 2.9. Gövdeden akış ölçme düzenekleri.....	34
Şekil 2.10. Gövdeden akış su toplama varilleri ve ölçekli ölçüm kovası.....	35
Şekil 2.11. Yüzeysel akış parseli	36
Şekil 2.12. Su örneklerinin filtre edilmesi (a) ve buzdolabında saklanması (b).....	37
Şekil 2.13. Araştırma alanında açılan toprak çukuru.....	38
Şekil 3.1. Yaprak alan indeksinin parsellerdeki değişimi	43
Şekil 3.2. Ölçüm periyodu süresince araştırma alanı ve Düzce Merkez’de aylık yağışlar	45
Şekil 3.3. Tüm ölçüm periyodunda orman altı yağışların karşılaştırılması.....	47
Şekil 3.4. Ölçüm dönemlerinde orman altı yağışların karşılaştırılması	48
Şekil 3.5. Toplam yağış ile orman altı yağış arasındaki ilişkiler.....	49
Şekil 3.6. Yağış sınıflarına göre orman altı yağışların karşılaştırılması.....	51
Şekil 3.7. Tüm ölçüm periyodunda gövdeden akışların karşılaştırılması.....	52
Şekil 3.8. Ölçüm dönemlerinde gövdeden akışların karşılaştırılması	54

Şekil 3.9. Toplam yağış ile gövdeden akış arasındaki ilişkiler	55
Şekil 3.10. Yağış sınıflarına göre gövdeden akışların karşılaştırılması	56
Şekil 3.11. Tüm ölçüm periyodunda toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.....	57
Şekil 3.12. Ölçüm dönemlerinde toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.....	58
Şekil 3.13. Yağış sınıflarına göre toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.....	60
Şekil 3.14. Tüm ölçüm periyodunda intersepsiyonların karşılaştırılması	61
Şekil 3.15. Ölçüm dönemlerinde intersepsiyonların karşılaştırılması	62
Şekil 3.16. Toplam yağış ile intersepsiyon arasındaki ilişkiler	63
Şekil 3.17. Yağış sınıflarına göre intersepsiyonların karşılaştırılması	64
Şekil 3.18. Tüm ölçüm periyodunda yüzeysel akışların karşılaştırılması	66
Şekil 3.19. Ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışların karşılaştırılması.....	67
Şekil 3.20. Yağış sınıflarına göre yüzeysel akışların karşılaştırılması	69
Şekil 3.21. Tüm ölçüm periyodunda pH değerlerinin karşılaştırılması.....	71
Şekil 3.22. Ölçüm dönemlerinde pH değerlerinin karşılaştırılması	72
Şekil 3.23. Tüm ölçüm periyodunda toplam yağış ve orman altı yağışlarda pH'nın zamansal değişimi	73
Şekil 3.24. Tüm ölçüm periyodunda toplam yağış ve gövdeden akışlarda pH'nın zamansal değişimi	73
Şekil 3.25. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış pH değerlerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 3.26. Tüm ölçüm periyodunda Eİ değerlerinin karşılaştırılması.....	76
Şekil 3.27. Ölçüm dönemlerinde elektriksel iletkenliklerin (Eİ) karşılaştırılması.....	77
Şekil 3.28. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Eİ'nin karşılaştırılması	79
Şekil 3.29. Tüm ölçüm periyodunda bulanık değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 3.30. Ölçüm dönemlerinde bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması	82

Şekil 3.31. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.....	83
Şekil 3.32. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış sediment miktarlarının karşılaştırılması	84
Şekil 3.33. Tüm ölçüm periyodunda TN değerlerinin karşılaştırılması	86
Şekil 3.34. Ölçüm dönemlerinde TN değerlerinin karşılaştırılması.....	87
Şekil 3.35. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda toplam azot değerlerinin karşılaştırılması	89
Şekil 3.36. Tüm ölçüm periyodunda TP değerlerinin karşılaştırılması	90
Şekil 3.37. Ölçüm dönemlerinde TP değerlerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 3.38. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda toplam fosfor değerlerinin karşılaştırılması	93
Şekil 3.39. Tüm ölçüm periyodunda Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması	94
Şekil 3.40. Ölçüm dönemlerinde Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması	95
Şekil 3.41. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 3.42. Tüm ölçüm periyodunda Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması	99
Şekil 3.43. Ölçüm dönemlerinde Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.....	100
Şekil 3.44. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.....	101
Şekil 3.45. Tüm ölçüm periyodunda Na^{+} değerlerinin karşılaştırılması	103
Şekil 3.46. Ölçüm dönemlerinde Na^{+} değerlerinin karşılaştırılması	104
Şekil 3.47. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Na^{+} değerlerinin karşılaştırılması.....	105
Şekil 3.48. Tüm ölçüm periyodunda K^{+} değerlerinin karşılaştırılması	107
Şekil 3.49. Ölçüm dönemlerinde K^{+} değerlerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil 3.50. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda K^{+} değerlerinin karşılaştırılması.....	110

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Araştırma alanı (620 m) için enterpole edilmiş yağış ve sıcaklık değerleri.....	24
Çizelge 2.2. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanı uzun yıllar (1960-2012) su bilançosu	26
Çizelge 2.3. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanı 2013 yılı su bilançosu.....	26
Çizelge 3.1. Aralama öncesi ve sonrasında parsellerin meşcere özellikleri.....	41
Çizelge 3.2. Yaprak alan indeksinin parsellerdeki değişimi	42
Çizelge 3.3. Araştırma alanının bazı toprak özellikleri	44
Çizelge 3.4. Ölçüm dönemlerine göre yağışın dispozisyonundaki parametrelerin miktar (mm) ve oransal (yağışın %'si) dağılışı	46

EKLER LİSTESİ

Sayfa No

- EK-1.** Tüm ölçüm periyodunda yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları 127
- EK-2.** Ölçüm dönemlerine göre yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları 128
- EK-3.** Yağış sınıflarına göre yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları 129
- EK-4.** Tüm ölçüm periyodunda bazı su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları 130
- EK-5.** Ölçüm dönemlerine göre bazı su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları 131
- EK-6.** Tüm ölçüm periyodunda aralama şiddetinin yüzeysel akışlardaki bazı su kalitesi parametrelerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları 132
- EK-7.** Ölçüm dönemlerine göre aralama şiddetinin yüzeysel akışlardaki bazı su kalitesi parametrelerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları 133
- EK-8.** Açık alan yağışta yapraklı 2012 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar 134
- EK-9.** Açık alan yağışta yapraklı 2013 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar 135
- EK-10.** Açık alan yağışta yapraklı dönemde ölçülen parametreler ile TN ve TP arasındaki korelasyonlar 136
- EK-11.** Açık alan yağışta yapraksız dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar 137
- EK-12.** Orman altı yağışta yapraklı 2012 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar 138

EK-13. Orman altı yağışta yapraklı 2013 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	139
EK-14. Orman altı yağışta yapraklı dönemde ölçülen parametrelerle TN ve TP arasındaki korelasyonlar	140
EK-15. Orman altı yağışta yapraksız dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	141
EK-16. Gövdeden akışta yapraklı 2012 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	142
EK-17. Gövdeden akışta yapraklı 2013 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	143
EK-18. Gövdeden akışta yapraklı dönemde ölçülen parametrelerle TN ve TP arasındaki korelasyonlar	144
EK-19. Gövdeden akışta yapraksız dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	145
EK-20. Yüzeysel akışta yapraklı dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	146
EK-21. Yüzeysel akışta yapraksız dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar	147

KISALTMALAR LİSTESİ

DMİ	Düzce meteoroloji istasyonu
Eİ	Elektriksel iletkenlik
GA	Gövdeden akış
GY	Göğüs yüzeyi
INT	İntersepsiyon
OAY	Orman altı yağış
TUY	Toprağa ulaşan yağış
TN	Toplam azot
TP	Toplam fosfor
TY	Toplam yağış
YA	Yüzeysel akış
YAI	Yaprak alan indeksi
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
K	Potasyum
Na	Sodyum

ÖZET

DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) MEŞCERELERİNDE ARALAMANIN YAĞIŞIN DİSPOZİSYONU VE BAZI SU KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Faruk YILMAZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

Ağustos 2014, 147 sayfa

Bu çalışmada, Düzce yöresindeki saf doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde aralamanın ormanaltı yağış, gövdeden akış, toprağa ulaşan yağış intersepsiyon ve yüzeysel akış miktarlarına etkisi ile bazı su kalite parametrelerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, aralama ile meşcere göğüs yüzeyi % 0 (kontrol), % 23,2 (mutedil) ve % 47,4 (kuvvetli) oranında meşcereden çıkarılmıştır. Çalışma, her müdahale bir tekrarlı olacak şekilde toplam üç parsel üzerinde gerçekleştirilmiştir. Parsellerin her birine orman altı yağış, gövdeden akış ve yüzeysel akış düzenekleri kurularak yağış ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toplam yağış araştırma alanının yakınındaki açıklık alanda ölçülmüştür. Ulaşılan bulgulara göre; aralama şiddetinin artmasına paralel olarak orman altı yağış, gövdeden akış, toprağa ulaşan yağış ve yüzeysel akış miktarları artış göstermiş, intersepsiyon miktarı ise azalmıştır. Yüzeysel akış, tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde (yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız) müdahalelere göre farklılık göstermiş ve en yüksek kuvvetli, en düşük ise kontrol parselinde saptanmıştır. Yüzeysel akışla taşınan sediment miktarı aralama şiddeti ile artış göstermiş ve bu artış yapraksız dönemde önemli bulunmuştur. Ancak, yüzeysel akış ve sediment miktarları tüm parsellerde oldukça düşük (~ %1 yüzeysel akış, 3,6 kg/ha sediment) bulunmuştur. Aralama şiddetinin orman altı yağış pH'sına etkisi önemsiz bulunmuştur. Orman altı yağış ve gövdeden akışlarda baz katyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve K^{+}) zenginleştiği ve elektriksel iletkenliğin de yükseldiği belirlenmiştir. Aralama şiddetinin artması ile orman altı yağış ve gövdeden akış sularındaki iyon konsantrasyonları azalmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, araştırma alanına benzer yetişme ortamı ve meşcere özelliklerine sahip kayın ormanlarının işletilmesinde su verimini artırmaya yönelik kuvvetli yüksek aralama müdahalelerinin uygulanabileceği söylenebilir.

Anahtar sözcükler: Aralama, *Fagus orientalis*, kayın, orman altı yağış, su kalitesi

ABSTRACT

THINNING EFFECTS ON THE RAINFALL DISPOSITION AND SOME WATER QUALITY PARAMETERS IN ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky) STANDS

Faruk YILMAZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

August 2014, 147 pages

In this study, the effects of thinning intensity on throughfall, stemflow, net rainfall (throughfall plus stemflow), interception and surface runoff amounts and some water quality parameters were investigated in the pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Düzce province. For this purpose, 0% (control), 23,2% (moderate) and 47,4% (heavy) of the stand basal area were removed from the stands by thinning treatments. Each thinning treatment was applied in one plot. Some parameters of precipitation are measured using installed systems in order to determine throughfall, stemflow and surface runoff. The incident rainfall was collected on a nearby clearing. According to the results; throughfall, stemflow, net rainfall and surface runoff was increased with the thinning intensity while interception was decreased. Surface runoff varied significantly by the treatments both in each measurement periods (2012 leafed, 2013 leafed and leafless period) and whole study period. The greatest value of the surface runoff was in the heavy treatment plot while the lowest was in the control plot. The amount of sediment carried by the surface runoff increased in response to the thinning intensity and this increment was significant in leafless season. However, the amounts of surface runoff and sediment in all parcels were found be very low (~ %1 surface runoff, 3,6 kg/ha of sediment). The effects of thinning intensity on pH of throughfall was not significant. Throughfall and stemflow was enriched in base cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+) and had greater electrical conductivity. Ion concentrations of throughfall and stemflow was decreased depending on the thinning intensity. According to the study results, heavy thinning treatments can be applied to the beech forest having similar site and stand characteristics to the research area for increasing water yield.

Keywords: Thinning, *Fagus orientalis*, beech, throughfall, water quality

EXTENDED ABSTRACT

THINNING EFFECTS ON THE RAINFALL DISPOSITION AND SOME WATER QUALITY PARAMETERS IN ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky) STANDS

Faruk YILMAZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

August 2014, 147 pages

1. INTRODUCTION

Forests have qualities of water reservoirs due to the services they offer like regulating water economy, providing continuity of water supply, increasing quality and quantity of drinking water. Forest ecosystems are quite effective on preparing water quantity, quality and regime. Hydraulic based studies like transmission, storage, distribution and control of Earth's current water supplies gave their place to improving water cycle and quantity due to the increase in water demand. The hydrological and hydrochemical results of all kinds of silvicultural interventions have positive or negative effects on the water flow. Accordingly, the production of good quality water in large amounts and regularly produced water on seasonal basis in the basin is possible by accurate and efficient forestry practices, in other words, vegetation management.

The aim of this study is;

- To determine the effects of thinning intensity on throughfall, stemflow, net rainfall (throughfall plus stemflow), interception and surface runoff amounts in the pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands.
- To determine the effects of thinning intensity on some water quality parameters on the distribution of rainfall.

2. MATERIAL AND METHODS

The research area is inside the borders of Düzce Forest Management Directorate Darıyeri Forest Management Units and located at the 100th compartment. The area is located at about 10% slope, north-west aspect and at 620 m elevation. According to the data management plans, stands are Knbc3 stand type and located at 2nd site index. The stands have the age 43, mean diameter of 14 cm and the average height is 19 meters before thinning.

In this study, pure natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, which were subject to thinning and reached pole stage, were used. Plot size was taken to be 40x40 m (0.16 ha) and thinning treatments were applied in all parcels. The areas having width of 7.5 m at the outer edge of each plot area were left as insulating zone. Thus, the remaining parts in the central portion having 25x25 m (625 m²) area were used as the measurement areas.

In the research area; control (0%), moderate (23.2%) and heavy (47.4%) thinning treatments with three different intensities and one repeated intervention was implemented. Thinning intensity determination was based on stand basal area (BA).

Leaf area index (LAI) were measured in the studied plots. For five different points on each parcel with five different exposures, five different digital images were obtained. Selected digital images were analysed by Hemiview V2.1 (Delta-T Device, UK) package program to determine LAI.

The incident rainfall was collected on a nearby clearing. For throughfall measurements in each forest plots, seven rainfall measuring-collecting gauge (each with a collecting area of 400 cm² precipitation, funnel-shaped, sharp-edged) were installed. To determine the stemflow at the level of each diameter of trees (5-6 trees in each parcel), the measurements were made by using the stemflow apparatus attached to tree body. Surface runoff were measured by 3 surface runoff apparatus (1x3 m) in each parcel.

After the measurements of rainfall in the field, water samples were collected for pH, electrical conductivity (EC), turbidity, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), Ca⁺², Mg⁺², K⁺ and Na⁺ measurements in the laboratory.

3. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

According to the results; throughfall, stemflow, net rainfall and surface runoff was increased with the thinning intensity, while interception was decreased. Throughfall was increased 16.9% in moderate thinning plot and 30.6% in heavy thinning plot in comparison with control plot in leafed period, while interception loss decreased in the same order by 53.2% and 70.5% respectively.

Surface runoff varied significantly by the treatments both in each measurement periods (2012 leafed, 2013 leafed and leafless period) and whole study period. The greatest value of the surface runoff was in the heavy treatment plot, while the lowest was in the control plot. Surface runoff in heavy thinning parcel was recorded to be 1.1% in the leafed period, while 2.7% in the leafless period and 12.4% at maximum. The amount of sediment carried by the surface runoff increased with the thinning intensity and this increment was found to be significant in leafless season. However, the amounts of surface runoff and sediment in all parcels were found be very low (~1% runoff, 3.6 kg/ha of sediment).

LAI was 3.02, 2.63, 2.21 m^2/m^2 in control, moderate and heavy thinning parcels in 2012, respectively, while it was 4.20; 3.72 and 3.31 m^2/m^2 in 2013, in the same order.

The effects of thinning intensity on pH of throughfall was found to be insignificant. Precipitation pH ranged from 4.67 to 7.73. It was observed that throughfall pH ranged with the effect of stand canopy. Throughfall pH increased under precipitation with low pH values, while it tended to decrease under precipitation with high pH values. It was observed that throughfall and stemflow was enriched in base cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+) and had a greater electrical conductivity after precipitation washed down and went down under the forest canopy. Maximum increase in throughfall and stemflow with respect to total rainfall were determined to be in Ca^{+2} and Mg^{+2} cations. Ion concentrations of throughfall and stemflow was decreased depending on increasing thinning intensity.

According to the study results, heavy thinning treatments can be applied to the beech forests having similar sites and stand characteristics to the research area for increasing water yield.

1. GİRİŞ

Su, tüm doğal kaynaklar içerisinde en yaşamsal madde olup, canlılar için vazgeçilmezdir (Anonim 2011). İnsanlık tarihinin başlangıcından beri, canlı bünyesinin ana öğelerinden birisi olan su ile ilgilenilmiş ve bu ilgi, zaman içerisinde değişik yönlerde giderek artmıştır. İlk zamanlarda sadece insan ihtiyacını karşılamak için kullanılan su, daha sonraları sulama, drenaj, enerji üretimi, ulaşım, sanayi, su ürünleri yetiştirme ve rekreasyon gibi bir çok alandaki kullanımlar için de vazgeçilemez bir madde olarak ele alınmıştır (Özhan ve diğ. 2011).

Su yetersizliği sorunu gelecekte ülkemiz için önemli bir sorun olarak karşımıza çıkması muhtemel bir durum olarak görülmektedir. Nitekim kişi başına düşen yıllık 1519 m³ su ile ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (Anonim 2014). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için ülke nüfusunun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1120 m³/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi, gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir (Anonim 2013, 2014).

Onuncu Kalkınma Planının (Temmuz 2013) Toprak ve Su Kaynakları Yönetimi bölümünde su kaynakları ile ilgili politikalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır. Bu politikalarda:

-Yeraltı ve yerüstü su kalitesinin ve miktarının belirlenmesi, izlenmesi, bilgi sistemlerinin oluşturulması; su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ile kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü sağlanacağı,

-Ülkemiz su potansiyelinin tamamının ihtiyaçlar doğrultusunda sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve kullanımın tarifelenmesinin sağlanacağı,

-İklim değişikliğinin ve su havzalarındaki tüm faaliyetlerin su miktarı ve kalitesine etkileri değerlendirilerek; havzalarda su tasarrufu sağlama, kuraklıkla mücadele ve kirlilik önleme başta olmak üzere gerekli önlemler alınacağı, belirtilmektedir.

Yeryüzündeki mevcut suyun iletimi, depolanması, dağıtımı ve kontrolü gibi hidrolik ağırlıklı çalışmalar suya olan talebin artması üzerine yerini su döngüsünün anlaşılması ve su miktarının geliştirilmesi çabalarına bırakmıştır. Bu konudaki çalışmaların ana eksenini, hidrolojik döngü ya da su döngüsü olarak nitelendirilen ve su buharının yoğunlaşp yağış olarak yeryüzüne düşmesinden tekrar buharlaşmaya kadar geçirdiği süreç olarak tanımlanan olgudaki her bir öğeyi deneysel olarak ölçüp analiz etmek ve bu öğeleri etkileme olanaklarını araştırmak oluşturmuştur (Özhan ve diğ. 2011). Başka bir ifadeyle, suyun miktar bakımından öneminin artması ile çalışmaların bu yönde yoğunlaşmasına başlanıldığı söylenebilir.

Ormanlar ve ağaçlık alanlar ile su kaynaklarımız arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Gıda, kaliteli ve temiz su ihtiyacının temini, sel ve toprak erozyonu gibi doğal afetlerden korunmak ve susul ekosistemlerin ihtiyaçları için sürdürülebilir bir orman yönetimi gereklidir (Anonim 2011).

Ülkemizde kullanılabilir yüzeysel suların önemli bir bölümü ülkenin 1/4'ünü kaplayan ormanlık alanlardan akarsulara ulaşmaktadır (Görcelioğlu 1992). Ormanlar, su ekonomisini düzenleme, su üretiminin sürekliliğini sağlama, içme suyunun kalite ve miktarını yükseltme gibi gördüğü hizmetler nedeniyle birer su deposu niteliğindedir (Özhan ve Gökbülak 2001). Ormanların hidrolojik fonksiyonu: “*Ormanların su ekonomisini düzenleme, su verimi sürekliliğini sağlama, taşkınları önleme, içme suyunun kalite ve kantitesini yükseltme ve her çeşit su kaynağı ve tesislerini koruma yönünden gördüğü hizmetler*” olarak tanımlanmaktadır (Asan ve Şengönül 1987). Ormanların bir havzadaki su verimi üzerindeki bu etkisi ağaç türüne, meşçere sıklığına, tepe boyutlarına ve yaprak miktarlarına göre değişebilmektedir (Asan 1999).

Yüzeysel suların önemli bir bölümünün kaynağı olan orman ekosistemleri; ister su üretimi, isterse sıradan bir akarsu havzası olsun; su miktarını, kalitesini ve rejimini düzenlemede etkili olmaktadır. Ormanlara yapılacak her türlü silvikültürel müdahalenin hidrolojik ve hidrokimyasal sonuçları akışa geçen suya olumlu veya olumsuz yönde etki etmektedir. Dolayısıyla, havzalarda suyun iyi kalitede, yüksek miktarda ve mevsimsel

olarak düzenli bir şekilde üretilmesi, doğru ve etkin ormancılık uygulamalarıyla, başka bir ifadeyle vejetasyon yönetimiyle mümkün olabilmektedir.

Orman örtüsü varlığının yıllık su veriminin azalmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu durum eş-havza denemeleriyle ortaya konmuştur (Özyuvaci ve diğ. 2004). Bunun aksine orman örtüsündeki azalmanın da yıllık su verimini artırdığı görülmektedir. Yapılan araştırmalar su üretim amaçlı planlanan havzalarda vejetasyon örtüsünün değiştirilmesi sonucu yıllık su veriminin değiştiğini ortaya koymaktadır. Genellikle evapotranspirasyonu azaltan değişiklikler su verimini artırmaktadır (Özhan ve Gökbülak 2001). Ormanların tıraşlanması ya da aralama uygulamaları, intersepsiyon kapasitesinin azalmasına neden olmakta ve dolayısıyla su veriminde artış görülmektedir. Bu artış ilk yıllarda yüksek iken sonraki yıllarda ormanın ve diri örtünün gelişmesiyle azalış göstermektedir (Brooks ve diğ. 2003, Özyuvaci ve diğ. 2004).

Ormancılık teşkilatı ormanları hidrolojik ve hidrokimyasal yönden planlayabilmek için her türlü hidrolojik veriye ihtiyaç duymaktadır. Çünkü ormanların su üretimini artırmaya yönelik planlanması ülkemizde yeni bir kavramdır. Nitekim su üretim fonksiyonu 2002 yılında orman amenajman planlarına girmiştir (Serengil ve diğ. 2007b).

Gerek 2009 Mart ayında İstanbul'da yapılan V. Dünya Su forumunda, gerekse Antalya'da 2009 yılı Mayıs ayında düzenlenen Uluslararası Orman-Su Çalıştayı'nda hidrolojik verilerin önemine dikkat çekilmiş ve bölgesel araştırmaların gerekliliği vurgulanmıştır. Bu konuda uygulayıcı konumda bulunan teşkilata sağlanacak veriler ile ormanların daha yüksek miktarda su üretimi sağlamak amacıyla planlanması ve yönetilmesi, bunun sonucunda da su sıkıntısının hafifletilmesi sağlanmış olacaktır.

Su üretim havzalarındaki vejetasyon örtüsünün yönetimindeki temel amaç, intersepsiyonla fazla su kaybına sebep olmayacak aynı zamanda yüzeysel akışla erozyona yol açmadan, su kalitesi ve rejiminin bozulmasına neden olmayacak miktarda toprağa ölü örtü sağlayacak bir vejetasyon örtüsünün bulundurulmasıdır (Özhan ve Gökbülak 2001).

Ormanlara yapılan silvikültürel müdahalelerin havza hidrolojisi üzerindeki etkileri başta Amerika ve Avrupa olmak üzere dünyanın değişik ekosistemlerini temsil eden farklı

bölgelerde eş-havza ya da parsel denemeleri ile araştırılmış olsa da (Bosch ve Hewlett 1982, Bréda ve diğ. 1995, Bäumlér ve Zech 1997, 1999, Aboal ve diğ. 2000, McJannet ve Vertessy 2001, Blanco ve diğ. 2006, Lagergren ve diğ. 2008, Ganatsios ve diğ. 2010, Dung ve diğ. 2012, Molina ve del Campo 2012), ülkemizde bu kapsamda yapılan araştırmalar sınırlı sayıdadır (Özyuvacı ve diğ. 2004, Serengil ve diğ. 2007b, Gökbülak ve diğ. 2008b).

Ülkemizde silvikültürel müdahalelerin havza hidrolojisine etkisi konusunda yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından Belgrad Ormanında yapılan bir eş-havza araştırması dışında, hidrolojik döngüdeki (orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon, evapotranspirasyon, yüzeysel akış vb.) ögelere yönelik araştırmalar da sınırlı sayıdadır. Bu çalışmaların ülkemizde ilk 1950'li yıllarda başladığı (Balcı 1958, Çepel 1965), daha sonra 1960, 1970 ve 1990'lı yıllarda yapılan (Özyuvacı 1976, Özhan 1982, Zengin 1997) üç araştırma dışında devam etmediği görülmektedir. Bu tür araştırmaların yoğun emek gerektiren ve yüksek maliyetli olması, ülkemizde bu konulardaki çalışmaların azlığına sebep olduğu düşünölmektedir. Oysaki iklim ve orman ekosistemleri bakımından çok fazla değişiklik gösteren ülkemizde değişik meşcere tiplerine ilişkin su döngüsü ögelerinin bilinmesi ve su bütçesi açısından değerlendirilmesinin önem arz ettiği belirtilmektedir (Özhan ve diğ. 2011).

Son verilere göre ülkemizin toplam orman alanı 21,7 milyon hektar olup, ülke yüzölçümünün % 27,6'sını oluşturmaktadır. Orman alanının 8,4 milyon hektarı (% 39) yapraklı ve 13,2 milyon hektarı (% 61) ibrelili türlerden oluşmaktadır (Anonim 2012).

Ülkemizde yayılış yapan önemli yapraklı ağaç türlerinden birisi olan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) yapraklı türler içerisinde 1,96 milyon hektar yayılış alanı ve ağaç serveti miktarı bakımından ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'deki yapraklı normal koru ormanlarının (4 milyon hektar) ise yaklaşık % 41'i (1,6 milyon hektar) doğu kayını ormanlarından oluşmaktadır (Anonim 2012).

Doğu kayını meşcerelerinin ülkemizdeki yayılış alanlarının yarısına yakını (yaklaşık 800 bin hektar) Batı Karadeniz bölgesinde yer almakta olup Düzce yöresi de doğu kayınının önemli yetişme ortamlarından birini oluşturmaktadır. Düzce ili yüzölçümünün

yaklaşık % 51'i ormanlarla kaplı olup, bu alanın da % 75'ini (92,9 bin hektar) saf ve karışık doğu kayını meşcereleri oluşturmaktadır (Anonim 2006).

Gerek Düzce ili ve gerekse İstanbul metropolünün su ihtiyacının önemli bir kısmının karşılandığı Düzce havzası ve bu havzadaki kayın ormanları bu yönüyle büyük önem taşımaktadır. Silvikültürel müdahaleler (aralamalar) ile oluşacak kapalılığın hidrolojik etkilerini belirlemek ve ormanlık alanlar üzerine düşen yağışlardan daha fazla miktarda ve aynı zamanda kaliteli su üretebilmek için, orman alanlarındaki kapalılığının ve sıklığının optimize edilmesi önemlidir. Dolayısıyla kayın orman ekosistemleri üzerine yapılacak bu ve benzeri araştırmalar, söz konusu ormanların hidrolojik fonksiyonlarının sağlıklı şekilde düzenlenmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı;

- Aralama çağına ulaşmış doğu kayını meşcerelerinde uygulanacak farklı şiddetteki aralama müdahalelerinin; orman altı yağış, gövdeden akış, toprağa ulaşan yağış ve intersepsiyon miktarlarına etkisini belirlemek.
- Hidrolojik döngü içerisindeki toplam yağış, orman altı yağış, gövdeden akış ve yüzeysel akışlardaki su kalite parametrelerine etki eden bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin aralama şiddetine göre nasıl bir değişim gösterdiğini belirlemek.
- Aralama şiddetinin yüzeysel akış ve taşıdığı sediment miktarına etkilerini araştırmaktır.

Böylece Düzce yöresindeki genç kayın meşcerelerine uygulanacak aralama müdahalelerin hidrolojik etkileri konusunda önemli bilgilere ulaşılabilecek ve çalışma bu yöredeki kayın ormanları için önemli bir altlık sağlayacaktır.

Bu araştırmanın ülkemizde, doğu kayını ormanlarında aralamanın hidrolojik etkilerinin incelenmesi yönünden ilk olması nedeniyle ayrıca önemli olduğu düşünülmektedir.

1.1. LİTERATÜR BİLGİSİ

1.1.1. Yağışın Dispozisyonunun Araştırıldığı Çalışmalar

Yağışın orman tepe çatısına ulaştıktan sonra orman altına inerek toprağa ulaşması sırasında hidrolojik devre içerisinde geçirmiş olduğu evreler yağışın dispozisyonu/dağılımı olarak adlandırılır (Özhan 1982). Bu evrelerden orman altı yağış, gövdeden akış, intersepsiyon ve yüzeysel akış miktarları ile su kalitesi üzerinde etkili olan bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin aralama şiddetine göre değişimi araştırma süresince belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Yağışın dispozisyonunun araştırıldığı çalışmalar ülkemizde sınırlı sayıda olsa da dünyanın değişik bölgelerinde farklı yetiştirme ortamı, iklim ve orman ekosistemlerinde birçok çalışma ile araştırılmıştır. Araştırmalar yağışın dağılımındaki öğelerin meteorolojik özellikler (sıcaklık, yağış miktarı-şiddeti-süresi, rüzgar hızı/süresi, nem, sis vb.), bitki örtüsü karakteristikleri (tür, yaş, boy, kapalılık, boşluk oranı, göğüs yüzeyi, yaprak alan indeksi vb.) ve eğim, bakı, yükselti gibi araştırma alanının konumuna göre oldukça fazla değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır (Crockford ve Richardson 2000, Frost 2007, Staelens ve diğ. 2008). Vejetasyon hem tepe çatısı ve evapotranspirasyondan dolayı hem de yağışın dağılımında oynadığı rol nedeniyle lokal ve havza ölçeğinde özel öneme sahiptir. Diğer taraftan intersepsiyon ile meydana gelen kayıpların belirlenmesinde; toplam yağış, orman altı yağış ve gövdeden akış ölçümlerinin standart bir protokolden yoksun olması bu konularda yapılan çalışmalarını karşılaştırmayı ve derlemelerle bilgilerin birleştirilmesini zorlaştırmaktadır (Llorens ve Domingo 2007).

Bu bölümde, Dünyada konu ile ilgili yapılmış literatür çalışmalarından bahsedilecektir.

Akdeniz iklim koşullarında son 30 yılda Avrupa'nın Akdeniz kısmını kapsayan 29 farklı türde (% 89'u ağaçlık meşcere bazlı, % 11'i çalılık) deneysel araştırmaların derlemesi yapılmıştır (Llorens ve Domingo 2007). Orman altı yağışın daha çok yetişkin meşcerelerde ve kapalı tepe çatısının olduğu durumlarda belirgin bir azalma gösterdiği belirtilmiştir. Akdeniz ikliminde, yağışın ağaçlar ve çalılar tarafından orman altı yağış ve gövdeden akış olarak bölümlendirilmesinin diğer iklim koşullarına oranla yüksek değişkenlik gösterdiğini belirten çalışma iki konuya vurgu yapmıştır. Bunlar a) yıllık

yağışın 600-800 mm aralıkta olduğu yerlerde ve b) özellikle Akdeniz iklim tipi karakteristik türlerinden olan *Quercus suber*, *Quercus coccifera*, *Quercus pubescens* yada *Castanea sp.* ağaç türleri ile *Buxus sempervirens*, *Arbutus unedo*, *Phyllirea sp.* ve *Pistacia sp.*, ağaççık yada orman altı vejetasyonu türlerinde yağışın orman altına dağılımına yönelik çalışmaların eksikliği vurgulanmıştır. Yine bu derlemede; çalışmalarda kullanılan metodolojinin kalitesini çalışma periyodu süresi, veri toplama sıklığı, orman altı yağış toplama yüzey alanı ve gövdeden akış ölçülüp ölçülmediğinin etkilediği vurgulanmıştır. Çalışma süresinin 1 yıl ve üzeri olması, veri toplama sıklığının haftalık ya da daha sık yapılması, ölçüm alanındaki orman altı yağış toplama kaplarının alanının 0,2 m²'den büyük olması ve gövdeden akışın ölçülmesi çalışmalardaki metodoloji kalitesinin yükseldiğini göstermektedir.

Kolombiya'da Amazon bölgesindeki dört farklı orman ekosisteminde (sedimental alan, taşkın alanı, yüksek teras ve alçak teras bölgelerinde) yapılan çalışmada toplam yağış, orman altı yağış, gövdeden akış ve evaporasyonla su kaybı araştırılmıştır. Her orman yapısı için orman altı yağış gövdeden akış ve evaporasyon miktarları ile toplam yağış karakteristikleri, tepe çatısı boşluk oranı, ağaç tepe çatısı alanı ve kabuk yapısına göre korelasyonla kontrol edilmiştir. Tepe çatısı boşluk oranı ormanlar arasında farklılık gösterirken, % 9 ile en düşük taşkın alanında, % 17 ile de en yüksek sedimental alanda bulunmuştur. Orman altı yağış tüm orman alanlarında değişmekle beraber % 82-87 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değişim yağış miktarı ve karakteristiklerine bağlı olsa da aynı yağış koşullarında bile değişim göstermesi orman yapısından kaynaklanmaktadır. Çalışmada gövdeden akışın net yağışa katılma oranı toplam yağışın % 1,1 ile oldukça düşük bulunmuştur. Her ağacın gövdeden akışıyla tepe alanı ve kabuk yapısı arasında zayıf ilişki belirlenmiştir. Evaporasyon ile yağış süresi arasında ise doğrusal ilişki bulunmuştur (Marin ve diğ. 2000).

Carlyle-Moses ve diğ. (2004) kuzeydoğu Meksika'da kırmızı meşe (*Q. rubra*) meşcerelerinde yağışlı mevsimde noktasal orman altı yağış verilerini ölçmüşlerdir. 18 adet yağış olayında toplam yağışın 392,9 mm ölçüldüğü araştırmada toplam orman altı yağış 331,0 mm (% 84,2) olarak belirlenmiştir. Tepe çatısı ve orman altı diri örtü kapallığı, vejetasyon alan indeksi (VAI), en yakın ağaç gövdesine uzaklık ve bu ağaçların göğüs yüzeyi alanı ve ağaç boyunun noktasal orman altı yağışa etkilerine

bakılmıştır. Toplam yağışın 5 mm den büyük gerçekleştiği durumlarda orman altı yağışla bu meşcere karakteristikleri arasında hiçbir ilişki bulunmamışken 5 mm'den küçük yağışlarda bu faktörlerden en az birinin orman altı yağışın mekânsal dağılımında etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada orman altı yağış (ortalama 4,3 mm) 7 ölçme kabı (gauge) ile % 10, 25 ölçme kabı ile % 5 hata ve % 95 güven düzeyinde belirlenmiştir. Yapılan tahmine göre ortalamadan % 10, % 5 ve % 2 sapma ve % 95 güven düzeyinde orman altı yağışı belirlemek için sırasıyla 3, 12 ve 74 ölçüm kabı gerekeceği belirtilmiştir.

Japonya'da yapılan bir çalışmada (Deguchi ve diğ. 2006), mevsimsel değişikliğin intersepsiyon kaybı üzerine etkisi toplam yağış, orman altı yağış ve gövdeden akış ölçümlerine göre belirlenmiştir. Tepe çatısındaki mevsimsel değişimi yaprak alan indeksinin (LAI) yansıttığı ve LAI'nin 1,65 ile 4,31 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bunun yanında LAI ile nispi ışık indeksi (RLI) arasındaki ilişki Beer-Lambert eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. RLI'nın tepe çatısı kapalılığı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yağış, orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon arasındaki ilişkilere büyüme ve kış dönemlerinde doğrusal regresyonla bakılmıştır. Mevsimler arasında LAI değerleri bariz farklılık gösterse de intersepsiyon kayıpları büyüme döneminde % 17,6, kış döneminde % 14,3 bulunmuştur.

Dietz ve diğ. (2006) Endonezya'da tropikal yağmur ormanlarında yaptıkları çalışmada farklı şekillerde işletilen dağlık ormanlardaki meşcerelerde orman yapısıyla yağışın dağılımı arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Meşcereler i) doğal orman, ii) ince çaplı bireylerin kesileceği orman, iii) kalın çaplı bireylerin seçilerek kesileceği orman, iv) kakao üretimi yapılan tarımsal ormancılık sahası olmak üzere dört farklı planlama tipindedir. Yaprak alan indeksi yarı küresel fotoğraflarla tahmin edilmiş ve ortalama üstteki sıraya göre 6,2, 5,3, 5,0 ve 5,3 m²m⁻² olarak belirlenmiştir. Toplam yağış dört sahada 2437-3424 mm arasında değişmektedir. Yağışın yüzdesi olarak orman altı yağışlar aynı sırasıyla % 70, % 79, % 80 ve % 81 olarak bulunmuştur. Gövdeden akış tüm sahalarda % 1'den düşüktür. İntersepsiyon kaybı ise doğal ormanda % 30 iken diğer üç alanda % 18-20 arası belirlenmiştir. Ölçümü yapılan 12 parselde yağışın dağılımında LAI tek başına ilişkili bulunmazken ağaç boyunun azalmasıyla orman altı yağıştaki artışın önemli olduğu ($r^2 = 0,63$) görülmüştür. Çoklu doğrusal regresyon

analizinde ise ağaç boyu ve LAI orman altı yağış yüzdesinin % 81'ini açıkladığı belirtilmiştir. Kurulan hipoteze göre, boylu ağaçların artması düşey yöndeki yapraklanmayı artıracakını, fazla miktarda tepe çatısı pürüzlülüğüne sebep olacağı ve bununda atmosfere daha etkili enerji alışverişine neden olacağı şeklindedir. Sonuç olarak; uzun boylu ağaçların olduğu meşcerelerde daha fazla depolanan su ve intersepsiyon kapasitesinin buharlaşmayı artıracakı böylece orman altı yağışın azalacağı belirlenmiştir.

Šraj ve diğ. (2008) Akdeniz ikliminin hakim olduğu Slovenya'da yaprağını döken ormanlarda güney ve kuzey bakıda yaptıkları çalışmada, yağışın dağılımını belirlemişlerdir. İki parselde (güney ve kuzey bakı) yaptıkları çalışmada yaprak alan indeksi (LAI) güney bakıda 6,6 iken kuzey bakıda 6,9 ölçülmüştür. Ölçümler ve regresyon analizleri sonucu ortalama orman altı yağış güney bakıda % 67,1 kuzey bakıda % 71,5; gövdeden akış güney bakıda % 4,5, kuzey bakıda % 2,9; intersepsiyon ise güney bakıda % 28,4, kuzey bakıda % 25,4 olarak belirlenmiştir.

Staelens ve diğ. (2008) Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica*) yağışın orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon şeklindeki dağılımında yapraklanma, yağış karakteristikleri ve meteorolojik özelliklerin etkilerini araştırmışlardır. 2 yıllık ölçüm periyodunda ortalama orman altı yağış % 71, gövdeden akış % 8 ve intersepsiyon kaybı ise % 21 olarak belirlenmiştir. Her bir yağış olayında yağışın dağılımı ile yağışın miktarı arasında kuvvetli ilişki görülürken, yıl boyunca yapraklı ve yapraksız periyot arasında da önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Yağış miktarının düşük olduğu durumda yapraklanma nedeniyle intersepsiyonun önemli oranda arttığı orman altı yağış ve gövdeden akışın azaldığı kaydedilmiştir. Bunun yanında yağış süresi, maksimum yağış oranı, düşük buhar basıncı ve rüzgar hızı bireysel yağış olaylarında yağışın dağılımını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Saatlik maksimum yağış oranının artışı orman altı yağışı artırıp gövdeden akışı azaltırken, saatlik buhar basıncı noksanlığının artması orman altı yağış ve gövdeden akışı azaltmaktadır. Rüzgar hızı ise sadece yapraklanmanın olduğu büyüme periyodunda orman altı yağışı azaltmıştır.

Güney Şili And bölgesi ılıman yağmur ormanı ekosistemlerinde, 7 araştırma havzasında toplam yağışın orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon kaybı olarak dağılımı ve orman yapısı ile aralarındaki ilişkiler 4 yıllık (Ekim 2002-Eylül 2006) ve 2 yıllık

(Ekim 2005-Eylül 2007) periyotlarda araştırılmıştır (Oyarzún ve diğ. 2011). Orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon kaybı miktarları; göğüs yüzeyi, tepe çatısı, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı (MQD) gibi orman yapısı karakteristikleri ile yaprağını döken ve herdem yeşil ağaç türleri karakteristikleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yıllık yağış 815 m rakımda 4061-5308 mm, 714 m rakımda 3453-4660 mm arasında değişmektedir. Orman altı yağış toplam yağışın % 64 ile % 89'u arasında değişmektedir. Gövdeden akış net yağışın % 0,3-3,4'ü arasında bulunmuştur. İntersepsiyon kaybı ise toplam yağışın % 11 ile 36'sı arasında bulunmuş ve intersepsiyonun yağış miktarı, orman yapısı ve özellikle MQD ye bağlı değiştiği çalışmada vurgulanmıştır.

İran'ın kuzeyinde doğu kayınında (*Fagus orientalis*) yapılan çalışmada da büyüme mevsiminde yağışın dağılımı incelenmiştir (Ahmadi ve diğ. 2009). Ölçümler 0,5625 hektarlık tek parselde gerçekleştirilmiştir. Orman altına 36 manuel yağış toplama kabı rastgele yerleştirilirken, açık alan yağış ölçümü için 3 yağış ölçme kabı konulmuştur. Gövdeden akış da 6 ağaçta ölçülmüştür. Ölçümler her yağış olayından sonra gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonunda 23 yağış olayı ölçülmüş ve toplam yağış 309,9 mm olarak bulunmuştur. Yağışın yüzdesi olarak orman altı yağış, gövdeden akış ve intersepsiyon değerleri sırasıyla % 65,9, % 2,0 ve % 32,1 olarak belirlenmiştir. Gövdeden akış yüzdesi ile toplam yağış arasında kuvvetli pozitif ilişki ($r^2 = 0,963$) bulunurken, intersepsiyon ($r^2 = 0,230$) ve orman altı yağışla ($r^2 = 0,173$) zayıf ilişki bulunmuştur. Yağış miktarının artması tepe çatısı intersepsiyonunun ve evaporasyonla su kaybının azalmasına neden olduğu belirtilmektedir.

Yine İran'da doğu kayınında yapılan başka bir çalışmada da çap sınıflarına göre yağışın dağılımı araştırılmıştır (Rahmani ve diğ. 2011). Üç çap sınıfında (30-60, 60-100 ve 100-130 cm) toplam 31 kayın ağacında bir yıl boyunca ölçüm yapılmıştır. Bir yılda 33 yağış olayı kaydedilmiş ve toplam yağış 827 mm ölçülmüştür. İntersepsiyon kaybı çap sınıflarına göre önemli derecede farklı bulunmuştur. Toplam yağışın yüzdesi olarak intersepsiyon değerleri 30-60, 60-100 ve 100-130 cm çaplarda sırasıyla % 53, %57 ve % 60 olarak belirlenmiştir.

Yağışın dağılımı/dispozisyonu ile ilgili literatürde bir çok çalışmaya rastlanırken silvikültürel müdahaleler ve aralamanın yağışın dağılımına etkisinin araştırıldığı çalışmalar daha az görülmektedir.

Kanarya adaları çam ormanlarında yapılan çalışmada, aralamanın orman altı yağışa etkisi ve sisin bu etkideki rolü araştırılmıştır. Teneferie adasında aralamadan dokuz yıl sonra bir yıllık ölçüm yapılmıştır. Kontrol (% 0), hafif aralama (% 15 GY azalışı) ve şiddetli aralama (% 56 GY azalışı) dan oluşan üç parselde rastgele blok deseni oluşturulmuştur. Bu ormanlarda yoğun sis tuzağı nedeniyle yüksek orman altı yağış gerçekleşmektedir. Araştırma süresince orman altı yağış kontrol parselinde 2,0 kat, hafif aralamada 2,2 kat kuvvetlide ise 1,8 kat fazla gerçekleşmiştir. Bilinenin aksine şiddetli aralamada orman altı yağışın düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni sis tuzağı etkisinin önemi ile açıklanmıştır. Aralama ile LAI de meydana gelen azalma ve tepe çatısındaki pürüzlülüğün azalışı orman altı yağışı olumsuz etkilemiştir (Aboal ve diğ. 2000).

İspanyanın doğusunda Halep çamı (*Pinus halepensis*) plantasyon sahasında kontrol işlemi ve ayrıca üç farklı şiddette aralama müdahalesi uygulanmıştır. Aralama, meşcereler düzeyinde yağışın dağılımına açık şekilde etki etmiştir. Kapalılığın % 83,3 olduğu kontrol parselinde orman altı yağış % 55,9; zayıf aralamada % 64 kapalılığa karşın orman altı yağış % 61,3; mutedil aralamada % 46 kapalılıkta orman altı yağış % 67,7 ve % 16 kapalılıktaki kuvvetli aralamada da % 83,8 orman altı yağış gerçekleşmiştir. İntersepsiyon kaybı kontrolde toplam yağışın % 43'ü olmuştur (Molina ve del Campo 2012).

Ganatsios ve diğ. (2010) Yunanistan'ın kuzeyinde meşe orman ekosisteminde aralamanın ve tıraşlama kesimin hidrolojik etkilerinin araştırıldığı deneysel bir havza denemesi uygulamışlardır. İki kontrol havzası ayrılırken aralama (göğüs yüzeyinin %50'sini azaltma) ve tıraşlama kesim uygulamalarının uygulandığı üç çalışma havzası seçilmiştir. Toplam yağışın tepe çatısından intersepsiyonla kaybı, müdahale edilmemiş (kontrol), aralanmış (% 50) ve tıraşlanmış havzalarda sırasıyla % 9, % 6,7 ve % 1,8 olarak belirlenmiştir. Uygulanan aralama ve tıraşlama kesimleri, kontrol havzalarına oranla yıllık ortalama su miktarını sırasıyla ortalama 13,2 mm ve 42,8 mm artırmıştır. Toplam su fazlası kontrol, aralama ve tıraşlama işlemleri için sırasıyla, ortalama yıllık yağışın % 29,5, % 30,9 ve % 33,9'ü olarak bulunmuştur. Alanın topoğrafya, ana kaya ve toprak yapısı nedeniyle büyük yağışlardan sonra bile yüzeysel akışlar çok düşük gerçekleşmiştir. Çalışmada benzer silvikültürel müdahalelerin su verimini artırabileceği fakat en uygun odun üretim sistemi ve metotlarının dikkatlice seçilmesiyle taşıma ve

sürütme işlemlerinin toprağa olan olumsuz etkisinin daha da azaltılabileceği belirtilmiştir.

Japonya’da aralama kesimlerinin parsel ve havza ölçeğinde yüzeysel akışa etkileri araştırılmıştır (Dung ve diğ. 2012). *Chamaecyparis obtusa* ormanlarında eş havzada yapılan çalışmada işlem havzasında gövdelerin % 58,3’ü çıkarılmış (gögüs yüzeyinin % 43,2’ si), diğer havza kontrol olarak bırakılmıştır. Eş havza analizleri aralamadan sonra yıllık dere akışının 240,7 mm arttığını göstermektedir.

Ülkemizde konu ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup bu çalışmaların literatür özetleri aşağıda sıralanmıştır.

Elmalı Barajı havzasında Balcı (1958) tarafından yapılan çalışmada meşe baltalığında intersepsiyon miktarı belirlenmiştir. İntersepsiyon yağışın % 16,1’i olarak bulmuştur. Yine aynı çalışmada yüzeysel akış ölçümleri de yapılmış ve neojen topraklarının yer aldığı meşe baltalığında yüzeysel akış yağışın % 18’i, çayırda kaplı alanda % 36’sı ve çıplak tarla koşullarında % 56’sı olarak saptanmıştır.

Çepel (1965) Belgrad Ormanında karaçam, kayın ve meşe meşcerelerinde yaptığı araştırmada, iki yıllık ölçüm sonunda yağışın orman altına dağılışını belirlemiştir. Çalışma sonucuna göre, türler arasında önemli farklılıkların ortaya çıktığı belirtilmektedir. Orman altı yağış karaçamda % 67 olarak belirlenmiş ve yaz-kış döneminde değişiklik göstermemiştir. Kayın meşceresinde orman altı yağış yazın % 64 iken kışın % 72; meşede yazın % 66 iken kışın % 74 olarak ölçülmüştür. Gövdeden akışlar karaçamda % 4, kayında % 16, meşede % 13 olarak saptanmıştır. Orman altına ulaşan toplam yağışın açık alandaki yağıştan çıkarılmasıyla elde edilen intersepsiyon değerleri ise karaçamda % 26, kayında % 12 ve meşede % 13 olarak bulunmuştur. İntersepsiyon hesaplamalarında özellikle kayın ve meşe gibi türlerde gövdeden akış ölçümlerinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Aydemir (1973) Bolu dağında farklı arazi kullanımlarının yüzeysel akışa etkisini araştırdığı çalışmada direklik çağındaki meşe meşceresinde yüzeysel akış miktarını üç farklı eğimde belirlemiş ve % 15 eğimde yağışın % 0,5, % 28 eğimde % 1,3 ve % 45 eğimde ise % 2,9’unun yüzeysel akışa geçtiğini saptamıştır. Ormandan gelen yüzeysel

akışlardaki sediment miktarı ve toprak kaybının ise ölçülemeyecek kadar az olduğunu çalışmada belirlemiştir.

