

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU KARADENİZ ARDI GÜMÜŞHANE YÖRESİNDE FARKLI KULLANIM
VE EĞİMDEKİ ARAZİLERİN TOPRAK AŞINIMININ NİCEL VE NİTEL
OLARAK BELİRLENMESİ İLE “USLE” BENZETİM (SİMÜLASYON) MODELİ
SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Orm. Yük. Müh. Sezgin HACISALİHOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“Doktor”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

156169

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27. 09. 2004

Tezin Savunma Tarihi : 21. 10. 2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hasan Zeki KALAY

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Lokman ALTUN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Mustafa VAR

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ali DEMİRCİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer KARAÖZ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2004

ÖNSÖZ

Tüm Dünya’da önemli bir çevre sorunu olan ve ülkemizde de bilimsel araştırma eksikliği bulunan toprak aşınımı sorununa ilişkin yapılan “ Doğu Karadeniz Ardi Gümüşhane Yöresinde Farklı Kullanım ve Eğimdeki Arazilerin Toprak Aşınımının Nicel ve Nitel Olarak Belirlenmesi ile “USLE” Benzetim (Simulasyon) Modeli Sonuçlarının Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar” adlı doktora tezi ile toprak aşınımı sorununun daha iyi anlaşılması ve Usle benzetim modeli sonuçlarının ülkemiz koşullarında sınanması ve elde edilen bulgulara dayalı çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gümüşhane İli, Torul İlçesi, İkisü Beldesi, Işık Köyü sınırları içerisinde gerçekleştirilen; genel olarak orman, otlak ve tarım arazileri üzerinde kurulan ölçüm parselleri sonuçları ile USLE benzetim modeli sonuçlarının karşılaştırılmasını içeren bu araştırmanın gerçekleştirilmesi sırasında bilimsel, maddi ve manevi her türlü yardım ve yönlendirmeleri yapan çok değerli doktora danışmanım sayın Prof. Dr. Hasan Zeki KALAY’a en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez izleme komitesi üyeleri; Doç. Dr. Lokman ALTUN ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa VAR’a teşekkür ederim. Katkılarından dolayı Prof. Dr. Ömer KARAÖZ ve Prof. Dr. Ali DEMİRCİ’ ye ayrıca teşekkürü bir borç bilirim

Arazi çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Devlet TOKSOY’a, Yrd. Doç. Dr. Hasan AYYILDIZ’a, Yrd. Doç. Dr. Adem KALÇA’ya, Arş. Gör. Ercan OKTAN’a, Orm. Yük. Müh. Süleyman ALKAN’a, Hasan Fahri ŞAYLAN’a ve Arş. Gör. Zafer YÜCESAN’a teşekkür ederim.

Arazide bitki örtüsü teşhisi sırasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU’na ve istatistiksel değerlendirmeler yapılırken yaptığı katkılardan dolayı Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a teşekkürü bir borç bilirim. Bazı Laboratuvar analizlerinin gerçekleştirildiği Antalya Toprak Laboratuvarı Müdürlüğü’ne de teşekkür ederim

Sezgin HACISALİHOĞLU

Trabzon 2004

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Toprak Aşınımının Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu.....	2
1.2.1. Toprak Aşınımının Dünya'daki Durumu	3
1.2.2. Toprak Aşınımının Türkiye'deki Durumu	5
1.2.3. Gümüşhane Yöresi Arazi Özellikleri	8
1.3. Toprak Aşınımını Belirleyen Belli Başlı Benzetim Modelleri	9
1.3.1. Usle (Uluslar arası Toprak Kaybı Eşitliği).....	11
1.3.2. Answer.....	12
1.3.3. Agnps.....	13
1.3.4. Cream, Gleams, Opus, Epic.....	13
1.3.5. Wepp	14
1.3.6. Eurosem.....	15
1.3.7. Diğer Modeller.....	15
1.4. Kaynak Taraması	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27
2.1. Materyal.....	27
2.1.1. Toprak Aşınımı Ölçüm İstasyonları ve Ölçüm Parselleri	29
2.1.2. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı	33
2.1.2.1. Coğrafi Konum	33
2.1.2.2. Araştırma Alanının Yükseklik, Eğim ve Bakı Durumu	36