İstanbul Arnavutköy deresi yağış havzasında yapılan çalışmada meşe ve gürgenden oluşan bozuk baltalık meşcerelerinde intersepsiyon miktarı belirlenmiştir. Çalışmada intersepsiyon kaybı yapraklı yaz döneminde % 21,6, yapraksız kış döneminde % 12,7 ve yıllık ortalama % 15,3 olarak hesap edilmiştir (Özyuvacı 1976).

Özhan (1982) Belgrad Ormanında iki hidrolojik yılı kapsayan araştırmasında üç farklı ağaç türünde ampirik yöntemlerle evapotranspirasyonu tahmin etmiştir. Çalışmada yağışın yüzdesi olarak orman altı yağışları meşe meşceresinde % 74,6, karaçam meşceresinde % 68,0 ve baltalık meşceresinde % 69,1 olarak bulmuştur. Yağışın yüzdesi olarak gövdeden akış miktarları sırasıyla meşede % 9,8, karaçamda % 3,7, baltalıkta % 17,1 olarak bulunurken, intersepsiyonla yitirilen su miktarları ise sırasıyla % 15,6, % 28,3 ve % 13,8 olarak belirlemiştir. Çalışmada yüzeysel akış miktarları da belirlenmiş ve meşede % 4,0, karaçamda % 3,1 ve baltalık meşceresinde % 4,8 ölçülmüştür.

Zengin (1997) Kocaeli yöresinde orman ekosistemlerinin hidrolojik ağaçlandırmalar yönünden karşılaştırılması adlı yaptığı çalışmada; yağışın yüzdesi olarak orman altı yağış miktarlarını yapraklı karışık baltalık meşceresinde % 67,1, karaçam meşceresinde % 60,1, sahilçamı meşceresinde % 73,8 ve radiataçamı meşceresinde de % 69,3 bulmuştur. Gövdeden akış miktarları yağışın yüzdesi olarak sırasıyla % 10,5, % 0,9, % 0,5, % 2,7 olarak belirlenirken, intersepsiyonla kaybolan yağış miktarları ise yağışın yüzdesi olarak yapraklı karışık meşceresinde % 22,4, karaçam meşceresinde % 39, sahilçamı meşceresinde % 25,7, radiataçamı meşceresinde ise % 28,1 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada yüzeysel akış miktarları da ölçülmüş ve meşcerelerde sırasıyla % 1,2, % 1, % 0,5 ve % 1,1 yüzeysel akış ölçülmüştür.

Belgrad Ormanı Ortadere yağış havzasında ise meşe-kayın karışık ormanında orman altı yağış yapraklı dönemde % 75,4 iken yapraksız dönemde de % 82,7 olarak belirlenmiştir (Özhan ve diğ. 2011).

İstanbul Belgrad Ormanında uygulanan eş havzada denemesi ile aralamanın dere akışına etkisi incelenmiştir. Seçme kesimi ile % 11 aralama yapılarak bunun dere

akışına etkileri kısa ve uzun dönemlerde ölçülerek karşılaştırılmıştır. Aralamadan hemen sonra su veriminde artış gözlenirse de bu artış devam etmemiş ve aralamanın etkisi yeterli olmamıştır. Çalışmada % 11 aralamanın temiz su üretim amaçlı planlanacak havzalarda yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır (Özyuvaci ve diğ. 2004).

Bu konu ile ilgili bazı ortak sonuçlar Serengil ve diğ. (2007a) tarafından şu şekilde özetlenmiştir;

Ormanda kesim veya aralama müdahalelerinin su verimini artırdığı ancak ormanın yeniden gelişmesi ile su veriminin düşeceği,

Su miktarındaki artışın süresi ve miktarının kesim yüzdesiyle doğrudan ilişkili olduğu ve ilk yıl etkilerin en yüksek düzeyde görüleceği,

Farklı kesim yöntemlerinin, farklı ekolojik ortamlarda çelişen sonuçlar verebileceği,

Bitki örtüsüne yapılacak % 20'den daha düşük bir müdahale akış ölçümleriyle saptanamayacak düzeyde bir etki oluşturabileceği vurgulanmıştır (Bosch ve Hewlett 1982).

1.1.2. Yağışın Dispozisyonunda Yer Alan Ögelerde Bazı Su Kalite Parametrelerinin Araştırıldığı Çalışmalar

Birçok doğal ve doğal olmayan nedenler yağışla birlikte atmosferden yeryüzüne girdileri etkilemektedir. Genel ve lokal iklim koşulları, büyüme mevsimi, trafik, evsel yakıtlar, turizm, tarımsal faaliyetlerin yanında orman tepe çatısı özellikleri de atmosferik depolamada önemlidir (Bäumler ve Zech 1997). Yağışın kimyasal içeriğini düzenlemesi bakımından orman tepe tacının rolü uzun zamandır bilinmektedir (Parker 1983). Tepe taci altında yağıştaki element zenginleşmesi hem kuru depolama hem de yaprakların hücre içi yapılarındaki çözünmüş maddelerin sızmasıyla meydana gelir. Dünyada birçok orman ekosisteminde atmosferik depolama; ıslak/kuru depolama, orman altı yağış, gövdeden akış ölçümleriyle belirlenmeye çalışılmıştır (Parker 1983, Rodrigo ve diğ. 2003).

Bavyera Alpleri dağlık orman ekosistemlerinde yapılan bir çalışmada, atmosferik depolama ve aralamanın orman altı yağışa etkisi araştırılmıştır. Aralama (gövde hacmi % 40 azaltılmış) depolama özelliklerinde önemli değişikliğe neden olmuştur. Aralama

ile intersepsiyon ve iyon depolanma oranları % 45'e kadar azalmıştır. Ölçülen tüm parametreler tepe çatısından geçtikten sonra önemli oranda artmaktadır. Katyon değişimi ve yapraklardan sızma nedeniyle en büyük artış potasyumda meydana gelmiştir. Potasyum yağışta 0,43 mg/L iken orman altı yağışta 2,01 mg/L'ye yükselmiştir. pH yağış miktarıyla zayıf ilişki gösterirken en yüksek pH ilkbaharda ve kuru periyottan sonra oluşmaktadır (Bäumler ve Zech 1997).

Amazon bölgesinde yapılan başka bir çalışmaya göre (Hölscher ve diğ. 1998) pH yağıştan orman altı yağışa geçerken artmaktadır. Bu artışa alkalın özellikteki tozlar ve yangın sonrası oluşan küllerin neden olduğu belirtilmektedir. Yine bu çalışmada K akışı yağışa göre orman altı yağışta 7,6 kat, gövdeden akışta 8,5 kat daha yüksek bulunmuştur. Asit yağışlardaki yüksek proton konsantrasyonunun yıkanmayı artırdığı ve orman altı yağışta K zenginleşmesine neden olduğu belirtilmektedir.

Godoy ve diğ. (2001) Şili'nin güneyinde yaprağını döken ve herdem yeşil *Nothofagus* ormanlarında düşük depolama karakterli iklimde yağışın kimyasal özellikleri ve orman altına dağılımını araştırmışlardır. Yıllık yağışın 5406 ile 6559 mm olduğu çalışma periyodunda ortalama yağış pH'sı 5,7'dir. *N.pumilio* ormanında yağış, orman altı yağış, gövdeden akış pH'sı 5,7 iken, infiltrasyon suyunda pH 5,9'a, yüzeysel akışta da 7,0'ye kadar yükselmiştir. *N.betuloides* ormanında ise pH yağışta 6,1, orman altı yağış ve toprak suyunda 6,2, yüzeysel akışta ise 6,5 bulunmuştur. K^+ , Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonları yağış suyuna göre orman altı yağış, gövdeden akış ve toprak suyunda artmıştır. Her iki ormanda yüzeysel akışlar, aktif ayrışma işlemleri nedeniyle diğer katyonlara göre özellikle Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonlarınca fazla zenginleşmiştir.

Yunanistan'da, 100-130 yaşlarında, 0,8-1,0 kapalı, 25 metre ortalama boya sahip kayın (*Fagus moesiaca*) meşceresinde yapılan çalışmada toplam yağış pH'sının büyüme döneminde katyon zenginleşmesine etkisi araştırılmıştır. Orman altı yağış ve gövdeden akışın aylık iyon akışı toplamı, yağışın (toplam yağış) aylık iyon miktarına bölümü ile katyon zenginleşme oranı indeksi hesaplanmış ve bu çalışmada seçilmiştir. 48 aylık periyotta pH 4,2 ile 7,2 arasında değişim göstermiştir. En düşük değerler kış döneminde, yakındaki büyük bir şehirden kaynaklı fosil yakıt tüketiminin artması neticesinde gerçekleşmiştir. pH faktörü, tepe çatısının H^+ iyonunu nötürlediği için sadece H^+ iyon zenginleşmesi için önemli bulunmuştur. Oysaki Mg^{+2} ve K^+ iyon

konsantrasyonu büyüme döneminde yıkanma nedeniyle daha fazla zenginleşme göstermiştir (Michopoulos ve diğ. 2001).

Dezzeo ve Chacón (2006) Venezuela'nın güneyinde Gran Sabana bölgesinde yaptıkları çalışmada; primer (uzun boylu orman) ve sekonder (orta ve kısa boylu orman) ormanlarda yağış, orman altı yağış ve gövdeden akışlardaki besin elementi akışlarını bir yıl süreyle incelemiştir. Orman altı yağış ve gövdeden akışlardaki ortalama yıllık iyon konsantrasyonları (özellikle K) gerçekleşen yağıştan önemli derecede yüksek bulunmuştur. N konsantrasyonu hem yağış hem de orman altı yağışta çok düşük bulunmuştur. Bu durum ormanlarda azot yıkanmasının az olduğunu göstermektedir. P konsantrasyonu da yağışta limit değerlerin altında olup orman altı yağış ve gövdeden akışta çok düşük bulunmuştur. Çok az istisnalar dışında orman altı yağış ve gövdeden akıştaki ortalama yıllık besin elementi konsantrasyonları meşcereler arasında fark göstermemiştir. Bu durum, tepe çatısı seviyesinde yapısal ve floristik farklılığın besin dinamiklerini etkilemede önemli bir rol oynamadığını göstermektedir. Orman altı yağışlardaki yıllık besin girdisi oldukça benzer bulunmuşken, gövdeden akışlarda ağaç sıklığının azalmasıyla girdilerin azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; gerçekleşen yağışın tepe çatısından toprağa besin transferinde önemli olduğu ve sıklığın azalmasıyla gövdeden akışla besin girdisinin azaldığı fakat orman altı yağışta değişiklik olmadığı bu çalışmada belirtilmiştir.

Staelens ve diğ. (2007) olgun bir Avrupa kayını (*Fagus sylvatica*) ağacında orman altı yağış ve gövdeden akış kimyasının tepe çatısı fenolojisi ile ilişkisini mevsimsel olarak araştırmıştır. Orman tabanına yıllık ve mevsimsel iyon akışları (H^+ iyonu hariç) ıslak depolamadan önemli derecede daha yüksek ölçülmüştür. Yıllık orman altı yağışın ıslak depolamaya oranı 2,1 ile 4,8 arasında değişmektedir. Gövdeden akışların H^+ iyonu hariç orman tabanına ulaşan iyon miktarına katkısı %9-%19 arasında gerçekleşmiştir. Orman altı yağıştaki K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ve NO_3^- iyonları yapraklı dönemde yapraksız döneme göre oldukça yüksek bulunurken Na^+ , NH_4^+ ve H^+ iyonlarında tersi durum olmuştur. İyon zenginleşmesindeki zamansal model; tepe çatısından yapraklı dönemde K^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} , yapraklanmanın ilk başlarında Na^+ , Cl^- ve NH_4^+ ve yaprakların dökülmesine yakın Cl^- ve SO_4^{2-} iyonlarının yıkandığını göstermektedir. Kuru depolamanın toplam depolamadaki oranı % 58-% 75 hesaplanmıştır.

Asidik depolamanın önemli çevresel sorun olduğu Çin'de iki plantasyon ormanında yapılan çalışmada; atmosferik depolama ile tepe çatısı anyon ve katyon değişimleri incelenmiştir (Shen ve diğ. 2013). Çalışmada dört ana sonuç ortaya konmuştur. Bunlar; i) sülfat ana asidik anyon iken kalsiyum ve amonyum başlıca nötrleştirici katyonlar olduğu, ii) iyon konsantrasyonları tepe çatısından geçtikten sonra 1,4 (NO_3^-) ile 20 kat (K^+) arttığı, iii) kaba yapılı ağaç yaprakları ve kabukları asidik oluşumları tutmada daha kabiliyetli olduğu ve iv) asit yağışların kurak dönemde yağışlı döneme göre daha tehlikeli olduğu belirtilmiştir.

Gökbulak ve diğ. (2013) İstanbul Belgrad ormanındaki yapraklı karışık orman içi açıklıkta ve Orman Fakültesi'nde (Bahçeköy), yağıştaki toplam depolamanın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Yağış örnekleri arasında EC, toplam alkalinite (CaCO_3), HCO_3^- , Ca sertliği (CaCO_3), Ca^{2+} , toplam N, K^+ , NO_3^- ve NH_4^+ değerleri arasında önemli farklar bulunmuştur. Her iki alanda PO_4^{3-} baskın anyon iken Mg^{2+} baskın katyondur. Katyon ve anyon konsantrasyonları her iki sahada benzerlik gösterirken büyükten küçüğe doğru $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Fe} > \text{Al} > \text{H}^+$ ve $\text{PO}_4^{3-} > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ şeklinde sıralanmıştır. Aylık ortalama değerlerden pH, EC, toplam alkalinite (CaCO_3) ve HCO_3^- hariç diğer yağış karakteristikleri önemli bir fark göstermemiştir. SO_4^{2-} ve NO_3^- ; NH_4^+ ve Ca^{2+} tarafından nötralize edildiğinden her iki alandaki pH 5,6'dan yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak Bahçeköy civarında insan aktiviteleri, trafik, evsel fosil yakıtların varlığına rağmen endüstriyel faaliyetlerin yokluğu orman alanı ile arada büyük fark çıkmamasına neden olduğu ortaya konmuştur.

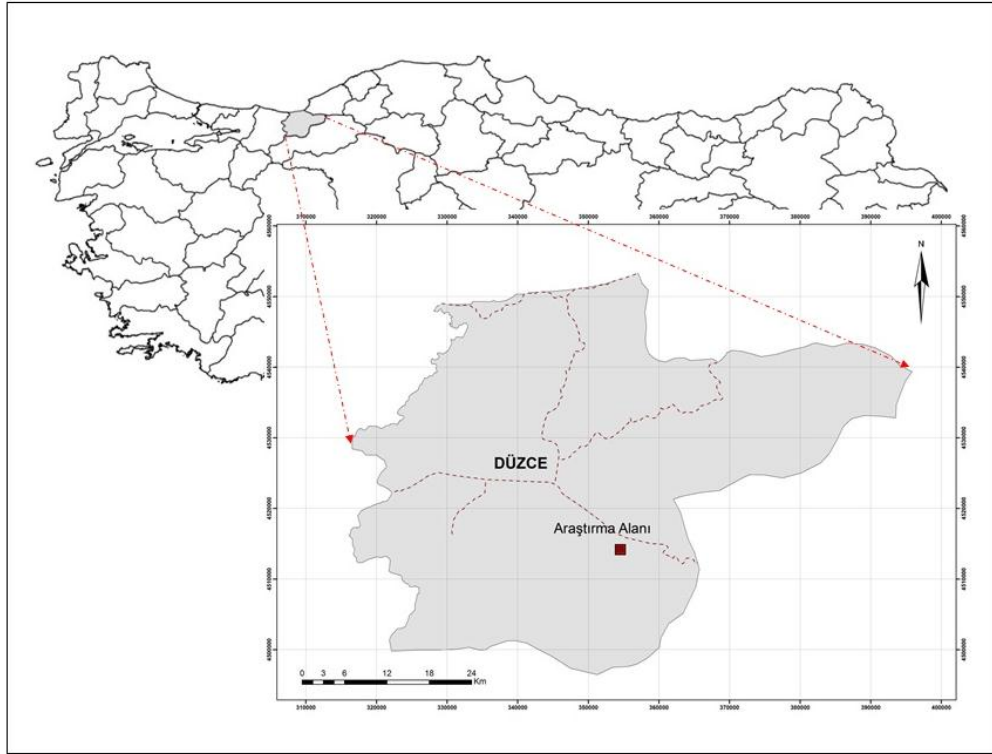
Yine Belgrad ormanında yapılan başka bir çalışmada orman tepe çatısı ve meşe, kayın karaçam ölü örtülerinin yağış suyu kimyasal parametrelerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Meşcere tepe çatısının orman altı yağıştaki pH, toplam N, toplam P, SO_4^{2-} , Na^+ ve K^+ içeriğini etkilerken, orman ölü örtüsü NH_4^+ ve Pb hariç sızıntı suyunda ölçülen tüm parametreleri etkilemiştir. Yağış suyunda pH 5,79 bulunurken orman altı yağışta pH değerleri meşede 6,01, kayında 6,03 karaçamda 5,48 olarak tespit edilmiştir. Ölü örtü sızıntı suyunda pH aynı sıraya göre 6,57, 6,15 ve 5,5 ölçülmüştür. Yağışın orman tepe çatılarından geçip orman altı yağışa dönüşürken Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe ve Al da bir değişiklik olmazken ölü örtüden yıkandıktan sonra aynı parametreler önemli oranda arttığı belirlenmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI

2.1.1. Konum

Araştırma alanı Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Darıyeri Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde 100 nolu bölmede kurulmuştur. İdari olarak Kaynaşlı ilçesi Sazköy hudutları içindedir ($31^{\circ} 17' D$, $40^{\circ} 45' K$). Araştırma alanı yaklaşık % 10 eğimde, kuzey-batı bakıda ve 620 m yükseltidedir (Şekil 2.1). Amenajman planı verilerine göre Knbc3 meşcere tipinde ve 2. bonitette yer alan sahanın aralama öncesi yaşı 43, orta çapı 14 cm ve ortalama boyu 19 metredir.



Şekil 2.1. Araştırma alanının coğrafi konumu.

2.1.2. İklim

Araştırma alanının iklimi Karadeniz ikliminin Batı Karadeniz alt tipidir. Araştırma alanının bulunduğu Kaynaşlı ilçesinde meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. En yakın meteoroloji istasyonu olan Düzce Meteoroloji İstasyonu (DMİ; 40° 00' K; 31° 00' D) 146 m rakımda yer almaktadır. Bu istasyon araştırma sahasının yaklaşık 20 km batısında yer almaktadır. Ancak meteoroloji istasyonu ile araştırma alanı arasında önemli yükselti farklılığı vardır. Bu yüzden DMİ sıcaklık ve yağış verileri, ülkemizde iyi sonuçlar veren Schreiber formülü (Özyuvacı 1999) kullanılarak araştırma alanı için hem uzun yıllar ortalaması ve hem de araştırma süresi için enterpole edilmiştir (Çizelge 2.1).

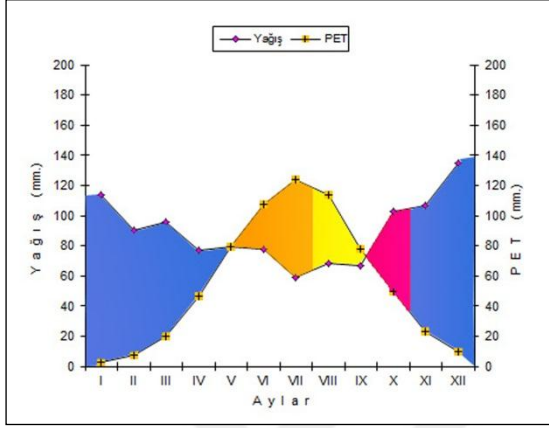
Çizelge 2.1. Araştırma alanı (620 m) için enterpole edilmiş yağış ve sıcaklık değerleri.

Meteorolojik Elemanlar	Aylar												YILLIK	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
	1960-2012	114	90	96	77	79	78	59	68	67	103	107	135	1073
Toplam Yağış (mm)	2011	97	30	149	126	56	87	27	48	25	92	32	89	858
	2012	79	159	113	53	100	51	31	121	1	68	60	173	1009
	2013	147	78	107	89	23	59	17	8	39	219	54	85	925
	1960-2012	1,3	2,7	5,3	9,9	14,2	18,1	20,2	19,9	16,2	11,9	7,1	3,5	10,9
Ortalama Sıcaklık (°C)	2011	2,5	3,2	6,0	7,8	14,2	17,9	23,8	21,8	19,5	10,7	2,6	3,3	11,1
	2012	0,5	-0,8	3,3	13,2	15,6	20,6	24,8	23,3	20,4	16,3	9,9	4,9	12,7
	2013	3,9	6,2	8,2	11,1	17,3	19,5	20,5	21,4	16,1	9,8	8,5	-1,5	11,8

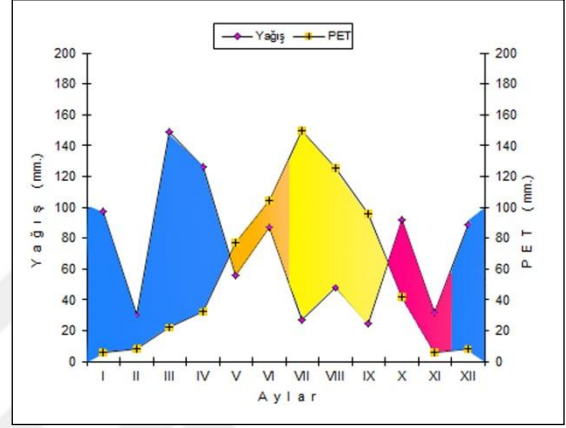
Araştırma alanı için uzun yıllar ortalama meteorolojik verilere göre elde edilen Thornthwaite iklim diyagramında Ağustos ve Eylül aylarında su noksanı görülmektedir (Şekil 2.2). Uzun yıllar ortalamasına göre 620 m yükselti için B3 B'1 r b'3 sembolleri ile tanımlanan “Nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklimine yakın iklim” hakimdir (Çizelge 2.2).

Ancak araştırmanın yapıldığı yılları kapsayan dönemlerde su noksanı uzun yıllar ortalamasından daha fazla bulunurken yağışların da düzensiz olduğu görülmektedir.

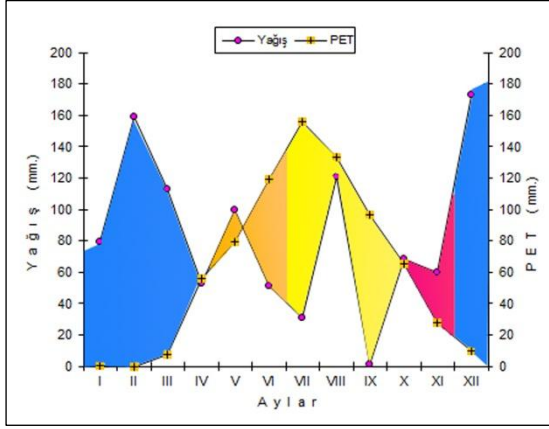
2011 ve 2012 yıllarında su noksanı yaz mevsiminde ve orta derece iken 2013 yılında su noksanı kuvvetli (Haziran-Eylül arası) derecede görülmektedir (Çizelge 2.3). Uzun yıllar (1960-2012) ortalama yıllık yağış 1073 mm iken 2011 yılında 858 mm, 2012 yılında 1009 mm, 2013 yılında da 925 mm gerçekleşmiştir. Araştırma periyodunda sıcaklık ortalamaları da uzun yıllar ortalamasına göre 0,2-1,8 °C arasında artış göstermiştir (Çizelge 2.1).



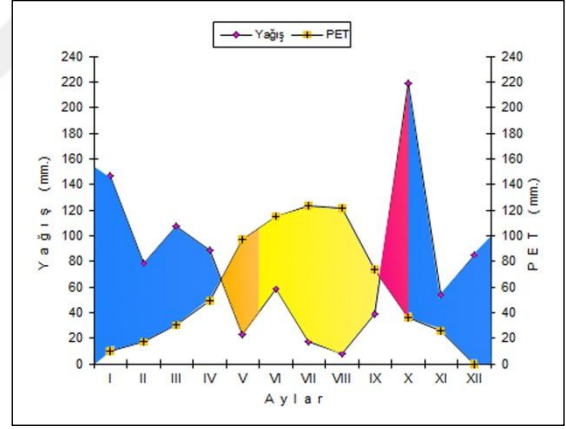
a) Uzun yıllar (1960-2012) ortalaması



b) 2011 yılı



c) 2012 yılı



d) 2013 yılı

■ Su fazlası ■ Harcanan su ■ Su noksanı ■ Depo edilen su

Şekil 2.2. Araştırma alanına ait (620 m) Thornthwaite iklim diyagramları.

Çizelge 2.2. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanına ait uzun yıllar (1960-2012) su bilançosu.

Ölçüm yılları	1960-2012												Enlem : 40.45		Boylam : 31.17	
	A Y L A R												Vejetasyon Dönemi		YILLIK	
İklim Elemanları	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı		
Scaklık °C	1.3	2.7	5.3	9.9	14.2	18.1	20.2	19.9	16.2	11.9	7.1	3.5			10.9	
Scaklık indisi	0.1	0.4	1.1	2.8	4.9	7.0	8.3	8.1	5.9	3.7	1.7	0.6			44.6	
Düz.memiş PET	3.7	8.8	19.7	41.6	64.1	85.7	97.8	96.0	75.1	51.9	27.9	12.0				
Düz.miş PET	3.1	7.3	20.3	46.2	79.7	107.7	123.7	113.8	77.8	49.7	23.1	9.6	552.4	109.6	661.9	
Yağış (mm)	114.0	90.0	96.0	77.0	79.0	78.0	59.0	68.0	67.0	103.0	107.0	135.0	454.0	619.0	1073.0	
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-0.7	-29.7	-64.7	-5.0	-	53.3	46.7	-				
Depolama	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	69.6	5.0	-	-	53.3	100.0	100.0			100.0	
Gerçek ET	3.1	7.3	20.3	46.2	79.7	107.7	123.7	73.0	67.0	49.7	23.1	9.6	500.7	109.6	610.3	
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	40.9	10.8	-	-	-	51.7	0.0	51.7	
Su Fazlası	110.9	82.7	75.7	30.8	-	-	-	-	-	-	37.2	125.4	0.0	462.7	462.7	
Yüzeysel Akış	118.2	96.8	79.2	53.3	15.4	-	-	-	-	-	18.6	81.3	15.4	447.3	462.7	

Çizelge 2.3. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanına ait 2013 yılı su bilançosu.

Ölçüm yılları	2013												Enlem : 40.45		Boylam : 31.17	
	A Y L A R												Vejetasyon Dönemi		YILLIK	
İklim Elemanları	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı		
Scaklık °C	3.9	6.2	8.2	11.1	17.3	19.5	20.5	21.4	16.1	9.8	8.5	-1.5			11.8	
Scaklık indisi	0.7	1.4	2.1	3.3	6.5	7.9	8.5	9.0	5.9	2.8	2.2	0.0			50.3	
Düz.memiş PET	11.5	20.9	30.0	44.2	78.2	91.2	97.3	102.8	71.3	37.7	31.4	0.0				
Düz.miş PET	9.6	17.4	30.9	49.1	97.2	114.6	123.1	121.8	74.0	36.1	26.0	0.0	579.8	120.0	699.9	
Yağış (mm)	147.0	78.0	107.0	89.0	23.0	59.0	17.0	8.0	39.0	219.0	54.0	85.0	235.0	690.0	925.0	
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-74.2	-25.8	-	-	-	100.0	-	-				
Depolama	100.0	100.0	100.0	100.0	25.8	-	-	-	-	100.0	100.0	100.0			100.0	
Gerçek ET	9.6	17.4	30.9	49.1	97.2	84.8	17.0	8.0	39.0	36.1	26.0	-	295.1	120.0	415.2	
Su Noksanı	-	-	-	-	-	29.9	106.1	113.8	35.0	-	-	-	284.7	0.0	284.7	
Su Fazlası	137.4	60.6	76.1	39.9	-	-	-	-	-	82.9	28.0	85.0	39.9	470.0	509.8	
Yüzeysel Akış	111.2	99.0	68.4	58.0	19.9	-	-	-	-	41.4	55.4	56.5	78.0	431.9	509.8	

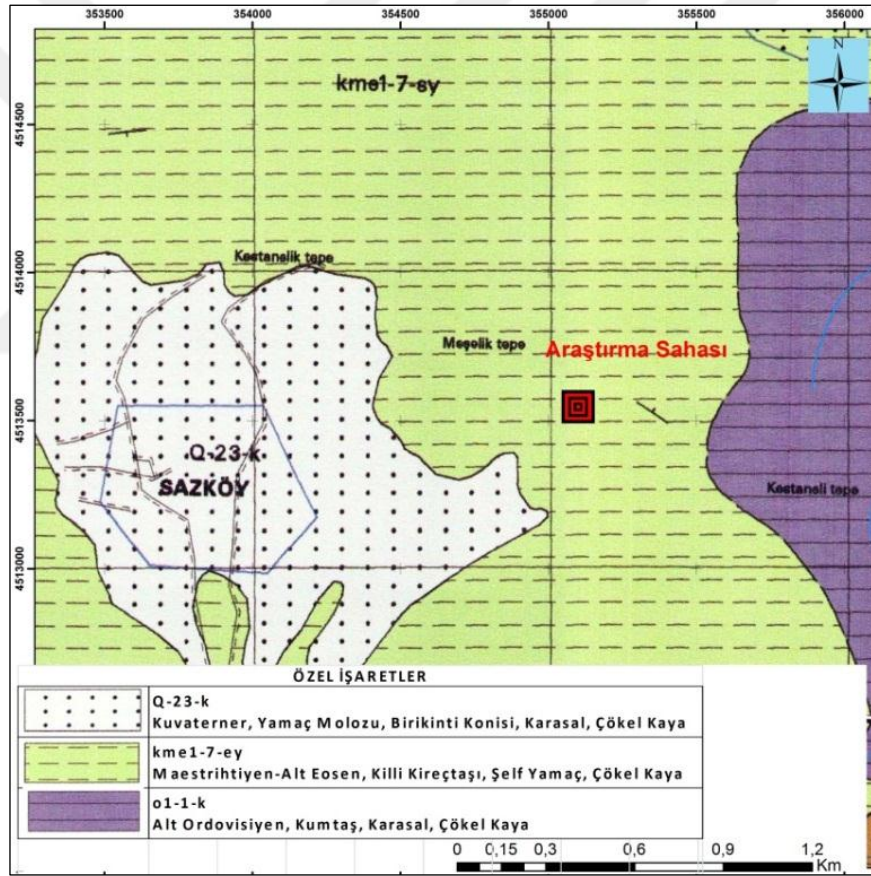
2.1.3. Bitki Örtüsü

Araştırma alanı Türkiye'nin üç büyük flora bölgesinden biri olan Euro-Siberian flora bölgesinin *Euxin* kesiminde yer almaktadır. Araştırma sahası ve çevresinin bitki örtüsü doğu kayınının (*Fagus orientalis*) hakim olduğu doğal yapraklı ormanlardan oluşmaktadır. Kayın hakimiyetindeki araştırma alanı içerisinde karışıma yaklaşık % 1 oranında meşe (*Quercus sp.*) ve gürgen (*Carpinus betulus*) girmektedir. Meşcere altında ağırlıklı olarak mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum*) bulunurken çoban

püskülü (*Ilex colchica*), ayı üzümü (*Vaccinium arctostaphylos*), böğürtlen (*Rubus sp.*) ve *Smilax exelsa* gibi diri örtü elemanları da alanda yer almaktadır.

2.1.4. Jeolojik Yapı ve Toprak

Araştırma sahasının jeolojik yapısını Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlı, killi kireçtaşı, şelf yamaç ve çökel kaya grupları oluşturmaktadır (Şekil 2.3). İnce mika ve kil ara katkılı ardalı sedimenter yapı bölgenin genel jeolojisini göstermektedir (MTA 2002). Karagül (1998) Kaynaşlı'da yaptığı çalışmada Toprak-Su ve Orman Bakanlığı AGM proje ve haritalarına göre toprak yapısının kırmızı-sarı podzolik topraklar grubunda olduğunu, toprakların sert sıkı, hafif yapışkan, ince gözenekli, ağarmış renkli yaygın ve düz katman sınırlı olduğunu belirtmiştir.



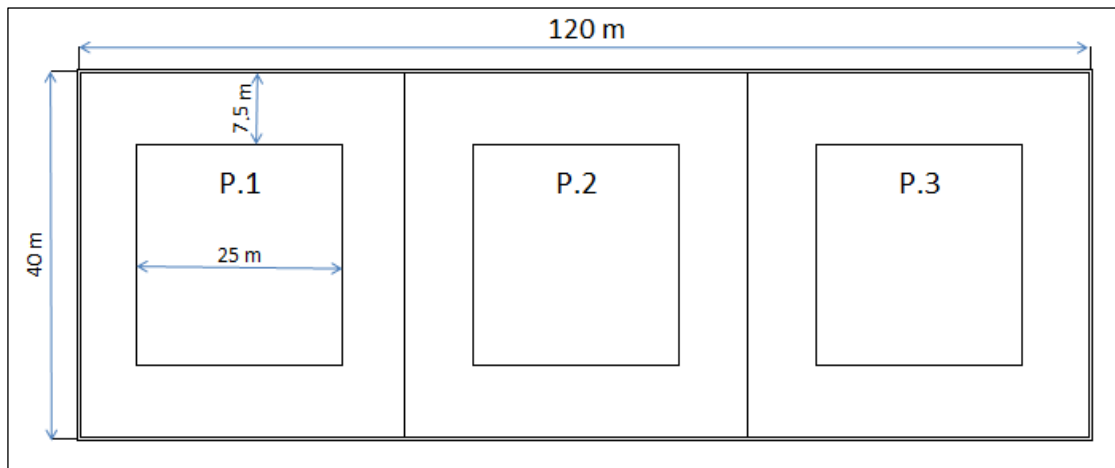
Şekil 2.3. Araştırma alanının jeoloji haritası (MTA 2002).

2.2. ARAZİDE UYGULANAN YÖNTEMLER

2.2.1. Araştırma Alanına Denemenin Kurulması

Bilimsel araştırmalarda deneysel hatanın en aza indirilmesi bakımından homojen deney materyalinin kullanımı önem taşımaktadır (Kalıpsız 1976). Bu nedenle yapılan çalışmada yağışın dağılımında etkili olabilecek bakı, arazinin eğimi, mevki (yükseklik, denizden uzaklık), iklim ve yamaç şekli gibi özellikler sabit tutulmuştur. Bu amaçla homojen yapıda, sırkılık ve direklik çağına ulaşmış aralamaya konu saf doğal Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcereleri kullanılmıştır.

Araştırmada parsel büyüklüğü 40x40 m (1600 m²) alınarak müdahaleler tüm parselde uygulanmış ve parsel kenarlarında 7,5 m'lik şeritler izolasyon amaçlı bırakılmıştır (Şekil 2.4). Böylece parsellerin orta kısmındaki 25x25 m büyüklüğündeki (625 m²) alan ölçüm ve değerlendirme amacıyla kullanılmıştır. Üç farklı müdahale işlemi (kontrol, mutedil, kuvvetli) yan yana bulunan parsellere rastgele dağıtılmıştır. Bu tür çalışmalarda uygulanan her işlem için bir parsel kullanılabilirken (Özhan 1982, Alenäs ve Skärby 1988, Zengin 1997, Frost 2007, Lagergren ve diğ. 2008, Dinc 2012), her işlem için birden çok parsel de kullanılabilir (Stogsdill Jr ve diğ. 1989, Aboal ve diğ. 2000, Dietz ve diğ. 2006, Rodríguez-Calcerrada ve diğ. 2011). Bu çalışmada her işlem için bir parsel kullanılmıştır.



Şekil 2.4. Araştırmada parsel büyüklüğü ve izolasyon şeritleri.

2.2.2. Aralama Müdahalesi

Araştırma alanında kontrol (% 0), mutedil (% 23,2) ve kuvvetli (% 47,4) olmak üzere üç farklı şiddette ve bir tekrarlı aralama müdahalesi uygulanmıştır. Aralama kesimleri 2010 yılı sonbaharında yapılmıştır. Müdahale şiddetinin belirlenmesinde meşcere göğüs yüzeyi (GY) esas alınmıştır. Parselleme yapıldıktan sonra her bir parselde tüm bireyler yağlı tebeşirle numaralandırılmış, göğüs yükseklikleri işaretlenmiş ve çapları (çap > 4 cm) ölçülmüştür. Daha sonra her bir parselin GY hesaplanmış ve hektara çevrilmiştir. Çap ölçümleri bitirildikten sonra parsellerde çıkarılacak ağaçlar belirlenmiştir. Aralama uygulanacak parsellerde ağaçların sınıflandırılmasında Ormanlık Araştırma Kurumları Birliğinin Gövde Sınıflaması (1903) dikkate alınmıştır (Odabaşı ve diğ. 2004, Genç 2011). Kontrol parselinde tüm canlı ağaçlar korunmuş ve hiçbir müdahalede bulunulmamıştır. Sadece varsa kuru ve ölü ağaçlar çıkarılmıştır. Daha sonra, mutedil ve kuvvetli aralama parsellerinde, aralama şiddetine denk gelecek şekilde ağaç alandan çıkarılmıştır. Müdahale yapılan parsellerde yüksek aralama uygulanmış, galip tabakadaki iyi nitelikli ağaçlara baskı yapan bireyler, sıkışık gövdeler, çatal gövdeler ve kırbaçlayıcılar ile ara ve alt tabakadaki ölmüş veya hastalıklı bireyler aralama şiddetine göre parselden çıkartılmıştır. Aralama müdahaleleri uygulandıktan sonra kalan ağaçların numaraları yağlı boya ile yazılmış ve göğüs yükseklikleri de yağlı boya ile tekrar işaretlenmiştir. Ağaçların çapları her yıl büyüme dönemi sonunda sonbaharda ölçülmüş ve göğüs yüzeyi hesaplanmıştır. Kesilen ağaçların dip kütüklerinde yapılan yaş halkası sayımlarıyla meşcere yaşı tam olarak belirlenmiştir.

2.2.3. Yaprak Alan İndeksi (YAI)

Parsellerde yaprak alan indeksi (YAI) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler 2012 ve 2013 yılları Mayıs ve Temmuz aylarında yapılmıştır. Mayıs ayı yapraklanmanın devam ettiği ay iken Temmuz ayı sonunda yapraklanma maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Her parselde biri parselin merkezinde, diğerleri merkezin 5'er m kuzey, doğu, güney ve batısında yer alacak şekilde 5 farklı noktadan beş farklı pozlamada (+0,7, +0,3, 0, -0,3, -0,7) dijital görüntü elde edilmiştir. Bu noktalar kazık çakılarak işaretlenmiş ve her ölçümde aynı yerlerden görüntü alınmıştır. Çekimlerde 183° görüş alanına sahip yarı küresel (balıkgözü) lens takılı fotoğraf makinesi (Nikon Coolpix

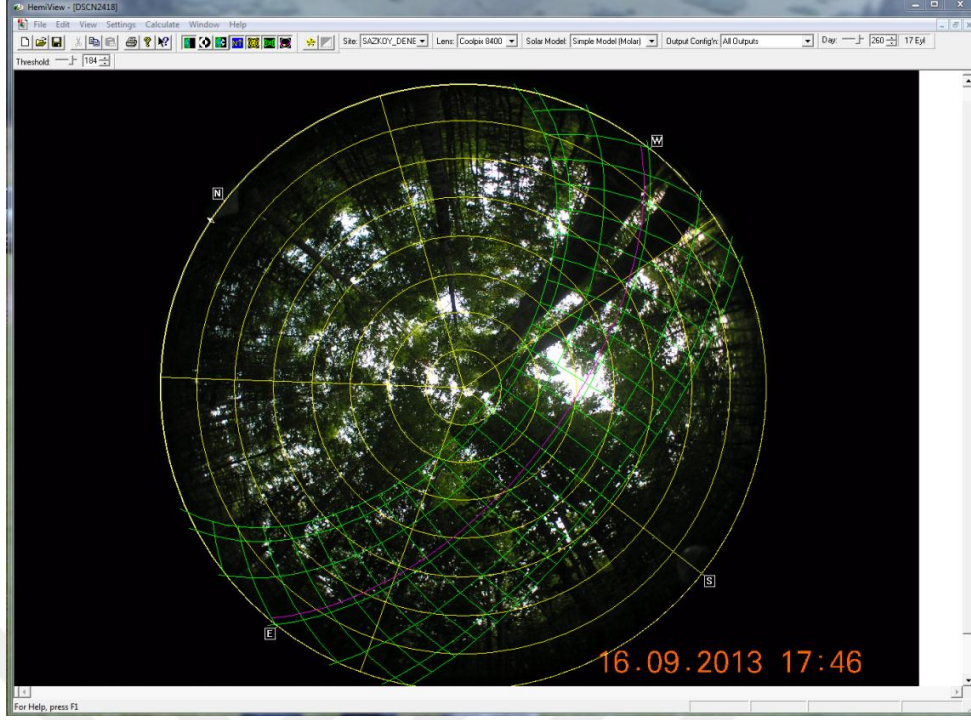
8400, Japon) kullanılmıştır. Kamera ve lens uçayak (tripod) üzerine kendinden terazili montaj düzeneği ile yerleştirilmiştir (Şekil 2.5).

Fotoğraflar her zaman lensin en üst kısmı yerden 1,5 m yüksekte ve manyetik kuzeye yönlendirilmiş şekilde çekilmiştir (Şekil 2.5). Fotoğraf çekimleri yaprak ve boşluklar arasındaki belirginliğin yüksek olduğu ve direkt güneş ışığının objektife vurmadığı zamanlarda (kapalı günlerde, sabah veya akşam saatlerinde) yapılmıştır.

Parseldeki her ölçüm noktasında elde edilen beş farklı fotoğraftan, yaprak-gökyüzü arasındaki farklılığın en belirgin olanı seçilmiştir. Seçilen dijital görüntüler HemiView V2.1 (Delta-T Device, UK) paket programında analiz edilerek YAI değerleri elde edilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Balıkgözü lens monteli fotoğraf makinesi ile görüntü alınması.



Şekil 2.6. HemiView (v2.1) paket programının ara yüzü.

2.2.4. Araştırma Alanı ve Yağış Ölçme Düzeneklerinin Kurulumu

Bu çalışmada, araştırma alanındaki düzeneklerin korunarak sağlıklı ölçüm ve veri alınabilmesi araştırmanın nihayetlendirilmesi için en önemli ayaklardan biriydi. Bu nedenle araştırma alanına girişi engellemek için 190 cm yüksekliğinde kafes tel ve üst kısmı dikenli tel olacak şekilde alanın etrafı çevrilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Araştırma alanının tel örgü ile çevrili dış sınırları ve giriş kapısı.

Alanın korunması/girilmemesi için Sazköy muhtarı ve köy kooperatif başkanı ile görüşülerek köy halkının bilgilendirilmesi sağlanmıştır.

Yapılan ihata işlemi ve uyarılar sayesinde araştırma süresince çalışma sahasında herhangi bir olumsuzluk yaşanmamıştır.

2.2.4.1. Açık Alan Yağış (Toplam Yağış)

Toplam yağış, deneme parsellerinin 100 m uzağında açık alana kurulan bir adet standart kaydedicili yağışölçer ve iki adet yağış suyu toplama ve ölçme kabı (orman altı yağış ölçmede de kullanılan) ile 3 tekrarlı olarak ölçülmüştür. Yağış ölçmeleri her yağıştan sonra yağışın sona ermesinden sonraki sabah saatlerinde yapılmıştır. Bir günden fazla devam eden yağışlar, yağış bitiminden sonraki sabah ölçülerek tek yağış olayı olarak kaydedilmiştir (Özyuvacı 1988, Zengin 1997).

2.2.4.2. Orman Altı Yağış

Araştırmada kullanılan yağış ölçme kapları İzmit Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Toprak ve Ekoloji Bölümü Başmühendisliği'nden temin edilmiştir. Ülkemizde ICP Forest Seviye II çökeltme ölçüm sahaslarında kullanılan bu yağış ölçme ve toplama kaplarından her deneme parseline rastgele yedişer adet yerleştirilmiştir. Yağış ölçerler beyaz sert plastikten imal edilmiş olup 400 cm² yağış toplama alanlı keskin kenarlı huni seklindedir. Alt kısmında 4 litrelik ölçekli su toplama kabı ile beraber iki parçadan oluşmaktadır. Yerden 100 cm yüksekte olacak şekilde 15 cm çapındaki pvc borular yere sabitlenmiştir. Bu sabitleme işleminde su terazisi kullanılmıştır. Yere sabitlenen pvc borular üzerine yağış ölçerler yerleştirilerek su toplama kısmının boru içinde kalması sağlanmıştır. Böylece toplama kabındaki suların direkt ışığa maruz kalması engellenmiştir (Şekil 2.8).

Yağışın tepe çatısına ulaşıp oradan damlayarak ya da boşluklardan geçip direkt orman tabanına ulaşan yağış orman altı yağış olarak ölçülmüştür. Toplam yağışta olduğu gibi, orman altı yağışta da her yağıştan sonra ölçüm yapılmıştır.

Her ölçümde yağışölçerlerdeki su miktarı toplanıp aritmetik ortalaması alınarak parselin m²'deki orman altı yağış miktarı (mm veya kg) belirlenmiştir (Özhan 1982, Zengin 1997, Bahmani ve diğ. 2012). Her parselde ölçülen orman altı yağışlar bir kovaya dökülerek karıştırılıp bir adet 0,5 L plastik pet şişe ile analizlerde kullanılmak üzere su örneği alınmıştır.



Şekil 2.8. Orman altı yağış ölçme ve toplama kapları.

2.2.4.3. Gövdeden Akış

Gövdeden akış; ağaçların gövde ve dalları tarafından tutulan yağışın ağaç gövdesinden aşağıya doğru toprağa akmasıdır. Toprağa ulaşacak bu su ağaç gövdesine takılan su toplama düzeneği yardımıyla ölçülmüştür.

Parsellerdeki ağaçların tamamının ($d_{1,30\text{cm}} > 4 \text{ cm}$) göğüs çapları ölçülmüştür. Bu ağaçlar 4'er cm'lik çap kademelerine ayrılarak orta çapları 6, 10, 14, 18, 22 ve 26 cm olarak belirlenmiştir. Her parselde her çap kademesinden bir ağaca gövdeden akış düzeneği takılmıştır. Seçilen ağaçların dallanma durumuna, tepe tacına ve aynı çap grubundaki ağaçları temsil etmesine dikkat edilmiştir. Kontrol parseli ve kuvvetli aralama parselinde 6'şar ağaç, mutedil aralama parselinde ise 5 ağaç (mutedilde 26 cm çap kademesi yok) olmak üzere toplam 17 adet ağaçta gövdeden akış ölçümleri yapılmıştır.

Gövdeden akış suyunu toplamak için ağaçların gövdelerinin yerden 130 cm yükseklikteki kısmına denk gelecek şekilde ve gövdeyi halka gibi saracak şekilde bir düzenek oluşturulmuştur. Önce 2x3 cm ebadında kauçuk fitil gövdeye eğimli bir şekilde silikon ile sabitlenmiştir. Daha sonra üzerine bir kat 0,3x7 cm ebadında kauçuk

malzeme çivi ve silikon ile yapıştırılmıştır. Eğimli yerin alt kısmına plastik hortum ile çıkış verilerek, gövdeden akacak suyu toplayacak olan oluktan toplama bidonuna aktarılması sağlanmıştır. Daha sonra silikon ile su kaçağı olmayacak şekilde boşluklar kapatılarak gövdeden akış düzeneği tamamlanmıştır (Şekil 2.9). Toplama bidonları 45, 70 ve 130 litre olmak üzere üç farklı büyüklükte seçilmiştir. Gövde kalınlıklarına göre bidonlar küçükten büyüğe doğru yerleştirilmiştir.

Gövdeden akış miktarı deneme alanında litre olarak ölçülmüş ve aşağıdaki formül kullanılarak m²'de mm olarak hesaplanmıştır (Özhan 1982, Zengin 1997).

$$Ga = \frac{V1n1 + V2n2 + \dots + V6n6}{A} \times 1000$$

Bu formülde:

Ga = Gövdeden akışla toprağa ulaşan yağış (mm)

V= Her bir deneme ağacında ölçülen gövdeden akışın miktarı (m³)

n= Her bir çap kademesindeki ağaç sayısı

A= Deneme alanının yüzölçümü (m²)

Elde edilen bu değerlerin açık alanda ölçülen toplam yağış miktarına oranlanması ile yağışın yüzdesi olarak gövdeden akış belirlenmiştir.



Şekil 2.9. Gövdeden akış ölçme düzenekleri.



Şekil 2.10. Gövdeden akış su toplama varilleri ve ölçekli ölçüm kovası.

2.2.4.4. İntersepsiyon

İntersepsiyon, toplam yağış miktarından gövdeden akış ve orman altı yağış miktarının çıkarılması ile elde edilen mm ve % değer olarak:

İntersepsiyon (mm) = Toplam yağış (mm) – (Orman altı yağış + Gövdeden akış)

$$\text{İntersepsiyon (\%)} = \frac{\text{İntersepsiyon (mm)}}{\text{Toplam Yağış (mm)}} \times 100$$

eşitlikleri yardımıyla hesaplanmıştır.

2.2.4.5. Yüzeysel Akış

Kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama parsellerinin her birinde 1x3 m boyutunda, uzun kenarı meyil yönüne paralel olmak üzere üçer adet yüzeysel akış parseli tesis edilmiştir. Parseller 20 cm genişliğinde galvanizli sac malzeme ile sınırlandırılmış ve 10 cm lik kısmı toprağa gömülmüştür. Yanlara su sızdırmaması için sacların birleşim yeri silikonla kapatılmıştır. Alt kenarda ise sacların uç kısmı üçgen şekilde birleştirilmiş ve uç kısmına plastik hortum yerleştirilerek çimentolu harçla sabitlenmiştir. Böylece yüzeysel akışla gelen suyun rahatlıkla toplama kabına aktarılması sağlanmıştır (Şekil

2.11). Toplama kabında ölçülen yağış 3,3 m²'lik parsel alanı dikkate alınarak mm birimine dönüştürülmüştür.



Şekil 2.11. Yüzeysel akış parseli.

2.2.5. Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması

Her yağış olayının sonunda, mümkün olduğunca sabah erken saatlerde araziye çıkılarak ölçüm ve örnek alımı yapılmasına dikkat edilmiştir. Deneme parsellerinde ve açık alanda; yağış suyu, orman altı yağış, gövdeden akış ve yüzeysel akış miktarları ölçülmüş ve ölçülen kaplar boşaltılarak saf su ile çalkalanmıştır. Ölçüldükten sonra bu parametrelerin her birinden her parseli temsil eden birer adet 0,5 litrelik su örneği alınmıştır. Poliüretan kaplara konan örnekler laboratuvara getirilerek pH, Eİ ve bulanıklık ölçümleri hemen yapılmıştır. Kalan örnekler filtre kağıdından süzülerek buzdolabında +4 °C sıcaklıkta saklanmış ve geri kalan analizlerin yapılmasına kadar muhafaza edilmiştir (Şekil 2.12) (Usta 2011).



Şekil 2.12. Su örneklerinin filtre edilmesi (a) ve buzdolabında saklanması (b).

2.2.6. Toprak Örneklerinin Alınması

Toprak özelliklerini belirlemek amacıyla her parselde usulüne uygun birer adet toprak çukuru açılmıştır (Şekil 2.13). Açılan çukurlardan 0-10, 10-30, 30-60 ve 60-100 cm derinlik kademelerinden hem torba örneği hem de silindir örneği alınmıştır. Silindir örnekleri her derinlik kademesinden çift örnek olarak alınmıştır. Üç parselden toplam 12 adet torba ve 24 adet silindir örneği alınmıştır.



Şekil 2.13. Araştırma alanında açılan toprak çukuru.

2.3. LABORATUVARDA UYGULANAN YÖNTEMLER

2.3.1. Su Analizleri

Araziden alınan su örneklerinde pH, Eİ, bulanıklık, toplam N ve toplam P analizleri Orman Fakültesi Havza Yönetimi ve Silvikültür Anabilim Dalı laboratuvarlarında, Ca, Mg, K ve Na analizleri ise Düzce Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı'nda (DÜBİT) gerçekleştirilmiştir.

2.3.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Su örneklerinde pH ve elektriksel iletkenlik (Eİ) ölçümleri, laboratuvarında ve su sıcaklıklarının 20-22 °C aralığında Hach Lange HQ40D marka çift kanallı Dijital Multiparametre cihazı ile ölçülmüştür.

2.3.1.2. Bulanıklık

Bulanıklık ölçümleri, Hach Lange 2100Q Turbidimetre cihazı ile NTU (Nephelometric Turbidity Unit) olarak ölçülmüştür. Cihaz 0-1000 NTU ölçüm aralığı ve \pm %2 doğrulukta ölçüm yapmaktadır.

2.3.1.3. Toplam Azot (TN)

Su örneklerinde toplam azot (TN), UV-VIS Shimadzu 1800 marka spektrofotometre cihazında 0,5–15,0 mg/L N ölçüm aralığında Spectroquant marka kitler kullanılarak fotometrik yöntemle ölçülmüştür.

2.3.1.4. Toplam Fosfor (TP)

Doğal sularda ve atık sularda fosfor, genelde fosfatlardan oluşur. Bunlar, ortofosfatlar PO_4^{3-} , kondanse fosfatlar (piro-, meta-, ve diğer polifosfatlar) ve organik bağlı fosfatlar olarak sınıflandırılırlar (Anonim 2009).

Toplam Fosfor (TP), UV-VIS Shimadzu 1800 marka spektrofotometre cihazında PMB 0,2–15,3 mg/l PO_4^{3-} ölçüm aralığında Spectroquant marka kitler kullanılarak fotometrik yöntemle ölçülmüştür.

2.3.1.5. Katyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)

Su örneklerinde katyon (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) analizleri Thermo Scientific X Series 2 marka ICP-MS kütle spektrometre cihazında EPA 6020A metoduna göre ölçülmüştür.

2.3.2. Toprak Analizleri

Toprak örnekleri hava kurusu hale geldikten sonra öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir.

Tekstür analizi için Bouyoucos'un hidrometre yöntemi kullanılarak kum, toz ve kil yüzdeleri bulunmuştur. Toprak türü ise Uluslararası tekstür üçgenine göre belirlenmiştir (Gülçür 1974, Arp 1999, Kantarcı 2000). Dispersiyon oranı Özyuvacı (1978) ve Özhan (2004)'e göre belirlenmiştir.

Silindir örneklerinde geçirgenlik (cm/saat), su tutma kapasitesi (%) ve hacim ağırlığı (gr/cm³) laboratuvarında Özyuvacı (1978)'e göre belirlenmiştir.

Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (Eİ) ölçümleri 1/2,5 oranında toprak-saf su karışımında bir gece bekletildikten sonra su analizlerinde de kullanılan Hach Lange HQ40D cihazı ile ölçülmüştür.

2.3.3. İstatistiksel Analizler

Verilerin bilgisayarda değerlendirilmesinde SPSS (Vers.21) paket istatistik programından yararlanılmıştır.

Aralama şiddetinin orman altı yağış (OAY), gövdeden akış (GA), toprağa ulaşan yağış (TUY), intersepsiyon (INT) ve yüzeysel akış (YA) miktarlarına etkisini belirlemek amacıyla elde edilen verilere varyans analizleri (ANOVA) uygulanmıştır (p<0,05). Yine aralama şiddetinin OAY, GA ve YA sularındaki pH, Eİ, bulanıklık, TN, TP, Ca, Mg, Na ve K miktarlarına etkisini belirlemek için elde edilen verilere varyans analizleri (ANOVA) uygulanmıştır (p<0,05). Açık alan yağış (TY), OAY ve GA sularında ölçülen parametrelerin birlikte karşılaştırılmasında işlem sayısı 7 kabul edilerek (TY + 3 OAY + 3 GA) tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Analizler tüm ölçüm periyodu, ölçüm dönemleri (yapraklı 2012, yapraklı 2013, yapraksız) ve yağış sınıflarına göre ayrı ayrı yapılmıştır.

Analizler öncesinde tüm değişkenlere ait verilerin normal dağılım gösterip göstermediği ve ayrıca varyansların homojen olup olmadığı kontrol edilmiştir. Normallik kontrolü “Shapiro-Wilk” testi ile varyansların homojenlik kontrolü ise “Levene’s testi” ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analiz sonuçlarının önemli (p<0,05) bulunması halinde değişkenlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır (p<0,05).

Her aralama şiddetinde kendi içinde olmak üzere TY, OAY, GA ve YA ile su kalite parametreleri (pH, Eİ, Bulanıklık, TN, TP, Ca, Mg, Na, K) arasındaki ilişkilere korelasyon (2-yönlü Pearson Cor.) analizleri ile bakılmıştır.

Ayrıca, her işlem kendi içinde olmak üzere yağış ile OAY, GA, INT arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile test edilmiştir. Regresyon analizinde eğrinin tahmininde yüksek belirtme katsayısı (r^2) ve en küçük standart hataya sahip denklemler seçilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. ARAŞTIRMA ALANINA AİT GENEL BULGULAR

Araştırma bulgularındaki yağış verilerinin değerlendirilmesine geçmeden önce parsellerin meşcere özellikleri, yaprak alan indeksi ve bazı toprak özellikleri kısaca alt başlıklarda değerlendirilecektir. Bu veriler araştırma alanının genel özelliklerini belirlemek amacıyla elde edilmiş olup istatistiki analize tabi tutulmamıştır.

3.1.1. Meşcere özellikleri

Bu çalışmada deneme sahalarında kontrol parselinde herhangi bir aralama müdahalesi yapılmamışken mutedil aralamada başlangıç göğüs yüzeyinin % 23,2'si, kuvvetli aralamada da % 47,4'ü çıkarılmıştır. Hektardaki ağaç sayısı aralamadan sonra kontrol parselinde 1312 ad/ha, mutedil aralama parselinde 1200 ad/ha, kuvvetlide de 1008 ad/ha kalmıştır. Göğüs yüzeyleri ise aynı sıraya göre hektarda 28,0; 23,6 ve 17,6 m²/ha'dır.

Çizelge 3.1. Aralama öncesi ve sonrasında parsellerin meşcere özellikleri.

Parsel	Aralama öncesi GY (m ² /ha)	Çıkan GY (m ² /ha)	Kalan GY (m ² /ha)	Aralama şiddeti (%)	Ölçüm Periyodu		Kontrol Göre % GY Azalışı
					2011 GY (m ² /ha)	2012 GY (m ² /ha)	
Kontrol	25,7	0,0	25,7	0,0	27,1	28,0	0,0
Mutedil	27,2	6,3	20,9	23,2	22,8	23,6	16,0
Kuvvetli	28,2	13,4	14,8	47,4	16,8	17,6	37,5

Mutedil aralamada % 23,2, kuvvetli aralamada % 47,4'lük GY azalışı parsellerin kendi GY'lerindeki azalmayı ifade etmektedir. Ancak yağış ölçümlerinin kıyaslanması kontrol parseline göre yapıldığı için aralama sonucu oluşan GY azalışı, kontrol parselindeki GY baz alınarak hesaplanmış ve değerlendirmeler bu % değerler üzerinden yapılmıştır (Çizelge 3.1). Bu azalış mutedil aralama işleminde ortalama % 16,0, kuvvetlide ise % 37,5'tir.

3.1.2. Yaprak Alan İndeksi (YAI)

Yaprak alan indeksi (YAI), ilk olarak Watson (1947) tarafından "toprağın birim alanı (1 m²) üzerindeki yaprakların bir yüzünün toplam alanı (m²)" olarak tanımlamıştır (Breda 2003). Meşcerenin yaprak içeriği YAI ölçümleriyle sayısal hale getirilebilmektedir (Cutini ve diğ. 1998). Yaprak alan indeksi hem meşcere mikro iklimi, tepe çatısı intersepsiyonu, radyasyon, su ve gaz alışverişleri etkilediği gibi ekosistemdeki biyo-jeokimyasal döngüde de anahtar rol oynamaktadır (Breda 2003).

YAI değeri farklı ekosistemlerde büyük değişkenlik göstermektedir. Kurak bölgelerde bu değer 1 m²/m²'nin altına düşerken, bazı ibrelili ormanlarda 20 m²/m²'nin üzerine çıkmaktadır (Kozłowski ve diğ. 1991). Yapılan araştırmalarda YAI değerinin aynı ağaç türünün farklı meşcereleri arasında önemli farklılıklar olabileceğini ortaya koymaktadır (Soudani ve diğ. 2002). Bunun yanında benzer YAI değerine sahip ormanlarda da yapısal farklılıklar nedeniyle intersepsiyon oranlarında farklı sonuçlar olabileceği belirtilmektedir (Levia ve diğ. 2011a).

Yağışın orman tepe çatısına ulaşım oradan orman tabanına ulaşımaya kadarki dağılımında meteorolojik özellikler ve vejetasyon/meşcere özellikleri etkilidir. Meşcere özelliklerinden tepe çatısı boşluk-kapalılık durumu ve yapraklanmaya bağlı olarak değişim gösteren YAI yağışın dağılımında etkilidir (Llorens ve Domingo 2007).

Araştırmanın yapıldığı 2012-2013 yıllarında Mayıs ve Temmuz aylarında YAI ölçümleri yapılmıştır. Yapraklanmanın Temmuz ayı sonunda maksimuma ulaştığı ve sonraki ayda artmadığı belirlenmiştir.

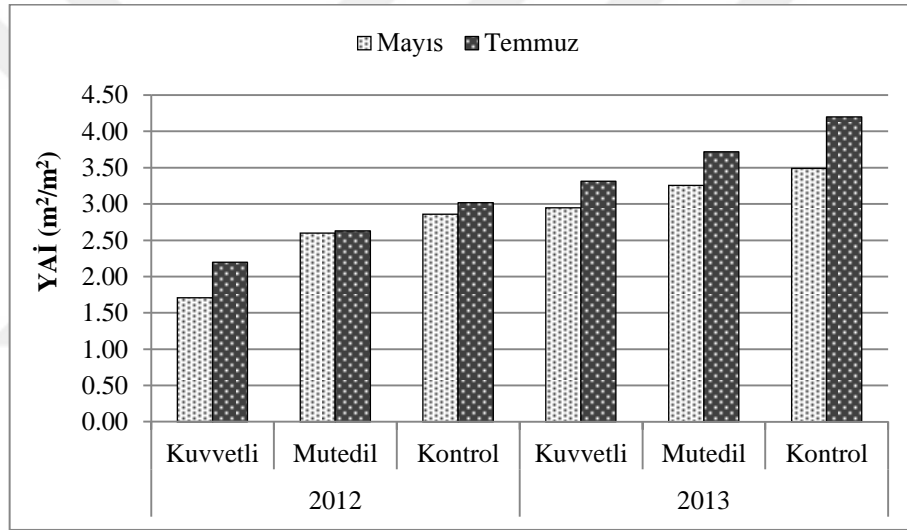
Çizelge 3.2. Yaprak alan indeksinin parsellerdeki değişimi.

Yaprak alan indeksi (YAI, m ² /m ²)				
Parsel	May 12	May 13	Tem 12	Tem 13
Kuvvetli	1,71 (40)	2,95 (15)	2,21 (27)	3,31 (21)
Mutedil	2,61 (9)	3,26 (7)	2,63 (13)	3,72 (11)
Kontrol	2,86	3,49	3,02	4,20

*Parantez içleri kontrol parseline göre YAI azalış yüzdelere dir.

Çizelge 3.2.'de görüldüğü gibi Temmuz ayındaki maksimum YAI değerleri, 2013 yılında bir önceki yıla göre ortalama % 40-50 arası artış göstermiştir. Kontrole kıyasla

mutedil ve kuvvetli aralama işlemlerinde YAI değerleri 2012’de sırasıyla % 13 ve % 27 daha düşükken 2013 yılında aynı sıraya göre % 11 ve % 21 azalış görülmektedir. Oysa aralama sonucu göğüs yüzeylerindeki kontrole göre azalışlar mutedilde % 16,0 kuvvetlide de % 37,5’tir. GY’deki oranlar bir yıl sonra pek değişmezken YAI değerlerinde artış görülmektedir. Yani YAI’nin aralamadan sonra hızlıca kontrol değerine yaklaştığı söylenebilir. Nitekim yapılan aralama çalışmalarında da bu durum vurgulanmaktadır (Çiçek ve diğ. 2010, Özbayram 2014). Adapazarı yöresinde dar yapraklı dişbudak plantasyon sahalarında Çiçek ve diğ. (2010) tarafından yapılan aralama denemesinde YAI’nin aralamadan 2 yıl sonra aralama öncesi durumuna geldiği belirtilirken; Düzce yöresinde kayın meşcerelerinde yapılan aralama çalışmasında ise YAI’nin 4 yıl sonunda aralama öncesi duruma geldiği belirtilmiştir (Özbayram 2014).



Şekil 3.1. Yaprak alan indeksinin parsellerdeki değişimi.

3.1.3. Toprak Özellikleri

Araştırma alanında her parselden bir adet toprak profili açılarak alanın toprak özellikleri belirlenmiştir. Çizelge 3.3.’te derinlik kademelerine göre toprak analiz sonuçları verilmiştir. Alanın toprak türü killi olup üst katmandan alta doğru inildikçe kil oranı artmakta ve ağır kil özelliği göstermektedir. Jeoloji haritasında da alanın killi kireçtaşı ana kayasından geliştiği belirtilmiştir (MTA 2002).

Alanın toprak türü killi olup üst katmandan alta doğru inildikçe kil oranı artmakta ve ağır kil özelliği göstermektedir. Jeoloji haritasında da alanın killi kireçtaşı ana

kayasından geliştiği belirtilmiştir. Yıkınma ile beraber kilin üst toprak katmanlarından taşındığı ve 30-60 cm'den sonra biriktiği görülmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Araştırma alanının bazı toprak özellikleri.

Parsel	Derinlik	Kum	Toz	Kil	Toprak Türü	pH 1/2,5 H ₂ O	Eİ µS/cm	Disp. Or.	Permeabilite cm/s	Su Tut. Kap %	Hac. Ağır. gr/cm ³
Kontrol	0-10	46,5	21,0	32,6	Hafif Kil	5,13	82,1	32,1	22,7	35,5	1,12
	10-30	35,2	23,3	41,5	Hafif Kil	5,40	76,3	26,1	10,3	32,1	1,35
	30-60	26,7	25,5	47,7	Ağır Kil	6,02	74,4	22,0	4,6	27,2	1,61
	60-100	34,3	20,1	45,6	Ağır Kil	7,15	61,5	22,9	0,5	30,6	1,65
Mutedil	0-10	48,0	19,1	32,9	Hafif Kil	5,53	106,8	33,1	12,1	36,1	1,26
	10-30	37,4	17,0	45,6	Ağır Kil	5,67	65,9	30,8	3,3	29,6	1,55
	30-60	28,9	16,0	55,2	Ağır Kil	5,86	79,4	22,7	1,2	28,5	1,52
	60-100	33,1	20,2	46,7	Ağır Kil	7,35	253,0	22,5	0,4	24,5	1,6
Kuvvetli	0-10	45,9	25,5	28,6	Hafif Kil	5,22	90,5	31,8	19,5	34,4	1,2
	10-30	43,7	21,3	35,0	Hafif Kil	6,11	70,5	26,8	15,1	31,7	1,45
	30-60	39,5	19,1	41,4	Hafif Kil	6,88	56,7	26,7	5,4	25,5	1,47
	60-100	33,1	17,0	49,9	Ağır Kil	7,04	52,4	22,5	0,3	31,8	1,58

Toprak asitliğine bakıldığında üst toprakların daha asidik karakterli olduğu; yıkınma ile beraber pH'nın düştüğü, alt toprak katmanlarına doğru ise pH'nın yükseldiği ve özellikle 100 cm'de pH'nın hafif bazik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Geçirgenlik değerleri 30 cm'ye kadar yüksek iken alt topraklara doğru geçirgenlik azalmaktadır. Dispersiyon oranı tüm parsel ve derinlik kademelerinde sınır değer olan 15'in üzerinde bulunmuş ve topraklarının erozyona duyarlı oldukları belirlenmiştir.

3.2. ARALAMA ŞİDDETİNİN YAĞIŞIN DİSPOZİSYONUNA ETKİSİ

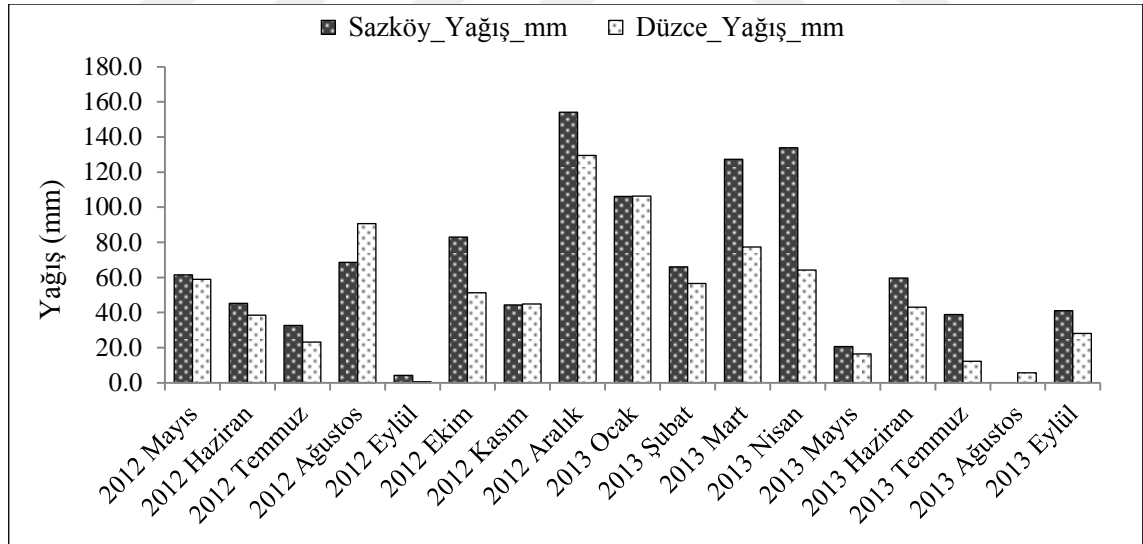
Yapılan çalışmada aralama şiddetine (kontrol, mutedil ve kuvvetli) bağlı olarak yağışın dispozisyonundaki/dağılımındaki bazı öğelerin (toplam yağış, orman altı yağış, gövdeden akış, toprağa ulaşan yağış, intersepsiyon ve yüzeysel akış) değişimi *miktar* ve *kalite* (bazı fiziksel ve kimyasal özellikler) olarak iki ana kısımda incelenmiştir. Miktar kısmı: *a) Tüm ölçüm periyodu* (17 Mayıs 2012- 18 Eylül 2013), *b) ölçüm dönemleri* (yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız), *c) yağış sınıfları* (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, >50 mm) olarak üç alt başlıkta değerlendirilirken; *kalite* parametreleri:

a) Tüm ölçüm periyodu, b) ölçüm dönemleri olmak üzere iki alt başlıkta değerlendirilmiştir.

Yağış miktarları toplam yağışın yüzdesi (%) olarak hesaplanmış ve istatistiki değerlendirmeye tabi tutularak alt başlıklarda verilmiştir.

3.2.1. Toplam Yağış (TY)

Araştırma periyodu süresince (17 ay) açık alanda toplam yağış ölçülmüştür. Çalışmada yağış ölçümlerine 2012 yılı Mayıs ayı ortasından başlanarak 2013 yılı Eylül ayı ortasına kadar devam edilmiştir. 17 ay boyunca 41 adet yağış ölçümü gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçüm periyodu içerisinde aylık en düşük yağış 2012 yılı Eylül ayında 4,2 mm olarak kaydedilirken en yüksek aylık toplam yağış ise 2012 yılı Aralık ayında 154,0 mm ölçülmüştür (Şekil 3.1). Ölçüm periyodu süresince toplam 1085,9 mm yağış gerçekleşmiştir. Araştırma alanına en yakın istasyon olan Düzce meteoroloji istasyonu (DMİ) verilerine göre 17 aylık periyotta Düzce Merkez’de toplam 846,1 mm yağış gerçekleşmiştir. Düzce Merkez’de en düşük ve en yüksek yağış gerçekleşen aylar 0,4 mm ile 2012 Eylül ve 129,5 mm ile 2012 Aralık ayı olmuştur (MGM 2013).



Şekil 3.2. Ölçüm periyodu süresince araştırma alanı ve Düzce Merkez’de aylık yağışlar.

Araştırma periyodu süresince ölçüm dönemleri “yapraklı 2012 (17 Mayıs-30 Kasım2012), yapraksız (01 Aralık 2012 - 13 Nisan 2013) ve yapraklı 2013 (21 Nisan 2013-18 Eylül 2013)” olarak üçe ayrılmıştır. Yapraklı 2012 vejetasyon döneminde açık alanda ölçülen toplam yağış 339,1 mm iken yapraklı 2013’te 241,0 mm, yapraksız

dönemde de 505,8 mm olarak gerçekleşmiştir. Deneme parsellerinde toplam yağış ve buna bağlı olarak yağışın orman tepe çatısına ulaştığı andan sonraki dispozisyonunda/dağılımında gerçekleşen değerler ölçüm dönemlerine göre ayrı ayrı Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Ölçüm dönemlerine göre yağışın dispozisyonundaki parametrelerin miktar (mm) ve oransal (yağışın %’si) dağılışı.

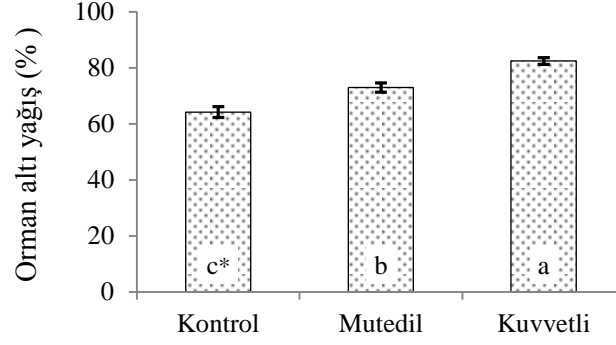
Yağış Tipi	İşlemler	Yapraklı 2012 (17 May-1 Ara)		Yapraklı 2013 (13 Nis-18 Eyl)		Yapraksız (1 Ara-13 Nis)	
		Yağış miktarı (mm)	Yağış yüzdesi (%)	Yağış miktarı (mm)	Yağış yüzdesi (%)	Yağış miktarı (mm)	Yağış yüzdesi (%)
Toplam yağış	Açık alan	339,1	100	241,0	100	505,8	100
Orman altı yağış (OAY)	Kontrol	218,3	64,4	157,4	65,3	383,7	75,9
	Mutedil	257,9	76,1	182,0	75,5	395,5	78,2
	Kuvvetli	287,7	84,9	203,6	84,5	424,1	83,9
Gövdeden akış (GA)	Kontrol	51,1	15,1	24,7	10,3	57,2	11,3
	Mutedil	51,5	15,2	28,9	12,0	56,0	11,1
	Kuvvetli	33,1	9,8	18,1	7,5	43,5	8,6
Toprağa ulaşan yağış (TUY=OAY+GA)	Kontrol	269,4	79,5	182,2	75,6	440,9	87,2
	Mutedil	309,4	91,2	211,0	87,5	451,5	89,3
	Kuvvetli	320,8	94,6	221,6	92,0	467,6	92,5
İntersepsiyon (INT)	Kontrol	69,6	20,5	58,8	24,4	64,9	12,8
	Mutedil	29,7	8,8	30,0	12,5	54,3	10,7
	Kuvvetli	18,2	5,4	19,4	8,0	38,2	7,5
Yüzeysel akış (YA)	Kontrol	0,6	0,2	0,1	0,0	0,4	0,1
	Mutedil	3,5	1,0	0,4	0,2	10,3	2,0
	Kuvvetli	11,5	3,4	3,6	1,5	32,1	6,3

3.2.2. Orman Altı Yağış (OAY)

3.2.2.1. Tüm Ölçüm Periyodunda OAY

Yağışın mercerede yaprak, dal, gövdeden damlama ve tepe çatısındaki boşluklardan geçerek toprağa doğrudan ulaşan kısmı orman altı yağış (OAY) olarak nitelendirilmektedir. Tüm ölçüm periyodu boyunca aralama şiddetine (işlemler: kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) bağlı olarak ortaya çıkan orman altı yağış miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-1’de verilmiştir. Varyans analizine göre işlemler arasında OAY miktarları istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.3).

Kuvvetli aralama işleminde orman altı yağış toplam yağışın % 82,5'i iken, mutedilde % 73,0'i ve kontrolde % 64,2'si olarak belirlenmiştir. OAY kuvvetli aralanmış parselde kontrol parseline göre % 21 daha fazla gerçekleşmişken, mutedil parselinde kontrole göre % 10 daha fazla bulunmuştur. Kuvvetli aralama işlemindeki OAY mutedil parselinden ise % 9 daha fazla gerçekleşmiştir.



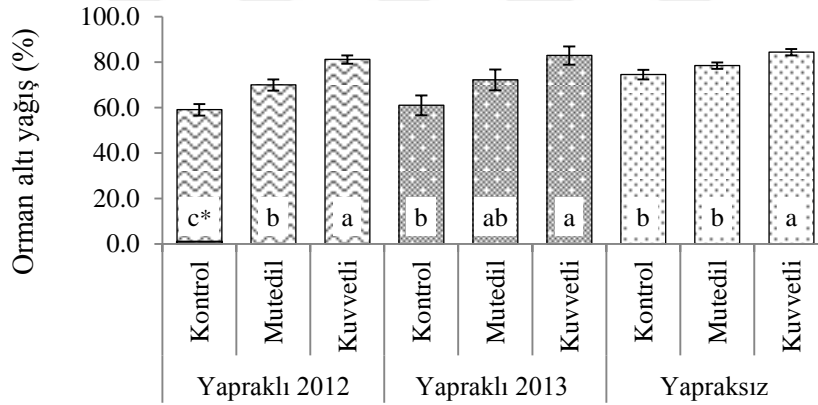
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.3. Tüm ölçüm periyodunda orman altı yağışların karşılaştırılması.

Aralama ile meşcereden çıkarılan gövdeler hem tepe çatısında boşlukların oluşmasına hem de göğüs yüzeyinin (GY) azalmasına neden olmaktadır. Müdahale şiddetinin artmasına paralel olarak OAY artış göstermektedir. Buna göre kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama parsellerinde OAY'ler sırasıyla toplam yağışın % 64,2; % 73 ve % 82,5'i olarak bulunmuştur. Ulaşılan sonuçlar ile benzer çalışmalardaki (Stogsdill Jr ve diğ. 1989, Bréda ve diğ. 1995, Aboal ve diğ. 2000, Llorens ve Domingo 2007, Ganatsios ve diğ. 2010, Molina ve del Campo 2012) sonuçlar paralellik arz etmektedir. Yine aralama müdahaleleri ile orman altı yağışın aralama müdahaleleri ile arttığı gövdeden akışın ise azaldığı, bu durumun biyokütlenin azalması ya da boşlukların artması ile orantılı olmadığı da vurgulanmaktadır (Oyarzún ve diğ. 2011). Nitekim GY'deki kontrol parseline göre azalış oranları kuvvetlide % 37,5, mutedilde % 16 iken YAİ değerlerindeki azalışlar aynı sıraya göre 2012'de kuvvetlide % 27, mutedilde % 13; 2013'te % 21 ve % 11 gerçekleşmiştir (Çizelge 3.2). Aralama şiddetinin artması ile OAY artışında, GY'den ziyade YAİ'nin daha etkili olduğu söylenebilir.

3.2.2.2. Ölçüm Dönemlerine Göre OAY

Çalışmada tüm ölçüm periyodu “*yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız*” olarak üç ölçüm dönemine ayrılmıştır. Üç dönem için aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak ortaya çıkan orman altı yağış (OAY) miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-2’de verilmiştir. Varyans analizi ile yapılan karşılaştırmada her üç dönemde işlemler arasında OAY miktarları bakımından istatistiki olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.4). *Yapraklı 2012* döneminde üç işlem arasında fark bulunurken, yağışın yüzdesi olarak OAY’ler büyükten küçüğe doğru sırasıyla kuvvetli aralamada % 81,2, mutedilde % 70,0 ve kontrolde % 59,1 bulunmuştur. *Yapraklı 2013* döneminde kontrol ve kuvvetli aralama işlemleri birbirinden farklı iken mutedil bu iki işlemle benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.4). OAY’ler *yapraklı 2013* döneminde sırasıyla kuvvetli aralamada % 82,9; mutedilde % 72,2; kontrolde % 61,0 olarak gerçekleşmiştir. *Yapraksız* dönemde ise kontrol ve mutedil aralama işlemi birbirine benzer bulunurken kuvvetli aralama işlemi bu ikisinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.4).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

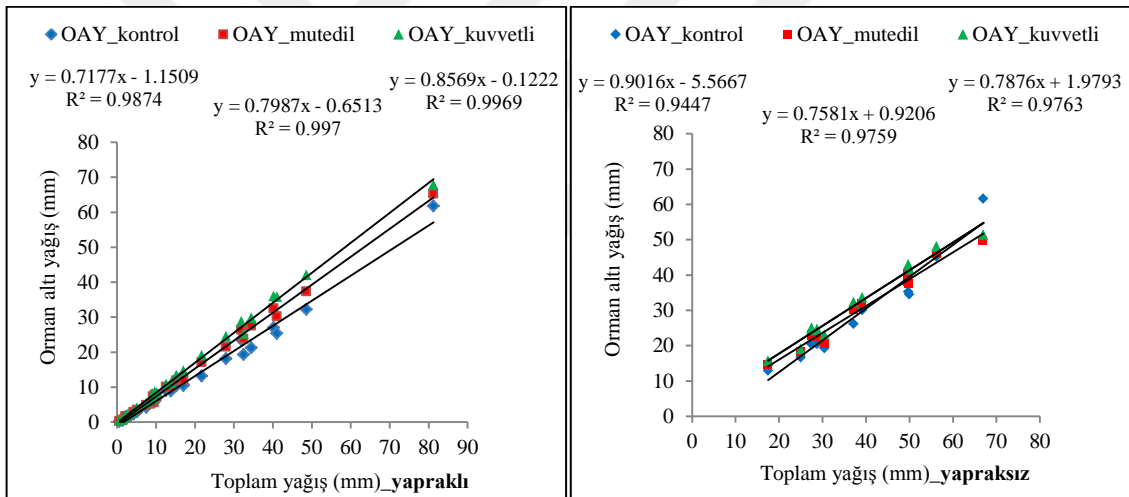
Şekil 3.4. Ölçüm dönemlerinde orman altı yağışların karşılaştırılması.

Yapraksız dönemde yağışın yüzdesi olarak orman altı yağışlar büyükten küçüğe doğru kuvvetlide % 84,4, mutedilde % 78,5, kontrolde % 74,5 olarak belirlenmiştir.

Kuvvetli aralama işlemi kontrole göre; *yapraklı 2012*'de % 31,8, *yapraklı 2013*'te % 29,3 ve *yapraksız*'da % 10,5 daha fazla OAY'ye sahipken, mutedil işlemi kontrolden aynı sıraya göre % 18,1, % 15,6 ve % 3,1 daha fazla bulunmuştur. Kuvvetli aralamada

orman altı yağışlar mutedilden *yapraklı 2012*, *yapraklı 2013* ve *yapraksız* dönemlere göre sırası ile % 11,6; % 11,8 ve % 7,3 daha fazla gerçekleşmiştir.

Genel olarak yapraklı vejetasyon dönemlerindeki OAY miktarları yapraksız döneme göre daha düşük bulunmuştur. OAY miktarları *yapraklı 2012*, *yapraklı 2013* ve *yapraksız* dönem sırasına göre kontrol parselinde % 59,1; % 61,0 ve % 74,5, mutedilde % 70 % 72,2 ve % 78,5, kuvvetli aralama parselinde de % 81,2 % 82,9 ve % 84,4 olarak belirlenmiştir. Parsel bazında aralama müdahalesi ile orman altı yağışın değişiminin araştırıldığı çalışmalarda (Stogsdill Jr ve diğ. 1989, Bréda ve diğ. 1995, Bäumler ve Zech 1997, Aboal ve diğ. 2000, Molina ve del Campo 2012) aralama şiddeti ile orman altı yağışın pozitif yönde arttığı görülmektedir. Yapılan regresyon analizi sonucunda hem yapraklı hem de yapraksız dönemde her üç parselde toplam yağış ile OAY arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunmuştur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Toplam yağış ile orman altı yağış arasındaki ilişkiler.

Ayrıca yine parsel bazında ve tür düzeyinde mevsimsel olarak karşılaştırılan OAY çalışmalarına bakılacak olursa normal kapalılığa sahip ağaçlık çağındaki meşe (*Quercus dschorochensis*) ve kayın (*Fagus orientalis*) karışık meşçeresinde OAY yapraklı dönemde % 75,4, yapraksız dönemde de % 82,7 bulunduğu (Özhan ve diğ. 2011), Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica.*) orman altı yağış yapraklı dönemde % 63 yapraksız dönemde de % 80 olduğu (Staelens ve diğ. 2008) belirlenmiştir. İran'ın kuzeyindeki Hazar ormanlarında kayın (*Fagus orientalis*) meşçeresinde yapılan başka bir çalışmada

sadece büyüme döneminde ölçülen mm toplam yağışın (1001,5) % 72,7 sine karşılık gelen OAY (728 mm) belirlenmiştir.

Meşcere ve tepe çatısının yapısal özellikleri yağışın tepe çatısından aşağı doğru bölümlenerek ulaşmasında baskın bir rol oynar (Frost 2007). Dolayısıyla meşcerenin dikey yöndeki katlılığı, sıklığı, dallanma durumu, tepe çatısındaki boşluk miktarı, yaprak yüzey alanı gibi özellikler intersepsiyon ve orman altı yağışı direkt etkilemektedir. Yapraklanmanın artmasıyla intersepsiyon depolama alanının arttığı ve dolayısıyla intersepsiyon miktarının arttığı ve orman altı yağışın azaldığı bilinmektedir. Yapraklı dönemlerde aralama şiddetine bağlı olarak orman altı yağış değerleri işlemler arasında farklılık göstermektedir. Aralama ile azalan kapalılık ve yaprak alan indeksi (YAI) ve tepe çatısında artan boşluklar kontrole kıyasla diğer parsellerde OAY miktarında artışa neden olmuştur. Yapraksız dönemdeki OAY miktarları yapraklı dönemlere göre artış gösterirken aralama işlemleri arasındaki fark azalmıştır. Bu farklılığın ana sebeplerinden olan YAI ve intersepsiyon depolama alanı, yaprakların dökülmesiyle önemli derecede azalmakta ve bunun sonucunda parseller arasında oluşan farkın da önemli derecede azalmasına neden olduğu düşünülmektedir.

3.2.2.3. Yağış Sınıflarına Göre OAY

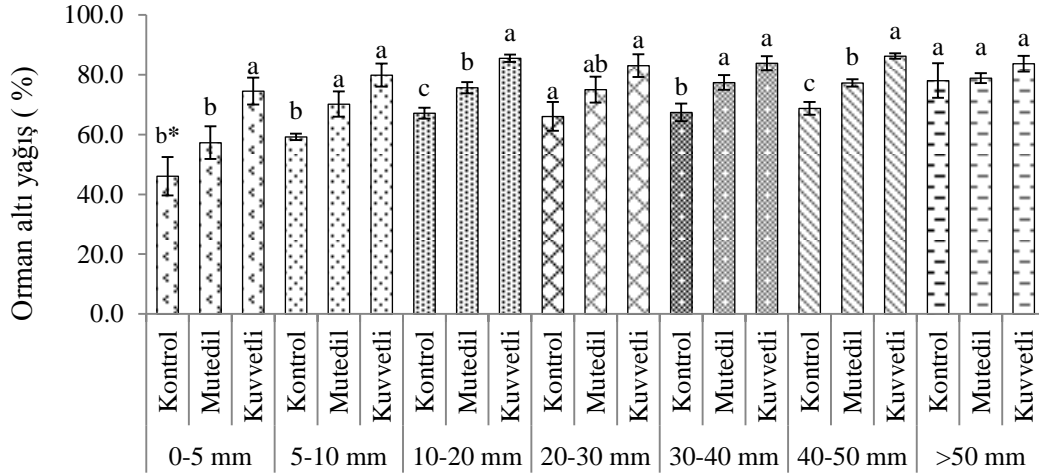
Ölçüm periyodu boyunca meydana gelen yağışlar yağış miktarına göre sınıflandırılarak 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 ve >50 mm olmak üzere ayrılmıştır. Yağış sınıfları için aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak meydana gelen orman altı yağış miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-3'te verilmiştir. Varyans analizine göre >50 mm sınıfı hariç diğer sınıflarda işlemler arasında OAY miktarları bakımından istatistiki olarak fark bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.6).

0-5 mm yağış sınıfında ($n=6$), kontrolle mutedil aralama işlemi birbirine benzer olup kuvvetli işleminden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.6). 0-5 mm de OAY'ler kontrolde % 46,1 mutedilde % 57,3 ve kuvvetli aralamada % 74,5 gerçekleşmiştir.

5-10 mm de ($n=5$) OAY'ler mutedille kuvvetli işleminde birbirine benzer iken kontrolden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.6). Bu sınıfta yağışın yüzdesi olarak OAY değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetlide aralamada sırasıyla % 59,2; % 70,2 ve % 79,9 gerçekleşmiştir.

10-20 mm de (n=7) her üç işlem birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.6). OAY değerleri sırasıyla % 67,2; % 75,7 ve % 85,5 gerçekleşmiştir.

20-30 mm de (n=7) mutedil işlemi kontrol ve kuvvetli aralama ile benzerlik gösterirken kontrol ve kuvvetli aralama işlemi birbirinden istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.6). OAY değerleri sırasıyla % 66,1; % 75,0 ve % 83,1 gerçekleşmiştir.



*Aynı sınıf içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.6. Yağış sınıflarına göre orman altı yağışların karşılaştırılması.

30-40 mm yağış (n=6) sınıfında OAY mutedille kuvvetli aralama işleminde birbirine benzer iken kontrolden farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.6). Bu sınıfta yağışın yüzdesi olarak OAY değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama parsellerinde sırasıyla % 67,4; % 77,4 ve % 83,9 gerçekleşmiştir.

40-50 mm de (n=6) her üç işlem birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.6). OAY değerleri sırasıyla % 68,8; % 77,3 ve % 86,3 olarak bulunmuştur.

Yağış miktarı >50 mm de (n=4) ise her üç aralama işlemi istatistiki olarak farksız bulunurken ($p>0,05$; Şekil 3.6) OAY değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetli aralamada sırasıyla % 78,0; % 78,9 ve % 83,7 gerçekleşmiştir.

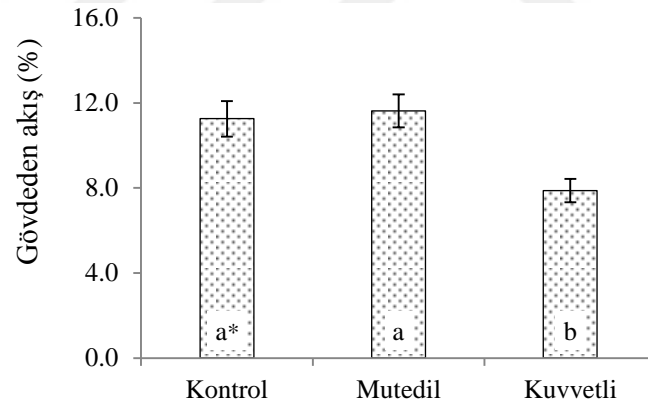
Yağış sınıflarına göre bakıldığında en düşük orman altı yağış 0-5 mm yağış sınıfında görülmektedir. 0-5 mm sınıfında özellikle kontrol parselindeki OAY % 46,1 bulunmuştur. Bunu 5-10 mm yağış sınıfını takip ederek bu değer % 59,2'ye kadar

yükselmiştir. Yağış miktarının artışına bağlı olarak orman altı yağış değerleri artış göstermekle beraber 10-50 mm arasında bu miktarlar benzer seyrederken 50 mm'den sonra özellikle kontrol ve mutedil aralama işleminde bir miktar daha artış görülmektedir (Şekil 3.6). Zaten toplam yağış ile orman altı yağış arasında kuvvetli doğrusal ilişki belirlenmiştir (Şekil 3.4). Yağış miktarının ve süresinin artması ile orman altı yağışın arttığı yapılan çalışmalarda da bildirilmektedir (Özhan 1982, Zengin 1997, Marin ve diğ. 2000, Ahmadi ve diğ. 2009, André ve diğ. 2011).

3.2.3. Gövdeden Akış (GA)

3.2.3.1. Tüm Ölçüm Periyodunda GA

Meşcere çatısı tarafından tutulan yağışın ağaç gövdelerinden aşağı doğru akarak toprağa ulaşan kısım olan gövdeden akış (GA) tüm ölçüm periyodu boyunca işlemlere göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçları EK-1'de verilmiştir. Varyans analizine göre; GA miktarları arasında kontrol ve mutedil işlemleri benzer olup, bu iki işlem kuvvetli aralama işleminden istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.7).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.7. Tüm ölçüm periyodunda gövdeden akışların karşılaştırılması.

Yağışın yüzdesi olarak GA değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetli işlemlerinde sırasıyla % 11,3, % 11,6 ve % 7,9 olarak belirlenmiştir. GA miktarları kontrol ve mutedil aralama parsellerinde kuvvetli aralamadan ortalama % 42 daha fazla gerçekleşmiştir.

Gövdeden akış ölçümleri tüm ölçüm periyodunda kontrol ve mutedil aralama parsellerinde farksız bulunurken kuvvetli aralama parselinde düşük bulunmuştur. Aralama müdahalesi sonucunda; kontrol parseline ($GY_{kontrol}: 27,97 \text{ m}^2/\text{ha}$) göre mutedil aralama parselindeki %16'lık GY azalışı ($GY_{mutedil}: 23,6 \text{ m}^2/\text{ha}$) gövdeden akışta herhangi bir değişikliğe neden olmazken şiddetli aralama parselindeki % 37,5'lik GY azalışı ($GY_{şiddetli}: 17,55 \text{ m}^2/\text{ha}$) sonucunda gövdeden akışın azaldığı görülmektedir (Şekil 3.7).

Aralama müdahalesi ile meşcerede azalan gövde miktarı ve artan tepe çatısı boşluk miktarı neticesinde gövdeden akışın (GA) azaldığı belirlenmiştir. Nitekim Molina ve del Campo (2012) de yaptıkları çalışmada benzer ilişkiden bahsetmektedirler. Ancak aralamaya bağlı olarak GA'daki bu azalışın biyokütle ya da boşluklarda meydana gelen azalma ile orantılı olarak gerçekleşmediği de belirtilmektedir (Oyarsún ve diğ. 2011).

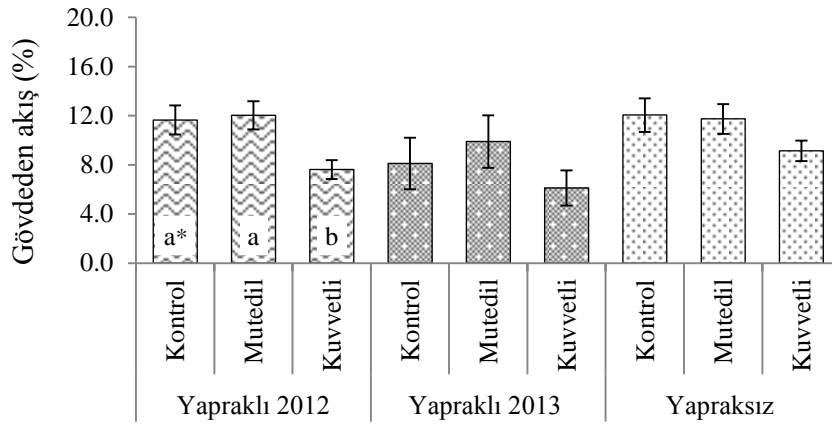
Gövdeden akışın miktarı ağaç türü-yaprak karakteristiklerine, dal açısına, kabuk özelliklerine, meteorolojik özelliklere (yağışın şiddeti, miktarı ve süresi, rüzgar hızı vb.) göre çok fazla değişkenlik gösterdiği (Crockford ve Richardson 2000, Levia Jr ve Frost 2003) ve değişik ekolojik bölgelerde de (tropikal, ılıman ve yarı kurak) toplam yağışın % 27'sine kadar ulaştığı belirtilmektedir (Levia Jr ve Frost 2003). Nitekim Çepel (1965) yaptığı bir çalışmada 50 yaşında ve direklik çağındaki % 80 kapalılıktaki doğu kayını meşceresinde iki yıllık ölçüm ortalamasına göre GA'yı %15 olarak belirlemişken; İran'ın Hazar bölgesinde doğu kayınında yapılan başka bir çalışmada ise GA % 2,5 bulunmuştur (Ahmadi ve diğ. 2011).

3.2.3.2. Ölçüm Dönemlerine Göre GA

Ölçüm dönemlerine göre “*yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız*” olarak ayrılan üç dönem için, aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak ortaya çıkan gövdeden akışlara ait varyans analizi sonuçları EK-2'de verilmiştir. Varyans analizine göre *yapraklı 2012* döneminde kuvvetli aralama işlemi kontrol ve mutedilden istatistiki olarak farklı bulunmuştur. Diğer iki dönemde (*yapraklı 2013 ve yapraksız*) GA'larda işlemler arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$; Şekil 3.8).

Yapraklı 2012'de yağışın yüzdesi olarak GA'lar kontrolde % 11,6, mutedilde % 12,0 ve kuvvetli aralamada % 7,6 bulunmuştur. *Yapraklı 2013*'te GA'lar kontrolde % 8,1,

mutedilde % 9,9 ve kuvvetlide % 6,1 iken *yapraksız* dönemde ise aynı sıraya göre % 12,0; % 11,7 ve % 9,1 GA gerçekleşmiştir.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.8. Ölçüm dönemlerinde gövdeden akışların karşılaştırılması.