2.1.2.3.	İklim	41
2.1.2.4.	Jeolojik Yapı	44
2.1.2.5.	Toprak Yapısı.....	45
2.1.2.6.	Bitki Örtüsü.....	51
2.2.	Araştırma Yöntemleri	53
2.2.1.	Araştırma Deneme Desenleri	53
2.2.2.	Toprak Aşınımı Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılan USLE (Uluslararası Toprak Kaybı Eşitliği) Benzetim Modeli	54
2.2.3.	Laboratuvar Yöntemleri	60
2.2.3.1.	Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	60
2.2.3.2.	Toprak Örneklerine Ait Bazı Laboratuvar Analizleri	60
2.2.3.2.1.	Toprak Türü (Tekstür) Tayini	60
2.2.3.2.2.	İnce Kum Oranı.....	61
2.2.3.2.3.	Agregat Sınıfları.....	61
2.2.3.2.4.	Yüzeysel Taşlılık.....	61
2.2.3.2.5.	Organik Madde.....	61
2.2.3.2.6.	pH Tayini	62
2.2.3.2.7.	Geçirgenlik (Permeabilite).....	62
2.2.3.2.8.	Bazı Bitki Besin Maddeleri (N, P, K) Tayini.....	62
2.2.4.	Matematiksel İstatistik Yöntemler	63
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	64
3.1.	Taşınan Topraklara, Yüzeysel Akış Sularına ve Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	64
3.1.1.	Taşınan Toprak ve Yüzeysel Akış Miktarları ile Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Ortalama Değerlerin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre	64
3.1.2.	Taşınan Toprak ve Su Miktarları ile Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin	71
3.1.3.	Taşınan Toprak ve Su Miktarları ile Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin	72
3.2.	Toprak Aşınım Miktarları ve Kimi Toprak Özelliklerinin İstatistiksel	74
3.2.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Miktarları Toplam Ortalama Değerleri ve..... İstatistiksel Analiz Sonuçları	75
3.2.1.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Miktarları toprak Ortalama Değerlerinin Arazi	75

3.2.1.2.	Aşınımına Uğramış Toprak Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi	76
3.2.1.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Miktarlarının Aylara göre Değişimi	78
3.2.2.	Yüzeysel Akış Miktarları Toplam Ortalama Değerleri ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	81
3.2.2.1.	Yüzeysel Akış Miktarları Toplam Ortalama Değerlerinin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	81
3.2.2.2.	Yüzeysel Akış Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi	82
3.2.2.3.	Yüzeysel Akış Miktarlarının Aylara Göre Değişimi	85
3.2.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot (N) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	87
3.2.3.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot Miktarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	87
3.2.3.2.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot Miktarının Yıllara Göre Değişimi	88
3.2.3.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot Miktarının Aylara Göre Değişimi	90
3.2.4.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor (P) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	92
3.2.4.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor Miktarlarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	92
3.2.4.2.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor Miktarının Yıllara Göre Değişimi	93
3.2.4.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi	95
3.2.5.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum (K) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	97
3.2.5.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum Miktarlarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	97
3.2.5.2.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum (K) Miktarının Yıllara Göre Değişimi	99
3.2.5.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum Miktarının Aylara Göre Değişimi	100
3.2.6.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	102
3.2.6.1.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	102
3.2.6.2.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarının Yıllara Göre Değişimi	104
3.2.6.3.	Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi	105

3.2.7. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerleri ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	107
3.2.7.1. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerlerinin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi	107
3.2.7.2. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi	108
3.2.7.3. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerlerinin Aylara Göre Değişimi	110
3.3. USLE Yöntemi Kullanılarak Hesaplanan Toprak Aşınımı Miktarları	112
3.3.1. Ölçüm Parsellerinde Ölçümle Belirlenen Toprak Aşınımı Miktarları ile USLE Benzetim Yöntemi ile Hesaplanan Toprak Aşınımı Miktarları Toplam Ortalama Değerleri Arasındaki Farklar	113
3.4. Ölçüm Parsellerinde Ölçülen Toprak Örnekleri kimi Besin Maddeleri Kaybı Toplam Miktarları	115
3.4.1. Toplam Azot Kaybı Miktarı	115
3.4.2. Yararlanılabilir Fosfor Kaybı Miktarı	116
3.4.3. Değiştirilebilir Potasyum Kaybı Miktarı	117
3.4.4. Organik Madde Kaybı Miktarı	118
3.5. Araştırma Alanında Ölçülen Yağış Miktarları Ortalama Değerleri ile Toprak Aşınımı ve Yüzeysel Akış Miktarları Ortalama Değerleri Arasındaki İstatistiksel İlişki	119
4. SONUÇLAR	121
5. ÖNERİLER	124
6. KAYNAKLAR	126
7. EKLER	134
ÖZGEÇMİŞ	145
JÜRİ ÜYESİ GÖRÜŞÜ	146