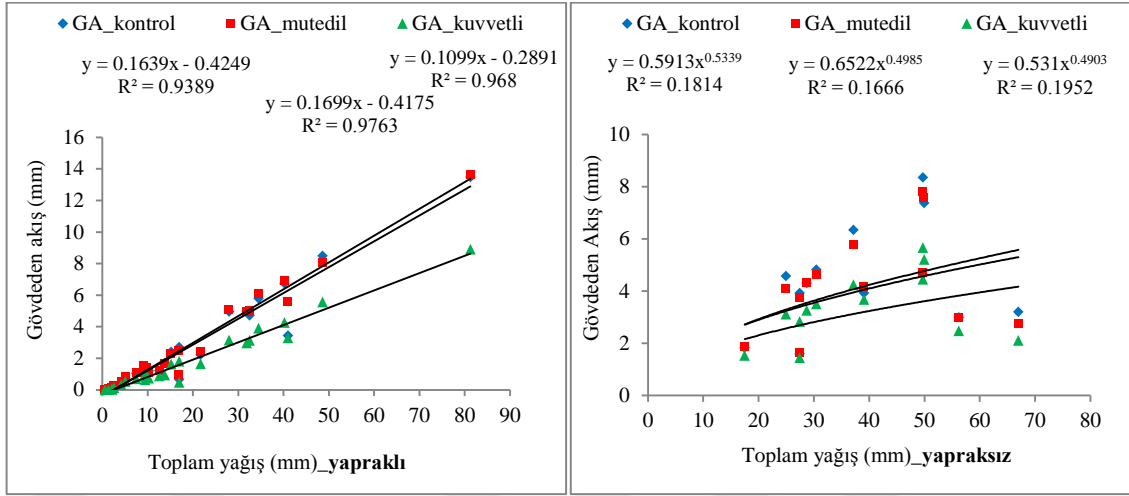
Yapraklı 2012'de kontrole göre mutedil aralama işlemindeki GA miktarı hemen hemen aynı iken, kuvvetli işlemde GA kontrole göre % 54,4 daha az gerçekleşmiştir.

Yapraklı 2013 döneminde kontrol parseline göre mutedil aralamada % 14,5 daha fazla GA meydana gelirken kuvvetlide % 37 daha az GA oluşmuştur.

Yapraksız döneme bakıldığında kontrole göre mutedilde % 2,2 kuvvetli aralamada ise % 31,5 daha az GA gerçekleşmiştir.

Parsellerdeki yaprak alan indeksi (YAI) değerlerine bakıldığında 2012 yılı Mayıs ayı ölçümlerinde kontrol, mutedil ve kuvvetli parsellerinde sırası ile 2,86; 2,61 ve 1,71 m^2/m^2 YAI belirlenirken, 2013 yılı aynı dönemde yine aynı sıra ile 3,49; 3,26 ve 2,95 m^2/m^2 YAI belirlenmiştir. İklim diyagramlarından da görüldüğü üzere araştırma süresince yağış ve sıcaklıkların düzensiz ve uzun yıllar ortalamasından farklı oldukları belirlenmiştir (Şekil 2.2). Yağış verileri 2011 yılında toplam yağışın ortalamadan % 20 daha az gerçekleştiğini göstermektedir (Çizelge 2.1). Ayrıca yağışın düşük kalmasının yanında 2011 ve 2012'deki ortalama sıcaklık değerlerinin uzun yıllar ortalamasının üzerinde seyretmesi 2012 yılındaki yapraklanmanın düşük gerçekleşmesine neden olmuş olabilir. 2013 yapraklı döneminde 2012 yılına göre toplam yağışın daha düşük ve YAI'nin ise yüksek olması GA değerlerinin düşük çıkmasına sebep olmuş olabilir.

Yapılan regresyon analizleri toplam yağış ile GA'nın sadece yapraklı dönemde anlamlı pozitif ilişki gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Toplam yağış ile gövdeden akış arasındaki ilişkiler.

Yaprağını döken ormanlarda mevsimsel değişikliğin ve yapraklanmanın gövdeden akış miktarını önemli derecede etkilediği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Neal ve diğ. 1993, Frost 2011). Nitekim Neal ve diğ. (1993) Avrupa kayınında gövdeden akışı yapraksız dönemde % 9-16, yapraklı dönemde ise % 1-2 olarak bulmuştur.

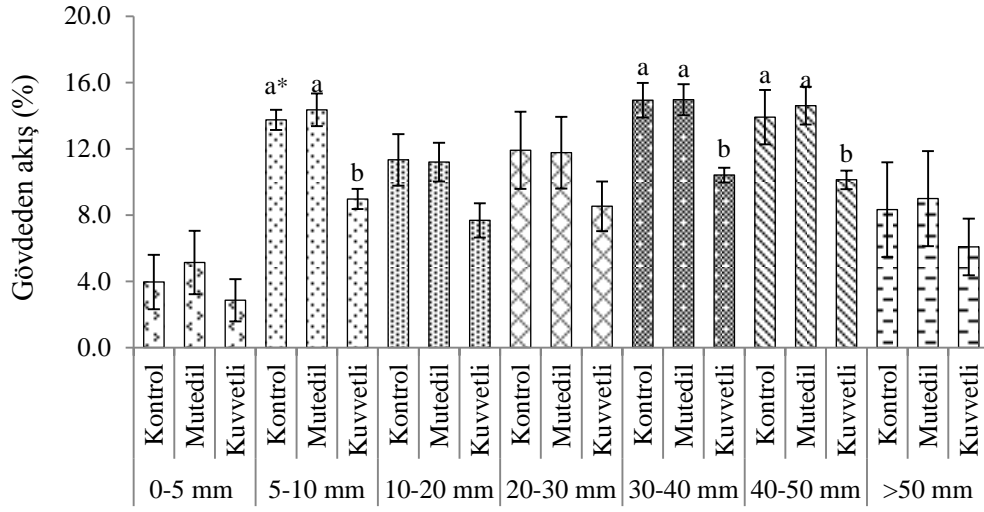
3.2.3.3. Yağış Sınıflarına Göre GA

Her yağış sınıfında aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak meydana gelen gövdeden akışlar varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçları EK-3'te verilmiştir. Varyans analizine göre; 5-10, 30-40 ve 40-50 mm'de işlemler arasında GA miktarları bakımından istatistiki olarak anlamlı fark bulunurken ($p < 0,05$) diğer sınıflarda herhangi bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$; Şekil 3.10).

5-10 mm yağış sınıfında, kontrolle mutedil işlemi birbirine benzer olup bu işlemler kuvvetli aralama işleminden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.10). 5-10 mm'de GA'lar yağışın yüzdesi olarak kontrolde % 13,7 mutedilde % 14,3 ve kuvvetli aralamada % 9,0 bulunmuştur.

30-40 ve 40-50 mm'de de GA'lar mutedille kuvvetli aralama işleminde birbirine benzer iken kontrolden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.10). Bu iki sınıfta da yağışın yüzdesi olarak GA değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetli aralamada sırasıyla 30-40 mm

için % 14,9; % 15,0 ve % 10,4; 40-50 mm için ise % 13,9; % 14,6 ve % 10,1 olarak gerçekleşmiştir.



*Aynı yağış sınıfında farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

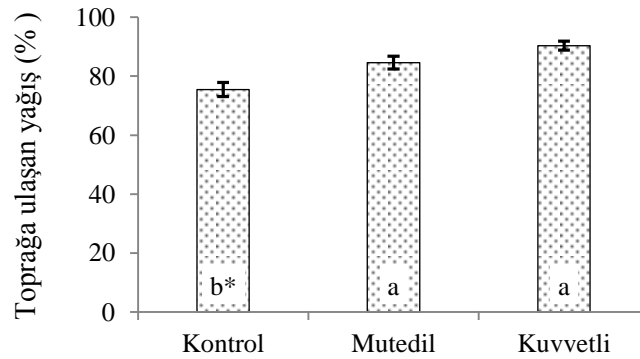
Şekil 3.10. Yağış sınıflarına göre gövdeden akışların karşılaştırılması.

Yağış sınıflarına göre bakıldığında GA'lar 0-5 mm yağışta toplam yağışın % 3-5'i arasında değişmektedir. Ancak yağışın 5 mm'den fazla gerçekleştiği durumlarda GA miktarının arttığı ve bu miktarın toplam yağışın % 6 ile % 15'i arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.10). Kontrol parseli ile mutedil aralama parselinde GA yüksek (%13-15) ve birbirine benzer bulunmuşken kuvvetli aralama parselinde GA daha düşük (% 6-10) gerçekleşmiştir. Nitekim hem hektardaki gövde sayısı hem de yağış miktarının artması GA verimini artıracığı (yağışın yüzdesi olarak) belirtilmektedir (Crockford ve Richardson 2000). Avrupa Kayınında yapılan başka bir çalışmada 2-5 mm yağış sınıfında GA yapraklı dönemde % 3,3 yapraksız dönemde % 7,3 olarak belirlenirken, 5-35 mm sınıfında GA yapraklı dönemde % 5,9-8,9; yapraksız dönemde de % 11-13 arasında değiştiği belirtilmiştir (Staelens ve diğ. 2008). Yağış miktarının artmasıyla GA miktarının arttığı ancak >50 mm sınıfında gövdeden akışın bir miktar azaldığı görülmektedir (Şekil 3.10). Bunun nedeni yoğun yağış olaylarında ağaç gövdelerindeki suyun akış yollarındaki aşırı yüklenmeye bağlı olarak ve büyük ihtimalle dallardan damlama miktarının artması ile GA'nın OAY'ye dönüşmesi ile açıklanabilir (Crockford ve Richardson 2000).

3.2.4. Toprağa Ulaşan Yağış (TUY)

3.2.4.1. Tüm Ölçüm Periyodunda TUY

Orman altı yağış ve gövdeden akış miktarları toplamı toprağa ulaşan yağış (TUY) ya da net yağış olarak adlandırılmaktadır. Tüm ölçüm periyodu boyunca aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak ortaya çıkan TUY miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-1'de verilmiştir. Varyans analizine göre; TUY miktarları kuvvetli ve mutedil aralama işlemleri arasında birbirine benzer olup kontrol işlemindeki TUY bu iki işlemten daha düşük ve istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.11).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

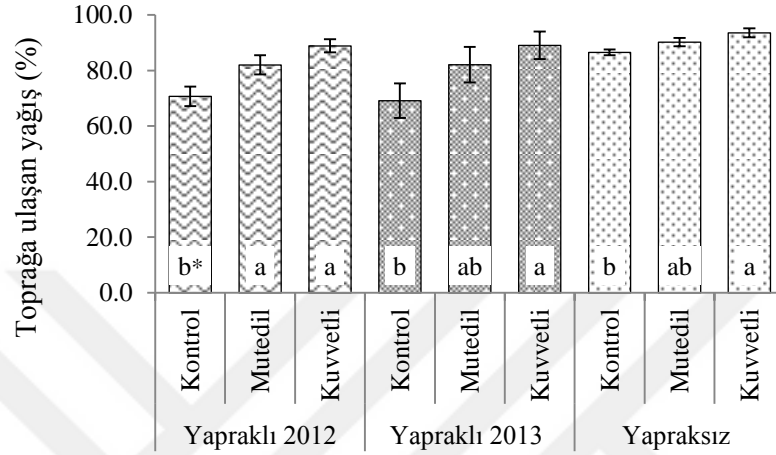
Şekil 3.11. Tüm ölçüm periyodunda toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.

Yağışın yüzdesi olarak TUY miktarları kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama işlemlerinde sırasıyla % 75,5; % 84,6 ve % 90,4 olarak belirlenmiştir. Kontrole göre kuvvetli aralamada % 13,2; mutedilde ise % 8,9 daha fazla TUY meydana gelmiştir. Ayrıca kuvvetli aralama parselindeki TUY mutedilden % 4 daha fazla gerçekleşmiştir.

Orman altı yağış (OAY) ve gövdeden akışın (GA) toplamı olan TUY miktarı intersepsiyondan (INT) arta kalan ya da net yağış olarak da nitelendirilir. Aralama şiddetinin artmasına paralel olarak INT ve GA miktarları azalırken OAY artış göstermektedir. Yağışın yüzdesi olarak orman altı yağışlar gövdeden akışlardan miktar olarak daha yüksek gerçekleştiği için TUY miktarları da OAY'ye benzer şekilde aralama şiddetinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu sonuçlar intersepsiyon bahsinde belirtilen ilişkilerle benzerlik göstermektedir (Özhan 1982).

3.2.4.2. Ölçüm Dönemlerine Göre TUY

Ölçüm dönemlerine göre aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak toprağa ulaşan yağış miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-2’de verilmiştir. Varyans analizine göre; üç dönemde de (*yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız*) TUY miktarları işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.12).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.12. Ölçüm dönemlerinde toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.

Yapraklı 2012'de kuvvetli ve mutedil aralama işlemlerindeki TUY miktarları istatistiki olarak birbirinden farksızken, kontrol bu iki işlemten farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.12). Yağışın yüzdesi olarak TUY kontrolde % 70,7, mutedilde % 82,0 ve kuvvetlide % 88,9 belirlenmiştir. Toprağa ulaşan yağış kontrole göre mutedilde %14,8; kuvvetlide ise % 19,1 daha fazla gerçekleşmiştir.

Yapraklı 2013 döneminde kontrol ve kuvvetli aralama işlemleri istatistiki olarak birbirinden farklı iken mutedil işlemi bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.12). TUY kontrolde % 69,1, mutedilde % 82,1 ve kuvvetlide % 89,1 bulunmuştur. Kontrole kıyasla TUY miktarları mutedilde % 15,8 fazla iken kuvvetlide % 21,7 daha fazla bulunmuştur.

Yapraksız dönemde de kontrol ve kuvvetli aralama işlemleri birbirinden farklı iken mutedil bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.12). TUY kontrolde % 86,5;

mutedilde % 90,2 ve kuvvetlide % 93,5 olarak belirlenmiştir. Yapraksız dönemde kontrole oranla TUY miktarı mutedilde % 2,4, kuvvetlide ise % 6,1 fazla ölçülmüştür.

Dönemsel olarak bakıldığında yapraksız dönemde yağışın orman altına ulaşan miktarının artmasına bağlı TUY miktarları oransal olarak yapraklı dönemlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Aralama şiddetinin artmasına paralel olarak hektardaki ağaç sayısı ve göğüs yüzeyindeki azalmanın yanı sıra tepe çatısında meydana gelen boşluklar artış göstermektedir. Ve yine aralama ile YAİ miktarındaki azalmaya bağlı olarak intersepsiyon depolama kapasitesinin azalması neticesinde TUY miktarlarında artışlar görülmüştür. Yapılan çalışmalar da bulunan sonuçlarla benzerlik arz etmektedir (Çepel 1968, Özhan 1982, Stogsdill Jr ve diğ. 1989, Zengin 1997, Aboal ve diğ. 2000, Crockford ve Richardson 2000, Llorens ve Domingo 2007, Staelens ve diğ. 2008, Levia ve diğ. 2011a).

3.2.4.3. Yağış Sınıflarına Göre TUY

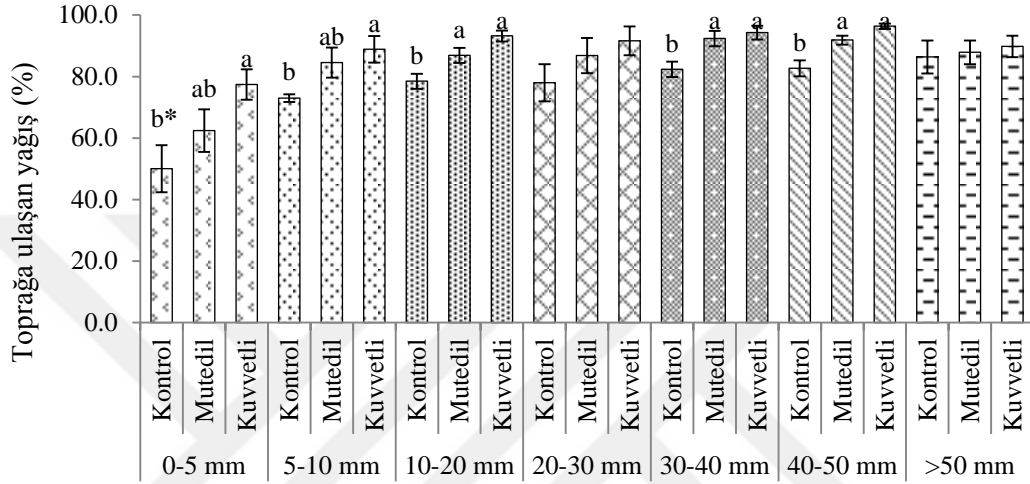
Yağış miktarına göre 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 ve >50 mm olarak ayrılan yağış sınıfları için aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak toprağa ulaşan yağış miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-3'te verilmiştir. Varyans analizine göre; 20-30 ve >50 mm sınıflarında işlemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$) diğer sınıflarda işlemler arasında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.13).

0-5 ve 5-10 mm yağış sınıflarında; kontrolle kuvvetli aralama işlemleri birbirinden farklı olup mutedil işlemi bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.13). Toprağa ulaşan yağış (TUY) 0-5 mm'de kontrolde % 50,0; mutedilde % 62,4 ve kuvvetli aralamada % 77,4 gerçekleşirken 5-10 mm'de bu miktarlar aynı sırayla % 73,0; % 84,5 ve % 88,8 gerçekleşmiştir.

10-20, 30-40 ve 40-50 mm yağış sınıflarında; mutedille kuvvetli aralama işlemleri birbirine benzer bulunurken bu iki işlem kontrolden farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.13). Yağışın yüzdesi olarak TUY miktarları 10-20 mm yağışta kontrolde % 78,5, mutedilde % 86,9, kuvvetlide % 93,2; 30-40 mm yağışta aynı sıraya göre % 82,3, %

92,4 ve % 94,3; 40-50 mm yağışta da yine sırasıyla % 82,7, % 91,9 ve % 96,4 olarak gerçekleşmiştir.

20-30 ve >50 mm'de ise işlemler arasında istatistiki olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$; Şekil 3.13). TUY değerleri 20-30 mm'de kontrolde % 78,0, mutedilde % 86,8 ve kuvvetli aralamada % 91,6 bulunurken, >50 mm'de aynı sırayla % 86,4; % 87,9 ve % 89,8 bulunmuştur.



*Aynı yağış sınıfı içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.13. Yağış sınıflarına göre toprağa ulaşan yağışların karşılaştırılması.

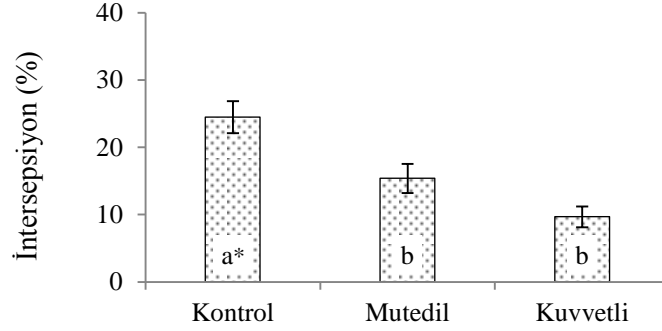
İntersepsiyon kaybından geri kalan kısım olan TUY miktarı yağış miktarının artmasına bağlı olarak artış göstermekte ancak bu artış süreklilik arz etmemektedir. 5 mm ye kadar düşük olan TUY miktarları yağışın 5 mm'yi aşması ile artmakta ve 10 mm'den sonra benzer seyretmektedir (Şekil 3.13). Bu durum; 5 mm'ye kadar intersepsiyon depolamasının dolması ve daha sonra intersepsiyonun pek fazla değişmemesi hatta azalması (yağışın yüzdesi olarak) ile birlikte OAY ve GA miktarlarındaki artış ile açıklanabilir (Crockford ve Richardson 2000, Staelens ve diğ. 2008).

3.2.5. İntersepsiyon (INT)

3.2.5.1. Tüm Ölçüm Periyodunda INT

Yağışın toprağa ulaşmadan bitkiler tarafından tutularak buharlaşma yoluyla kaybedilen miktarı olan intersepsiyon (INT), ölçüm periyodu boyunca işlemlere göre varyans

analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçları EK-1’de verilmiştir. Varyans analizine göre; işlemler arasında intersepsiyon (INT) miktarları bakımından kontrol ve mutedil işlemleri birbirinden farksızken kuvvetli aralama işlemi bu iki işlemten farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.14).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.14. Tüm ölçüm periyodunda intersepsiyonların karşılaştırılması.

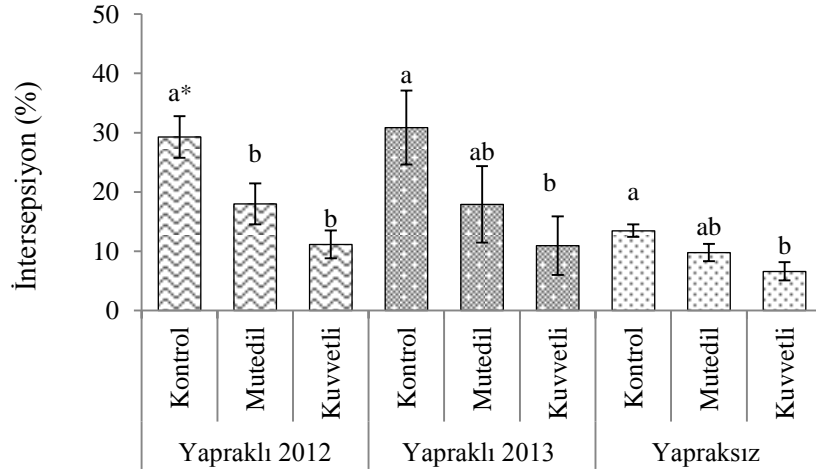
Yağışın yüzdesi olarak INT miktarları kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama işlemlerinde sırasıyla % 24,5; % 15,4 ve % 9,7 olarak belirlenmiştir. INT miktarı kontrole göre mutedilde % 41, kuvvetlide ise % 61 daha az meydana gelmiştir. Kuvvetli aralama parselinde mutedil işlemine göre ise % 33 daha düşük INT gerçekleşmiştir.

İntersepsiyon % 0,0 ile en az kuvvetli aralama işleminde gerçekleşirken en yüksek ise % 70,3 ile kontrol işleminde meydana gelmiştir.

Aralama müdahalesi ile azaltılan göğüs yüzeyi (GY) ve hektardaki ağaç sayısı kontrole kıyasla diğer parsellerde intersepsiyonun azalmasına neden olmuştur (Şekil 3.14). Ancak, aralama sonucu kontrole kıyasla mutedil işlemindeki % 16’lık GY azalışı intersepsiyonda % 41 oranında azalmaya neden olurken kuvvetli işlemindeki % 37,5’lik GY azalışı intersepsiyonda % 61 oranında bir düşüşe neden olmuştur. Tepe çatısı yoğunluğunun artması ile intersepsiyon kaybı artarken (Staelens ve diğ. 2006), göğüs yüzeyi ya da gövde hacmindeki azalmanın intersepsiyon kaybını azalttığı ancak bu azalışın gövde hacmindeki azalışla orantılı olmadığı yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır (Bäumler ve Zech 1997). İntersepsiyon kaybının orman tipi, tepe çatısı, dal açısı, YAI ve iklim parametrelerinden çokça etkilendiği ve değişkenlik gösterdiği yine çalışmalarda belirtilmektedir (Crockford ve Richardson 2000).

3.2.5.2. Ölçüm Dönemlerine Göre INT

Ölçüm dönemlerine göre “*yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız*” dönemleri için, aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak intersepsiyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-2’de verilmiştir. Varyans analizine göre; her üç dönemde işlemler arasında istatistiki olarak fark bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.15).



* Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.15. Ölçüm dönemlerinde intersepsiyonların karşılaştırılması.

Yapraklı 2012 döneminde; intersepsiyon (INT) kuvvetli ve mutedil aralama işlemleri arasında istatistiki olarak birbirinden farksızken, kontrol bu iki işlemde farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.15). Yağışın yüzdesi olarak INT kontrolde % 29,3, mutedilde % 18,0 ve kuvvetlide % 11,1 bulunmuştur. *Yapraklı 2012* vejetasyon döneminde intersepsiyon miktarı kontrole göre mutedilde % 57,4; kuvvetli aralamada % 73,9 daha az meydana gelmiştir.

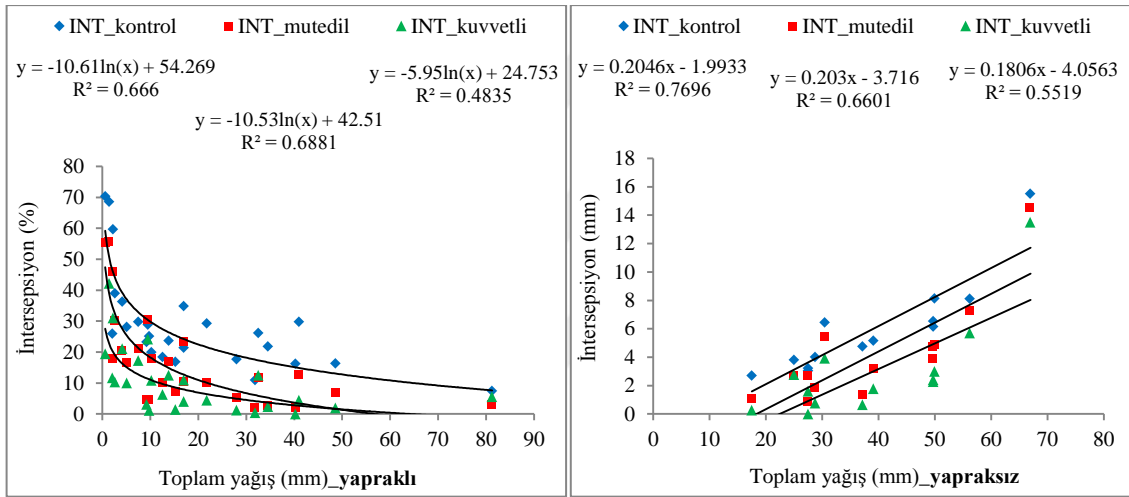
Yapraklı 2013'te kontrol ve kuvvetli aralama işlemi istatistiki olarak birbirinden farklı bulunurken mutedil aralama bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.15). INT kontrolde % 30,9, mutedilde % 17,9 ve kuvvetlide % 10,9 gerçekleşmiştir. Kontrole kıyasla INT miktarı mutedilde % 48,9, kuvvetlide % 67,1 daha az bulunmuştur.

Yapraksız dönemde de kontrol ve kuvvetli aralama işlemleri birbirinden farklı iken mutedil bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.15). *Yapraksız* dönemde INT kontrolde % 13,5; mutedilde % 9,8 ve kuvvetlide % 6,6 olarak bulunmuştur. Kontrole

kıyasla *yapraksız* dönemde INT miktarı mutedilde % 16,3, kuvvetlide % 40,5 daha az gerçekleşmiştir.

INT miktarı % 0,0 ile en düşük *yapraksız dönem* ve kuvvetli aralama parselinde (26 Ekim 2012'de 40,3 mm yağışta); en yüksek ise % 70,3 ile 2012 *yapraklı* dönem kontrol parselinde (21 Ağustos 2012'de 0,6 mm yağışta) meydana gelmiştir.

Regresyon analizlerine göre işlem parsellerinin hepsinde toplam yağış ile INT (%) arasındaki ilişki *yapraklı* (2012 ve 2013 ortalama) dönemde logaritmik bir azalış göstermektedir. *Yapraksız* dönemde ise toplam yağış ile INT (mm) arasındaki bu ilişki doğrusal ve pozitif yönde olmuştur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Toplam yağış ile intersepsiyon arasındaki ilişkiler.

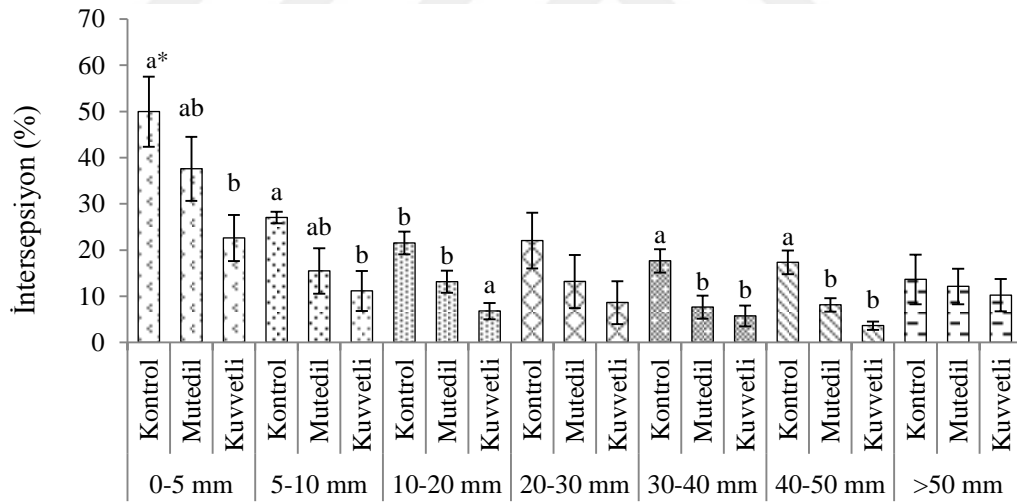
Bu çalışmada; yağışın yüzdesi olarak INT *yapraklı* dönemlerde aralama parsellerinde % 10-30 arasında değişirken *yapraksız* dönemde % 6,6-13,5 arasında değişmiştir. Nitekim doğu kayınında (*F. orientalis*) yapılan çalışmalarda intersepsiyon 2 yıllık ölçüm ortalamasına göre % 13 (Çepel 1965), sadece büyüme döneminde yapılan ölçümlerde ise % 28,1-29,8 bulunmuştur (Ahmadi ve diğ. 2009, Ahmadi ve diğ. 2011). Avrupa kayınında (*F. sylvatica*) yapılan bir çalışmada ise intersepsiyon *yapraklı* dönemde % 31 *yapraksız* dönemde de % 10 olarak belirlenmiştir (Staelens ve diğ. 2008).

Dönemsel olarak değerlendirildiğinde, INT *yapraklı* dönemlerde daha yüksek bulunmuştur. Aralama şiddetinin artışına paralel olarak her iki dönemde de azalış gösteren INT miktarlarında *yapraklı* dönemlerde işlemler arasındaki fark daha fazla

oluşmuştur (Şekil 3.15). Bu fark tepe çatısı durumu, yapraklanmanın etkisi ve meteorolojik özelliklerden (özellikle yaz döneminde sıcaklık ve buharlaşmanın yüksek olması) kaynaklanabilmektedir. Aralama ile meşcere tepe çatısında meydana gelen boşluklar ve özellikle yaprak alan indeksinin (YAİ) azalması intersepsiyon depolama kapasitesinde azalış meydana gelmektedir (Brooks ve diğ. 2003).Yapılan benzer çalışmalarda yapraklı dönemdeki intersepsiyon miktarının daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Özhan 1982, Zengin 1997, Levia Jr ve Frost 2003, Deguchi ve diğ. 2006, Staelens ve diğ. 2008).

3.2.5.3. Yağış Sınıflarına Göre INT

Yağış sınıflarına göre (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 ve >50 mm) aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak meydana gelen intersepsiyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-3'te verilmiştir. Varyans analizine göre; 20-30 ve >50 mm hariç diğer sınıflarda INT miktarları işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.17).



*Aynı yağış sınıfında farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.17. Yağış sınıflarına göre intersepsiyonların karşılaştırılması.

0-5 ve 5-10 mm yağış sınıflarında, kontrol ve kuvvetli aralama işlemleri birbirinden istatistiki olarak farklı iken, mutedil işlemi bu işlemlere benzer bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.17). 0-5 mm de INT kontrolde % 50,0 mutedilde % 37,6 ve kuvvetli aralamada

% 22,6 bulunurken; 5-10 mm'de kontrol % 27,0, mutedil % 15,5, kuvvetli aralamada % 11,2 olarak gerçekleşmiştir.

10-20, 30-40, 40-50 mm sınıflarının her üçünde de kuvvetli ve mutedil aralama işlemleri istatistiki olarak birbirinden farksızken kontrol bu iki işlemden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.17).

10-20 mm'de INT değerleri kontrolde % 21,5, mutedilde % 13,1 ve kuvvetli aralamada % 6,8, 30-40 mm'de aynı sıra ile % 17,7; % 7,6; % 5,7 ve 40-50 mm'de % 17,3; % 8,1 ve % 3,6 olarak gerçekleşmiştir.

20-30 ve >50 mm'de işlemler arasında intersepsiyon miktarları bakımından önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$; Şekil 3.17). 20-30 mm'de INT değerleri kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama parselinde sırasıyla % 22,0; % 13,2 ve % 8,6 iken; >50mm'de % 13,6; % 12,1 ve % 10,2 gerçekleşmiştir.

İntersepsiyon % 0,0 ile en düşük 40-50 mm yağış ve kuvvetli aralama işleminde iken; en yüksek % 70,3 ile 0-5 mm yağış ve kontrol işleminde gerçekleşmiştir.

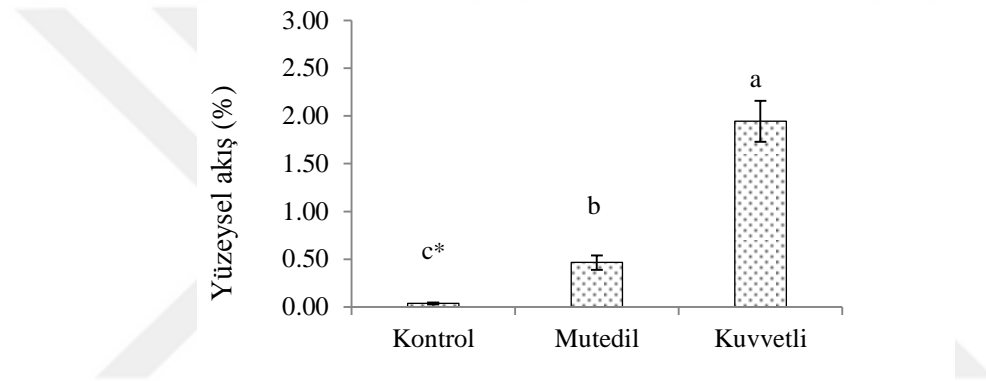
Yağış sınıflarına göre genel olarak bakıldığında, orman altı yağıştaki gibi (ters orantılı olarak) 0-5 mm yağış sınıfında INT en yüksek bulunurken 5 mm'den sonraki yağışlarda INT azalış göstermiştir. Ancak bu azalış 10 mm'den sonra devam etmeyerek stabil seyretmiştir. INT sonuçları ile benzerlik gösteren Staelens ve diğ. (2008) tarafından Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica*) yapraklı ve yapraksız döneme ayırarak yaptıkları çalışmada intersepsiyonu yağış miktarlarına göre sınıflandırmış ve 2-5 mm'de yapraklı dönemde % 47, yapraksız dönemde % 17; 5-10 mm'de aynı sırayla % 30-10; 10-35 mm sınıfında ise % 18-4 olarak belirlemiştir. Çalışmada benzer şekilde INT miktarının yağış miktarının artmasıyla azaldığı ve bu azalışın 10 mm'ye kadar hızlı sonrasında ise yavaş olduğu belirtilmektedir (Staelens ve diğ. 2008, Siles ve diğ. 2010). Yağış miktarının ve süresinin artması ile intersepsiyon depolama kapasitesinin dolması ve INT miktarın azaldığı yapılan birçok çalışmada da bildirilmektedir (Özhan 1982, Zengin 1997, Marin ve diğ. 2000, Carlyle-Moses 2004, Staelens ve diğ. 2008, Ahmadi ve diğ. 2009, André ve diğ. 2011).

3.2.6. Yüzeysel Akış (YA)

Ölçüm periyodu boyunca meydana gelen 41 adet yağıştan deneme parsellerinde 28 adet yüzeysel akış olayı gerçekleşmiştir.

3.2.6.1. Tüm Ölçüm Periyodunda YA

Tüm ölçüm periyodunda aralama şiddetine (işlem) göre meydana gelen yüzeysel akışlara (YA) ait varyans analizi sonuçları EK-1’de verilmiştir. Varyans analizine göre üç işlem arasında YA miktarları istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.18). Kuvvetli aralama işleminde açık alan yağışın yüzdesi olarak YA % 1,94 iken, mutedilde % 0,46 ve kontrolde % 0,04 olarak belirlenmiştir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.18. Tüm ölçüm periyodunda yüzeysel akışların karşılaştırılması.

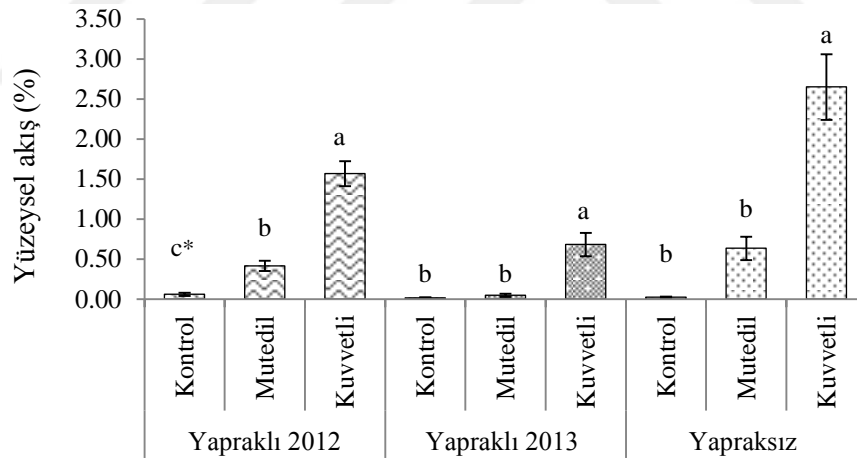
Genel olarak yüzeysel akış miktarları tüm parsellerde düşük bulunmuştur. Her ne kadar istatistiki olarak aralama şiddetine göre her üç işlem arasında fark bulunsun da en yüksek yüzeysel akışın olduğu kuvvetli aralama parselinde bile bu oran tüm ölçüm periyodunda ortalama % 1,94 kadardır. Çalışma sahasında parsellerin ortalama eğimi % 10’dur. Yüzeysel akış parsellerinin tesisinde aynı eğimde olmalarına özellikle dikkat edilmiştir. Ancak yüzeysel akışın düşük çıkması; eğimin derecesi, ölü örtü miktarı, üst toprak özellikleri (tekstür, geçirgenlik, boşluk hacmi, su tutma kapasitesi, organik madde miktarı vb.) gibi nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim ormanlık alanlarda parsel bazında yapılan çalışmalarda “eğim, yağış özellikleri (miktar, şiddet, süre ve sıklık), bitki örtüsü, ölü örtü ve toprak özelliklerine (fiziksel ve hidrofiziksel) göre değişmekle beraber” yüzeysel akışın genel olarak diğer arazi kullanım tiplerinden

(mera, çayır, tarım gibi) çok düşük bulunduğu belirtilmektedir (Aydemir 1973, Özhan 1982, Zengin 1997, Gomi ve diğ. 2008, Tüfekçioğlu ve diğ. 2010).

Yüzeysel akış ve toprak erozyonunun önlemedeki en önemli etkenlerin vejetasyon örtüsü ve ölü örtünün korunması olduğunu araştırmacıların hemen hepsi belirtmektedir. Vejetasyon örtüsünün azaltılması intersepsiyonu azaltırken orman altı yağış ve gövdeden akışla birlikte toprağa ulaşan yağış miktarının ise artmasına neden olmaktadır (Levia Jr ve Frost 2003, Chirino ve diğ. 2006). Dolayısıyla, aralama müdahaleleri ile orman tabanına ulaşan yağış miktarının artması neticesinde bu durumun yüzeysel akışların da artmasına etki edeceği söylenebilmektedir (Dung ve diğ. 2012).

3.2.6.2. Ölçüm Dönemlerine Göre YA

Dönemlere göre (*yapraklı 2012*, *yapraklı 2013* ve *yapraksız*) aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak meydana gelen YA miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-2’de verilmiştir. Varyans analizine göre, her üç dönemde işlemler arasında istatistiki olarak fark bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.19).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.19. Ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışların karşılaştırılması.

Yapraklı 2012 ölçüm döneminde işlemlere göre YA’lar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.19). YA yağışın yüzdesi olarak kontrolde % 0,06, mutedilde % 0,41 ve kuvvetli aralamada % 1,57 olarak belirlenmiştir.

Yapraklı 2013'de kontrol ve mutedil işlemleri birbirine benzerken kuvvetli işlemler bunlardan farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.19). YA kontrolde % 0,02, mutedilde % 0,05 ve kuvvetli aralamada % 0,68 gerçekleşmiştir.

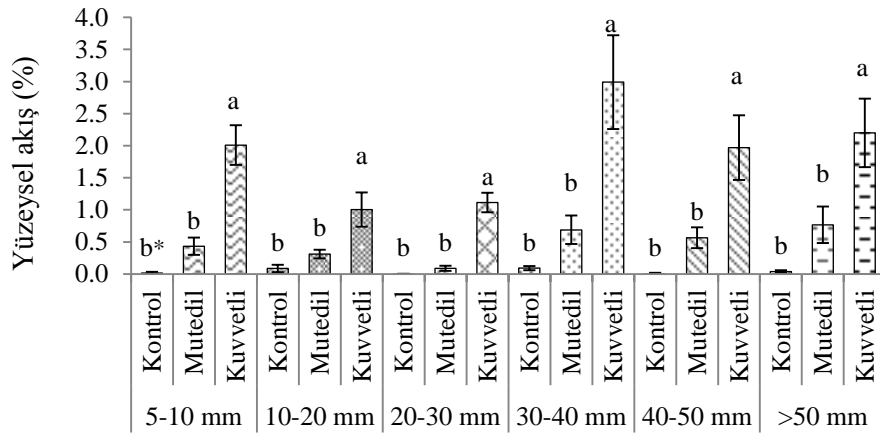
Yapraksız dönemde de kontrol ve mutedil aralama işlemleri birbirine benzerken kuvvetli aralama işlemleri bunlardan farklı bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.19). YA kontrolde % 0,02 mutedilde % 0,6 ve kuvvetli aralamada % 2,7 gerçekleşmiştir.

Dönemsel olarak değerlendirildiğinde; yapraklı dönemlerde yüzeysel akış yüzdesi işlemler arasında ortalama % 0,01-1,6 arasında değişirken yapraksız dönemde % 2,7'ye kadar yükselmektedir. En yüksek YA ise % 12,4 (31 Ocak 2013 tarihinde 39,1 mm'lik yağışta) ile yapraksız dönemde kuvvetli aralama işleminin olduğu parselde gerçekleşmiştir. Tüm ölçüm periyodunda en yüksek miktar olarak kaydedilen bu YA'nın olduğu tarihten yaklaşık bir ay önce yoğun kar yağışı gerçekleşmiştir. Kar erimesi sonunda (yaklaşık 20-25 gün sonra) gerçekleşen 39,1 mm'lik yağış öncesinde toprağın ve ölü örtünün su ile doymuş hale gelmesi neticesinde yüzeysel akışın da bu yağış ile beraber en yüksek seviyeye ulaştığı düşünülmektedir.

Vejetasyon örtüsü, eğim, ölü örtü, toprak özellikleri, peş peşe gerçekleşen yağışlar vb. gibi çeşitli kriterlere bağlı olarak yüzeysel akışın değişebileceği bir üst başlıkta belirtilmişti. Ancak çalışma sahası birbirine bitişik parsellerden oluştuğu için bu özelliklerinin benzer olduğu kabul edilmektedir. Yüzeysel akış miktarı özellikle kontrol ve mutedil aralama parsellerinde çok düşük çıkarken kuvvetli aralama parselinde bir miktar artış göstermektedir. Yapraksız dönemde ise bu artış daha fazla olmaktadır (Şekil 3.19). Aralama ile meşcerede tepe çatısında artan boşlukların ve azalan yaprak alan indeksinin sebep olduğu intersepsiyon azalması ve buna bağlı olarak toprağa ulaşan toplam yağış miktarındaki artış kuvvetli aralanmış parselde yüzeysel akışın artmasına neden olabilir. Ayrıca aralama ile orman altına ulaşan ışık ve sıcaklığın artması ölü örtü ayrışmasını artırıcı etki etmiş olabilir. Nitekim vejetasyonun yapısındaki bu türden değişimlerin yüzeysel akışı etkileyen en önemli özelliklerden biri olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Aydemir 1973, Descroix ve diğ. 2001, Chirino ve diğ. 2006, Gomi ve diğ. 2008).

3.2.6.3. Yağış Sınıflarına Göre YA

Yağış sınıflarına göre 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 ve >50 mm olarak ayrılan ve yüzeysel akış oluşturan yağışlarda, aralama şiddetine (işlem) bağlı olarak meydana gelen yüzeysel akış miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-3'te verilmiştir. Varyans analizine göre; yağış sınıflarının tamamında YA'lar kontrol ve mutedil aralama işlemlerinde birbirine benzer bulunurken kuvvetli aralama işlemi bu iki işlemden yüksek bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.20).



*Aynı yağış sınıfında farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.20. Yağış sınıflarına göre yüzeysel akışların karşılaştırılması.

Yağış sınıflarına göre meydana gelen ortalama YA değerleri yağışın yüzdesi olarak; kontrol, mutedil ve kuvvetli aralamada sırasıyla, 5-10 mm'de % 0,02, % 0,43, % 2,01; 10-20 mm'de % 0,09, % 0,31, % 1,01; 20-30 mm'de % 0,01, % 0,09, % 1,12; 30-40 mm'de % 0,09, % 0,69, % 2,99; 40-50 mm'de % 0,01, % 0,57, % 1,97 ve >50 mm'de % 0,04, % 0,77, % 2,20 gerçekleşmiştir.

Yağış sınıflarına göre bakıldığında parsellerdeki ortalama değerler % 0,01 ile % 2,99 arasında değişmektedir. Tüm yağış sınıflarında en yüksek yüzeysel akışlar kuvvetli aralama parselinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.20). En yüksek yüzeysel akış ise % 12,4 ile 30-40 mm yağış sınıfında yine kuvvetli aralama parselinde belirlenmiştir. Yağışın miktarından çok şiddeti, süresi, sıklığı önemlidir. Aynı zamanda yüzeysel akış oluşturacak yağıştan önce toprak ve ölü örtünün nem/su içeriği de yine oluşacak yüzeysel akışın miktarını etkileyebilmektedir (Cantón ve diğ. 2011). Bu çalışmada

yağışın sadece miktarı ölçüldüğü için diğer yağış parametrelerinin nasıl gerçekleştiği ve ne şekilde etki ettiği belirlenememiştir.

3.3. ARALAMA ŞİDDETİNİN BAZI SU KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Yağış orman tepe çatısı üzerine yağış oradan orman tabanına ve toprağa ulaşarak yüzeysel akışa geçene kadarki süreçte bir dispoziyon/dağılım göstermektedir. Bu dispoziyonda ölçülen orman altı yağış, gövdeden akış ve yüzeysel akışlardan alınan su örnekleri üzerinde (41 adet açık alan yağış suyu ile 40'er adet orman altı yağış ve gövdeden akış suyu örneğinde) laboratuvarında çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler: reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (Eİ), bulanıklık (NTU), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), sodyum (Na^{+}) ve potasyum (K^{+}) parametrelerine ilişkindir. TN, TP, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve K^{+} değerleri mg/L birimde çözeltildeki konsantrasyon olarak değerlendirilmiştir.

Ölçüm periyodu boyunca gerçekleşen 41 adet yağıştan deneme parsellerinde 28 adet yüzeysel akış olayı gerçekleşmiştir. Ancak bu 28 yüzeysel akışın 25 adetinde yukarıda bahsedilen parametreler ölçülmüştür. Yüzeysel akışta ayrıca taşınan sediment miktarı (kg/ha) da ölçülmüştür.

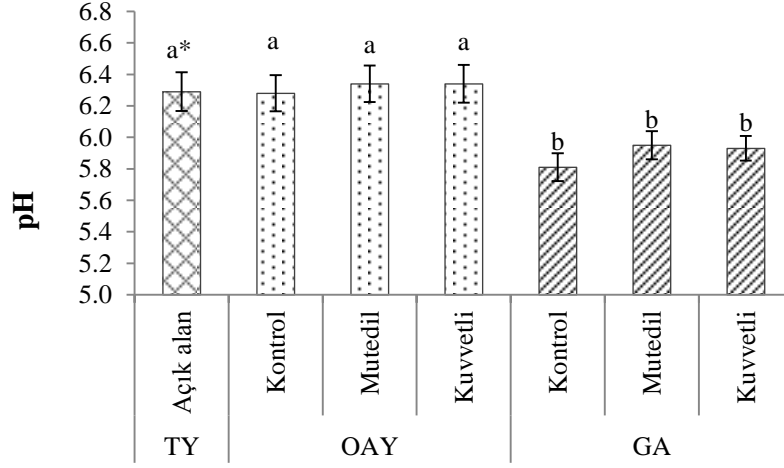
Belirlenen bu özelliklerin işlemlere (kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) göre değişimi; tüm ölçüm periyodu süresince ve dönemsel (yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız) olarak, her parametre için tek başlık altında ve ayrı ayrı değerlendirilerek verilmiştir.

3.3.1. pH

3.3.1.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta pH

İstatistiksel analizde; TY, orman altı yağış (OAY) ve gövdeden akış (GA) birlikte değerlendirilmiştir. Ölçüm periyodu boyunca aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodunda TY ve OAY pH değerleri birbirine benzer ve GA pH değerlerinden yüksek bulunurken; GA pH değerleri de işlemler arasında birbirine

benzerdir. ($p < 0,05$, EK-4, Şekil 3.21). Toplam yağışta (açık alan) pH tüm ölçüm periyodunda ortalama 6,29 bulunmuştur. En düşük toplam yağış (TY) pH 4,67 iken en yüksek 7,73 olarak belirlenmiştir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.21. Tüm ölçüm periyodunda pH değerlerinin karşılaştırılması.

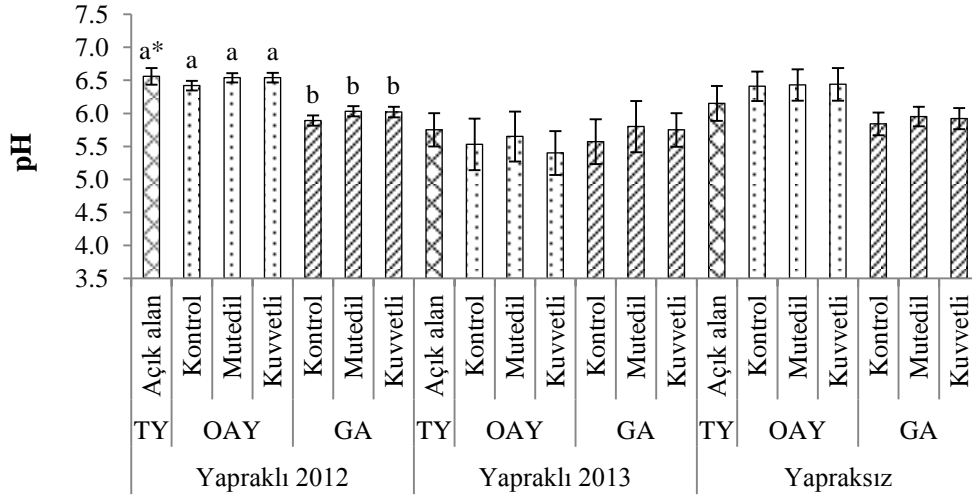
OAY pH değerleri kuvvetli ve mutedil aralama işleminde 6,34, kontrolde 6,28 belirlenmiştir (Şekil 3.21). Ölçüm periyodu boyunca OAY pH 4,04 - 8,27 arasında değişmiştir. GA pH değerleri kuvvetli aralama işleminde 5,93, mutedil aralamada 5,95, kontrolde 5,81 olarak bulunmuştur. Ölçüm periyodu boyunca en düşük gövdeden akış pH değeri 4,10 ile kontrol işleminde, en yüksek pH ise 7,73 ile mutedil aralama işleminde gerçekleşmiştir.

Ölçüm dönemlerine göre değerlendirildiğinde; pH değerleri işlemler arasında sadece *yapraklı 2012* döneminde istatistiki olarak farklı çıkmıştır. Varyans analizi sonucuna göre; *yapraklı 2012' de* toplam yağış (TY) ile orman altı yağış (OAY) pH değerleri benzer ve gövdeden akış (GA) pH'larından yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$, EK-5). *Yapraklı 2013* ve *yapraksız* ölçüm dönemlerinde ise pH değerleri arasında istatistiki fark bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Ölçüm dönemlerine göre açık alan toplam yağış (TY) pH'sı *yapraklı 2012'de* 6,56, *yapraklı 2013'te* 5,75; *yapraksız* dönemde de 6,15 bulunmuştur.

OAY pH değerleri *yapraklı 2012* döneminde kontrolde 6,42, mutedil ve kuvvetli aralama işlemlerinde 6,54; *yapraklı 2013* döneminde aynı sırayla 5,53, 5,65 ve 5,40; *yapraksız* dönemde de yine aynı sıraya göre 6,41, 6,43, 6,44 olarak belirlenmiştir.

GA pH değerleri *yapraklı 2012*'de kontrolde 5,89, mutedilde 6,03 ve kuvvetli aralama işleminde 6,02; *yapraklı 2013*'te aynı sırayla 5,57, 5,80 ve 5,75; *yapraksız* dönemde de 5,84, 5,95, 5,92 olarak belirlenmiştir.



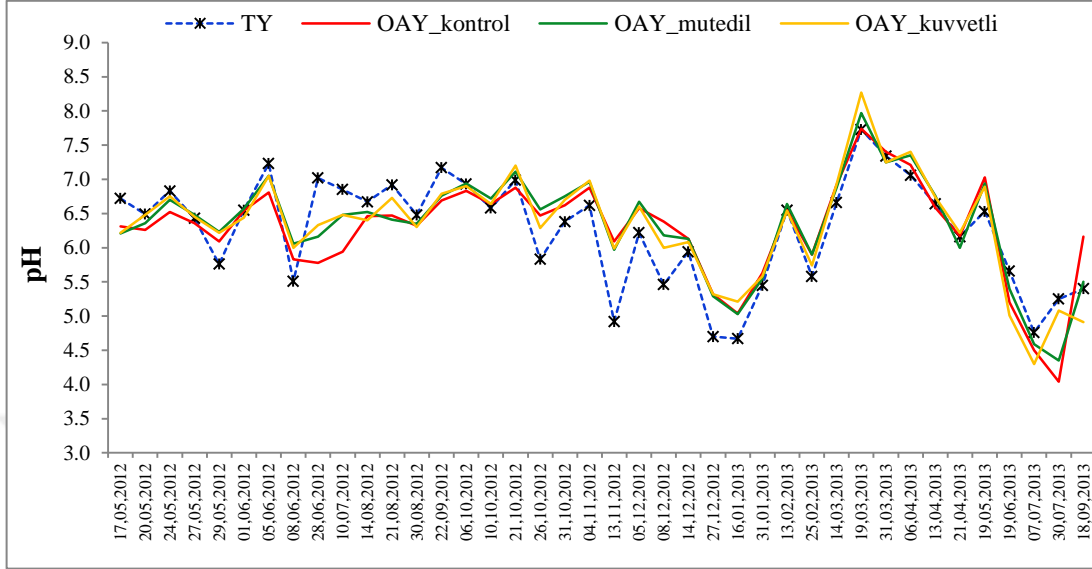
*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.22. Ölçüm dönemlerinde pH değerlerinin karşılaştırılması.

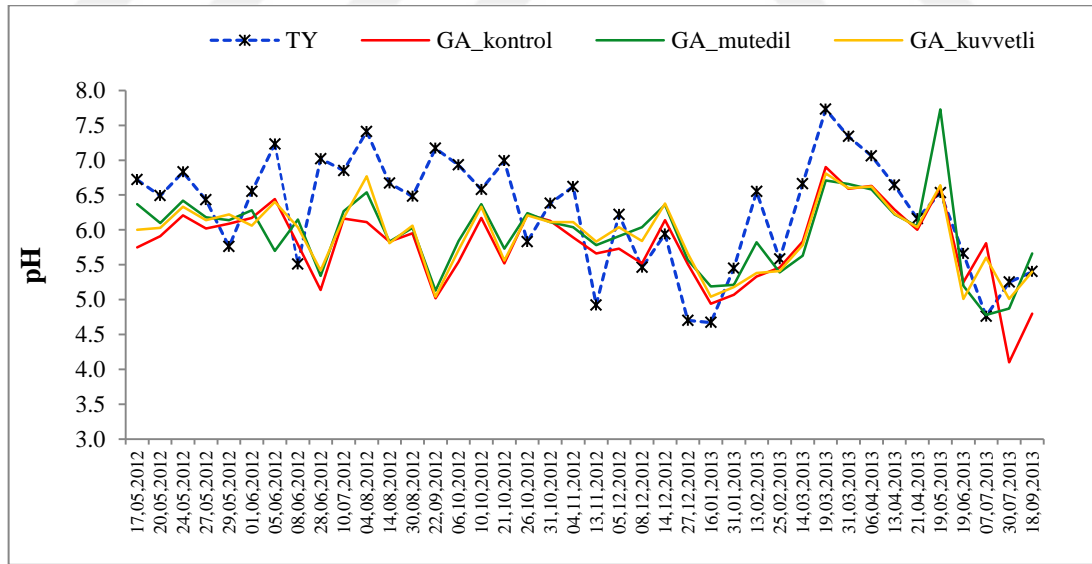
Ölçüm dönemlerine göre toplam yağış pH değerleri OAY pH ile benzer bulunurken, GA pH'dan ise yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.22). Aralama şiddetine bağlı olarak hem OAY hem de GA pH değerleri işlemler arasında bir değişiklik göstermemiştir.

Yapraklı orman ekosistemlerinde genel olarak OAY pH değerlerinin yağış suyu pH'sından daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Özellikle açık alan yağış pH'sının 5,6'dan düşük olduğu durumlarda; yağışın orman tepe çatısını yıkayarak orman altı yağışa dönüşmesi sırasında H^+ iyonlarının bazı katyonlar (Ca, Mg, K) tarafından tamponlanması ile H^+ iyon konsantrasyonunun azaldığı ve böylece pH'nın yükseldiği belirtilmektedir (Michopoulos ve diğ. 2001). Başka bir çalışmada da aynı yağış suyu pH'sında ölçülen OAY pH'sının yapraklı vejetasyon döneminde yapraksız döneme göre daha yüksek çıktığı belirtilmiştir (Pryor ve Barthelmie 2005). Bu durum yapraklı

periyotta tepe çatısının orman altı yağışı alkalileştirdiğini göstermektedir (Rodrigo ve diğ. 2003). Belgrad Ormanında kayın meşçeresinde yapılan bir çalışmada açık alan yağış pH'sı 5,79 iken OAY pH'sı da 6,03 olarak belirlenmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).



Şekil 3.23. Tüm ölçüm periyodunda toplam yağış ve orman altı yağışlarda pH'nın zamansal değişimi.



Şekil 3.24. Tüm ölçüm periyodunda toplam yağış ve gövdeden akışlarda pH'nın zamansal değişimi.

Çalışmadaki bulgulara göre; OAY pH değerleri hem işlemler arasında hem de açık alan yağışa (TY) göre istatistiki olarak benzer bulunmuştur. Genel ortalama değerlere göre; OAY pH'larının hem işlemler arasında hem de açık alan yağış pH değerleri ile aralarında istatistiki fark olmaması meşcere tepe çatısının pH üzerinde herhangi bir etki etmediği anlamına gelmemelidir. Zira yağış verileri, tüm ölçüm periyodunda ve zamansal değişimi incelendiğinde açık alan yağışın bazik olduğu durumlarda OAY pH'sı azalırken, asidik olduğu durumlarda da artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 3.23). Yapraklı ormanlarda genel olarak yağış suyu pH değerinin asidik ($pH \leq 5,6$) olduğu durumlarda yağışın tepe çatısından OAY'ye geçtikten sonra pH' da artış olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Zengin 1997, Michopoulos ve diğ. 2001, Serengil 2002).

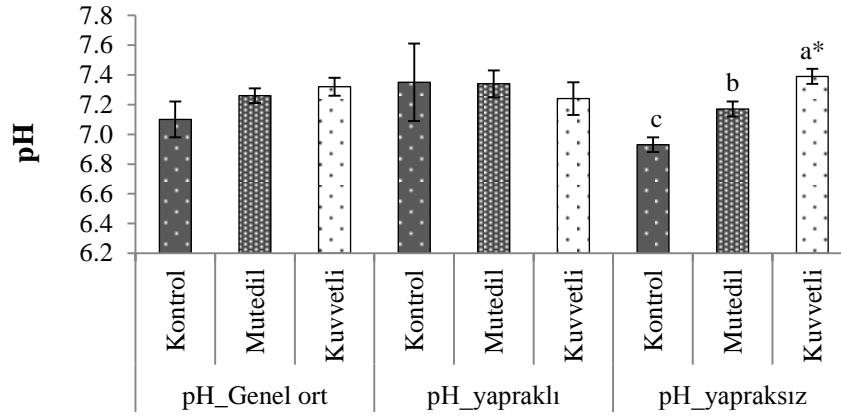
Aralama şiddetinin artması ile GA pH değerlerinde anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Ancak GA pH'sı TY ve OAY pH değerlerinden daha düşük bulunmuştur (Şekil 3.21,24).

Dönemsel olarak ayrı ayrı yapılan korelasyon analizlerine göre; *yapraklı 2012* döneminde toplam yağış (TY) ve OAY pH değerleri Eİ, TN, Ca, Mg Na ve K ile kuvvetli pozitif korelasyon ($p < 0,01$) göstermektedir (EK-9,11,13,15). GA pH'sı ise aynı dönemde Ca, Mg Na ve K ile kuvvetli negatif ($p < 0,01$) ilişki göstermiştir (EK-17). Gövdeden akış sularındaki pH değerinin TY ve OAY'den daha düşük çıkması ve istatistiki olarak farkın *yapraklı 2012* döneminde anlamlı olması ($p < 0,05$) yukarıda belirtilen ilişkilerden kaynaklanmış olabilir. Bulunan sonuçlara benzer şekilde açık alan yağış ve OAY pH'larının GA pH'sından daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Çepel ve diğ. 1993, Zengin 1997, Levia ve diğ. 2011b).

3.3.1.2. Yüzeysel Akışta pH

Ölçüm periyodu süresince aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-7'de verilmiştir. Varyans analizine göre YA pH değerleri her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur ($p > 0,05$, EK-7). Tüm ölçüm periyodu ortalamasına bakıldığında yüzeysel akış pH değerleri kontrolde 7,10, mutedilde 7,32 ve kuvvetli aralama işleminde 7,26 olarak bulunmuştur (Şekil

3.25). Ölçüm periyodu boyunca en düşük YA pH'sı 6,39 ile mutedil işleminde, en yüksek pH ise 8,42 ile kuvvetli aralama işleminde gerçekleşmiştir.



*Her dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.25. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış pH değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemleri diğer yağış ögelerinde (TY, OAY ve GA) üç döneme ayrılarak değerlendirilmiştir. Ancak *yapraklı 2013* döneminde yüzeysel akışlardan kimyasal analiz için yeterli örnek alınmadığı için *yapraklı 2012 ve yapraklı 2013* birleştirilerek “*yapraklı*” dönem olarak istatistiki analizde değerlendirilmiştir.

Ölçüm dönemlerine göre yapılan varyans analizi sonucunda YA pH değerleri *yapraklı* dönemde aralama işlemlerine göre birbirine benzer bulunurken ($p > 0,05$) *yapraksız* dönemde her üç işlem birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$, EK-8). YA pH değerleri *yapraklı* dönemde kontrolde 7,35, mutedilde 7,24 ve kuvvetli aralama işleminde 7,34; *yapraksız* dönemde aynı sırayla 6,93, 7,17 ve 7,39 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.25).

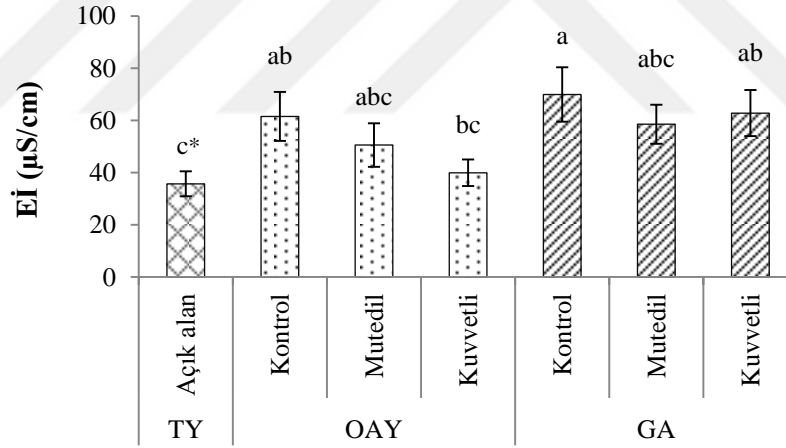
Yüzeysel akış pH değerleri genel olarak bazik karakterli olup aralama işlemleri arasında sadece *yapraksız* dönemde anlamlı farklılık belirlenmiştir. Yağışın OAY ve GA ile orman altına ulaşarak yüzeysel akışa geçen süreçte OAY’ de tamponlanan GA’da ise asidik özellik gösteren pH, ölü örtü ve üst toprak üzerinden yıkanarak zayıf bazik karaktere dönüşmektedir. Yüzeysel akışla ölü örtüden kalsiyum yıkanması pH’nın yükselmesine sebep olabilir. Çok çabuk yıkanabilen bir katyon olan Ca^{+2} ölü örtü ve yüzeysel akışla gelen suda yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (Godoy ve diğ. 2001). Ortalama Ca^{+2} miktarı en yüksek yüzeysel akışta belirlenirken, yapılan

korelasyon analizinde yapraksız dönemde pH ile Ca^{+2} arasında pozitif ilişki bulunmuştur (Pears.Cor: 0,292, p=0,034). Nitekim Zengin (1997) Kocaeli yöresinde yaptığı çalışmada yüzeysel akış pH'sını orman altı yağış ve gövdeden akıştan daha yüksek bulmuştur.

3.3.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

3.3.2.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Eİ

Ölçüm periyodu boyunca aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan Eİ değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodunda TY Eİ değeri; OAY kuvvetli, OAY mutedil ve GA mutedil Eİ değerleriyle benzer bulunmuştur ($p>0,05$). TY Eİ; OAY kontrol, GA kontrol ve GA kuvvetli Eİ değerlerinden ise farklı bulunmuştur ($p<0,05$, EK-4, Şekil 3.26). Açık alan yağış elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri tüm ölçüm periyodunda ortalama $35,7 \mu S/cm$ bulunmuştur. En düşük TY Eİ $8,5 \mu S/cm$ ölçülürken en yüksek $162,1 \mu S/cm$ ölçülmüştür.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

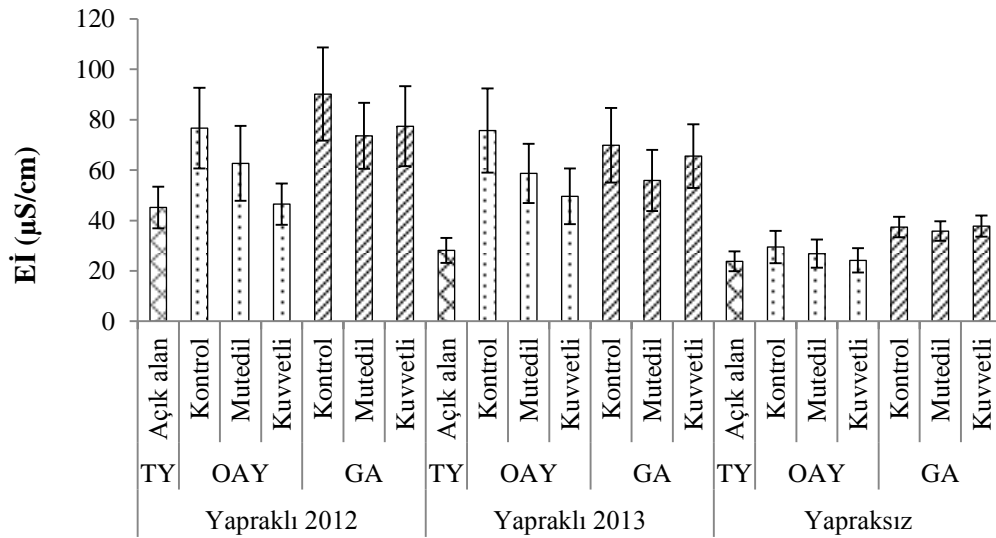
Şekil 3.26. Tüm ölçüm periyodunda Eİ değerlerinin karşılaştırılması.

Aralama şiddetinin artmasına paralel olarak düşüş gösteren OAY Eİ değerlerinde kuvvetli ve mutedil aralama işlemleri açık alan yağış Eİ'sine istatistiki olarak benzer bulunurken kontrol parselindeki Eİ değerleri bunlardan farklı ve yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Tüm ölçüm periyodu boyunca OAY Eİ değerleri kontrolde $61,6 \mu S/cm$, mutedilde $50,6 \mu S/cm$ ve kuvvetli aralama işleminde ise $40,0 \mu S/cm$ gerçekleşmiştir.

Ölçüm periyodu boyunca GA Eİ değerleri ise kontrolde 70,0 $\mu\text{S/cm}$, mutedilde 58,6 $\mu\text{S/cm}$ ve kuvvetli aralama işleminde ise 62,8 $\mu\text{S/cm}$ bulunmuştur (Şekil 3.26).

Ölçüm dönemlerine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; her üç dönemde Eİ değerleri arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$, EK-5, Şekil 3.26). Açık alan yağış Eİ değerleri *yapraklı 2012* döneminde 45,2 $\mu\text{S/cm}$, *yapraklı 2013*'te 28,1 $\mu\text{S/cm}$ ve *yapraksız* dönemde de 23,8 $\mu\text{S/cm}$ bulunmuştur. En düşük TY Eİ 8,5 $\mu\text{S/cm}$ ile *yapraksız* dönemde ölçülürken en yüksek 162,1 $\mu\text{S/cm}$ (2,3 mm yağışta, Ağustos 2012) ile *yapraklı 2012* döneminde ölçülmüştür.

Yapraklı 2012 döneminde OAY Eİ değerleri kontrolde 76,7 $\mu\text{S/cm}$, mutedilde 62,7 $\mu\text{S/cm}$, kuvvetli aralamada 46,5 $\mu\text{S/cm}$; *yapraklı 2013* döneminde aynı sırayla 75,7 $\mu\text{S/cm}$, 58,7 $\mu\text{S/cm}$, 49,6 $\mu\text{S/cm}$; *yapraksız* dönemde de 29,5 $\mu\text{S/cm}$, 26,8 $\mu\text{S/cm}$ ve 24,2 $\mu\text{S/cm}$ OAY Eİ belirlenmiştir. En düşük OAY Eİ 8,2 $\mu\text{S/cm}$ ile mutedil aralama parselinde ve *yapraksız* dönemde gerçekleşirken en yüksek OAY Eİ 327,0 $\mu\text{S/cm}$ (0,6 mm yağışta, Ağustos 2012) ile *yapraklı 2012* döneminde kontrol parselinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Ölçüm dönemlerinde elektriksel iletkenliklerin (Eİ) karşılaştırılması.

Gövdeden akış Eİ değerleri *yapraklı 2012* döneminde genel olarak diğer dönemlerden yüksek olup kontrolde 90,2 $\mu\text{S/cm}$, mutedilde 73,6 $\mu\text{S/cm}$, kuvvetli aralamada 77,4 $\mu\text{S/cm}$; *yapraklı 2013* döneminde aynı sırayla 69,9 $\mu\text{S/cm}$, 55,9 $\mu\text{S/cm}$, 65,6 $\mu\text{S/cm}$; *yapraksız* dönemde de 37,4 $\mu\text{S/cm}$, 35,8 $\mu\text{S/cm}$ ve 37,8 $\mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur.

Gövdeden akış Eİ değerleri de OAY Eİ değerlerine benzer şekilde en düşük 11,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile mutedil aralama işleminde ve *yapraksız* dönemde gerçekleşirken en yüksek 353,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2,3 mm yağışta, Ağustos 2012) ile *yapraklı 2012* dönemde kontrol parselinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.27).

Elektriksel iletkenlik sulara toplam çözünebilir iyonik kompozisyon olarak nitelendirilebilir (Dinc 2012). Açık alan yağış suyunda düşük seviyede bulunan iyonik kompozisyonun OAY ve GA da yükselmesi Eİ miktarının da yükselmesine sebep olmaktadır. Vegetasyon dönemlerine göre bakıldığında istatistiki olarak yağış suyunun diğer parametrelerden farksız çıkması standart sapmanın yüksekliğinden kaynaklanmaktadır. Oysa tüm periyotlarda yağış suyu Eİ değeri düşük bulunmuştur. Korelasyon analizi sonuçlarında da Eİ'nin Ca, Mg, Na ve K ile kuvvetli pozitif ilişki gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,01$). Eİ değerlerinin yapraklı dönemlerde yüksek çıkması da yine iyon konsantrasyonlarının bu dönemde yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu çalışmanın aksine Zengin (1997) Kocaeli yöresinde yaptığı çalışmada Eİ'yi yaz döneminde kış döneminden daha düşük belirlemiştir. Bunun nedenini ise çalışma alanının denizsel etkiye açık olması ile açıklamıştır. Yapılan çalışmalarda da açık alan yağış Eİ değeri OAY, GA, yüzeysel akış ve sızıntı suyu Eİ değerlerinden daha düşük bulunmuştur (Zengin 1997, Dinc 2012, Eaisalou ve diğ. 2013).

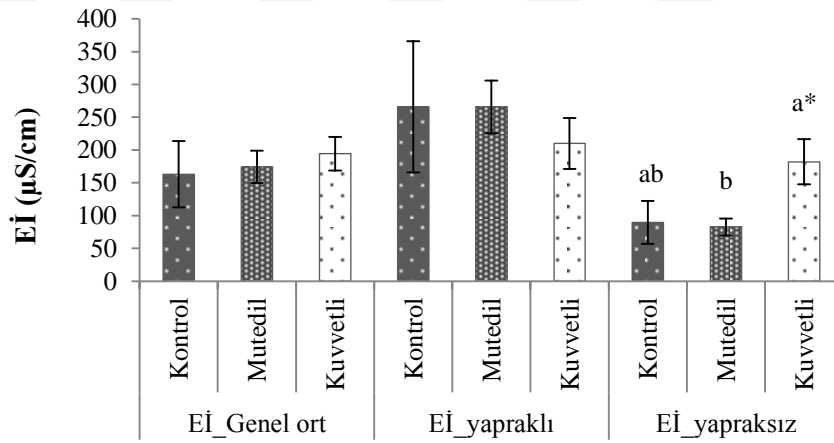
OAY Eİ değerleri hem tüm ölçüm periyodu ortalamasında hem de ölçüm dönemlerine göre en yüksek kontrol parselinde bulunurken aralama şiddetinin artmasına paralel olarak azalma eğilimi göstermektedir. Korelasyon analizine göre OAY Eİ değerleri ile TN, TP, Ca, Mg, Na, ve K pozitif yönde ilişki göstermiştir ($p < 0,01$, EK-13,14,15,16). Aralama ile OAY sularındaki iyon konsantrasyonları özellikle yapraklı dönemde artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak Eİ değerleri yapraklı periyotlarda daha yüksek bulunmuştur. Ancak standart hata değerleri yüksek olduğundan işlemler arasında istatistiki fark görülmemektedir. Açık alan yağışa göre OAY Eİ değerleri yapılan benzer çalışmalarda da yüksek bulunmuştur (Zengin 1997, Dinc 2012, Eaisalou ve diğ. 2013).

GA Eİ değerleri de OAY de olduğu gibi benzer özellik göstermektedir. Yağış suyu Eİ'den yüksek bulunan GA Eİ değerleri işlemler arasında benzer bulunmuştur. Yapraklı dönemlerde daha yüksek bulunan Eİ değerleri yapraksız dönemde daha düşük bulunmuş ancak GA Eİ yapraksız dönemde OAY değerlerinden daha yüksek belirlenmiştir.

Zengin (1997) Kocaeli yöresindeki çalışmasında bu çalışmanın aksine kayında GA Eİ değerlerini yazın 55,7-80,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ belirlerken kışın 184,9-107,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlemiştir. Ancak yaz ve kış arasındaki bu yüksek farkın denizsel etkiden kaynaklandığını belirtmektedir (Zengin 1997).

3.3.2.2. Yüzeysel Akışta Eİ

Ölçüm periyodu süresince aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış Eİ değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-7’de verilmiştir. Varyans analizine göre ortalama YA Eİ değerleri her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-7). Yüzeysel akış Eİ değerleri tüm ölçüm periyodu ortalaması olarak kontrolde 163,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mutedilde 174,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve kuvvetli aralama işleminde 194,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur (Şekil 3.28).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.28. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Eİ'nin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre yapılan değerlendirmede; YA Eİ değerleri *yapraklı* dönemde işlemlere göre birbirine benzer bulunurken ($p>0,05$) *yapraksız* dönemde fark bulunmuştur. Kuvvetli aralama işlemindeki YA Eİ mutedilden yüksek ve istatistik olarak farklı bulunurken kontrol işlemi bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p<0,05$, EK-8, Şekil 3.28). YA Eİ değerleri *yapraklı* dönemde kontrolde ve mutedilde 265,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kuvvetli aralama işleminde 210,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$; *yapraksız* dönemde aynı sırayla 89,7, 82,8 ve 182,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir.

En düşük yüzeysel akış EI'si 14,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile yapraksız dönem kontrol parselinde ölçülürken en yüksek YA EI 876,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile yapraklı dönemde kuvvetli aralama parselinde ölçülmüştür.

Yüzeysel akış EI değerleri OAY ve GA EI değerlerinden 3-4 kat daha yüksek bulunmuştur. Özellikle yapraklı dönemde daha yüksek bulunan EI'ler kışın azalsa da ortalama 82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'in üzerinde seyretmektedir. YA pH değerlerindeki yükseklik çözeltildeki baz katyon konsantrasyonlarının yüksekliğine işaret ederken bu durum EI'nin de yükselmesine sebep olabilmektedir. Yapılan korelasyon sonuçları da bunu destekler mahiyettedir. YA EI değeri pH, TN, TP, Ca, Mg, K ve Na ile pozitif ilişki göstermektedir ($p<0,01$, EK 20-21). Nitekim Belgrad Ormanında kayın meşceresinde yapılan bir çalışmada da OAY EI 56,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iken ölü örtü sızıntı suyunda bu değer 141,31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'e kadar yükseldiği belirtilmektedir (Eisalou ve diğ. 2013).

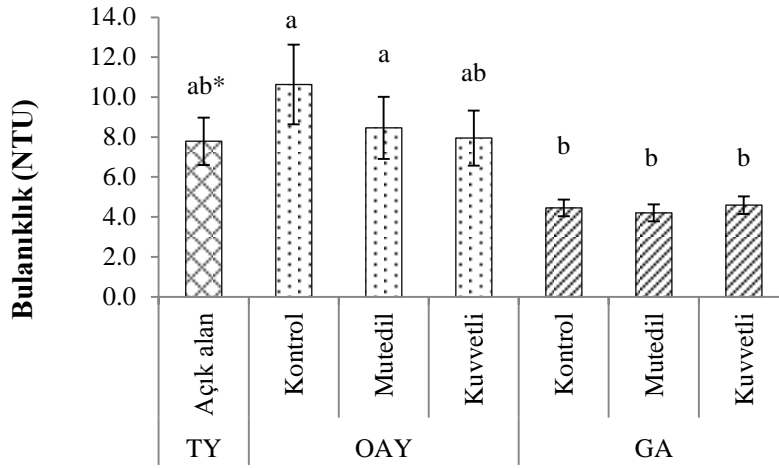
3.3.3. Bulanıklık (NTU)

3.3.3.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Bulanıklık

Açık alan yağışta bulanıklık değeri tüm ölçüm periyodu boyunca ortalama 7,8 NTU bulunmuştur. En düşük bulanıklık 1,1 NTU ölçülürken en yüksek yağış suyu bulanıklık değeri 38,0 NTU ölçülmüştür. Varyans analizi sonucuna göre; ölçüm periyodu boyunca açık alan yağış (TY) bulanıklık değeri orman altı yağış (OAY) ve gövdeden akış (GA) değerleriyle benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-4, Şekil 3.29). OAY kontrol ve mutedil işlemlerindeki bulanıklık değerleri GA tüm işlemlerden yüksek ve aralarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$).

OAY bulanıklık değerleri üç aralama işleminde de istatistiki olarak farksız bulunsa da aralama şiddetine bağlı olarak düşüş eğilimi göstermektedir. Tüm ölçüm periyodunda OAY bulanıklık; kontrolde 10,6 NTU, mutedilde 8,5 NTU, kuvvetli aralama işleminde ise 8,0 NTU bulunmuştur (Şekil 3.29).

Gövdeden akış bulanıklık değerleri aralama işlemleri içinde birbirine benzer bulunup tüm ölçüm periyodu süresince GA bulanıklık değerleri ortalama; kontrolde 4,5 NTU, mutedilde 4,2 NTU ve kuvvetli aralamada 4,6 NTU bulunmuştur.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

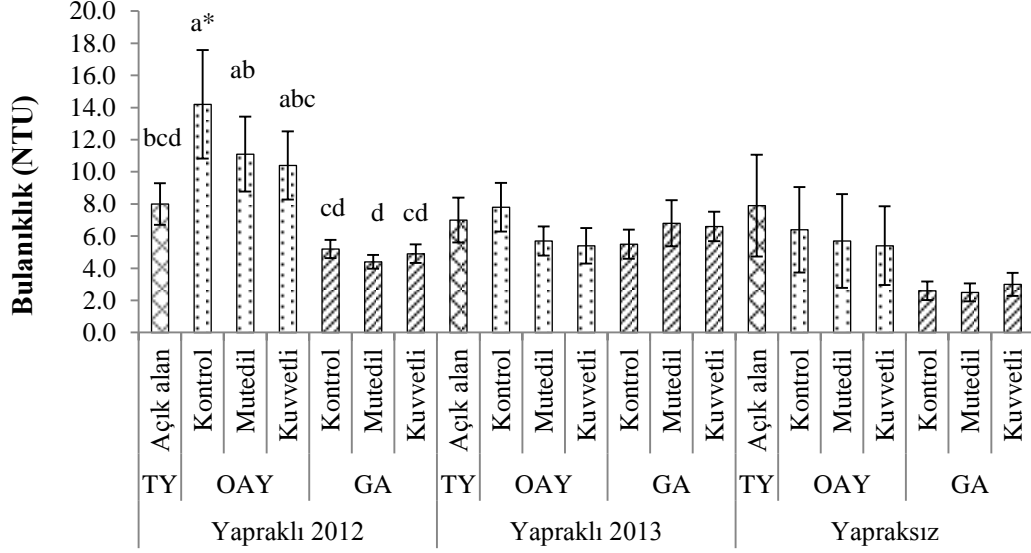
Şekil 3.29. Tüm ölçüm periyodunda bulanık değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre ise yapılan varyans analizi sonucuna göre; açık alan yağış bulanıklık değeri *yapraklı 2012* döneminde OAY kontrol işleminden farklı diğer OAY ve GA parselleri ile benzerlik göstermiştir ($p < 0,05$, EK-5, Şekil 3.30). *Yapraklı 2013* ve *yapraksız* dönemlerde ölçümler bulanıklık değerleri arasında herhangi bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$, EK-5, Şekil 3.30). TY bulanıklık değerleri *yapraklı 2012* döneminde 8,0 NTU, *yapraklı 2013*'te 7,0 NTU, *yapraksız* dönemde ise 7,9 NTU bulunmuştur. TY'de en düşük bulanıklık 1,1 NTU ile *yapraklı 2012* döneminde, en yüksek ise 38,0 NTU ile *yapraksız* dönemde ölçülmüştür.

Ölçüm dönemlerine göre her üç dönemde OAY bulanıklık değerleri aralama işlemleri arasında istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($p > 0,05$). *Yapraklı 2012* döneminde OAY kontrolde 14,2 NTU, mutedilde 11,1 NTU, kuvvetli aralamada 10,4 NTU; *yapraklı 2013*'de aynı sırayla 7,8, 5,7 ve 5,4 NTU; *yapraksız* dönemde de aynı sırayla 6,4, 5,7 ve 5,4 NTU bulanıklık bulunmuştur. En düşük bulanıklık değeri 0,9 NTU ile *yapraklı 2012* döneminde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek değer ise 65,8 NTU değeri ile yine *yapraklı 2012* döneminde kontrol parselinde ölçülmüştür.

Gövdeden akış bulanıklık değerleri de ölçüm dönemlerine göre işlemler arasında istatistiki olarak farksız bulunmuştur ($p > 0,05$, Şekil 3.20). GA bulanıklık değerleri *yapraklı 2012*'de kontrolde 5,2 NTU, mutedilde 4,4 NTU, kuvvetli aralamada ise 4,9 NTU bulunmuştur. *Yapraklı 2013*'te aynı sırayla 5,5; 6,8; 6,6 NTU; *yapraksız* dönemde

ise 2,6; 2,5; 3,0 NTU bulanıklık belirlenmiştir (Şekil 3.30). En düşük GA bulanıklık değeri 0,7 NTU ile *yapraklı 2012* döneminde kontrol işleminde ölçülürken en yüksek değer 12,2 NTU ile *yapraklı 2013* döneminde mutedil işleminde ölçülmüştür.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

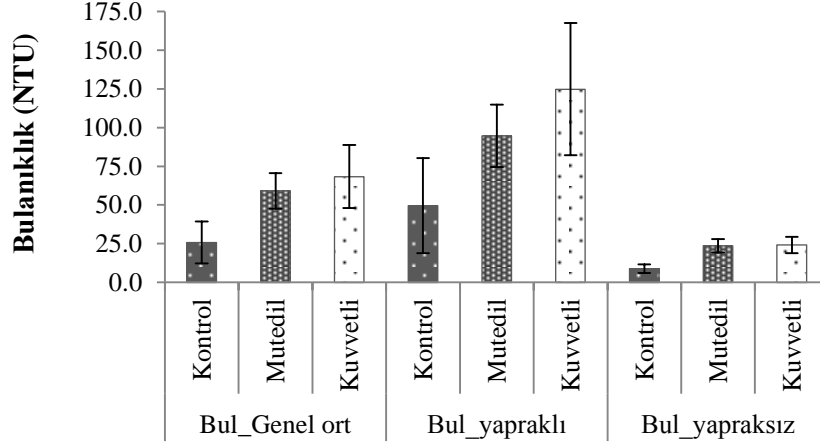
Şekil 3.30. Ölçüm dönemlerinde bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.

Bulanıklık değerleri bakımından en düşük değerler gövdeden akışlarda bulunmuştur. Onu sırasıyla TY ve OAY kuvvetli aralama işlemi takip ederken en yüksek bulanıklık değeri ise OAY kontrol işleminde bulunmuştur. Bulanıklık genel olarak yüzey/dere sularında ölçülen bir kalite parametresidir. OAY ve GA ile ilgili yapılan onlarca çalışmada bulanıklık ile ilgili literatür bilgisine rastlanılamamıştır. Bu nedenle herhangi bir karşılaştırma imkanı olamamıştır. Ancak açık alan yağış suyu bulanıklık sonuçlarına benzer şekilde; Belgrad Ormanında yapılan bir çalışmada iki ayrı yerdeki yağış suyu bulanıklık değerleri 12 aylık dönemde 4,6-24,5 NTU arasında bulunmuş ve bu değerlerin düşük olduğu belirtilerek atmosferik çevre kalitesi bakımından iyi bir gösterge olabileceği vurgulanmıştır (Gökbulak ve diğ. 2013).

3.3.3.2. Yüzeysel Akışta Bulanıklık

Ölçüm periyodu süresince aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış bulanıklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-6'da verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; ortalama yüzeysel akış bulanıklık değerleri her üç aralama işleminde birbirine

benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-6). Her ne kadar istatistiki olarak farklılık çıkmasa da yüzeysel akış bulanıklık değerleri aralama şiddetine bağlı olarak artış eğilimi göstermektedir. Tüm ölçüm periyodunda yüzeysel akış bulanıklık değerleri ortalama kontrolde 25,8 NTU, mutedilde 59,1 NTU ve kuvvetli aralama işleminde 68,4 NTU olarak bulunmuştur (Şekil 3.31).



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.31. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre yüzeysel akış bulanıklık değerleri *yapraklı* dönemde daha yüksek bulunurken işlemlere göre bulanıklıklar arasında istatistiki fark bulunmamıştır ($p>0,05$, Şekil 3.31). *Yapraksız* dönemde yapraklı döneme göre daha düşük bulunan bulanıklık değerleri de yine işlemler arasında farksız bulunmuştur ($p>0,05$, EK-7). Yüzeysel akış bulanıklık değerleri *yapraklı* dönemde kontrolde 49,6 NTU, mutedilde 94,7 NTU, kuvvetli aralama işleminde de 124,8 NTU bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sırayla 8,8; 26,6; 24,2 NTU olarak belirlenmiştir.

En düşük yüzeysel akış bulanıklık değeri 1,8 NTU ile *yapraksız* dönem kontrol parselinde gerçekleşirken en yüksek değer 734,0 NTU ile yapraklı dönemde kuvvetli aralama parselinde ölçülmüştür.

Bulanıklık değeri yüzeysel akışlarda çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle standart hatalar da yüksek çıkmaktadır. Özellikle aralama ile bulanıklık miktarının arttığı Şekil 3.31.'de görülmektedir. Ancak istatistiki olarak işlemler arasında anlamlı

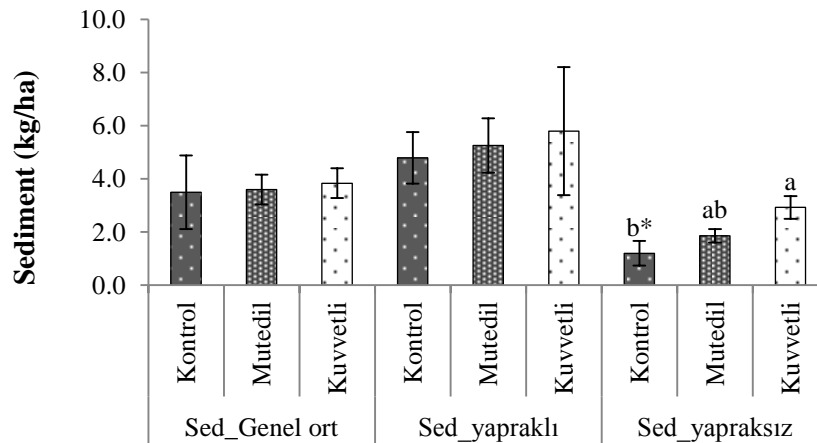
fark bulunmamaktadır. Korelasyon analizine göre ise yapraklı dönemde bulanıklık ile sediment miktarı arasında kuvvetli pozitif ilişki mevcuttur ($r=0,428$, $p<0,01$, EK-20). Yapraklı dönemde bulanıklığın yüksek çıkması; hem sıcaklığın yüksek olması nedeniyle ayrışmanın yüksek olması hem de meydana gelen yağışların bu dönemde daha şiddetli olması taşınan sediment miktarının da artmasına neden olmuş olabilir. Nitekim Özhan (1982)'ye atfen Erinç (1965)'e göre yaz döneminde Karadeniz Bölgesi'ndeki yağışların daha şiddetli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yapraksız dönemde dökülen yaprakların bu dönemde yüzeysel akışı ve taşınan sedimenti azaltıcı rol üstlenmesi de bir diğer neden olabilir.

3.3.4. Sediment

Sediment ölçümü sadece yüzeysel akış parsellerinde ve askıda sediment olarak ölçülmüştür. 3,4 m²'lik parselde ölçülen değerler kg/ha birimine çevrilerek istatistiki değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

3.3.4.1. Yüzeysel Akışta Sediment

Tüm ölçüm periyodunda deneme parsellerindeki yüzeysel akış alt parsellerinde ölçülen ortalama sediment değerleri işlemlere göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodunda sediment miktarları arasında istatistiki fark bulunamamıştır ($p>0,05$, EK-7, Şekil 3.32).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.32. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış sediment miktarlarının karşılaştırılması.

Ortalama sediment değerleri kontrolde 3,50 kg/ha, mutedilde 3,60 kg/ha ve kuvvetli aralamada 3,84 kg/ha bulunmuştur.

Ölçüm dönemlerine göre yapılan ayırmda *yapraklı* dönemde yüzeysel akış sediment miktarları her üç parselde birbirine benzer bulunurken *yapraksız dönemde* kontrol ile kuvvetli aralama işlemi birbirinden farklı mutedil aralama bu iki işleme benzer bulunmuştur ($p < 0,05$, EK-8, Şekil 3.32). *Yapraklı* dönemde sediment miktarları kontrolde 4,79 kg/ha, mutedilde 5,26 kg/ha, kuvvetli aralamada 5,80 kg/ha bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sırayla 1,20; 1,86 ve 2,93 kg/ha bulunmuştur.

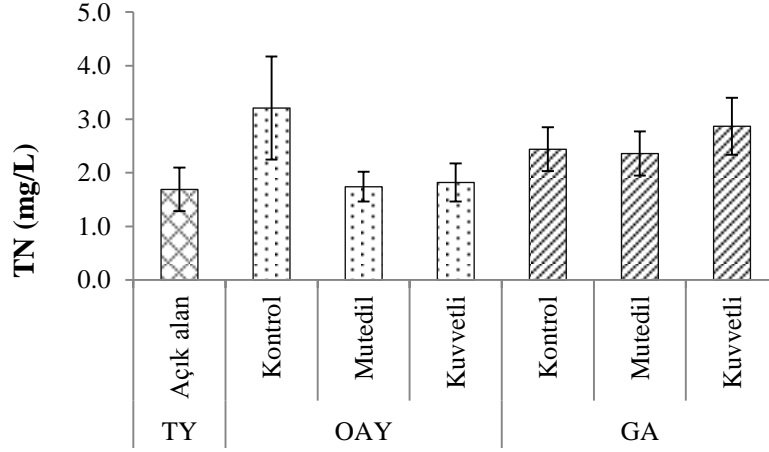
Sediment miktarlarının genel olarak düşük çıkması; hem eğimin düşük olması hem de ölü örtünün koruyucu etkisi ile yüzeysel akışların düşük gerçekleşmesi ile ilişkili olduğu söylenebilir. Yapraklı dönemde yapraksız döneme göre sediment miktarının daha yüksek bulunması ise yaz döneminde yağın yağışların kış dönemine oranla daha şiddetli olması ile açıklanabilir. Toplamda kış döneminde miktar olarak daha fazla yağış meydana gelse de, Özhan (1982)' e atfen Erinç (1965) Karadeniz Bölgesi'nde yüksek yağış şiddetinin yaz döneminde kaydedildiğini belirtmektedir. Zira yağış şiddeti yüzeysel akış üzerinde önemli etkiye sahiptir (Özhan 1982). Aydemir (1973) Bolu yöresinde yaptığı yüzeysel akış denemelerinde ormanlık alandan gelen yüzeysel akıştaki sediment miktarının ölçülemeyecek kadar az olduğunu belirtmektedir. Artvin yöresinde yapılan bir çalışmada ise; % 30-50 arası eğimdeki çayırılık alan ve Yalancı Akasya ağaçlandırma alanında taşınan sediment miktarları ortalama olarak çayırılık alanda 53,4 kg/ha iken ağaçlandırma alanında 10,7 kg/ha olarak belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve diğ. 2010).

3.3.5. Toplam Azot (TN)

3.3.5.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta TN

Tüm ölçüm periyodunda toplam azot (TN) değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. İstatistikî analizde açık alan yağış, orman altı yağış ve gövdeden akış birlikte değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodu boyunca TN değerleri istatistikî olarak farksız bulunmuştur ($p > 0,05$, EK-4, Şekil 3.33). Açık alan yağışta TN tüm ölçüm periyodunda ortalama 1,69 mg/L bulunmuştur. Açık alan yağışta en düşük TN 0,04 mg/L, en yüksek 9,52 mg/L olarak bulunmuştur.

Orman altı yağışta aralama şiddetinin artması ile azalma eğilimi gösteren TN değerleri tüm ölçüm periyodunda kontrolde 3,21 mg/L, mutedilde 1,74 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 1,82 mg/L olarak bulunmuştur. Gövdeden akış TN değerleri ise tüm ölçüm periyodunda kontrolde 2,44 mg/L, mutedilde 2,36 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 2,87 mg/L olarak belirlenmiştir.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

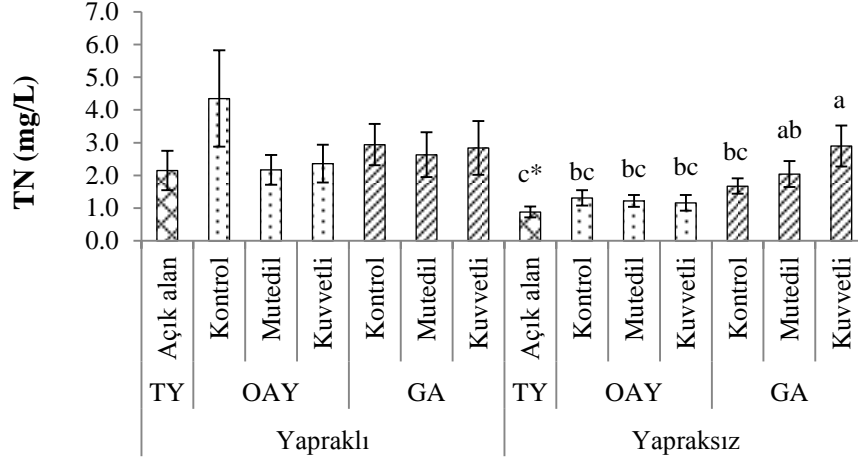
Şekil 3.33. Tüm ölçüm periyodunda TN değerlerinin karşılaştırılması.

Toplam N ölçümleri yapraklı 2013 döneminde az sayıda olduğu için yapraklı 2012 dönemi ile birleştirilerek *yapraklı* dönem olarak değerlendirilmiştir.

Yapraklı ve *yapraksız* dönemlere göre yapılan değerlendirmede; TN *yapraklı* dönemde istatistiki olarak farksız ($p>0,05$) iken *yapraksız* dönemde farklı bulunmuştur ($p<0,05$, Şekil 3.34). Yapılan varyans analizi sonucuna göre; TN *yapraksız* dönemde TY, OAY üç işlemi ve GA kontrol arasında fark bulunmazken, GA kuvvetli tüm işlemlerden, GA ise TY'den farklı bulunmuştur ($p<0,05$, Şekil 3.34, EK-5).