ÖZET

“Doğu Karadeniz Ardı Gümüşhane Yöresinde Farklı Kullanım ve Eğimdeki Arazilerin Toprak Aşınımının Nicel ve Nitel Olarak Belirlenmesi ile “USLE” Benzetim (Simulasyon) Modeli Sonuçlarının Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar” konulu araştırma, Gümüşhane ili Torul ilçesi İkisü Beldesi Işık Köyü sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma alanında, üç farklı arazi kullanımı (orman, tarım ve otlak arazisi) ve iki farklı eğimde (%20 ve %40 eğim) 6 adet ölçüm istasyonunda toplam 18 adet ölçüm parseli oluşturulmuştur. Bu ölçüm parselleri üzerinde üç yıl süre ile toprak aşınımı miktarları ve Yüzeysel Akış miktarları ölçülmüştür. Araştırma alanına yerleştirilen yağış ölçer cihazı yardımıyla aylık ve yıllık yağış ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen yağış miktarları ile toprak aşınımı ve yüzeysel akış arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki belirlenmiştir.

Deneme alanlarında elde edilen toprak örneklerinin nicel ve nitel çözümlenmeleri sonucu kaybolan toprak ve su miktarları ile toplam azot, yararlanılabilir fosfor ve değiştirilebilir potasyum miktarları da belirlenerek bunların aylık ve yıllık değişimleri kaydedilmiştir. Buna göre, toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarları eğim ile doğru orantılı olarak artmıştır. Ormanlık alanda toprak aşınımı değerleri çok düşük değerler göstermiş ve yüzeysel akış değerleri de en düşük olarak ölçülmüştür. Terk edilmiş tarım arazisinde ölçülen toplam ortalama toprak aşınımı değerleri ile aşırı otlatmaya maruz kalmış otlak alanında ölçülen değerler arasında büyük bir fark bulunamamıştır (her iki arazi kullanımında da toplam ortalama 0,18 ton/ha/yıl değerleri elde edilmiştir).

Aynı alanda Usle benzetim modeli uygulanarak elde edilen toprak aşınımı miktarları ile ölçülen toprak aşınımı miktarları arasındaki ilişki belirlenmiştir. Usle modeli sonuçları, ölçülen sonuçlardan oldukça fazla çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Karadeniz Ardı Gümüşhane Yöresi, Toprak Aşınımı (Toprak Erozyonu), Yüzeysel Akış, Bitki besin maddeleri (N, P, K), USLE, Farklı Arazi Kullanımları (Orman, Otlak, Tarım), Eğim sınıfları (% 15-20, % 35-40).

SUMMARY

Qualitative and Quantitative Determination of Soil Erosion in Different Land Use Types and Slope Conditions with a Comparison of the Results of USLE Simulation Model (Universal Soil Loss Equation) in Behind of the Black Sea Region in Gümüşhane City

The research took in three different land use types (Scotch pine forest, pastoral land and agricultural land) and in two different slope classes (15-20 %, 35-40 %) place. Within six measurement stations (for each land use type and slope class station) totally eighteen measurement plots have been constituted. Soil loss and runoff measurements have been investigated in these eighteen plots during three years and in monthly periods. A rain gauge for the rain measurements have been installed in the research area.

Soil erosion and runoff amounts determination in different land use and slope conditions was the main goal of this research. In addition to this nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) plant nutrient substances have been measured in the soil samples. Also the USLE simulation model had been applied in the research area.

The results pointed out that the soil erosion amounts in each land use type and slope degree which measured in the research plots are quite less than the calculated results of the USLE simulation model.

Measured average soil loss amounts in agricultural land and in pastoral land are almost the same (0,18 tone/hectare/year). Soil loss amounts for each land use Types are in 35-40 % slope class the most (0,16 tone/hectare/year in pastoral land and 0,12 tone/hectare/year in agricultural land). The measured soil loss amounts in the yellow pine forests are almost zero.