Yapraklı dönemde orman altı yağış TN değerleri kontrolde 4,35 mg/L, mutedilde 2,17 mg/L, kuvvetli aralamada 2,36 mg/L; *yapraksız* dönemde ise aynı sırayla 1,31; 1,22 ve 1,16 mg/L bulunmuştur. En düşük OAY TN değeri 0,22 mg/L ile *yapraklı* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek ise 23,41 mg/L ile yine *yapraklı* dönemde kontrol parselinde ölçülmüştür.

Yapraklı dönemde gövdeden akış TN değerleri kontrolde 2,94 mg/L, mutedilde 2,63 mg/L, kuvvetli aralamada 2,84 mg/L; *yapraksız* dönemde ise aynı sırayla 1,67; 2,04 ve 2,90 mg/L bulunmuştur. En düşük gövdeden akış TN değeri 0,72 mg/L ile her iki dönemde de mutedil aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek değer ise 8,88 mg/L ile *yapraklı* dönemde kuvvetli aralama parselinde ölçülmüştür.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.34. Ölçüm dönemlerinde TN değerlerinin karşılaştırılması.

Yapraklı dönemlerde OAY TN miktarları yağış miktarı ile kuvvetli negatif ilişki gösterirken; pH, Eİ, bulanıklık, TP, Ca, Mg, Na ve K ile kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir ($p < 0,01$, EK-14). Yapraklı dönemlerde GA TN miktarları da yağış miktarı ile kuvvetli negatif ilişki gösterirken Eİ, bulanıklık, TP, Ca, Mg, Na ve K ile pozitif ilişki göstermektedir ($p < 0,05$, EK-18). Yapraksız dönemde ise TN yine yağış miktarı ile negatif ilişki gösterirken Ca, Mg ve K ile pozitif ilişki göstermiştir ($p < 0,05$).

Toplam azot konsantrasyonları hem tüm ölçüm periyodu hem de dönemsel olarak en düşük açık alan yağışta bulunmuştur. Atmosferik birikim yağıştaki ve kuru depolamadaki organik ve inorganik N'yi kapsar (Gordon ve diğ. 2000, Serengil 2002). TN değerleri yağışın orman tepe çatısına ulaşip oradan orman altı yağışa geçmesi ile artış eğilimi göstermektedir. Bu artış istatistiki olarak farksız bulunsa da özellikle yapraklı dönemde kontrol parselinde OAY'deki TN artışı belirgin derecede yüksektir. Nitekim yapılan benzer çalışmalarda TN ya da diğer azot formları yağış suyuna göre OAY de daha yüksek bulunmuştur (Bäumler ve Zech 1997, Hölscher ve diğ. 1998, Aikawa ve diğ. 2006, Shen ve diğ. 2013). Çalışmada aralama şiddetine bağlı olarak TN

konsantrasyonu azalış göstermiştir. Yağış miktarıyla OAY TN arasındaki negatif ilişki de bulunmuştur (EK-14). Aralama ile TN konsantrasyonundaki azalışın yanında yağışın miktarı ve süresi de çözeltilinin seyreltilmesinde etkili olduğu ve kimyasal içeriğin de bundan etkilenebileceği belirtilmektedir (Bäumler ve Zech 1997). TN değerlerindeki bu değişkenliğin çalışma zamanındaki iklim, örnekleme aralıkları, topoğrafya, arazi kullanımları gibi koşullardan kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Gökbulak ve diğ. 2008a).

Gövdeden akış TN değerleri açık alan yağışa göre bir miktar yüksek bulursa da aralama işlemlerine göre bir farklılık göstermemiştir. Yapılan çalışmalar azotun inorganik ve organik formlarının ıslak ve kuru depolamaya bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini belirtmektedirler. TN konsantrasyonunun çalışmanın yapıldığı yer ve çevresel faktörlere bağlı olarak yağışa oranla gövdeden akışta arttığı ifade edilmektedir (Hölscher ve diğ. 1998, Godoy ve diğ. 2001, Levia ve diğ. 2011b). Ancak ağaç gövdeleri üzerindeki epifit likenler ve onlarla bağlantılı yaşayan organizmaların N'i tüketmesi ile gövdeden akışlarda N miktarında azalma da olabilirken (Houle ve diğ. 1999), başka bir çalışmada da düşük N içerikli yağışların gövdeden akış N miktarında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı belirtilmiştir (Dezzeo ve Chacón 2006).

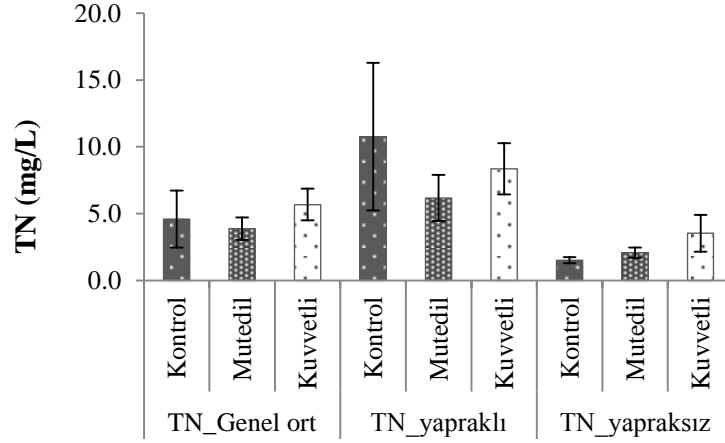
Yaprak dökümünün ormana sağladığı besin maddelerinin aksine orman altı yağış ve gövdeden akış ile herhangi bir ayrışma-dönüşme işlemi olmadan yararlanılabilir besin maddeleri direkt olarak orman zeminine eklenmektedir (Dezzeo ve Chacón 2006). Öyle ki, bu akışlar ormanlarda iç besin dinamikleri bakımından dikkate alınması gereken önemli yollardır (Parker 1983).

3.3.5.2. Yüzeysel Akışta TN

Tüm ölçüm periyodunda aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış TN değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-7'de verilmiştir. Varyans analizine göre ortalama yüzeysel akış TN değerleri her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-6). Tüm ölçüm periyodu ortalaması olarak yüzeysel akışta TN kontrolde 4,60 mg/L, mutedilde 3,88 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 5,68 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil. 3.35).

Ölçüm dönemlerine göre yüzeysel akış TN değerleri *yapraklı* dönemde *yapraksız* dönemden daha yüksek bulunurken işlemlere (kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) göre aralarında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). *Yapraksız* dönemde daha düşük bulunan TN değerleri işlemler arasında yine farksız bulunmuştur ($p>0,05$, EK-7, Şekil 3.35). Yüzeysel akış TN değerleri *yapraklı* dönemde kontrolde 10,76 mg/L, mutedilde 6,17 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 8,36 mg/L bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sırayla 1,51; 2,08 ve 3,53 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 3.35).

Yüzeysel akışlardaki en düşük TN değeri 0,31 mg/L ile *yapraksız* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek değer de 35,78 mg/L olarak yine aynı dönemde aynı parselde ölçülmüştür.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.35. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda toplam azot değerlerinin karşılaştırılması.

Korelasyon analizine göre *yapraklı* dönemde yüzeysel akış TN miktarı yağış ile kuvvetli negatif ilişki gösterirken pH, Eİ, sediment, TP, Ca, Mg, Na ve K ile de kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir ($p<0,01$, EK-20). *Yapraksız* dönemde ise yağış ile negatif, Eİ, TP, Ca, Mg, Na ve K ile pozitif ilişki göstermiştir ($p<0,05$, EK-21).

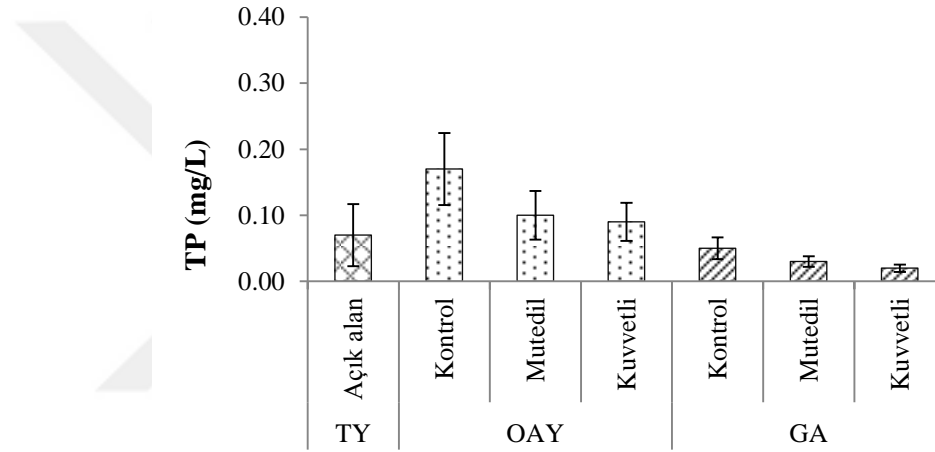
Yüzeysel akışlar ölü örtü ve organik maddece zengin üst toprak tabakasının yıkanıp/süzülüp gelmesi ile oluştuğundan TN konsantrasyonları OAY ve GA TN değerlerinden özellikle *yapraklı* vejetasyon döneminde 2-3 kat daha fazla bulunmuştur.

Belgrad Ormanında yapılan çalışmada OAY'deki TN kayında 0,94 mg/L, meşede 1,04 mg/L, çamda 1,11 mg/L bulunurken ölü örtünden gelen sızıntı sularındaki TN kayında 3,47 mg/L, meşede 3,27 mg/L, çamda da 3,72 mg/L olarak belirlenmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).

3.3.6. Toplam fosfor (TP)

3.3.6.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta TP

Tüm ölçüm periyodunda toplam fosfor (TP) değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodunda TP işlemlere göre istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-4, Şekil 3.36).



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.36. Tüm ölçüm periyodunda TP değerlerinin karşılaştırılması.

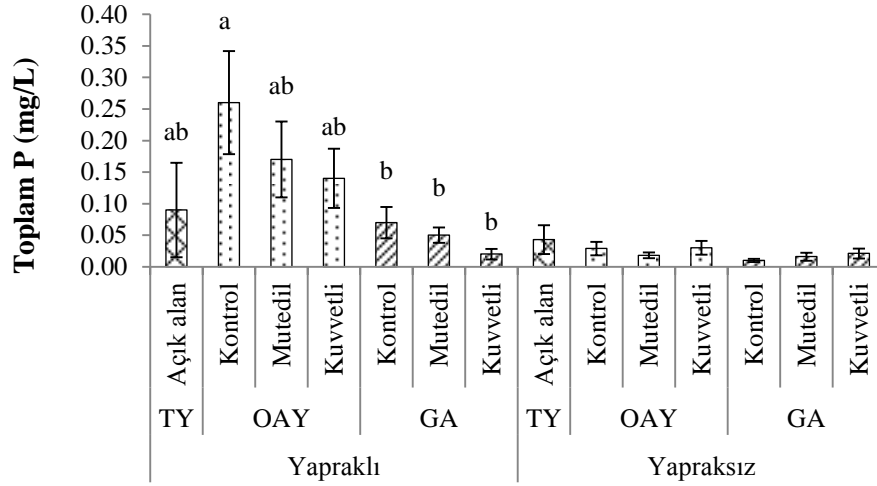
Tüm ölçüm periyodunda açık alan yağıştaki toplam fosfor (TP) ortalama 0,07 mg/L, en düşük 0,00 mg/L ve en yüksek 1,14 mg/L olarak belirlenmiştir.

OAY TP değerleri tüm ölçüm periyodunda ortalama kontrolde 0,17 mg/L, mutedilde 0,10 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde de 0,09 mg/L olarak bulunurken GA TP değerleri ise kontrolde 0,05 mg/L, mutedilde 0,03 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 0,02 mg/L olarak bulunmuştur.

Toplam fosfor ölçümlerinde toplam azotta olduğu gibi dönemsel değerlendirme *yapraklı* ve *yapraksız* olarak yapılmıştır.

Yapraklı ve *yapraksız* dönemler ayrı ayrı incelendiğinde; TP değerleri arasında sadece *yapraklı* dönemde istatistiki olarak fark bulunmuştur ($p<0,05$). *Yapraklı* dönemde TP; OAY kontrol parselinde en yüksek ve diğer işlemlerden istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$, Şekil 3.37, EK-5).

Açık alan yağış TP *yapraklı* dönemde ortalama 0,09 mg/L, *yapraksız* dönemde de 0,043 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3.37).



* Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.37. Ölçüm dönemlerinde TP değerlerinin karşılaştırılması.

Korelasyon analizleri *yapraklı* dönemde toplam yağış TP miktarı ile Eİ, TN ve Ca arasında pozitif ilişki olduğunu göstermektedir ($p<0,05$, EK-10). *Yapraksız* dönemde TP ile diğer parametreler arasında bir ilişki bulunmamıştır.

Orman altı yağış TP *yapraklı* dönemde kontrolde 0,26 mg/L, mutedilde 0,17 mg/, kuvvetli aralamada 0,14 mg/L; *yapraksız* dönemde ise aynı sıraya göre 0,029; 0,018 ve 0,030 mg/L bulunmuştur. En yüksek OAY TP *yapraklı* dönemde kontrol parselinde 1,09 mg/L ölçülmüştür.

Yapraklı vejetasyon döneminde GA TP miktarları ise kontrolde 0,07 mg/L, mutedilde 0,05 mg/L, kuvvetli aralamada 0,02 mg/L; *yapraksız* dönemde aynı sıraya göre 0,01; 0,016 ve 0,021 mg/L bulunmuştur. En yüksek GA TP 0,37 mg/L ile *yapraklı* dönemde kontrol parselinde ölçülmüştür.

Yağış suyundaki ortalama TP miktarı (0,07 mg/L) benzer çalışmalarda bulunan TP değerleri ile paralellik göstermektedir (Eisalou ve diğ. 2013, Shen ve diğ. 2013). Fakat yağış suyunda bulunan 1,14 mg/L maksimum TP miktarı yağış suyu için yüksek bir değerdir. Bu değer 4 Ağustos 2012 tarihinde yağın 2,3 mm'lik bir yağışta ölçülmüştür. Çok düşük miktarda olan bu yağıştaki ölçülen diğer parametrelerde de yüksek konsantrasyonlar (özellikle TN=23,4 mg/L) elde edilmiştir.

Açık alan yağışa göre OAY TP miktarları bir miktar yükselse de bu yükseliş anlamlı bir fark değildir. Bu çalışmada bulunan TP sonuçları ile benzer sonuçların yanında (Bäumler ve Zech 1997), açık alan yağıştan daha düşük OAY TP miktarları da tespit edilmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).

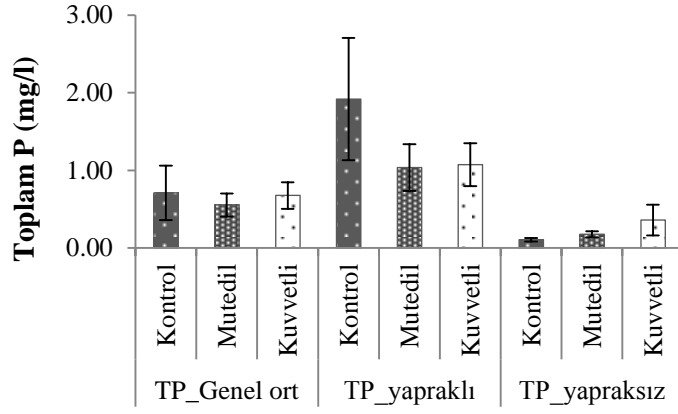
Açık alan yağışa göre GA TP miktarları daha düşük seyretmiştir ancak bu düşüş anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular ile benzerlik gösteren Batı Amazon'da yapılan bir çalışmada da gövdeden akış TP değeri toplam yağışa göre daha düşük bulunmuştur (Hölscher ve diğ. 1998).

3.3.6.2. Yüzeysel Akışta TP

Ölçüm periyodu süresince aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış TP değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-6'da verilmiştir. Varyans analizine göre; yüzeysel akış TP değerleri her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-6). Tüm ölçüm periyodunda ortalama yüzeysel akış TP kontrolde 0,71 mg/L, mutedilde 0,55 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 0,68 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3.38).

Ölçüm dönemlerine göre yüzeysel akış TP değerleri *yapraklı* dönemde *yapraksız* dönemden daha yüksek bulunurken işlemler (kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$, EK-7, Şekil 3.38). Yüzeysel akış TP değerleri *yapraklı* dönemde kontrolde 1,92 mg/L, mutedilde 1,04 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 1,07 mg/L bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sırayla 0,11; 0,18 ve 0,36 mg/L olarak belirlenmiştir.

En yüksek yüzeysel akış TP değeri 5,01 mg/L ile yapraksız dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşmiştir.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.38. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda toplam fosfor değerlerinin karşılaştırılması.

Yapılan korelasyon analizinde yüzeysel akış TP konsantrasyonu yapraklı dönemde yağış miktarıyla kuvvetli negatif ilişki gösterirken pH, Eİ, sediment, TN, Ca, Mg, Na ve K ile kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir ($p < 0,01$, EK-20).

Dönemsel olarak bakıldığında yüzeysel akışlarda yapraklı dönemde TP'nin yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapraklı dönemdeki ayrışma, sıcaklık ve mikroorganizma faaliyetlerinin yüksek olması yüzeysel akışlardaki TP miktarının artmasına sebep olabilir. Nitekim yüksek TP konsantrasyonlarının bitki ve hayvan bozunumları gibi organik artıklardan kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Usta 2011). Yapılan çalışmalarda TP miktarı *yapraksız* dönemde bu çalışma bulgularına benzerlik gösterirken; *yapraklı* dönemde çalışmadaki bulgulardan daha düşük konsantrasyonlar belirlenmiştir (Godoy ve diğ. 2001, Eaisalou ve diğ. 2013).

3.3.7. Kalsiyum (Ca^{+2})

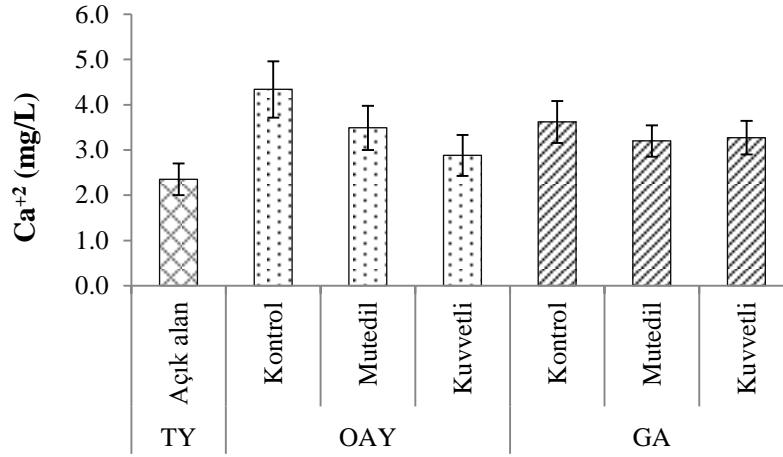
3.3.7.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Kalsiyum (Ca^{+2})

Tüm ölçüm periyodunda kalsiyum (Ca^{+2}) değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre; tüm ölçüm periyodunda Ca^{+2} işlemlere göre istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($p > 0,05$, EK-4, Şekil 3.39).

Açık alan yağışta ölçüm periyodu boyunca ortalama 2,35 mg/L, en düşük 0,22 mg/L ve en yüksek 9,96 mg/L olarak hesaplanmıştır.

İstatistiki olarak benzer bulunsa da aralama şiddetine bağlı olarak azalış gösteren Ca^{+2} miktarları ölçüm periyodu boyunca ortalama kontrolde 4,34 mg/L, mutedilde 3,49 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 2,88 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3.39).

Gövdeden akış Ca^{+2} değerleri ise tüm ölçüm periyodunda ortalama kontrolde 3,62 mg/L, mutedilde 3,20 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 3,27 mg/L olarak belirlenmiştir.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.39. Tüm ölçüm periyodunda Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.

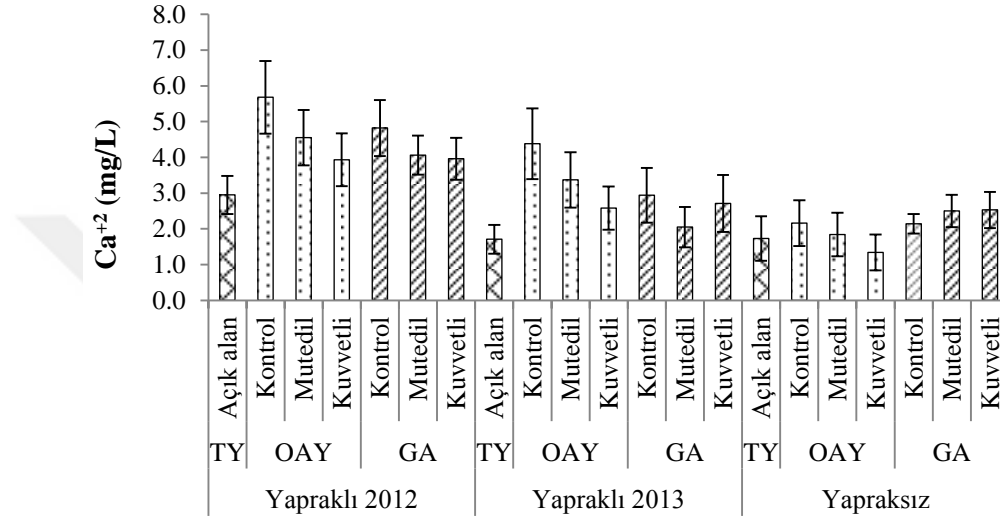
Ölçüm dönemlerine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; her üç dönemde de işlemler arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,05$, EK-5, Şekil 3.40).

Açık alan yağış Ca^{+2} miktarı *yapraklı 2012* vejetasyon döneminde 2,95 mg/L, *yapraklı 2013*'de 1,71 mg/L ve *yapraksız* dönemde de 1,73 mg/L bulunmuştur. En düşük açık alan yağış Ca^{+2} 0,22 mg/L ile *yapraklı 2013* döneminde ölçülürken en yüksek Ca^{+2} 9,96 mg/L ile *yapraklı 2012* vejetasyon döneminde ölçülmüştür.

Aralama şiddetine paralel olarak OAY Ca^{+2} miktarlarında azalış görülse de işlemlere göre istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($p > 0,05$, EK-5, Şekil 3.40). *Yapraklı 2012* döneminde OAY Ca^{+2} kontrolde 5,68 mg/L, mutedilde 4,55 mg/L, kuvvetli 3,96 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 4,38; 4,06 ve 3,96 mg/L; *yapraksız* dönemde de 2,16; 1,84 ve 1,34 mg/L olarak belirlenmiştir.

Korelasyon analizlerine göre Ca^{+2} konsantrasyonu yağış miktarı ile kuvvetli negatif ilişki gösterirken diğer parametrelerle pozitif ilişki göstermektedir ($p < 0,01$, EK-8,9,10,11).

Gövdeden akış Ca^{+2} değerleri *yapraklı 2012* döneminde kontrolde 4,82 mg/L, mutedilde 4,06 mg/L, kuvvetli 3,96 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 2,94 ; 2,05 ve 2,71 mg/L; *yapraksız* dönemde de 2,14; 2,50 ve 2,53 mg/L olarak bulunmuştur.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.40. Ölçüm dönemlerinde Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.

Kalsiyum konsantrasyonları hem genel ortalama da hem de ölçüm dönemlerine göre tüm işlemler arasında istatistiki olarak farksızdır. Diğer katyonlarda da olduğu Ca^{+2} değerleri en düşük açık alan yağışta bulunmuştur. Yapılan çalışmalar da benzer şekilde Ca^{+2} unyağış suyunda daha düşük seviyede olduğunu göstermektedir (Hölscher ve diğ. 1998, Bäumler ve Zech 1999, Dezzio ve Chacón 2006). Örneğin Eisalou ve diğ. (2013) Belgrad Ormanında yaptıkları çalışmada Ca^{+2} konsantrasyonunu yağış suyunda 3,06 mg/L olarak bulmuşken kayın meşceresi altında OAY'de 6,31 mg/L olarak belirlemişlerdir. Tepe çatıları hem yapraklı hem de yapraksız dönemlerde baz katyon kaynaklarındandır. Yağış; tepe çatısına ulaşır oradan OAY'ye geçişte hem kuru depolamayı hem de yaprakları yıkaması ile konsantrasyonları artırmaktadır. Dolayısıyla OAY'nin iyon konsantrasyonu bakımından toplam yağıştan yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Nitekim Oyarzún ve diğ. (2005) çalışmalarında hem kuru depolamadan yıkanma hem de yapraklardan elementlerin sızması ile orman altı yağışta kimyasal

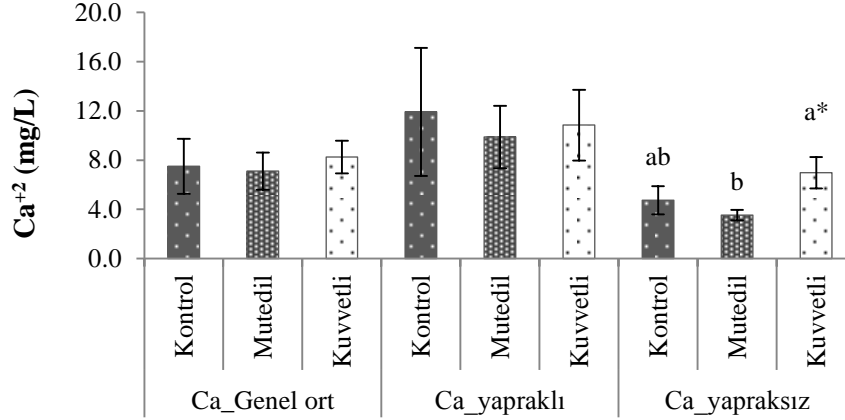
zenginleşmenin sağlanacağını belirtmişlerdir. İstatistiki olarak farksız bulunmasına rağmen aralama şiddetine bağlı olarak OAY Ca^{+2} konsantrasyonları azalma eğilimi göstermektedir. Yapraklı dönemlerdeki bu durum daha belirgindir. Aralama ile Ca^{+2} konsantrasyonunun azalmasının iki sebebi olabilir. Birincisi kontrol parseline kıyasla intersepsiyon depolamasının azalması ve buna bağlı olarak OAY'nin seyrelmesi; ikincisi ise tepe çatısının yoğunluğunun azalması ile kuru depolamanın azalması ve asitliği tamponlayan katyon yıkanma işlemlerinin azalması olabilir. Nitekim Bäumler ve Zech (1999) çalışmalarında bu konuya dikkat çekmektedirler. Ayrıca OAY Ca^{+2} miktarının yağış miktarıyla negatif ilişkili olması düşük miktardaki yağışların tepe çatısını daha etkili yıkamasından kaynaklanabileceği de belirtilmiştir (Bäumler ve Zech 1999, Dezzio ve Chacón 2006).

Gövdeden akış Ca^{+2} konsantrasyonları da OAY'deki gibi benzerlik göstermektedir. Toplam yağışa göre bir miktar yükseliş gösteren konsantrasyonlar aralama işlemleri arasında pek değişiklik göstermemiştir. OAY'de olduğu gibi GA'da da Ca^{+2} konsantrasyonları yağış miktarı ile kuvvetli negatif ilişki ($r=-0,662$, $p=0,001$) göstermektedir. Ca^{+2} konsantrasyonu yapraklı dönemlerde GA'da OAY ye göre bir miktar daha düşük seyrederken yapraksız dönemde OAY'den daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.40). Yapraksız dönemdeki ortalama sıcaklığın yapraklı döneme göre düşük olması gövdeden akıştan süzülen suyun viskozitesinin düşmesine neden olacağı belirtilirken, düşük viskozite nedeniyle gövdeden süzülen suyun daha yavaş hareket etmesi gövdeye temas süresini artıracığından daha yüksek konsantrasyonlu gövdeden akış kimyasal içeriği oluşacağı vurgulanmaktadır (Levia Jr ve Herwitz 2000, Levia Jr ve Frost 2003). Bunların yanı sıra GA'daki element içeriği toplam yağışın kimyasal içeriği, kuru depolama ve iklim karakteristikleri (rüzgar, sıcaklık, yağış vb.) ile de ilgili olduğunda ayrıca belirtilmektedir (André ve diğ. 2008a).

3.3.7.2. Yüzeysel Akışta Kalsiyum (Ca^{+2})

Tüm ölçüm periyodunda aralama şiddetine bağlı ortaya çıkan yüzeysel akış Ca^{+2} değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-6'da verilmiştir. Varyans analizine göre; ortalama yüzeysel akış Ca^{+2} değerleri her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-6). Ortalama yüzeysel akış Ca^{+2} kontrolde 7,50 mg/L,

mutedilde 7,11mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 8,26 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil.3.41).



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (P<0,05). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.41. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Ca⁺² değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre yüzeysel akışlardaki Ca⁺² miktarı *yapraklı* dönemde *yapraksız* dönemden daha yüksek bulunurken, işlemler (kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) arasında Ca⁺² miktarları *yapraklı* dönemde farksız iken *yapraksız* dönemde istatistiki fark bulunmuştur (p<0,05, EK-7, Şekil 3.41).

Yapraksız dönemde kuvvetli aralama parselindeki yüzeysel akış Ca⁺² değeri (6,98 mg/L) mutedil işleminde (3,53 mg/L) farklı bulunurken kontrol (4,74 mg/L) ile benzer bulunmuştur (p<0,05, EK-8, Şekil 3.41).

Yapraklı dönemde Ca⁺² kontrolde 11,92 mg/L, mutedilde 9,88 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 10,84 mg/L bulunmuştur.

En düşük yüzeysel akış Ca⁺² 1,06 mg/L ile *yapraksız* dönemde mutedil aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek Ca⁺² 74,13 mg/L ile *yapraklı* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşmiştir.

Yüzeysel akışlardaki Ca⁺² konsantrasyonu OAY ve GA ölçümlerine göre yüksek bulunmuştur. *Yapraklı* dönemde daha yüksek bulunan Ca⁺² aralama işlemlerine göre bir değişiklik göstermemektedir. *Yapraksız* dönemde ise *yapraklı* döneme göre azalış

gösteren Ca^{+2} kuvvetli aralama parselinde daha yüksek çıkmıştır. Ca^{+2} katyonu bitkilerin canlı dokularında yer aldığından diğer besin elementlerinin aksine yaprak döküm zamanına kadar yapraklarda birikir ve yaprak dökülmesiyle toprağa ulaşır (Serengil 2002). Çabuk yıkanabilen bir katyon olan Ca^{+2} ölü örtü ve yüzeysel akışla gelen suda yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (Godoy ve diğ. 2001). Nitekim Belgrad Ormanında yapılan bir çalışmada kayında OAY Ca^{+2} 6,31 mg/L iken ölü örtü sızıntı suyunda 17,32 mg/L'ye kadar yükseldiği belirtilmektedir (Eisalou ve diğ. 2013). *Yapraklı* dönemde toprağa ulaşan yağıştaki (OAY+GA) Ca^{+2} değerlerinin yüksek olması yüzeysel akış Ca^{+2} 'nin de bu dönemde yüksek olmasında etkili olabilir. *Yapraksız* dönemde kuvvetli aralama parselinde Ca^{+2} 'nin daha yüksek bulunması hem toprağa ulaşan yağış ve gerçekleşen yüzeysel akış miktarlarının bu parselde daha yüksek olmasından hem de bu parselde yapraklı dönemde ölü örtü ayrışmasının fazla olma ihtimalinden kaynaklanabilir.

3.3.8. Magnezyum (Mg^{+2})

3.3.8.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Magnezyum(Mg^{+2})

Tüm ölçüm periyodunda magnezyum (Mg^{+2}) miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizine göre; tüm ölçüm periyodunda Mg^{+2} işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$, EK-4, Şekil 3.42).

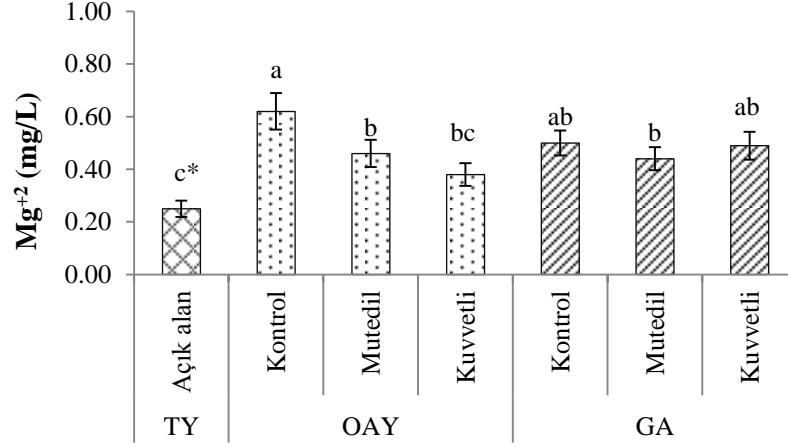
Tüm ölçüm periyodunda ortalama Mg^{+2} miktarı en düşük 0,25 mg/L ile açık alan yağışta en yüksek ise 0,62 mg/L ile OAY kontrol işleminde bulunmuştur (Şekil 3.42).

Açık alan yağışta Mg^{+2} miktarı ortalama 0,25 mg/L, en düşük Mg^{+2} 0,0 mg/L iken en yüksek 0,75 mg/L olarak belirlenmiştir.

Aralama şiddetine bağlı olarak azalış gösteren OAY Mg^{+2} miktarları ölçüm periyodu boyunca ortalama kontrolde 0,62 mg/L, mutedilde 0,46 mg/L kuvvetli aralama işleminde ise 0,38 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3.42).

Gövdeden akışlarda (GA) aralama ile Mg^{+2} değerlerinde bir değişiklik görülmezken ölçüm periyodu süresince ortalama kontrolde 0,50 mg/L, mutedilde 0,44 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 0,49 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3.42).

Ölçüm dönemlerine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; *yapraklı 2012* ve *yapraksız* dönemde işlemler arasında istatistiki olarak fark bulunurken, *yapraklı 2013* vejetasyon döneminde fark bulunmamıştır (EK-5, Şekil 3.42)



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

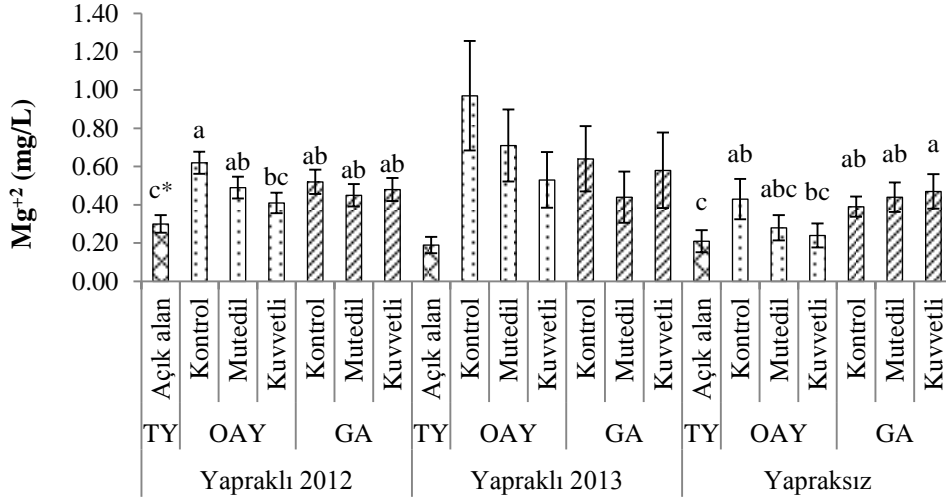
Şekil 3.42. Tüm ölçüm periyodunda Mg⁺² değerlerinin karşılaştırılması.

Açık alan yağış Mg⁺² *yapraklı 2012* ve *yapraksız* vejetasyon döneminde benzer seyretmiştir. Her iki dönemde de açık alan yağış Mg⁺² miktarı OAY kuvvetli aralama işlemi ile aynı grupta yer alırken diğer işlem ve ölçümlerden düşük ve anlamlı farklılık göstermektedir (Şekil 3.43). Açık alan yağış Mg⁺² *yapraklı 2012*'de 0,30 mg/L, *yapraklı 2013*'te 0,19 mg/L, *yapraksız* dönemde de 0,21 mg/L bulunmuştur. Açık alan yağışta en düşük Mg⁺² 0,0 mg/L ile *yapraksız* dönemde ölçülürken en yüksek 0,75 mg/L ile *yapraklı 2012* vejetasyon döneminde ölçülmüştür.

Yapraklı 2012 döneminde OAY Mg⁺² değerleri kontrolde 0,62 mg/L, mutedilde 0,49 mg/L, kuvvetli 0,41 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 0,97; 0,71 ve 0,53 mg/L; *yapraksız* dönemde de 0,43; 0,28 ve 0,24 mg/L olarak belirlenmiştir.

Gövdeden akış Mg⁺² *yapraklı 2012* döneminde kontrolde 0,52 mg/L, mutedilde 0,45 mg/L, kuvvetli aralamada 0,48 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 0,64; 0,44 ve 0,58 mg/L; *yapraksız* dönemde de 0,39; 0,44 ve 0,47 mg/L bulunmuştur.

En düşük gövdeden akış Mg^{+2} miktarı 0,04 mg/L ile *yapraksız* dönemde ve mutedil aralama işleminde ölçülürken en yüksek Mg^{+2} 1,71 mg/L ile *yapraklı 2013* döneminde ve kuvvetli aralama parselinde ölçülmüştür.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.43. Ölçüm dönemlerinde Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.

Yağış suyundaki baz katyonlar içerisinde (Ca, Mg, Na ve K) en düşük konsantrasyon Mg^{+2} da bulunmuştur. Açık alan yağıştaki Mg^{+2} miktarı da yine OAY ve GA'dan hem yapraklı hem de yapraksız dönemde daha düşüktür. Yağışların tepe çatısını yıkayarak toprağa ulaşması sırasındaki geçtiği evrelerde baz katyonları yıkadığı ve bu nedenle de iyonik konsantrasyonun arttığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda da bu konu vurgulanmaktadır (Hölscher ve diğ. 1998, Godoy ve diğ. 2001).

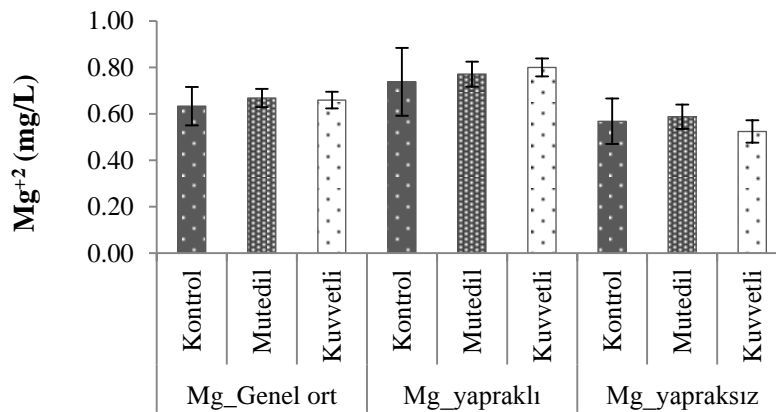
Orman altı yağışlardaki Mg^{+2} konsantrasyonları açık alan yağışa göre yükselirken aralama ile değerler azalışa geçmekte ve kuvvetli aralama işleminde toplam yağış değerine yakın değerler göstermektedir. Nitekim kalsiyum bahsinde de belirtildiği gibi aralama ile Mg^{+2} miktarındaki azalma; hem intersepsiyon azalması ile kuru depolamanın azalması hem de orman altına ulaşan yağışın artmasıyla çözeltinin seyrelmesi ile açıklanabilir. Dönemler arası konsantrasyonlardaki azalış ya da artışlar yağış suyundaki kimyasal konsantrasyonlar, yağışın miktarı ve süresi gibi nedenlerden kaynaklanabilmektedir (Bäumler ve Zech 1999, Dezzio ve Chacón 2006). Nitekim

yağış miktarı ile Mg^{+2} miktarı arasında kuvvetli negatif ilişki söz konusudur ($p < 0,01$ EK-8,9,11).

Gövdeden akışlarda Mg^{+2} konsantrasyonları toplam yağışa göre yüksek ancak aralama işlemleri arasında farksızdır. *Yapraklı* dönemlerde GA Mg^{+2} miktarı hem yağış suyu hem de OAY konsantrasyonlarındaki yükseklikten kaynaklanabilecek bir artışa paralel olarak yüksek bulunduğu düşünülmektedir. Ancak *yapraksız* dönemdeki GA Mg^{+2} miktarının açık alan yağış ve OAY'deki düşüklüğe rağmen yüksek olması (Şekil 3.43) ise kış dönemindeki düşük sıcaklığın sebep olduğu düşük viskozite etkisiyle gövdeden akış sularının ağaç gövdelerinden yavaş süzülmesi ve konsantrasyonun yükselmesine sebep olması ile açıklanabilir. Nitekim gövdeden akışla ilgili yapılan kapsamlı araştırmalarda bu konu önemsenmektedir (Levia Jr ve Herwitz 2000, Levia Jr ve Frost 2003).

3.3.8.2. Yüzeysel Akışta Magnezyum (Mg^{+2})

Tüm ölçüm periyodunda ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akış Mg^{+2} değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-6,7'de verilmiştir. Varyans analizlerine göre; yüzeysel akış Mg^{+2} miktarları hem tüm ölçüm periyodu hem de ölçüm dönemlerinde işlemler arasında farksız bulunmuştur ($p > 0,05$, EK-6,7). Tüm ölçüm periyodunda ortalama yüzeysel akış Mg^{+2} kontrolde 0,63 mg/L, mutedilde 0,67 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 0,66 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 3.44).



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.44. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre yüzeysel akıştaki Mg^{+2} miktarı *yapraklı* dönemde daha yüksek bulunurken, işlemler (kontrol, mutedil ve kuvvetli aralama) arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$, EK-7, Şekil 3.44).

Yapraklı dönemde YA Mg^{+2} kontrolde 0.74 mg/L, mutedilde 0,77 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 0.80 mg/L bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sıraya göre 0,57; 0,59; 0,52 mg/L bulunmuştur.

En düşük yüzeysel akış Mg^{+2} miktarı 0,24 mg/L ile *yapraksız* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek Mg^{+2} 1,20 mg/L ile *yapraklı* dönemde aynı parselde gerçekleşmiştir.

Yüzeysel akışlardaki Mg^{+2} konsantrasyonları kalsiyumun aksine oldukça düşük bulunmuştur. Yapraksız dönemde daha da düşük bulunan Mg^{+2} konsantrasyonu aralama işlemleri arasında benzerdir. Nitekim Godoy ve diğ. (2001) Güney Şili’de herdem yeşil *Nothofagus* ormanlarında yaptıkları çalışmada; yüzeysel akışlarda aylık ortalama baz katyon konsantrasyonları içerisinde en düşük değerin Mg^{+2} ’da (0,38-0,64 mg/L) olduğunu belirlemiştirler. Belgrad ormanında yapılan çalışmada ise 2,51 mg/L olan yağış suyu Mg^{+2} konsantrasyonuna karşılık ölü örtü sızıntı suyundaki Mg^{+2} değerleri meşede 4,76 mg/L, kayında 5,15 mg/L çamda 5,01 mg/L olarak belirlenmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).

3.3.9. Sodyum (Na^+)

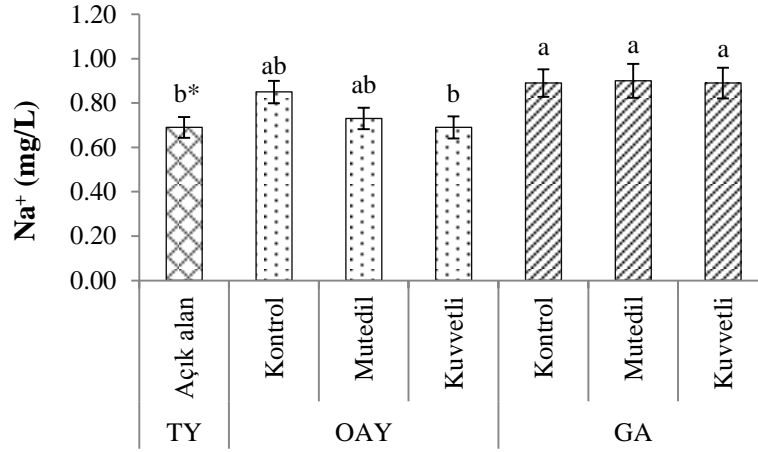
3.3.9.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Sodyum (Na^+)

Tüm ölçüm periyodunda sodyum (Na^+) miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-4’te verilmiştir. Varyans analizine göre; tüm ölçüm periyodunda Na^+ işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$, EK-4, Şekil 3.45).

Açık alan yağış Na^+ OAY işlemleri ile benzerlik gösterirken GA işlemlerinden düşük bulunmuştur ($p<0,05$, EK-4, Şekil 3.45). Açık alan yağış Na^+ miktarı tüm ölçüm periyodunda ortalama 0,69 mg/L iken en düşük 0,10 mg/L ve en yüksek 1,37 mg/L olarak bulunmuştur.

Orman altı yağış Na^+ miktarları hem aralama işlemleri arasında hem de açık alan yağışla benzer bulunmuştur. OAY Na^+ tüm ölçüm periyodunda ortalama kontrolde 0,85 mg/L, mutedilde 0,73 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 0,69 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 3.45).

Gövdeden akış Na^+ değerleri ise ölçüm periyodu boyunca ortalama kontrolde 0,89 mg/L, mutedilde 0,90 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 0,89 mg/L bulunmuştur.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.45. Tüm ölçüm periyodunda Na^+ değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; Na^+ konsantrasyonu *yapraklı 2012* ve *yapraklı 2013* dönemlerinde işlemler arasında istatistiki olarak farksız bulunurken ($p > 0,05$), *yapraksız* dönemde istatistiki olarak fark bulunmuştur ($p < 0,05$ EK-5, Şekil 3.46).

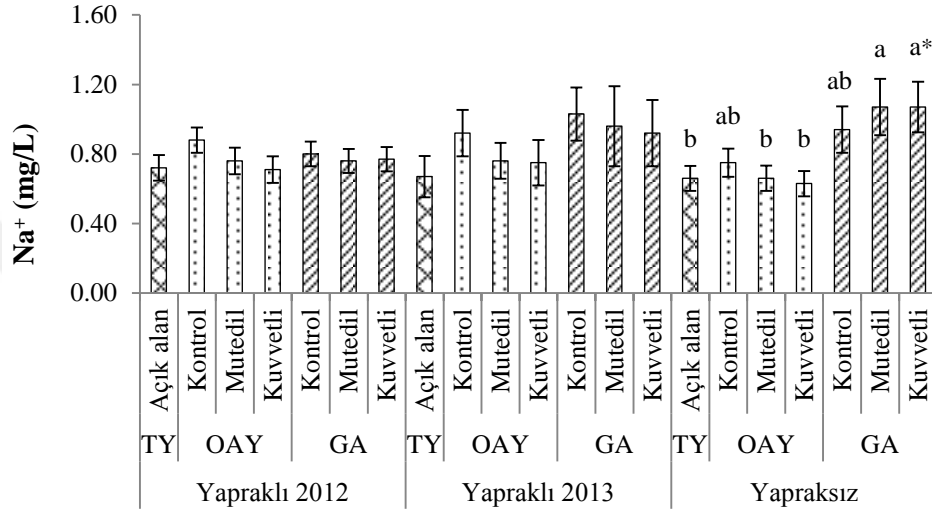
Yapraksız dönemde TY, OAY (üç işlemi) ve GA kontrol işlemi birbirine benzer olup GA mutedil ve kuvvetli işlemlerinden düşük Na^+ değerlerine sahiptirler.

Toplam yağıştaki ortalama Na^+ konsantrasyonu *yapraklı 2012*'de 0,72 mg/L, *yapraklı 2013*'te 0,67 mg/L, *yapraksız* dönemde de 0,66 mg/L bulunmuştur.

Orman altı yağış Na^+ *yapraklı 2012* döneminde kontrolde 0,88 mg/L, mutedilde 0,76 mg/L, kuvvetli 0,71 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 0,92; 0,76 ve 0,75 mg/L; *yapraksız* dönemde de 0,75; 0,66 ve 0,63 mg/L olarak belirlenmiştir.

Gövdeden akış Na^+ değerleri *yapraklı 2012*'de kontrolde 0,80 mg/L, mutedilde 0,76 mg/L, kuvvetli aralamada 0,77 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 1,03; 0,96 ve 0,92 mg/L; *yapraksız* dönemde de 0,94; 1,07 ve 1,07 mg/L olarak bulunmuştur.

En düşük gövdeden akış Na^+ miktarı 0,15 mg/L ile yapraksız dönemde ve mutedil aralama işleminde ölçülürken en yüksek Na^+ ise 2,43 mg/L ile yine aynı dönemde aynı parselde gerçekleşmiştir.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.46. Ölçüm dönemlerinde Na^+ değerlerinin karşılaştırılması.

Araştırma boyunca Na^+ hem genel ortalama hem de ölçüm dönemlerine göre çok az değişiklik göstermiştir. Alanın direkt deniz etkisine maruz kalmaması toplam yağıştaki Na^+ 'un düşük konsantrasyonlarda (ortalama 0,70 mg/L) seyretmesine neden olmuş olabilir. Nitekim direkt deniz etkisi altında bulunan Belgrad Ormanında yapılan iki ayrı çalışmada yağış suyu Na^+ konsantrasyonu 2,67-4,66 mg/L arasında bulunmuştur (Gökbulak ve diğ. 2008a, Eaisalou ve diğ. 2013). Yine Karadeniz sahil kesimindeki İzmit Kerpe yöresinde yapılan çalışmada da 1994-95 yılları yaz döneminde Na^+ 1,28-130 mg/L iken kış döneminde 2,19-1,56 mg/L bulunmuştur (Zengin 1997).

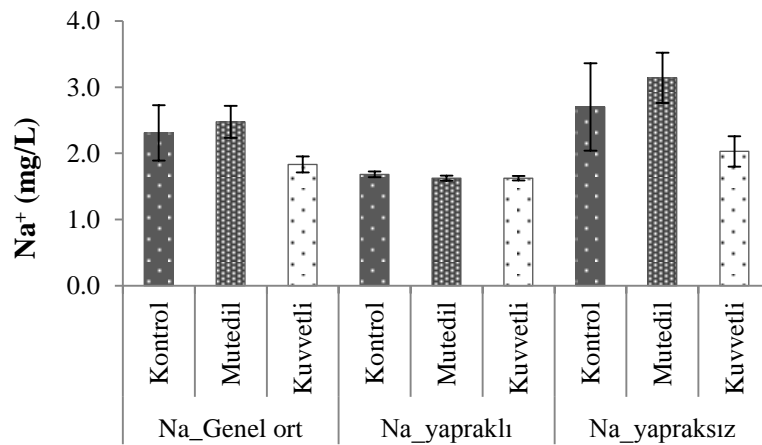
Denizsel kaynaklı bir katyon olan Na^+ araştırma alanında yağışın tepe çatısından geçerek orman altı yağışa ulaşmasında da bir değişiklik göstermemiştir. Yapılan çalışmalarda da denizsel etkiye bağlı olarak yağış suyu ve OAY Na^+ değerlerinin arttığı

ya da değişmediği bildirilmektedir (Zengin 1997, Holscher ve diğ. 1998, Godoy ve diğ. 2001, Oyarzún ve diğ. 2005).

Gövdeden akış Na⁺ konsantrasyonları yağış suyundan yüksek bulunurken işlemler arasında bir fark görülmemektedir. Genel ortalamadaki bu fark yapraklı dönemlerde görülmeyen yapraksız dönemdeki fark anlamlı düzeydedir (şekil 3.45). Bu durum iki sebepten kaynaklanabilir. Birincisi araştırma sahası her ne kadar denizsel etkiden uzak olsa da yapraksız dönemde gövdelerin kuru depolamaya daha açık olması; ikincisi ise sıcaklığın düşüklüğüne bağlı olarak azalan viskoziten kaynaklı suyun gövdeye temas süresinin artışı olabilir (Levia Jr ve Herwitz 2000). André ve diğ. (2008b) yapraksız dönemde şiddetli denizsel rüzgarlar nedeniyle Na⁺ iyonunun kuru depolama oranının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara benzerlik gösteren başka bir çalışmada ise Na⁺ konsantrasyonu toplam yağışta 0,69 mg/L iken GA değerinin 1,03 mg/L'ye yükseldiği belirlenmiştir (Godoy ve diğ. 2001).

3.3.9.2. Yüzeysel Akışta Sodyum (Na⁺)

Tüm ölçüm periyodunda yüzeysel akış Na⁺ değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-6'da verilmiştir. Varyans analizine göre; ortalama yüzeysel akış Na⁺ miktarı her üç aralama işleminde birbirine benzer bulunmuştur (p>0,05, EK-6). Ortalama yüzeysel akış Na⁺ miktarları kontrolde 2,31 mg/L, mutedilde 2,48 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 1,83 mg/L olarak bulunmuştur (şekil. 3.47).



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

şekil 3.47. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda Na⁺ değerlerinin karşılaştırılması.

Ölçüm dönemlerine göre değerlendirildiğinde yüzeysel akıştaki Na⁺ miktarı *yapraklı* dönemde *yapraksız* dönemden daha düşükken, her iki dönemde de arasında Na⁺ miktarları istatistiki olarak farksız bulunmuştur (p>0,05, EK-6, Şekil 3.47).

Yapraklı dönemde Na⁺ kontrolde 1,68 mg/L, mutedilde 1,62 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 1,63mg/L bulunurken *yapraksız* dönemde aynı sıraya göre 2,70; 3,14 ve 2,03 mg/L bulunmuştur.

Yüzeysel akışta en düşük Na⁺ miktarı 0,47 mg/L ile *yapraksız* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek Na⁺ 6,92 mg/L ile yine aynı dönemde kontrol ve mutedil aralama parsellerinde gerçekleşmiştir.

Yüzeysel akışlardaki Na⁺ konsantrasyonları *yapraksız* dönemde daha yüksektir. Gövdeden akışlardada aynı durum söz konusuydu. Bu durum, Na⁺ iyonunun kuru depolama oranının genellikle *yapraksız* dönemde daha yüksek olması ile açıklanabilir (André ve diğ. 2008b). Godoy ve diğ. (2001) Güney Şili’de herdem yeşil *Nothofagus* ormanlarında yaptıkları çalışmada toplam yağışta 0,33-0,69 mg/L olan Na⁺ konsantrasyonlarını yüzeysel akışlarda (yüzeysel akışta katyon konsantrasyonları içerisinde en yüksek Na⁺) 1,07-1,57 mg/L olarak belirlemişlerdir. Belgrad Ormanında yapılan çalışmada ise 4,66 mg/L olan yağış suyu Na⁺ konsantrasyonuna karşılık ölü örtü sızıntı suyundaki Na⁺ değerleri; meşede 5,19 mg/L, kayında 4,72 mg/L, çamda 5,48 mg/L olarak belirlenmiştir (Eisalou ve diğ. 2013). Başka bir çalışmada da 0.44 mg/L yağış suyu Na⁺ değerine karşılık yüzeysel akıştaki konsantrasyon 1,12 mg/L olarak bulunmuştur (Oyarzún ve diğ. 2005).

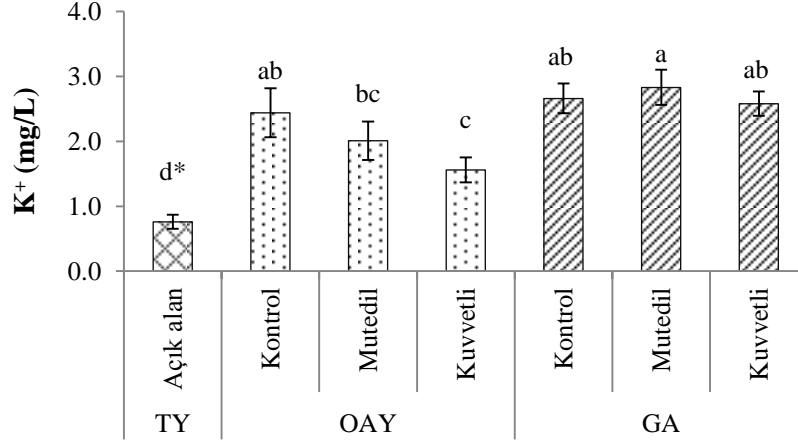
3.3.10. Potasyum (K⁺)

3.3.10.1. Toplam Yağış, Orman Altı Yağış ve Gövdeden Akışta Potasyum (K⁺)

Tüm ölçüm periyodunda potasyum (K⁺) miktarlarına ait varyans analizi sonuçları EK-4’te verilmiştir. Varyans analizine göre; tüm ölçüm periyodunda K⁺ işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur (p<0,05, EK-4, Şekil 3.48).

Ortalama K⁺ miktarı en düşük açık alan yağışta en yüksek ise gövdeden akış işlemlerinde bulunmuştur. Tüm ölçüm periyodunda açık alan yağışta K⁺ ortalama 0,76 mg/L bulunurken, en düşük 0,11 mg/L, en yüksek 2,75 mg/L belirlenmiştir.

Aralama şiddetine bağlı olarak azalan OAY K⁺ konsantrasyonları ölçüm periyodu ortalamasına göre kontrolde 2,44 mg/L, mutedilde 2,01 mg/L kuvvetli aralama işleminde de 1,56 mg/L olarak bulunmuştur.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

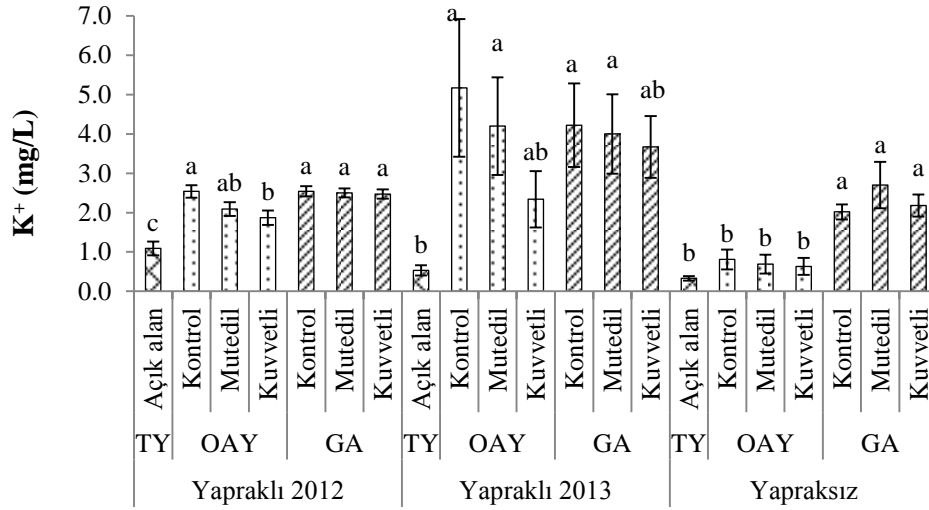
Şekil 3.48. Tüm ölçüm periyodunda K⁺ değerlerinin karşılaştırılması.

Gövdeden akış K⁺ değerlerinde aralama ile bir değişiklik olmazken tüm ölçüm periyodunda kontrolde 2,66 mg/L, mutedilde 2,83 mg/L, kuvvetli aralama işleminde ise 2,58 mg/L potasyum belirlenmiştir.

Ölçüm dönemlerine göre ayrı ayrı yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; K⁺ konsantrasyonu *yapraklı 2012*, *yapraklı 2013* ve *yapraksız* dönemin üçünde de işlemler arasında istatistiki olarak farklar bulunmuştur (p<0,05, EK-5, Şekil 3.49).

Şekil 3.49'da görüldüğü gibi üç ölçüm döneminde K⁺ değeri açık alan yağışta en düşük olup TY K⁺ yapraklı 2012'de 1,09 mg/L, yapraklı 2013'te 0,53 mg/L ve yapraksız dönemde de 0,33 mg/L bulunmuştur.

Yapraklı 2012 döneminde orman altı yağış K⁺ miktarları kontrolde 2,54 mg/L, mutedilde 2,09 mg/L, kuvvetli aralamada 1,87 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sıraya göre 5,17; 4,20 ve 2,34 mg/L; *yapraksız* dönemde de 0,81; 0,69 ve 0,63 mg/L olarak bulunmuştur. En düşük orman altı yağış K⁺ 0,15 mg/L ile *yapraksız* dönemde kuvvetli aralanan meşcerede ölçülürken en yüksek ise 14,95 mg/L ile *yapraklı 2012* *vegetasyon* döneminde ve kontrol parselinde ölçülmüştür.



*Aynı dönem içinde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata cubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.49. Ölçüm dönemlerinde K⁺ değerlerinin karşılaştırılması.

Gövdeden akış K⁺ miktarları *yapraklı 2012* döneminde kontrolde 2,54 mg/L, mutedilde 2,50 mg/L, kuvvetli aralamada 2,47 mg/L; *yapraklı 2013*'te aynı sırayla 4,22; 4,0 ve 3,67 mg/L; *yapraksız* dönemde de 2,02; 2,70 ve 2,18 mg/L olarak bulunmuştur. En düşük gövdeden akış K⁺ 0,24 mg/L ile *yapraksız* dönemde ve kuvvetli aralama parselinde ölçülürken en yüksek ise 9,92 mg/L ile *yapraklı 2013* döneminde ve kontrol parselinde gerçekleşmiştir.

Yağış suyundaki K⁺ konsantrasyonları yapraklı dönemlerde yapraksız döneme göre daha yüksek belirlenmiştir. Zengin (1997) İzmit Kerpe yöresinde yaptığı çalışmada da yağış suyu K⁺ iyon konsantrasyonlarını yaz döneminde kış döneminden daha yüksek bulmuştur. Yapılan benzer çalışmalardaki yağış suyu K⁺ konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen bulgulara benzerlik göstermektedir (Bäumler ve Zech 1999, Godoy ve diğ. 2001, Eaisalou ve diğ. 2013, Gökbülak ve diğ. 2013, Shen ve diğ. 2013).

Orman altı yağışta K⁺ konsantrasyonları kalsiyumda olduğu gibi yüksek bulunmuştur. K döngüsünde yağış suları ile yapraktan yıkanma olayı çok önemlidir. K bitki dokularında iyonik olarak bulunup, stomaların açılıp kapanmasında etkili olan ozmotik düzenlemede rol oynar (Serengil 2002). Katyon değişimi ve ardından başlayan yapraklardan sızma nedeniyle, yağıştan orman altı yağışa doğru en fazla değişim gösteren katyon K⁺ iyonudur (Bäumler ve Zech 1999). Yine K⁺ iyonun hem mobilitesi hem de yapraktaki

miktarının yüksek olması orman altı yağış ve gövdeden akışta yüksek konsantrasyonlarda olmasına neden olmaktadır (Dezzeo ve Chacón 2006). Yapraklı dönemlerde ki OAY K^+ miktarlarının yüksek olması büyüme ve yapraklanma dönemdeki bu aktivitenin yüksek olması nedeniyledir. Aralama şiddeti artışına bağlı olarak azalan yaprak alan indeksi (YAI) ve buna bağlı olarak azalan intersepsiyon depolaması nedeniyle OAY K^+ miktarları da azalma göstermektedir. Öyle ki yapraklı dönemlerde belirgin olan bu azalış/fark yapraksız dönemde görülmemektedir. Nitekim yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar görülmektedir (Michopoulos ve diğ. 2001). Yine Bäumler ve Zech (1999) yaptıkları aralama denemesinde 0,23 mg/L yağış suyu K^+ konsantrasyonunda % 40 aralama uygulanmış alanda OAY K^+ değeri 0,68 mg/L bulunurken kontrol alanında 1,68 mg/L K^+ konsantrasyonu elde edilmiştir. Belgrad Ormanında yapılan çalışmada da yağış suyu K^+ değeri 0,66 mg/L iken orman altı yağışta; meşede 2,31 mg/L, kayında 1,99 mg/L, çamda 1,47 mg/L K^+ konsantrasyonu elde edilmiştir (Eisalou ve diğ. 2013).

OAY'de olduğu gibi GA'larda da K iyonu katyon değişimi ve hızlı yıkanma nedeniyle yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. GA K^+ konsantrasyonları yapraklı dönemlerde OAY K^+ değerlerine benzer aralıklarda bulunurken aralama işlemleri arasında fark bulunmamıştır. Yapraklı dönemlerde ki GA K^+ miktarlarının yüksek olması bitkilerin bünyesinde bulunan K^+ iyonunun büyüme ve yapraklanma döneminde aktivitesinin yüksek olması nedeniyle olmuş olabilir. Yapraksız dönemde ise GA K^+ konsantrasyonları OAY'den 2,5-4 kat, toplam yağıştan ise 6-8 kat daha yüksek bulunmuştur. Ortalama sıcaklığın yapraksız dönemde düşük olması gövdeden akıştan süzülen suyun viskozitesinin düşmesine neden olduğu belirtilirken düşük viskozite nedeniyle gövdeden süzülen suyun daha yavaş hareket etmesi gövdeye temas süresini artıracığından daha yüksek konsantrasyonlu GA kimyasal içeriği oluşturabilecektir (Levia Jr ve Herwitz 2000, Levia Jr ve Frost 2003). Yapraksız dönemdeki GA K^+ konsantrasyonlarının OAY'ye göre 2-3 kat yüksek bulunması belirtilen nedenlerden kaynaklanabilir. Yapılan çalışmalar OAY ve GA K^+ iyonu konsantrasyonlarının toplam yağışa göre 2-3 kat (Eisalou ve diğ. 2013), 8,5 kat (Hölscher ve diğ. 1998), 5-12 kat (kayın GA'da) (Zengin 1997), 30-42 kat (Dezzeo ve Chacón 2006) kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

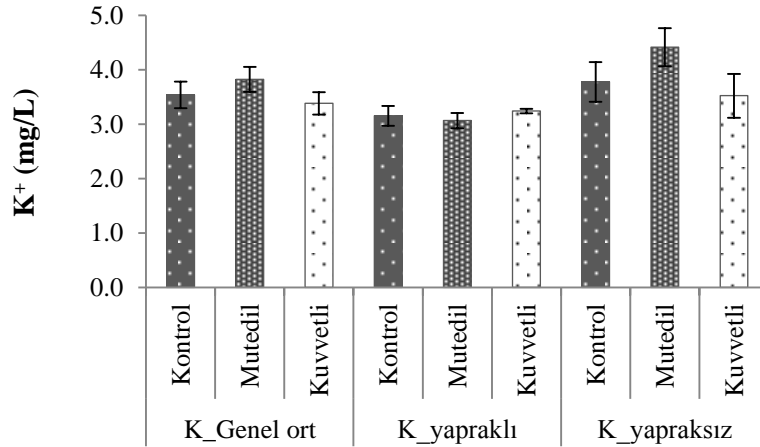
3.3.10.2. Yüzeysel Akışta Potasyum (K^+)

Tüm ölçüm periyodunda yüzeysel akış K^+ değerlerine ait varyans analizi sonuçları EK-4'te verilmiştir. Varyans analizine göre ortalama yüzeysel akış K^+ üç aralama işleminde benzer bulunmuştur ($p>0,05$, EK-6). Ölçüm periyodu süresince ortalama yüzeysel akış K^+ kontrolde 3,54 mg/L, mutedilde 3,82 mg/L ve kuvvetli aralama işleminde 3,38 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 3.50).

Ölçüm dönemlerine göre ayrı ayrı yapılan değerlendirmede; K^+ miktarı her iki dönemde işlemler arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$, EK-7, Şekil 3.50).

Yapraklı dönemde K^+ kontrolde 3,15 mg/L, mutedilde 3,07 mg/L, kuvvetli aralama işleminde de 3,24 mg/L bulunurken, *yapraksız* dönemde aynı sıraya göre 3,78; 4,41 ve 3,52 mg/L olarak belirlenmiştir.

Yüzeysel akıştaki en düşük K^+ miktarı 1,01 mg/L ile *yapraksız* dönemde kuvvetli aralama parselinde gerçekleşirken en yüksek 8,14 mg/L ile yine aynı dönemde mutedil ve kuvvetli aralama parsellerinde gerçekleşmiştir.



Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.50. Tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinde yüzeysel akışlarda K^+ değerlerinin karşılaştırılması.

Ortalama 3-4,5 mg/L arasında değişen yüzeysel akış K^+ konsantrasyonları aralama şiddetine göre fark göstermemiştir. Yapraklı ve yapraksız dönemler arasında da K^+ konsantrasyonları değişmemektedir. Zengin (1997) yapraklı karışık meşcerede iki yıllık

ölçüm sonucunda yüzeysel akış K^+ konsantrasyonunu ilk yıl 3,19 mg/L, ikinci yıl ise 3,33 mg/L bulmuştur. Belgrad Ormanında yapılan çalışmada kayın ölü örtü sızıntı suyunda K^+ konsantrasyonu 5,49 mg/L bulunurken (Eisalou ve diğ. 2013), aynı yerdeki başka bir çalışmada dere suyundaki K^+ konsantrasyonları 12 aylık dönemde ortalama 6,23 ile 14,9 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Gökbulak ve diğ. 2008a).



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde, özellikle orman hidrolojisine yönelik çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Farklı meşcere yapısı ve yetiştirme ortamlarındaki hidrolojik çalışmalar özellikle su havzaları için son derece önemlidir. Orman idaresinin planlama ve işletmeye yönelik çalışmalarında hidrolojik verilere ihtiyaç duyduğu açıkça görülmektedir. Önemli doğal yapraklı orman ağacı türlerimizden biri olan doğu kayını meşcerelerinde aralamanın orman altı yağış, gövdeden akış, toprağa ulaşan yağış ve yüzeysel akış miktarına ve bazı su kalite parametrelerine (pH, Eİ, bulanıklık, TN, TP, Ca, Mg, Na, K) etkileri bu çalışmada araştırılmıştır. Aralama ile kontrol işleminde hiçbir müdahale yapılmamışken (% 0), mutedil işleminde göğüs yüzeyinin (GY) % 23,2 si, kuvvetlide de % 47,4 ü çıkartılmıştır. Hektardaki göğüs yüzeyleri kontrol, mutedil ve kuvvetlide sırasıyla 2011’de 27,1; 22,8; 16,8 m²/ha iken 2012’de aynı sıraya göre 28,0; 23,6; 17,6 m²/ha olmuştur. Yağışın tepe çatısına ulaştıktan sonraki dağılımı kontrol parseli ile kıyaslandığı için kontrole göre göğüs yüzeylerindeki azalış yüzdeleri dikkate alınmıştır. Kontrole göre bu azalışlar ortalama mutedil aralamada % 16 kuvvetlide % 37,5 bulunmuştur. 17 aylık zaman sürecinde tamamlanan arazi ölçümleri sonucu elde edilen veriler; tüm ölçüm periyodu, ölçüm dönemleri (yapraklı 2012, yapraklı 2013 ve yapraksız) ve yağış sınıflarına göre değerlendirilerek ulaşılan bulgular neticesinde aşağıdaki sonuçlar ve önerilerde bulunulmuştur.

Yaprak alan indeksi (YAI) ölçüm periyodu süresince belirlenmiştir. YAI 2012’de kontrolde 3,02 m²/m², mutedilde 2,63 m²/m², kuvvetli aralama parselinde 2,21 m²/m² iken 2013’te aynı sıraya göre 4,20; 3,72 ve 3,31 m²/m² olarak belirlenmiştir. Bir önceki yıl gerçekleşen toplam yağış, takip eden yılda YAI değerini etkilediği düşünülmektedir. İklim verileri, 2011 yılında yağışın uzun yıllar ortalamasından düşük olduğunu göstermektedir. Nitekim 2012 yılında yapraklanma da düşük gerçekleşmiştir.

Ölçüm periyodu süresince, deneme alanı yakınında açık alanda ölçülen toplam yağış 1085,9 mm (DMİ, 146 m, 846,1mm) bulunmuştur. En düşük yağış 4,2 mm ile 2012 Eylül ayında ölçülürken en yüksek yağış 154,0 mm ile 2012 Aralık ayında ölçülmüştür.

Araştırma alanında toplam yağış, ölçüm dönemlerine göre; *yapraklı 2012* döneminde 339,1 mm, *yapraklı 2013*'te 241 mm, *yapraksız* dönemde 505,8 mm gerçekleşmiştir.

Orman altı yağış (OAY) aralama işlemleri arasında hem genel ortalamada hem de ölçüm dönemlerine göre istatistiki olarak farklı bulunurken aralama şiddeti arttıkça OAY artış göstermiştir. Toplam yağış ile OAY arasında, hem *yapraklı* hem de *yapraksız* dönemde her üç aralama işleminde kuvvetli doğrusal ilişki bulunmuştur.

Ölçüm dönemlerine göre yağışın yüzdesi olarak OAY'ler:

Yapraklı 2012'de kontrolde % 29,7-73,6; mutedilde % 42,1-82,5; kuvvetlide % 57,4-90,4 arasında değiştiği,

Yapraklı 2013'te kontrolde % 42,5-76,0; mutedilde % 50,5-80,2; kuvvetlide % 63,2-89,1 arasında değiştiği,

Yapraksız dönemde kontrolde % 63,1-92,0; mutedilde % 67,1-84,3; kuvvetlide % 75,6-91,3 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Orman altı yağışlar; *yapraklı* dönemlerde (2012-2013) kontrole göre, mutedil aralama işleminde ortalama % 16,9, kuvvetli işleminde de % 30,6 daha fazla gerçekleşmiştir. *Yapraksız* dönemdeki artışlar ise aynı sıraya göre % 3,1 ve % 10,5'tir. Toprağa ulaşan toplam yağış ise *yapraklı* dönemde kontrole göre mutedilde % 15,3; kuvvetlide % 20,4 artarken *yapraksız* dönemdeki artış ise % 2,4 ve % 6,1 olmuştur.

Gövdeden akışlar (GA); aralama işlemleri arasında *tüm ölçüm periyodu ve yapraklı 2012* döneminde farklı bulunurken, *yapraklı 2013* ve *yapraksız* dönemde farksız bulunmuştur. Toplam yağış ile GA arasında sadece *yapraklı* dönemde pozitif yönde doğrusal ilişki bulunmuştur.

Ölçüm dönemlerine göre yağışın yüzdesi olarak GA'lar *yapraklı* dönemlerde ortalama %1,5-18,1; *yapraksız* dönemde de % 3,2-18,3 arasında değişmiştir. Kayın ağacının gövde yapısının pürüzsüz olması ve dallanma açısının dar olması gövdeden akış miktarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. O nedenle kayın türlerinde ve benzer gövde yapısındaki başka türlerde gövdeden akış miktarları ihmal edilemeyecek düzeydedir.

Yağış sınıflarına göre GA'lar 5 mm'ye kadar düşük iken 5-50 mm arası yükseldiği 50 mm'den sonra ise bir miktar düştüğü belirlenmiştir. Aşırı yağışlarda gövde ve dallardan damlamaların başlaması (GA'nın OAY'ye dönüşmesi) 50 mm'den sonraki bu azalışın nedeni olabilir.

İntersepsiyon (INT) hem tüm ölçüm periyodu ve ölçüm dönemlerinin hepsinde aralama işlemleri arasında farklı çıkmıştır. Aralama şiddetinin artmasına paralel olarak azalış gösteren INT kontrol parselinde, yağışın düşük ve sıcaklığın yüksek olduğu dönemde %70'e kadar yükselebilmektedir. Yapraklı dönemlerde INT toplam yağış ile azalan logaritmik bir ilişki göstermiştir.

Ölçüm dönemlerine göre yağışın yüzdesi olarak INT'ler:

Yapraklı 2012'de kontrolde % 10,9-70,3; mutedilde % 2,0-55,5; kuvvetlide % 0,0-42,2 arasında değiştiği,

Yapraklı 2013'te kontrolde % 7,5-55,4; mutedilde % 3,0-47,1; kuvvetlide % 4,4-35,2 arasında değiştiği,

Yapraksız dönemde kontrolde % 4,3-21,1; mutedilde % 3,1-21,7; kuvvetlide % 0,0-20,2 arasında değiştiği belirlenmiştir.

İntersepsiyon kaybı yapraklı dönemde kontrole kıyasla mutedil işleminde ortalama % 53,2, kuvvetlide % 70,5 azalırken yapraksız dönemdeki azalış % 16,3 ve % 40,5 olmuştur.

Yüzeysel akış (YA) miktarları aralama şiddetine göre artış göstermektedir. Ancak eğimin düşük olması, ölü örtü miktarı ve üst toprakların geçirgenlik-su tutma kapasitesi gibi özellikler nedeniyle YA miktarları düşük bulunmuştur. Yağışın yüzdesi olarak meydana gelen YA'lar ortalama % 0,01-3,0 arasında değişirken; en yüksek YA % 12,4 ile yapraksız dönemde kuvvetli aralama parselinde meydana gelmiştir. En yüksek yüzeysel akış; öncesinde kar yağışı ve erimesi, sonrasında kuvvetli yağış (39,1 mm) olayında gerçekleşmiştir.

Açık alan yağış (TY) pH OAY pH değerleri ile benzer bulunurken, GA'larda pH değerleri yağıştan düşük çıkmıştır. pH değerleri hem OAY hem de GA'da aralama şiddetine göre değişiklik göstermemiştir.

Yüzeysel akıslarda pH genellikle bazik bulunmuş ve yapraklı dönemlerde aralama şiddeti ile değişim göstermezken yapraksız dönemde fark bulunmuştur. En yüksek YA pH değeri kuvvetli aralama işleminde yapraksız dönemde bulunmuştur.

Elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri toplam yağışa göre OAY ve GA'da yükselmektedir. Aralama şiddeti ile OAY Eİ değerleri azalsa da GA Eİ değerleri benzer seyretmiştir. En yüksek Eİ değerleri GA'larda bulunmuştur.

Yüzeysel akıslardaki Eİ değerleri orman altı yağış ve gövdeden akıslardan 3-4 kat daha fazla bulunmuştur. Yapraklı dönemlerde daha yüksek bulunan elektriksel iletkenlikler aralama işlemlerine göre farksız bulunmuştur. Yapraksız dönemde ise kuvvetli aralama parselinde en yüksek Eİ değeri bulunmuştur. YA Eİ değeri pH, TN, TP, Ca, Mg, K ve Na ile pozitif ilişki göstermiştir.

Yüzeysel akıslarda (YA) bulanıklık değerleri özellikle yapraklı dönemde aralama şiddeti ile artış göstermektedir. Ancak bu artış istatistiki olarak bir fark oluşturmamıştır. Bulanıklık ile sediment arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunmuştur.

YA sediment miktarları, bulanıklık değerlerine benzer şekilde, yapraklı dönemde yüksek bulunmuş ancak aralama işlemleri arasında YA sediment miktarları bakımından fark bulunmamıştır. Yapraksız dönemde ise düşük çıkan sediment miktarları kuvvetli aralama parselinde diğerlerinden yüksek gerçekleşmiştir.

Toplam azot (TN) konsantrasyonları açık alan yağışa göre OAY ve GA'da artış göstermektedir. OAY TN kontrol parselinde daha yüksek konsantrasyona ulaşsa da diğer parseller ile istatistiki olarak benzer bulunmuştur. GA TN değerleri de yine işlemler arasında değişiklik göstermemektedir. TN konsantrasyonları yapraklı dönemde daha yüksek seyretmektedir. TN hem OAY hem de GA'da yağış miktarı ile negatif ilişki gösterirken ölçülen diğer parametrelerle genel olarak pozitif ilişki göstermişlerdir. Bu ilişkiler yapraksız dönemde azalmaktadır.

Yüzeysel akış TN değerleri de yine yapraklı dönemde yüksek (GA ve OAY'den 2-3 kat yüksek) bulunmuş ancak aralama işlemlerine göre fark bulunmamıştır. YA TN her iki ölçüm döneminde yağış miktarı ile negatif ilişki gösterirken ölçülen diğer parametrelerle genel olarak pozitif ilişki göstermiştir.

Toplam fosfor (TP) konsantrasyonları en düşük GA'larda, daha sonra TY, en yüksek ise OAY'de bulunmuştur. Aralama şiddeti ile TP azalış göstermektedir. Yapraklı dönemde yüksek bulunan TP konsantrasyonları hem OAY hem de GA'da kontrol parselinde daha yüksek bulunsada istatistiki olarak işlemler arası fark çıkmamıştır.

Yüzeysel akış TP konsantrasyonları da yapraklı dönemde yüksek bulunmuştur. YA TP yağış miktarı ile negatif ilişki gösterirken; pH, Eİ, sediment, TN, Ca, Mg, Na ve K ile kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir.

Baz katyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+}) açık alan yağıştaki konsantrasyonları ölçüm dönemlerine göre ayrı ayrı büyükten küçüğe sıralanırsa;

Yapraklı 2012 döneminde $Ca > K > Na > Mg$, *yapraklı 2013*'te $Ca > Na > K > Mg$, *yapraksız* dönemde $Ca > Na > K > Mg$ şeklinde bulunmuştur.

Katyon konsantrasyonlarının hepsi yağışın orman altı yağış ve gövdeden akışa geçmesiyle artış göstermiştir. En yüksek artış K^{+} 'da meydana gelirken en düşük artış Na^{+} 'da meydana gelmiştir.

Katyon konsantrasyonlarının hepsi OAY'de aralama şiddeti arttıkça azalmıştır. Ancak tüm ölçüm periyodunda sadece Mg^{+2} ve K^{+} değerleri işlemler arasında istatistiki olarak farklı bulunmuştur.

Orman altı yağış katyon konsantrasyonları ölçüm dönemlerine göre ayrı ayrı büyükten küçüğe doğru sıralanacak olursa;

Yapraklı 2012 döneminde $Ca > K > Na > Mg$; *yapraklı 2013*'te $K > Ca > Na > Mg$; *yapraksız* dönemde ise $Ca > K > Na > Mg$ sırasına göre belirlenmiştir.

Gövdeden akış katyon konsantrasyonları ise *yapraklı 2012*'de $Ca > K > Na > Mg$; *yapraklı 2013*'te $K > Ca > Na > Mg$; *yapraksız* dönemde de $Ca > K > Na > Mg$ şeklinde sıralanmaktadır.

Yüzeysel akışlardaki katyon konsantrasyonları aralama işlemlerine göre fark göstermemiştir. Yüzeysel akışlarda ölçülen konsantrasyonlar OAY ve GA konsantrasyonlarına göre daha yüksek bulunurken sadece Mg^{+} da değişiklik olmamıştır.

Yüzeysel akış katyon konsantrasyonları $Ca > K > Na > Mg$ şeklinde sıralanmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki önerilerde bulunulabilir;

Orman tepe çatısından intersepsiyonla meydana gelen su kaybı orman ekosistemlerindeki su kaybının başlıca yoludur. Orman alanlarının önemli bir kısmının ($\frac{3}{4}$ 'ünde saf ve karışık halde) doğu kayını olduğu Düzce yöresinde genç kayın meşcerelerinde uygulanan aralama müdahaleleri ile intersepsiyon kapasitesinin önemli oranda azaldığı, orman altına ulaşan toplam yağışın ise arttığı belirlenmiştir. Bu artış tepe çatısında ve göğüs yüzeyindeki azalmaya bağlı olarak artmaktadır. Su üretimi için planlanacak sahalarda aralama kesimleri ile orman altına ulaşacak yağış miktarı artırılarak derelere ulaşacak suyun artırılması sağlanabilir. Bu çalışmada olduğu gibi eğimin düşük olduğu alanlarda şiddetli aralama müdahaleleri uygulanabilir. Nitekim yüzeysel akış miktarları çalışmada şiddetli aralanan parselde dahi düşük miktarda gerçekleşmiştir. Yüksek eğimli yerlerde yüzeysel akışın artabileceği göz önünde bulundurularak mutedil aralama müdahalelerinde bulunmak daha doğru olabilir.

Yapılan çalışmada pH'nın düşük (asidik) olduğu yağışlarda orman altı yağış pH'sının yükseldiği; yüksek (bazik) pH'lı yağışlarda da düştüğü görülmüştür. Diğer bir ifadeyle tepe çatısına ulaşan yağışın orman altına geçerken tepe çatısı etkileşimi ile dengelendiği görülmektedir. Bu durum ormanların su üretimi için vazgeçilmez ekosistemler olduğunu desteklemektedir. Orman altı yağış ve gövdeden akışlardaki iyon konsantrasyonları açık alan yağışa göre artış göstermiş ancak aralama işlemleri ile bu özellikler çok fazla değişmemiştir. Dolayısıyla benzer ormanlara yapılacak aralama müdahalelerinin sulardaki kalite parametrelerini olumsuz etkilemediği söylenebilir.

Yüzeysel akışlardaki sediment miktarı su kalite parametrelerini etkileyen olumsuz bir özelliktir. Ancak şiddetli aralama parselinde dahi sediment miktarları oldukça düşük çıkmıştır. Ölü örtü ve toprak özelliklerinin de (yüksek geçirgenlik ve su tutma kapasitesi, düşük hacim ağırlığı gibi) etkisine bağlı olarak düşük eğimli alanlarda kuvvetli aralama müdahalelerinin su kalitesini bozmadığı görülmüştür.

Bu çalışma, yapıldığı yerin ekolojik özelliklerini yansıtan ve benzer meşcere yapılarındaki alanları temsil eden lokal bir çalışma olup aralama müdahalesi yapılacak benzer meşcereler için hidrolojik bir altlık niteliği taşımaktadır. Farklı meşcere yapısındaki farklı yükselti, bakı ve eğimdeki alanlarda mevsimsel ve uzun süreli ekohidrolojik araştırmalara ülkemiz koşullarında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada yağış miktarlarına göre yağışlar sınıflandırılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yüksek maliyetli bütçelere gereksinim duyulsa da otomatik ve veri kaydedicili yağış ölçerlerle yapılacak benzer çalışmalarda yağışın şiddet ve süresinin de belirlenmesi ile daha ayrıntılı veriler elde edilerek daha kesin sonuçlar ortaya koymak mümkün olabilir.

5. KAYNAKLAR

- Aboal J. R., Jiménez M. S., Morales D., Gil P., Effects of thinning on throughfall in Canary Islands pine forest-the role of fog, *Journal of Hydrology*, 238 (2000) 218-230.
- Ahmadi M., Attarod P., Bayramzadeh V., Rainfall redistribution by an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest canopy in the Caspian Forest, North of Iran, *Journal of Agricultural Science & Technology*, 13 (2011) 1105-1120.
- Ahmadi M. T., Attarod P., Mohadjer M. R. M., Rahmani R., Fathi J., Partitioning rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest during the growing season, *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 33 (2009) 557-568.
- Aikawa M., Hiraki T., Tamaki M., Comparative field study on precipitation, throughfall, stemflow, fog water, and atmospheric aerosol and gases at urban and rural sites in Japan, *Science of the Total Environment*, 366 (2006) 275-285.
- Alenäs I. and Skärby L., Throughfall of plant nutrients in relation to crown thinning in a Swedish coniferous forest, *Water, Air, and Soil Pollution*, 38 (1988) 223-237.
- André F., Jonard M., Ponette Q., Spatial and temporal patterns of throughfall volume in a deciduous mixed-species stand, *Journal of Hydrology*, 400 (2011) 244-254.
- André F., Jonard M., Ponette Q., Effects of biological and meteorological factors on stemflow chemistry within a temperate mixed oak-beech stand, *Science of the Total environment*, 393 (2008a) 72-83.
- André F., Jonard M., Ponette Q., Spatial and temporal patterns of throughfall chemistry within a temperate mixed oak-beech stand, *Science of the Total Environment*, 397 (2008b) 215-228.
- Anonim, Orman Varlığımız, *Orman Genel Müdürlüğü, OGM Matbaası, Ankara (2006)*.
- Anonim, Surface Water Sampling Methods and Analysis-Technical appendices, standard operating procedures for water sampling methods and analysis, *Government of Western Australia Department of Water (2009)*.
- Anonim, Forests and Water UK Forestry Standart Guidelines, *Forestry Commission, Fifth ed. (2011)*.
- Anonim, Türkiye Orman Varlığı, *Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 85/12 (2012)*.
- Anonim, Onuncu Kalkınma Planı, *TC Kalkınma Bakanlığı, Ankara (2013)*.
- Anonim, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, (Erişim Tarihi: 21 Haziran 2014).
- Arp P. A., *Soils for Plant Growth Field and Laboratory Manual*, University of New Brunswick., (1999).

- Asan Ü., Orman kaynaklarının çok amaçlı kullanımı ve planlama sistemleri, *Ormanların Çok Amaçlı Planlanması Toplantısı*, Bolu (1999) 33-40.
- Asan Ü. and Şengönül K., Orman formlarının fonksiyonel açıdan karşılaştırılması, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 37 (1987) 52-67.
- Aydemir H., Bolu Massif'inde araziden faydalanma biçimlerinde yüzeysel akışla su kaybı ve toprak taşınması üzerine araştırmalar, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Tek. Bül. Ser. No: 54 (1973).
- Bahmani S. H. G., Attarod P., Bayramzadeh V., Ahmadi M., Radmehr A., Throughfall, stemflow, and rainfall interception in a natural pure forest of chestnut-leaved Oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey.) in the Caspian Forest of Iran, *Annals of Forest Science*, 55 (2012) 197-206.
- Balcı N., Elmalı Barajının siltasyondan korunması imkanları ve vejetasyon-su düzeni üzerine araştırmalar *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (1958).
- Bäumler R. and Zech W., Atmospheric deposition and impact of forest thinning on the throughfall of mountain forest ecosystems in the Bavarian Alps, *Forest Ecology and Management*, 95 (1997) 243-251.
- Bäumler R. and Zech W., Effects of forest thinning on the streamwater chemistry of two forest watersheds in the Bavarian Alps, *Forest Ecology and Management*, 116 (1999) 119-128.
- Blanco J., Bosco Imbert J., Castillo F., Effects of thinning on nutrient content pools in two *Pinus sylvestris* forests in the western Pyrenees, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21 (2006) 143-150.
- Bosch J. M. and Hewlett J., A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration, *Journal of Hydrology*, 55 (1982) 3-23.
- Bréda N., Granier A., Aussenac G., Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), *Tree Physiology*, 15 (1995) 295-306.
- Breda N. J., Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies, *Journal of Experimental Botany*, 54 (2003) 2403-2417.
- Brooks K. N., Ffolliott P., M.Gregersen H., F.DeBano L., *Hydrology and the Management of Watersheds*, Third edn, Blackwell, (2003).
- Cantón Y., Solé-Benet A., De Vente J., Boix-Fayos C., Calvo-Cases A.ve diğ., A review of runoff generation and soil erosion across scales in semiarid south-eastern Spain, *Journal of Arid Environments*, 75 (2011) 1254-1261.
- Carlyle-Moses D. E., Throughfall, stemflow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community, *Journal of Arid Environments*, 58 (2004) 181-202.
- Carlyle-Moses D. E., Laureano J. S. F., Price A. G., Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico, *Journal of Hydrology*, 297 (2004) 124-135.

- Chirino E., Bonet A., Bellot J., Sánchez J. R., Effects of 30-year-old Aleppo pine plantations on runoff, soil erosion, and plant diversity in a semi-arid landscape in south eastern Spain, *Catena*, 65 (2006) 19-29.
- Crockford R. H. and Richardson D. P., Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate, *Hydrological Processes*, 14 (2000) 2903-2920.
- Cutini A., Matteucci G., Mugnozza G. S., Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests, *Forest Ecology and Management*, 105 (1998) 55-65.
- Çepel N., Orman topraklarının rutubet ekonomisi üzerine araştırmalar ve Belgrad Ormanı'nın bazı karaçam, kayın meşe meşcerelerinde intersepsiyon, gövdeden aklış ve toprak rutubeti miktarlarının sistematik ölçmelerle tespiti,, *TC Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, Sıra No: 418, Seri No: 4 (1965).
- Çepel N., Toprak yüzüne varan yağış miktarına bitkilerin yaptığı etki ve Belgrad Ormanında yapılan bir araştırmaya ait 5 yıllık sonuçlar, *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University* (1968) 54-59.
- Çepel N., Eruz E., Karaöz M. Ö., Asit depolanmasının İzmit ve Bahçeköy-İstanbul yöresinde bazı orman yetişme ortamlarına yaptığı etkiler ve alınabilecek önlemler, Türkiye'de Doğayı Koruma Vakfı Araştırma Projesi, ORARUM-1, (1993).
- Çiçek E., Yılmaz M., Yılmaz F., Usta A., Aralamanın dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantasyonlarında büyüme ve bazı toprak özelliklerine etkisi, 1050519, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, (2010).
- Deguchi A., Hattori S., Park H.-T., The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: Application of the revised Gash model, *Journal of Hydrology*, 318 (2006) 80-102.
- Descroix L., Viramontes D., Vauclin M., Gonzalez Barrios J. L., Esteves M., Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre (Durango, Northwest Mexico), *Catena*, 43 (2001) 115-135.
- Dezzeo N. and Chacón N., Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall, and stemflow in adjacent primary and secondary forests of the Gran Sabana, southern Venezuela, *Forest Ecology and Management*, 234 (2006) 218-226.
- Dietz J., Hölscher D., Leuschner C., Hendrayanto, Rainfall partitioning in relation to forest structure in differently managed montane forest stands in Central Sulawesi, Indonesia, *Forest Ecology and Management*, 237 (2006) 170-178.
- Dinc M., Throughfall chemistry in deciduous and coniferous forest stands at Thompson Farm, New Hampshire, 1518025, University of New Hampshire, (2012).
- Dung B. X., Gomi T., Miyata S., Sidle R. C., Kosugi K. ve diğ., Runoff responses to forest thinning at plot and catchment scales in a headwater catchment draining Japanese cypress forest, *Journal of Hydrology*, 444-445 (2012) 51-62.

- Eisalou H. K., Şengönül K., Gökbülak F., Serengil Y., Uygur B., Effects of forest canopy cover and floor on chemical quality of water in broad leaved and coniferous forests of Istanbul, Turkey, *Forest Ecology and Management*, 289 (2013) 371-377.
- Frost E. E., Throughfall variability in a southern Illinois broadleaved deciduous forest, 1440634, University of Delaware, (2007).
- Frost E. E., Hydrological and biogeochemical variation of stemflow from live, stressed, and dead *Fagus grandifolia* (Ehrh.) [American beech] and *Liriodendron tulipifera* (L.) [yellow poplar] trees in a mid-atlantic broadleaved deciduous forest, 3473684, University of Delaware, (2011).
- Ganatsios H. P., Tsioras P. A., Pavlidis T., Water yield changes as a result of silvicultural treatments in an oak ecosystem, *Forest Ecology and Management*, 260 (2010) 1367-1374.
- Genç M., *Asli Orman Ağacı Türlerimizin Saf ve Karışık Meşcerelerinin Bakımı*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, (2011).
- Godoy R., Oyarzún C., Gerding V., Precipitation chemistry in deciduous and evergreen Nothofagus forests of southern Chile under a low-deposition climate, *Basic and Applied Ecology*, 2 (2001) 65-72.
- Gomi T., Sidle R. C., Ueno M., Miyata S., Kosugi K. i., Characteristics of overland flow generation on steep forested hillslopes of central Japan, *Journal of Hydrology*, 361 (2008) 275-290.
- Gordon A. M., Chourmouzis C., Gordon A. G., Nutrient inputs in litterfall and rainwater fluxes in 27-year old red, black and white spruce plantations in Central Ontario, Canada, *Forest Ecology and Management*, 138 (2000) 65-78.
- Gökbülak F., Serengil Y., Özhan S., Özyuvacı N., Balcı A. N., Relationship between streamflow and nutrient and sediment losses from an oak-beech forest watershed during an 18-year long monitoring study in Turkey, *European Journal of Forest Research*, 127 (2008a) 203-212.
- Gökbülak F., Serengil Y., Özhan S., Özyuvacı N., Balcı N., Effect of timber harvest on physical water quality characteristics, *Water Resources Management*, 22 (2008b) 635-649.
- Gökbülak F., Şengönül K., Serengil Y., Yurtseven İ., Uygur B.ve diğ., Bulk precipitation chemistry at the forest and forest village, *Atmospheric Research*, 134 (2013) 161-174.
- Görcelioğlu E., Havzalarda orman ve otlak alanları amenajmanının su verimine ve kalitesine etkileri, *İÜ. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Vol.42 (1992) 17-30.
- Gülçür F., Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, *İÜ Orman Fakültesi*, 201 (1974).
- Houle D., Ouimet R., Paquin R., Laflamme J.-G., Determination of sample size for estimating ion throughfall deposition under a mixed hardwood forest at the Lake Clair Watershed (Duchesnay, Quebec), *Canadian Journal of Forest Research*, 29 (1999) 1935-1943.

- Hölscher D., Sá T. d. A., Möller R., Denich M., Fölster H., Rainfall partitioning and related hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific (*Phenakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonia, *Oecologia*, 114 (1998) 251-257.
- Kalıpsız A., *Bilimsel Araştırma*, 1. baskı, İ.Ü.2076, O.F. Yay. No:216, İstanbul, (1976).
- Kantarcı M. D., *Toprak İlimi*, Çantay Basımevi, İstanbul, (2000).
- Karagül R., Kaynaşlı havzasında arazi kullanım durumu ve bazı toprak özelliklerinin araştırılması, *AİBÜ Araştırma Fonu Projesi*, 96.05.02.17 Düzce/Bolu (1998).
- Kozłowski T. T., Kramer P. J., Pallardy S. G., *The physiological ecology of woody plants*, Academic Press, (1991).
- Lagergren F., Lankreijer H., Kučera J., Cienciala E., Mölder M.ve diğ., Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden, *Forest Ecology and Management*, 255 (2008) 2312-2323.
- Levia D. F., Carlyle-Moses D., Tanaka T., *Forest Hydrology and Biogeochemistry*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York edn, Vol. 216 Springer, (2011a).
- Levia D. F., Van Stan J. T., Siegert C. M., Inamdar S. P., Mitchell M. J.ve diğ., Atmospheric deposition and corresponding variability of stemflow chemistry across temporal scales in a mid-Atlantic broadleaved deciduous forest, *Atmospheric Environment*, 45 (2011b) 3046-3054.
- Levia Jr D. F. and Frost E. E., A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems, *Journal of Hydrology*, 274 (2003) 1-29.
- Levia Jr D. F. and Herwitz S. R., Physical properties of water in relation to stemflow leachate dynamics: implications for nutrient cycling, *Canadian Journal of Forest Research*, 30 (2000) 662-666.
- Llorens P. and Domingo F., Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe, *Journal of Hydrology*, 335 (2007) 37-54.
- Marin C. T., Bouten W., Sevink J., Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia, *Journal of Hydrology*, 237 (2000) 40-57.
- McJannet D. and Vertessy R., Effects of thinning on wood production, leaf area index, transpiration and canopy interception of a plantation subject to drought, *Tree Physiology*, 21 (2001) 1001-1008.
- MGM, Düzce Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri, *Meteoroloji Genel Müdürlüğü* (2013).
- Michopoulos P., Baloutsos G., Nakos G., Economou A., Effects of bulk precipitation pH and growth period on cation enrichment in precipitation beneath the canopy of a beech (*Fagus moesiaca*) forest stand, *Science of the Total Environment*, 281 (2001) 79-85.

- Molina A. J. and del Campo A. D., The effects of experimental thinning on throughfall and stemflow: a contribution towards hydrology-oriented silviculture in Aleppo pine plantations, *Forest Ecology and Management*, 269 (2012) 206-213.
- MTA, Türkiye Jeoloji Haritası, Ölçek 1/25000 Adapazarı (G26-c1) paftası, Ankara, (2002).
- Neal C., Robson A. J., Bhardwaj C. L., Conway T., Jeffery H. A. ve diğ., Relationships between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, Black Wood, Hampshire, southern England: findings on interception at a forest edge and the effects of storm damage, *Journal of Hydrology*, 146 (1993) 221-233.
- Odabaşı T., Çalışkan A., Bozkuş H. F., *Orman Bakımı*, İÜ Orman Fakültesi, (2004).
- Oyarzún C. E., Godoy R., De Schrijver A., Staelens J., Lust N., Water chemistry and nutrient budgets in an undisturbed evergreen rainforest of southern Chile, *Biogeochemistry*, 71 (2005) 107-123.
- Oyarzún C. E., Godoy R., Staelens J., Donoso P. J., Verhoest N. E. C., Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests, *Hydrological Processes*, 25 (2011) 623-633.
- Özbayram A. K., Düzce yöresindeki doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde aralama şiddetinin büyümeye etkisi, *Doktora Tezi (Yayınlanmamış)*, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2014).
- Özhan S., *Belgrad Ormanındaki Bazı Meşcerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçların Ampirik Modellerle Karşılaştırılması*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, (1982).
- Özhan S., *Havza Amenajmanı*, Çantay Yayınevi, İstanbul, (2004).
- Özhan S. and Gökbülak F., Bitki örtüsünün su üretim havzalarında su verimi üzerindeki etkileri, *I. Türkiye Su Kongresi*, (eds Zekai Şen, Sevinç Sırdaş, & Abdüsselam Altunaynak) İSKİ, İstanbul, Cilt I (2001).
- Özhan S., Hızal A., Yurtseven İ., Meşe-Kayın karışık ormanında ormanaltı yağış, *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 61 (2011) 23-30.
- Özyuvacı N., *Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri* Kutulmuş Matbaası, İstanbul, (1976).
- Özyuvacı N., *Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi*, İÜ Orman Fakültesi, 233 (1978).
- Özyuvacı N., *Hidrometeorolojik Ölçmeler*, İ.Ü.Orman Fak. Orm. Müh.Böl. Havza Amenajmanı Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul, (1988).
- Özyuvacı N., *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, (1999).
- Özyuvacı N., Özhan S., Gökbülak F., Serengil Y., Balci A., Effect of selective cutting on streamflow in an oak-beech forest ecosystem, *Water Resources Management*, 18 (2004) 249-262.
- Parker G., Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle, *Advances in Ecological Research*, 13 (1983) 57-133.

- Pryor S. and Barthelmie R., Liquid and chemical fluxes in precipitation, throughfall and stemflow: observations from a deciduous forest and a red pine plantation in the midwestern USA, *Water, Air, and Soil Pollution*, 163 (2005) 203-227.
- Rahmani R., Sadoddin A., Ghorbani S., Measuring and modelling precipitation components in an Oriental beech stand of the Hyrcanian region, Iran, *Journal of Hydrology*, 404 (2011) 294-303.
- Rodrigo A., Àvila A., Rodà F., The chemistry of precipitation, throughfall and stemflow in two holm oak (*Quercus ilex* L.) forests under a contrasted pollution environment in NE Spain, *Science of The Total Environment*, 305 (2003) 195-205.
- Rodríguez-Calcerrada J., Pérez-Ramos I. M., Ourcival J.-M., Limousin J.-M., Joffre R. ve diğ., Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change?, *Annals of Forest Science*, 68 (2011) 575-585.
- Serengil Y., Belgrad Ormanında yağışların akarsuların kalite parametreleri üzerindeki etkileri, *Doktora Tezi (Yayınlanmamış)*, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- Serengil Y., Gökbülak F., Özhan S., Hızal A., Şengönül K., Alteration of stream nutrient discharge with increased sedimentation due to thinning of a deciduous forest in Istanbul, *Forest Ecology and Management*, 246 (2007a) 264-272.
- Serengil Y., Gökbülak F., Özhan S., Hızal A., Şengönül K. ve diğ., Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey, *Journal of Hydrology*, 333 (2007b) 569-577.
- Shen W., Ren H., Darrel Jenerette G., Hui D., Ren H., Atmospheric deposition and canopy exchange of anions and cations in two plantation forests under acid rain influence, *Atmospheric Environment*, 64 (2013) 242-250.
- Siles P., Vaast P., Dreyer E., Harmand J.-M., Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss in a coffee (*Coffea arabica* L.) monoculture compared to an agroforestry system with *Inga densiflora*, *Journal of Hydrology*, 395 (2010) 39-48.
- Soudani K., Trautmann J., Walter J.-M., Leaf area index and canopy stratification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands, *International Journal of Remote Sensing*, 23 (2002) 3605-3618.
- Šraj M., Brilly M., Mikoš M., Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148 (2008) 121-134.
- Staelens J., De Schrijver A., Verheyen K., Seasonal variation in throughfall and stemflow chemistry beneath a European beech (*Fagus sylvatica*) tree in relation to canopy phenology, *Canadian Journal of Forest Research*, 37 (2007) 1359-1372.
- Staelens J., De Schrijver A., Verheyen K., Verhoest N. E., Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology, *Hydrological Processes*, 22 (2008) 33-45.

- Staelens J., De Schrijver A., Verheyen K., Verhoest N. E. C., Spatial variability and temporal stability of throughfall water under a dominant beech (*Fagus sylvatica* L.) tree in relationship to canopy cover, *Journal of Hydrology*, 330 (2006) 651-662.
- Stogsdill Jr W., Wittwer R., Hennessey T., Dougherty P., Relationship between throughfall and stand density in a *Pinus taeda* plantation, *Forest Ecology and Management*, 29 (1989) 105-113.
- Tüfekçioğlu A., Güner S., Küçük M., Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların yüzeysel akış, infiltrasyon kapasitesi ve erozyonu önleme bakımından karşılaştırılması, *III.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, Cilt II (2010) 645-655.
- Usta A., Galyan-Atasu barajı havzasında arazi kullanımının su ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması, *Doktora Tezi (Yayınlanmamış)*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).
- Zengin M., *Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması*, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit, (1997).

6. EKLER

EK-1. Tüm ölçüm periyodunda yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	OAY				GA				TUY				INT				YA			
	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
Gruplar arası	6823,13	2	31,277	0,000	349,53	2	8,020	0,001	4606,79	2	13,166	0,000	4585,26	2	13,125	0,000	168,41	2	58,295	0,000
Gruplar içi	13089,14	120			2615,03	120			20994,19	120			20961,45	120			359,68	249		
Toplam	19912,26	122			2964,56	122			25600,99	122			25546,71	122			528,09	251		

EK-2. Ölçüm dönemlerine göre yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Ölçüm dönemi	Varyasyon Kaynağı	OAY				GA				TUY				INT				YA			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
Yapraklı 2012	Grup. Ar.	5404,61	2	23,032	0,000	262,46	2	5,415	0,007	3693,76	2	8,417	0,001	3693,60	2	8,416	0,001	41,04	2	65,087	0,000
	Grup. İçi	7391,59	63			1526,84	63			13824,46	63			13824,23	63			30,26	96		
	Toplam	12796,20	65			1789,30	65			17518,22	65			17517,83	65			71,30	98		
Yapraklı 2013	Grup. Ar.	1441,42	2	6,391	0,010	42,99	2	0,980	0,398	1226,52	2	2,917	0,085	1226,52	2	2,917	0,085	3,40	2	19,188	0,000
	Grup. İçi	1691,42	15			328,84	15			3153,98	15			3153,98	15			2,93	33		
	Toplam	3132,84	17			371,83	17			4380,50	17			4380,50	17			6,33	35		
Yapraksız	Grup. Ar.	644,65	2	8,827	0,001	66,77	2	1,919	0,162	316,68	2	6,331	0,004	306,11	2	6,279	0,005	147,51	2	30,033	0,000
	Grup. İçi	1314,55	36			626,42	36			900,41	36			877,56	36			279,96	114		
	Toplam	1959,20	38			693,19	38			1217,09	38			1183,68	38			427,48	116		

EK-3. Yağış sınıflarına göre yağış miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Yağış sınıfı	Varyasyon Kaynağı	OAY				GA				TUY				INT				YA			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
0-5	Grup. Ar.	2464,93	2	6,806	0,008	15,56	2	0,486	0,624	2251,39	2	4,314	0,033	2251,39	2	4,314	0,033	-	-	-	-
	Grup. İçi	2716,46	15			239,87	15			3914,48	15			3914,48	15			-	-		
	Toplam	5181,39	17			255,42	17			6165,87	17			6165,87	17			-	-		
5-10	Grup. Ar.	1067,97	2	9,444	0,003	87,00	2	15,314	0,000	674,20	2	4,566	0,034	674,20	2	4,566	0,034	26,52	2	29,274	0,000
	Grup. İçi	678,51	12			34,09	12			886,03	12			886,03	12			14,95	33		
	Toplam	1746,48	14			121,09	14			1560,23	14			1560,23	14			41,47	35		
10-20	Grup. Ar.	1182,82	2	30,914	0,000	60,04	2	2,659	0,097	762,79	2	10,958	0,001	762,79	2	10,958	0,001	2,74	2	8,713	0,003
	Grup. İçi	344,35	18			203,22	18			626,52	18			626,52	18			2,36	15		
	Toplam	1527,18	20			263,26	20			1389,31	20			1389,31	20			5,10	17		
20-30	Grup. Ar.	1012,42	2	3,883	0,040	51,05	2	0,886	0,429	668,77	2	1,565	0,236	649,86	2	1,532	0,243	16,09	2	45,851	0,000
	Grup. İçi	2346,37	18			518,34	18			3846,02	18			3816,98	18			10,52	60		
	Toplam	3358,79	20			569,39	20			4514,79	20			4466,84	20			26,61	62		
30-40	Grup. Ar.	824,17	2	10,274	0,002	82,09	2	9,405	0,002	493,01	2	6,910	0,007	493,01	2	6,910	0,007	84,30	2	12,039	0,000
	Grup. İçi	601,66	15			65,46	15			535,11	15			535,11	15			178,56	51		
	Toplam	1425,83	17			147,55	17			1028,12	17			1028,12	17			262,87	53		
40-50	Grup. Ar.	916,34	2	32,843	0,000	69,47	2	4,028	0,040	584,82	2	15,179	0,000	584,70	2	15,180	0,000	30,62	2	10,849	0,000
	Grup. İçi	209,26	15			129,36	15			288,96	15			288,89	15			59,26	42		
	Toplam	1125,59	17			198,83	17			873,78	17			873,59	17			89,88	44		
>50	Grup. Ar.	75,00	2	0,655	0,543	18,69	2	0,361	0,706	23,56	2	0,158	0,856	23,56	2	0,158	0,856	29,04	2	9,908	0,000
	Grup. İçi	515,49	9			232,75	9			669,11	9			669,11	9			48,35	33		
	Toplam	590,49	11			251,44	11			692,67	11			692,67	11			77,39	35		

EK-4. Tüm ölçüm periyodunda bazı su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Kimyasal Özellikler	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Gruplar arası	11,91	6	4,438	0,000
	Gruplar içi	125,62	281		
	Toplam	137,53	287		
Eİ	Gruplar arası	39404,1	6	2,505	0,022
	Gruplar içi	736776,5	281		
	Toplam	776180,7	287		
Bul	Gruplar arası	1513,5	6	4,184	0,000
	Gruplar içi	16942,4	281		
	Toplam	18455,9	287		
Ca	Gruplar arası	94,7	6	1,897	0,081
	Gruplar içi	2306,0	277		
	Toplam	2400,8	283		
Mg	Gruplar arası	3,22	6	5,336	0,000
	Gruplar içi	27,83	277		
	Toplam	31,05	283		
Na	Gruplar arası	2,30	6	2,784	0,012
	Gruplar içi	38,16	277		
	Toplam	40,46	283		
K	Gruplar arası	134,46	6	8,756	0,000
	Gruplar içi	708,98	277		
	Toplam	843,44	283		
TN	Gruplar arası	46,56	6	1,195	0,312
	Gruplar içi	934,97	144		
	Toplam	981,53	150		
TP	Gruplar arası	0,32	6	2,051	0,063
	Gruplar içi	3,74	142		
	Toplam	4,06	148		

EK-5. Ölçüm dönemlerine göre bazı su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Kim. Özel.	Varyasyon Kaynağı	Yapraklı 2012				Yapraklı 2013				Yapraksız			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Grup. Ar.	10,91	6	11,810	0,000	0,87	6	0,181	0,981	5,44	6	1,547	0,173
	Grup. İçi	21,71	141			33,65	42			49,26	84		
	Toplam	32,62	147			34,52	48			54,70	90		
Eİ	Grup. Ar.	36061,9	6	1,461	0,196	10348,31	6	1,586	0,175	2957,39	6	1,652	0,143
	Grup. İçi	579971,0	141			45680,21	42			25066,56	84		
	Toplam	616032,9	147			56028,52	48			28023,95	90		
Bul	Grup. Ar.	1754,1	6	4,093	0,001	34,18	6	0,572	0,751	345,61	6	0,948	0,466
	Grup. İçi	10071,9	141			418,61	42			5106,40	84		
	Toplam	11825,9	147			452,79	48			5452,01	90		
Ca	Grup. Ar.	91,1	6	1,377	0,228	32,55	6	1,495	0,203	14,34	6	0,656	0,685
	Grup. İçi	1510,5	137			152,36	42			306,05	84		
	Toplam	1601,7	143			184,91	48			320,39	90		
Mg	Grup. Ar.	0,82	6	3,550	0,003	1,01	6	2,158	0,067	3,03	6	3,109	0,008
	Grup. İçi	5,30	137			3,27	42			13,65	84		
	Toplam	6,12	143			4,28	48			16,68	90		
Na	Grup. Ar.	0,40	6	0,608	0,724	0,72	6	0,694	0,655	0,77	6	2,778	0,016
	Grup. İçi	15,08	137			7,22	42			3,88	84		
	Toplam	15,49	143			7,94	48			4,66	90		
K	Grup. Ar.	35,77	6	12,201	0,000	10,13	6	4,205	0,002	68,24	6	9,600	0,000
	Grup. İçi	66,94	137			16,86	42			99,52	84		
	Toplam	102,70	143			26,98	48			167,77	90		
TN	Grup. Ar.	49,48	6	0,814	0,563	11,60	6	0,151	0,983	23,82	6	4,420	0,001
	Grup. İçi	689,15	68			89,74	7			49,40	55		
	Toplam	738,63	74			101,34	13			73,22	61		
TP	Grup. Ar.	0,72	6	3,068	0,010	0,14	6	0,527	0,774	0,01	6	0,964	0,458
	Grup. İçi	2,58	66			0,32	7			0,06	55		
	Toplam	3,30	72			0,46	13			0,07	61		

EK-6. Tüm ölçüm periyodunda aralama şiddetinin yüzeysel akışlardaki (YA) bazı su kalitesi parametrelerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kimyasal Özellikler	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Gruplar arası	0,46	2	1,692	0,189
	Gruplar içi	13,74	100		
	Toplam	14,20	102		
Eİ	Gruplar arası	13445,1	2	0,232	0,793
	Gruplar içi	2897272,3	100		
	Toplam	2910717,5	102		
Bulanıklık	Gruplar arası	16846,7	2	0,827	0,440
	Gruplar içi	1018213,9	100		
	Toplam	1035060,6	102		
Sediment	Gruplar arası	1,5	2	0,054	0,947
	Gruplar içi	1325,4	93		
	Toplam	1326,9	95		
Ca	Gruplar arası	29,67	2	0,166	0,847
	Gruplar içi	8950,77	100		
	Toplam	8980,44	102		
Mg	Gruplar arası	0,01	2	0,089	0,915
	Gruplar içi	6,78	100		
	Toplam	6,79	102		
Na	Gruplar arası	9,65	2	3,040	0,052
	Gruplar içi	158,74	100		
	Toplam	168,39	102		
K	Gruplar arası	4,31	2	1,107	0,335
	Gruplar içi	194,61	100		
	Toplam	198,91	102		
TN	Gruplar arası	70,25	2	0,734	0,483
	Gruplar içi	4544,24	95		
	Toplam	4614,49	97		
TP	Gruplar arası	0,42	2	0,179	0,837
	Gruplar içi	110,42	95		
	Toplam	110,84	97		

EK-7. Ölçüm dönemlerine göre aralama şiddetinin yüzeysel akışlardaki (YA) bazı su kalitesi parametrelerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kimyasal Özellikler	Varyasyon Kaynağı	Yapraklı				Yapraksız			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Gruplar arası	0,11	2	0,264	0,769	1,30	2	10,566	0,000
	Gruplar içi	9,47	45			3,19	52		
	Toplam	9,59	47			4,48	54		
Eİ	Gruplar arası	34898,8	2	0,481	0,621	128202,23	2	4,462	0,016
	Gruplar içi	1633245,1	45			747018,45	52		
	Toplam	1668144,0	47			875220,68	54		
Bulanıklık	Gruplar arası	24449,0	2	0,669	0,517	1399,09	2	1,401	0,256
	Gruplar içi	822097,6	45			25970,56	52		
	Toplam	846546,6	47			27369,65	54		
Sediment	Gruplar arası	4,8	2	0,108	0,898	17,89	2	3,883	0,028
	Gruplar içi	995,2	45			103,66	45		
	Toplam	1000,0	47			121,55	47		
Ca	Gruplar arası	19,4	2	0,060	0,941	145,02	2	3,853	0,027
	Gruplar içi	7055,2	44			997,53	53		
	Toplam	7074,6	46			1142,55	55		
Mg	Gruplar arası	0,02	2	0,202	0,818	0,05	2	0,399	0,673
	Gruplar içi	2,12	44			3,30	53		
	Toplam	2,14	46			3,35	55		
Na	Gruplar arası	0,01	2	0,276	0,760	14,96	2	3,068	0,055
	Gruplar içi	1,14	44			129,17	53		
	Toplam	1,15	46			144,13	55		
K	Gruplar arası	0,32	2	0,887	0,419	9,74	2	1,553	0,221
	Gruplar içi	7,82	44			166,29	53		
	Toplam	8,14	46			176,03	55		
TN	Gruplar arası	88,20	2	0,644	0,531	37,29	2	0,813	0,449
	Gruplar içi	2672,66	39			1214,64	53		
	Toplam	2760,86	41			1251,93	55		
TP	Gruplar arası	2,70	2	0,820	0,448	0,60	2	0,653	0,525
	Gruplar içi	64,29	39			24,30	53		
	Toplam	67,00	41			24,89	55		

EK-8. Açık alan yağışta (TY) yapraklı 2012 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	-,571**	-,642**	-,631**	-,664**	-,771**	-,753**	-,607**
	Önem. (2-yönlü)		,006	,001	,002	,001	,000	,000	,004
	N	22	22	22	22	21	21	21	21
pH	Pearson Korelasyon	-,571**	1	,482*	,470*	,755**	,698**	,695**	,647**
	Önem. (2-yönlü)		,006	,023	,027	,000	,000	,000	,002
	N	22	22	22	22	21	21	21	21
Eİ	Pearson Korelasyon	-,642**	,482*	1	,336	,643**	,603**	,602**	,594**
	Önem. (2-yönlü)		,001	,023	,126	,002	,004	,004	,005
	N	22	22	22	22	21	21	21	21
Bul	Pearson Korelasyon	-,631**	,470*	,336	1	,483*	,517*	,552**	,330
	Önem. (2-yönlü)		,002	,126	,026	,016	,009	,144	
	N	22	22	22	22	21	21	21	
Ca	Pearson Korelasyon	-,664**	,755**	,643**	,483*	1	,897**	,851**	,719**
	Önem. (2-yönlü)		,001	,000	,002	,026	,000	,000	,000
	N	21	21	21	21	21	21	21	21
Mg	Pearson Korelasyon	-,771**	,698**	,603**	,517*	,897**	1	,883**	,721**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,004	,016	,000	,000	,000	,000
	N	21	21	21	21	21	21	21	21
Na	Pearson Korelasyon	-,753**	,695**	,602**	,552**	,851**	,883**	1	,610**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,004	,009	,000	,000	,000	,003
	N	21	21	21	21	21	21	21	21
K	Pearson Korelasyon	-,607**	,647**	,594**	,330	,719**	,721**	,610**	1
	Önem. (2-yönlü)		,004	,002	,005	,144	,000	,000	,003
	N	21	21	21	21	21	21	21	21

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-9. Açık alan yağışta (TY) *yapraklı 2013* döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	,355	-,713	-,457	-,573	-,442	-,418	-,874*
	Önem. (2-yönlü)		,490	,112	,362	,234	,381	,410	,023
	N	6	6	6	6	6	6	6	6
pH	Pearson Korelasyon	,355	1	-,519	,136	-,333	,079	,026	-,099
	Önem. (2-yönlü)	,490		,233	,771	,466	,867	,957	,834
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
Eİ	Pearson Korelasyon	-,713	-,519	1	-,174	,872*	,667	,338	,757*
	Önem. (2-yönlü)	,112	,233		,709	,010	,102	,459	,049
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
Bul	Pearson Korelasyon	-,457	,136	-,174	1	,009	-,074	-,205	,024
	Önem. (2-yönlü)	,362	,771	,709		,984	,874	,660	,959
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
Ca	Pearson Korelasyon	-,573	-,333	,872*	,009	1	,865*	,343	,705
	Önem. (2-yönlü)	,234	,466	,010	,984		,012	,451	,077
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
Mg	Pearson Korelasyon	-,442	,079	,667	-,074	,865*	1	,635	,699
	Önem. (2-yönlü)	,381	,867	,102	,874	,012		,125	,081
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
Na	Pearson Korelasyon	-,418	,026	,338	-,205	,343	,635	1	,455
	Önem. (2-yönlü)	,410	,957	,459	,660	,451	,125		,305
	N	6	7	7	7	7	7	7	7
K	Pearson Korelasyon	-,874*	-,099	,757*	,024	,705	,699	,455	1
	Önem. (2-yönlü)	,023	,834	,049	,959	,077	,081	,305	
	N	6	7	7	7	7	7	7	7

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-10. Açık alan yağışta (TY) *yapraklı** dönemde ölçülen parametreler ile TN ve TP arasındaki korelasyonlar

		TP	Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
TN	Pearson Korelasyon	,679**	-,392	,607*	,780**	,393	,769**	,772**	,758**	,691**
	Önem. (2-yönlü)	,008	,133	,013	,000	,132	,001	,001	,001	,004
	N	14	16	16	16	16	15	15	15	15
TP	Pearson Korelasyon	1	-,295	,489	,751**	-,079	,636*	,443	,419	,475
	Önem. (2-yönlü)		,286	,064	,001	,778	,011	,098	,120	,074
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

*TN ve TP analizleri yapraklı 2013 döneminde az sayıda olduğundan yapraklı 2012 ve 2013 birleştirilmiş ve **yapraklı** olarak bu tabloda verilmiştir.

EK-11. Açık alan yağışta (TY) *yapraksız* dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Ei	Bu	TN	TP	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	-,398	-,098	-,375	-,214	,599	-,491	-,486	-,371	-,243
	Önem. (2-yönlü)		,178	,750	,207	,580	,088	,089	,092	,212	,423
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
pH	Pearson Korelasyon	-,398	1	,322	,763**	,310	-,398	,709**	,670*	,629*	-,083
	Önem. (2-yönlü)		,178	,283	,002	,417	,289	,007	,012	,021	,788
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
Ei	Pearson Korelasyon	-,098	,322	1	,654*	,206	,533	,708**	,702**	,630*	-,127
	Önem. (2-yönlü)		,750	,283	,015	,595	,139	,007	,007	,021	,679
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
Bu	Pearson Korelasyon	-,375	,763**	,654*	1	,143	,082	,888**	,826**	,821**	,058
	Önem. (2-yönlü)		,207	,015		,713	,833	,000	,001	,001	,850
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
TN	Pearson Korelasyon	-,214	,310	,206	,143	1	-,347	,274	,289	,185	-,063
	Önem. (2-yönlü)		,580	,417	,595	,713	,361	,475	,450	,634	,871
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TP	Pearson Korelasyon	,599	-,398	,533	,082	-,347	1	,071	,045	,165	-,085
	Önem. (2-yönlü)		,088	,139	,833	,361	,361	,856	,909	,672	,828
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Ca	Pearson Korelasyon	-,491	,709**	,708**	,888**	,274	,071	1	,909**	,823**	,305
	Önem. (2-yönlü)		,089	,007	,000	,475	,856		,000	,001	,311
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
Mg	Pearson Korelasyon	-,486	,670*	,702**	,826**	,289	,045	,909**	1	,947**	,232
	Önem. (2-yönlü)		,092	,007	,001	,450	,909	,000		,000	,446
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
Na	Pearson Korelasyon	-,371	,629*	,630*	,821**	,185	,165	,823**	,947**	1	,189
	Önem. (2-yönlü)		,212	,021	,001	,634	,672	,001	,000		,537
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13
K	Pearson Korelasyon	-,243	-,083	-,127	,058	-,063	-,085	,305	,232	,189	1
	Önem. (2-yönlü)		,423	,679	,850	,871	,828	,311	,446	,537	
	N	13	13	13	13	9	9	13	13	13	13

EK-12. Orman altı yağışta (OAY) *yapraklı 2012* döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Ei	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	-,467**	-,619**	-,518**	-,565**	-,689**	-,654**	-,472**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	66	63	63	63	63	63	63	63
pH	Pearson Korelasyon	-,467**	1	,337**	,117	,448**	,494**	,436**	,326*
	Önem. (2-yönlü)		,000	,007	,361	,000	,000	,000	,011
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Ei	Pearson Korelasyon	-,619**	,337**	1	,552**	,923**	,898**	,709**	,746**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,007	,000	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Bul	Pearson Korelasyon	-,518**	,117	,552**	1	,397**	,443**	,578**	,180
	Önem. (2-yönlü)		,000	,361	,000	,002	,000	,000	,168
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Ca	Pearson Korelasyon	-,565**	,448**	,923**	,397**	1	,881**	,736**	,704**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,002	,000	,000	,000	,000
	N	63	60	60	60	63	63	63	63
Mg	Pearson Korelasyon	-,689**	,494**	,898**	,443**	,881**	1	,772**	,865**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	63	60	60	60	63	63	63	63
Na	Pearson Korelasyon	-,654**	,436**	,709**	,578**	,736**	,772**	1	,527**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	63	60	60	60	63	63	63	63
K	Pearson Korelasyon	-,472**	,326*	,746**	,180	,704**	,865**	,527**	1
	Önem. (2-yönlü)		,000	,011	,000	,168	,000	,000	,000
	N	63	60	60	60	63	63	63	63

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-13. Orman altı yağışta (OAY) *yapraklı 2013* döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	,169	-,905**	-,455	-,825**	-,751**	-,612**	-,569*
	Önem. (2-yönlü)		,501	,000	,058	,000	,000	,007	,014
	N	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Pearson Korelasyon	,169	1	-,074	,299	-,311	,120	,030	,420
	Önem. (2-yönlü)	,501		,750	,187	,169	,605	,896	,058
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Eİ	Pearson Korelasyon	-,905**	-,074	1	,211	,942**	,938**	,728**	,769**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,750		,359	,000	,000	,000	,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Bul	Pearson Korelasyon	-,455	,299	,211	1	,034	,313	,080	,451*
	Önem. (2-yönlü)	,058	,187	,359		,883	,167	,731	,040
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Ca	Pearson Korelasyon	-,825**	-,311	,942**	,034	1	,846**	,657**	,642**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,169	,000	,883		,000	,001	,002
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Mg	Pearson Korelasyon	-,751**	,120	,938**	,313	,846**	1	,658**	,858**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,605	,000	,167	,000		,001	,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Na	Pearson Korelasyon	-,612**	,030	,728**	,080	,657**	,658**	1	,503*
	Önem. (2-yönlü)	,007	,896	,000	,731	,001	,001		,020
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
K	Pearson Korelasyon	-,569*	,420	,769**	,451*	,642**	,858**	,503*	1
	Önem. (2-yönlü)	,014	,058	,000	,040	,002	,000	,020	
	N	18	21	21	21	21	21	21	21

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-14. Orman altı yağışta (OAY) *yapraklı** dönemde ölçülen parametrelerle TN ve TP arasındaki korelasyonlar

		TP	Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
TN	Pearson Korelasyon	,767**	-,450**	,616**	,892**	,851**	,826**	,809**	,798**	,585**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,005	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	33	37	37	37	37	36	36	36	36
TP	Pearson Korelasyon	1	-,569**	,603**	,858**	,453**	,856**	,722**	,623**	,618**
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,000	,006	,000	,000	,000	,000
	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

*TN ve TP analizleri yapraklı 2013 döneminde az sayıda olduğundan yapraklı 2012 ve 2013 birleştirilmiş ve **yapraklı** olarak bu tabloda verilmiştir.

EK-15. Orman altı yağışta (OAY) *yapraksız* dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Ei	Bu	TN	TP	Ca	Mg	Na	K	
Miktar	Pearson Korelasyon	1	-,445**	-,468**	-,313	-,031	,315	-,501**	-,569**	-,372*	-,452**	
	Önem. (2-yönlü)		,004	,003	,052	,880	,109	,001	,000	,020	,004	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
pH	Pearson Korelasyon	-,445**	1	,576**	,663**	-,069	-,509**	,621**	,387*	,471**	,049	
	Önem. (2-yönlü)		,004	,000	,000	,734	,007	,000	,015	,002	,768	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
Ei	Pearson Korelasyon	-,468**	,576**	1	,479**	-,237	-,364	,744**	,752**	,802**	,515**	
	Önem. (2-yönlü)		,003	,000	,002	,235	,062	,000	,000	,000	,001	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
Bu	Pearson Korelasyon	-,313	,663**	,479**	1	-,147	-,175	,584**	,286	,371*	-,104	
	Önem. (2-yönlü)		,052	,002		,465	,382	,000	,078	,020	,529	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
TN	Pearson Korelasyon	-,031	-,069	-,237	-,147	1	,070	-,064	-,075	-,119	-,210	
	Önem. (2-yönlü)		,880	,734	,235	,465		,728	,750	,710	,553	,293
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
TP	Pearson Korelasyon	,315	-,509**	-,364	-,175	,070	1	-,275	-,160	-,155	-,275	
	Önem. (2-yönlü)		,109	,062	,382	,728	,750	,165	,425	,441	,164	
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
Ca	Pearson Korelasyon	-,501**	,621**	,744**	,584**	-,064	-,275	1	,737**	,754**	,325*	
	Önem. (2-yönlü)		,001	,000	,000	,750	,165		,000	,000	,044	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
Mg	Pearson Korelasyon	-,569**	,387*	,752**	,286	-,075	-,160	,737**	1	,733**	,516**	
	Önem. (2-yönlü)		,000	,000	,078	,710	,425	,000		,000	,001	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
Na	Pearson Korelasyon	-,372*	,471**	,802**	,371*	-,119	-,155	,754**	,733**	1	,264	
	Önem. (2-yönlü)		,020	,000	,020	,553	,441	,000	,000		,105	
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	
K	Pearson Korelasyon	-,452**	,049	,515**	-,104	-,210	-,275	,325*	,516**	,264	1	
	Önem. (2-yönlü)		,004	,001	,529	,293	,164	,044	,001	,105		
	N	39	39	39	39	27	27	39	39	39	39	

EK-16. Gövdeden akışta (GA) *yapraklı 2012* döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	,107	-,644**	-,440**	-,629**	-,752**	-,711**	-,744**
	Önem. (2-yönlü)		,403	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	66	63	63	63	60	60	60	60
pH	Pearson Korelasyon	,107	1	-,244	,011	-,552**	-,467**	-,398**	-,564**
	Önem. (2-yönlü)	,403		,054	,932	,000	,000	,002	,000
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Eİ	Pearson Korelasyon	-,644**	-,244	1	,481**	,980**	,945**	,743**	,898**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,054		,000	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Bul	Pearson Korelasyon	-,440**	,011	,481**	1	,564**	,625**	,396**	,448**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,932	,000		,000	,000	,002	,000
	N	63	63	63	63	60	60	60	60
Ca	Pearson Korelasyon	-,629**	-,552**	,980**	,564**	1	,948**	,704**	,887**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
Mg	Pearson Korelasyon	-,752**	-,467**	,945**	,625**	,948**	1	,760**	,921**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
Na	Pearson Korelasyon	-,711**	-,398**	,743**	,396**	,704**	,760**	1	,736**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,002	,000	,002	,000	,000		,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
K	Pearson Korelasyon	-,744**	-,564**	,898**	,448**	,887**	,921**	,736**	1
	Önem. (2-yönlü)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	60	60	60	60	60	60	60	60

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-17. Gövdeden akışta (GA) yapraklı 2013 döneminde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	,093	-,834**	-,367	-,784**	-,709**	-,244	-,706**
	Önem. (2-yönlü)		,712	,000	,134	,000	,001	,329	,001
	N	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Pearson Korelasyon	,093	1	,024	,045	-,017	,100	,456*	,284
	Önem. (2-yönlü)	,712		,918	,845	,940	,665	,038	,213
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Eİ	Pearson Korelasyon	-,834**	,024	1	-,084	,961**	,926**	,627**	,914**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,918		,716	,000	,000	,002	,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Bul	Pearson Korelasyon	-,367	,045	-,084	1	-,269	-,319	-,182	-,149
	Önem. (2-yönlü)	,134	,845	,716		,238	,159	,429	,520
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Ca	Pearson Korelasyon	-,784**	-,017	,961**	-,269	1	,982**	,653**	,902**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,940	,000	,238		,000	,001	,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Mg	Pearson Korelasyon	-,709**	,100	,926**	-,319	,982**	1	,701**	,912**
	Önem. (2-yönlü)	,001	,665	,000	,159	,000		,000	,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
Na	Pearson Korelasyon	-,244	,456*	,627**	-,182	,653**	,701**	1	,794**
	Önem. (2-yönlü)	,329	,038	,002	,429	,001	,000		,000
	N	18	21	21	21	21	21	21	21
K	Pearson Korelasyon	-,706**	,284	,914**	-,149	,902**	,912**	,794**	1
	Önem. (2-yönlü)	,001	,213	,000	,520	,000	,000	,000	
	N	18	21	21	21	21	21	21	21

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

EK-18. Gövdeden akışta (GA) *yapraklı** dönemde ölçülen parametrelerle TN ve TP arasındaki korelasyonlar

		TP	Miktar	pH	Eİ	Bul	Ca	Mg	Na	K
TN	Pearson Korelasyon	,406*	-,555**	-,025	,904**	,446**	,860**	,933**	,792**	,757**
	Önem. (2-yönlü)	,019	,000	,883	,000	,006	,000	,000	,000	,000
	N	33	36	36	36	36	36	36	36	36
TP	Pearson Korelasyon	1	-,288	-,010	,511**	,518**	,576**	,446**	,246	,372*
	Önem. (2-yönlü)		,089	,953	,001	,001	,000	,006	,148	,025
	N	36	36	36	36	36	36	36	36	36

** . Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü). * . Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü).

*TN ve TP analizleri yapraklı 2013 döneminde az sayıda olduğundan yapraklı 2012 ve 2013 birleştirilmiş ve **yapraklı** olarak bu tabloda verilmiştir.

EK-19. Gövdeden akışta (GA) *yapraksız* dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Miktar	pH	Ei	Bu	TN	TP	Ca	Mg	Na	K
Miktar	Pearson Korelasyon	1	-,002	-,539**	-,441**	-,409*	-,069	-,465**	-,527**	-,439**	-,390*
	Önem. (2-yönlü)		,991	,000	,005	,038	,739	,003	,001	,005	,014
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
pH	Pearson Korelasyon	-,002	1	-,001	,549**	,211	-,260	,094	,153	,069	-,353*
	Önem. (2-yönlü)	,991		,993	,000	,301	,200	,571	,352	,677	,028
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
Ei	Pearson Korelasyon	-,539**	-,001	1	,537**	,325	,298	,669**	,794**	,704**	,473**
	Önem. (2-yönlü)	,000	,993		,000	,105	,139	,000	,000	,000	,002
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
Bu	Pearson Korelasyon	-,441**	,549**	,537**	1	,217	-,228	,333*	,389*	,467**	-,026
	Önem. (2-yönlü)	,005	,000	,000		,287	,263	,038	,014	,003	,877
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
TN	Pearson Korelasyon	-,409*	,211	,325	,217	1	-,009	,582**	,654**	,341	,461*
	Önem. (2-yönlü)	,038	,301	,105	,287		,967	,002	,000	,088	,018
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
TP	Pearson Korelasyon	-,069	-,260	,298	-,228	-,009	1	,143	,137	,247	,270
	Önem. (2-yönlü)	,739	,200	,139	,263	,967		,487	,504	,224	,182
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Ca	Pearson Korelasyon	-,465**	,094	,669**	,333*	,582**	,143	1	,903**	,617**	,466**
	Önem. (2-yönlü)	,003	,571	,000	,038	,002	,487		,000	,000	,003
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
Mg	Pearson Korelasyon	-,527**	,153	,794**	,389*	,654**	,137	,903**	1	,765**	,494**
	Önem. (2-yönlü)	,001	,352	,000	,014	,000	,504	,000		,000	,001
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
Na	Pearson Korelasyon	-,439**	,069	,704**	,467**	,341	,247	,617**	,765**	1	,410**
	Önem. (2-yönlü)	,005	,677	,000	,003	,088	,224	,000	,000		,010
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39
K	Pearson Korelasyon	-,390*	-,353*	,473**	-,026	,461*	,270	,466**	,494**	,410**	1
	Önem. (2-yönlü)	,014	,028	,002	,877	,018	,182	,003	,001	,010	
	N	39	39	39	39	26	26	39	39	39	39

EK-20. Yüzeysel akışta (YA) *yapraklı* dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Yağış	pH	Eİ	Bulanıklık	Sediment	TN	TP	Ca	Mg	Na	K
Yağış	Pearson Kor.	1	-,478**	-,493**	-,070	-,454**	-,518**	-,523**	-,284	-,184	,032	-,626**
	Önem. (2-yön.)		,001	,000	,638	,001	,000	,000	,053	,216	,828	,000
	N	48	48	48	48	48	42	42	47	47	47	47
pH	Pearson Kor.	-,478**	1	,564**	,048	,421**	,413**	,439**	,082	-,201	,360*	,558**
	Önem. (2-yön.)	,001		,000	,748	,003	,007	,004	,584	,175	,013	,000
	N	48	48	48	48	48	42	42	47	47	47	47
Eİ	Pearson Kor.	-,493**	,564**	1	,070	,698**	,815**	,791**	,653**	,441**	,453**	,587**
	Önem. (2-yön.)	,000	,000		,636	,000	,000	,000	,000	,002	,001	,000
	N	48	48	48	48	48	42	42	47	47	47	47
Bulanıklık	Pearson Kor.	-,070	,048	,070	1	,428**	-,032	-,064	,148	-,062	-,121	-,044
	Önem. (2-yön.)	,638	,748	,636		,002	,842	,688	,320	,677	,417	,767
	N	48	48	48	48	48	42	42	47	47	47	47
Sediment	Pearson Kor.	-,454**	,421**	,698**	,428**	1	,607**	,580**	,647**	,183	,220	,336*
	Önem. (2-yön.)	,001	,003	,000	,002		,000	,000	,000	,219	,138	,021
	N	48	48	48	48	48	42	42	47	47	47	47
TN	Pearson Kor.	-,518**	,413**	,815**	-,032	,607**	1	,949**	,690**	,660**	,506**	,558**
	Önem. (2-yön.)	,000	,007	,000	,842	,000		,000	,000	,000	,001	,000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
TP	Pearson Kor.	-,523**	,439**	,791**	-,064	,580**	,949**	1	,681**	,604**	,521**	,561**
	Önem. (2-yön.)	,000	,004	,000	,688	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Ca	Pearson Kor.	-,284	,082	,653**	,148	,647**	,690**	,681**	1	,710**	,215	,309*
	Önem. (2-yön.)	,053	,584	,000	,320	,000	,000	,000		,000	,147	,034
	N	47	47	47	47	47	42	42	47	47	47	47
Mg	Pearson Kor.	-,184	-,201	,441**	-,062	,183	,660**	,604**	,710**	1	,039	,290*
	Önem. (2-yön.)	,216	,175	,002	,677	,219	,000	,000	,000		,797	,048
	N	47	47	47	47	47	42	42	47	47	47	47
Na	Pearson Kor.	,032	,360*	,453**	-,121	,220	,506**	,521**	,215	,039	1	,166
	Önem. (2-yön.)	,828	,013	,001	,417	,138	,001	,000	,147	,797		,266
	N	47	47	47	47	47	42	42	47	47	47	47
K	Pearson Kor.	-,626**	,558**	,587**	-,044	,336*	,558**	,561**	,309*	,290*	,166	1
	Önem. (2-yön.)	,000	,000	,000	,767	,021	,000	,000	,034	,048	,266	
	N	47	47	47	47	47	42	42	47	47	47	47

EK-21. Yüzeysel akışta (YA) yapraksız dönemde ölçülen bazı parametreler arasındaki korelasyonlar

		Yağış	pH	Eİ	Bul.	Bulanıklık	TN	TP	Ca	Mg	Na	K
Yağış	Pearson Kor.	1	-,121	-,261	-,340	-,042	-,288	-,233	-,240	-,236	-,065	-,312
	Önem. (2-yön.)		,379	,054	,011	,778	,033	,087	,075	,080	,635	,019
	N	58	55	55	55	48	55	55	56	56	56	56
pH	Pearson Kor.	-,121	1	,493**	,322	,447**	-,018	,098	,292	,188	,097	,257
	Önem. (2-yön.)	,379		,000	,016	,001	,898	,490	,034	,178	,488	,063
	N	55	55	55	55	48	52	52	53	53	53	53
Eİ	Pearson Kor.	-,261	,493**	1	,316	,520**	,360**	,407**	,818**	,796**	,142	,270
	Önem. (2-yön.)	,054	,000		,019	,000	,009	,003	,000	,000	,311	,050
	N	55	55	55	55	48	52	52	53	53	53	53
Bulanıklık	Pearson Kor.	-,340	,322	,316	1	,236	,458**	,460**	,252	,256	,315	,346
	Önem. (2-yön.)	,011	,016	,019		,106	,001	,001	,069	,065	,021	,011
	N	55	55	55	55	48	52	52	53	53	53	53
Sediment	Pearson Kor.	-,042	,447**	,520**	,236	1	-,227	-,064	,331	,281	-,257	-,119
	Önem. (2-yön.)	,778	,001	,000	,106		,130	,672	,023	,056	,081	,425
	N	48	48	48	48	48	46	46	47	47	47	47
TN	Pearson Kor.	-,288	-,018	,360**	,458**	-,227	1	,868**	,272	,290	,425**	,450**
	Önem. (2-yön.)	,033	,898	,009	,001	,130		,000	,045	,032	,001	,001
	N	55	52	52	52	46	55	55	55	55	55	55
TP	Pearson Kor.	-,233	,098	,407**	,460**	-,064	,868**	1	,264	,353**	,284	,289
	Önem. (2-yön.)	,087	,490	,003	,001	,672	,000		,051	,008	,036	,032
	N	55	52	52	52	46	55	55	55	55	55	55
Ca	Pearson Kor.	-,240	,292	,818**	,252	,331	,272	,264	1	,725**	,343**	,471**
	Önem. (2-yön.)	,075	,034	,000	,069	,023	,045	,051		,000	,010	,000
	N	56	53	53	53	47	55	55	56	56	56	56
Mg	Pearson Kor.	-,236	,188	,796**	,256	,281	,290	,353**	,725**	1	,028	,268
	Önem. (2-yön.)	,080	,178	,000	,065	,056	,032	,008	,000		,839	,046
	N	56	53	53	53	47	55	55	56	56	56	56
Na	Pearson Kor.	-,065	,097	,142	,315	-,257	,425**	,284	,343**	,028	1	,783**
	Önem. (2-yön.)	,635	,488	,311	,021	,081	,001	,036	,010	,839		,000
	N	56	53	53	53	47	55	55	56	56	56	56
K	Pearson Kor.	-,312	,257	,270	,346	-,119	,450**	,289	,471**	,268	,783**	1
	Önem. (2-yön.)	,019	,063	,050	,011	,425	,001	,032	,000	,046	,000	
	N	56	53	53	53	47	55	55	56	56	56	56

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YILMAZ, Faruk
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 16.11.1978 / Araklı
Telefon : 0 (380) 542 11 37
Faks : 0 (380) 542 11 36
e-mail : farukyilmaz@duzce.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	AİBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2007
Lisans	KTÜ Orman Fakültesi/Orman Müh. Böl.	2002
Lise	Fatih Süper Lisesi / Trabzon	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2004-2006	AİBÜ Düzce Orman Fakültesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce (ÜDS:58,75)

Yayınlar

SCI Kapsamındaki Yayınlar

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Özbayram A. K., Efe M., Yılmaz M.ve diğ., Effects of thinning intensity on the growth of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* ssp. *oxycarpa*) plantations, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37 (2013) 97-104.

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Yılmaz M., Effect of N and NPK fertilizers on early field performance of narrow-leaved ash, *Fraxinus angustifolia*, *Journal of Environmental Biology*, 31-1 (2010) 109-114.

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Tilki F., Çiçek N., Effects of spacing and post-planting treatments on survival and growth of *Fraxinus angustifolia* seedlings, *Journal of Environmental Biology*, 31-4 (2010) 555-519.

Yılmaz M.,**Yılmaz F.**, Karagül R., Altun L., Changes in erodibility indices and some soil properties according to parent materials and land use regimes in Erfelek dam creek watershed (Sinop, Turkey), *Fresenius Environmental Bulletin*, 17-12a (2008) 2083-2090

Diğer Yayınlar

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Özbayram A.K., Çitgez TÇ, Aralama şiddeti ve gövde sınıfının Dar Yapraklı Dişbudakta (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) su sürgünü oluşumuna etkisi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1) (2012) 40-48.

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Özbayram A.K., Çetin B., Aralamanın dişbudak (*Fraxinus angustifolia* ssp. *oxycarpa*) plantasyonunun gelişimine etkisi, *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Artvin, (2010) 886-894.

Çiçek E., Tilki F. Kulaç Ş., Yılmaz M., **Yılmaz F.**,Survival and growth of three hardwood species (*Fraxinus angustifolia*, *Ulmus laevis* and *U. minor*) on a bottomland site with heavy clay soil.", *Journal of Plant Sciences*, 2 (2), (2007) 233-237,

Çiçek E., **Yılmaz F.**,Yılmaz M., Çetin B., Aralamanın dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantasyonlarında çap ve göğüs yüzeyi gelişimine etkisi: Bir yıllık sonuçlar., *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 3, (2007).

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Yılmaz M., Yılmaz S., Dar Yapraklı Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) tıraşlama alanında diri örtünün belirlenmesi ve kültür bakımı açısından değerlendirilmesi. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 1-2-3, (2007).

Ercanlı İ., Altun L., Yılmaz M., Usta A., **Yılmaz F.**, Günlü A., Sinop yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin yöresel sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 3, (2007).

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Tilki F., Yılmaz M., Çetin B., The effects of site, provenance and seedling size on the early growth of narrow leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantings." *Journal of Balkan Ecology*, 9 (3), (2006) 297-304.

Karagül R., Şamandar A., Özcan M., **Yılmaz F.**, Çitgez T., Düzce çevresindeki sel ve taşkınların nedenleri ve alınması gerekli önlemler, *II. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, (2010).

Yılmaz M., Çiçek E., Altun L., **Yılmaz F.**, Usta A., Göl Soğanı (*Leucojum aestivum* L.) nin yetiştirme ortamı özellikleri ve odun dışı ürün olarak değerlendirilmesi. *Ist International Non-wood Forests Products Symposium*, Trabzon, KTÜ Basım Evi, (2006), 70.

Yılmaz M., Altun L., Usta A., **Yılmaz F.**, Rize yöresinde yayılış gösteren Doğu Karadeniz meşesi (*Quercus pontica* C. Koch) nin yetiştirme ortamı özellikleri, *I. Rize Sempozyumu*, (2006).

Yılmaz M., Altun L., Karagül L., **Yılmaz F.**, Usta A., Rize yöresinde meydana gelen heyelanların sebepleri ve sonuçları, *I. Rize Sempozyumu*, (2006).

Çiçek E., **Yılmaz F.**, Yılmaz M., Eşen D., Azot (N) gübrelemesinin dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) ağaçlandırma sahasında fidan gelişimine etkisi, *XVIII. Biyoloji Kongresi*, Kuşadası, (2006).

Yıldız O., Eşen D., Sargıncı M., Aksoy N., Güneş N., **Yılmaz F.**, Karadeniz orman ekosistemlerinde orman gülü (*Rhododendron ponticum* L.) diri örtüsü ve rekabeti, *XVIII. Biyoloji Kongresi*, Kuşadası, (2006).