Key Words: Behind of Black Sea Region Gümüşhane District, Soil Erosion, Runoff, Plant Nutrient Substances (N, P, and K), USLE, Different Land Use Types (Scotch Pine Forest, Pastoral Land, and Agricultural Land), Slope classes (% 15-20, % 35-40).

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Toprak aşınımı tehlikesinin dünya çapındaki dağılımı	4
Şekil 2. Türkiye toprak aşınımı haritası	5
Şekil 3. Orman örtüsü altında (Sarıçam) alınan deneme alanı (1860 m)	29
Şekil 4. Tarım alanında alınan deneme alanı (1840 m)	30
Şekil 5. Otlak alanda alınan deneme alanı (1850 m)	32
Şekil 6. Araştırma alanında oluşturulan deneme alanları ile toplama kapları	33
Şekil 7. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu	34
Şekil 8. Işık köyünün 1/25000 ölçekli topoğrafik haritasındaki yeri	34
Şekil 9. Otlak parselleri uzak görüntüsü	34
Şekil 10. Otlak parselleri yakın görüntüsü	34
Şekil 11. Tarım parselleri yakın görüntüsü	35
Şekil 12. Tarım parselleri uzak görüntüsü	35
Şekil 13. Orman parselleri yakın görüntüsü	35
Şekil 14. Orman parselleri uzak görüntüsü	36
Şekil 15. Araştırma alanının yükseklik basamaklarına göre 3 boyutlu görüntüsü	36
Şekil 16. Araştırma alanındaki farklı yükseklik basamakları	37
Şekil 17. Araştırma alanındaki farklı eğim sınıfları	38
Şekil 18. Araştırma alanı eğim sınıfları 3 boyutlu görüntüsü	39
Şekil 19. Araştırma alanı bakılarının 3 boyutlu görüntüsü	39
Şekil 20. Araştırma alanındaki farklı bakılar	40
Şekil 21. Türkiye'deki temel iklim tipleri	41
Şekil 22. Gümüşhane iline özgü başlıca iklim verileri (1219 m)	43
Şekil 23. Thorntwaite yöntemine göre Türkiye iklim sınıflandırması	43
Şekil 24. Işık Köyü jeoloji haritası	44
Şekil 25. Otlak (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü	45
Şekil 26. Otlak (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü	46
Şekil 27. Tarım (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü	47
Şekil 28. Tarım (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü	48

Şekil 29. Orman (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü	49
Şekil 30. Orman (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü	50
Şekil 31. Ormanlık alan bitki örtüsü	51
Şekil 32. Otlak alanı bitki örtüsü	51
Şekil 33. Tarım alanı bitki örtüsü	51
Şekil 34. Faktöriyel deneme desenine göre araştırma deseni çizelgesi	53
Şekil 35. Türkiye genelinde yağış katsayısı değerleri	55
Şekil 36. K Etmeni monogramı	57
Şekil 37. LS değerlerini hesaplama diyagramı	58
Şekil 38. % 40 eğim otlak arazisinin yüzeysel taşlılığı	69
Şekil 39. Aşınımına uğramış toprak miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	76
Şekil 40. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin yıllara göre değişimi	77
Şekil 41. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin yıllara göre değişimi	78
Şekil 42. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin aylara göre değişimi	80
Şekil 43. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin aylara göre değişimi	80
Şekil 44. Yüzeysel Akış miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	82
Şekil 45. % 20 Eğim sınıfındaki Yüzeysel Akış miktarlarının yıllara göre değişimi	84
Şekil 46. % 40 Eğim sınıfındaki Yüzeysel Akış miktarlarının yıllara göre değişimi	84
Şekil 47. % 20 Eğim sınıfı Yüzeysel Akış miktarlarının aylara göre değişimi	86
Şekil 48. % 40 Eğim sınıfı Yüzeysel Akış miktarlarının aylara göre değişimi	86
Şekil 49. Toprak örneklerindeki Toplam Azot miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	88
Şekil 50. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarlarının yıllara göre değişimi	89
Şekil 51. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarlarının yıllara göre değişimi	90
Şekil 52. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarları aylara göre değişimi	91
Şekil 53. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarları aylara göre değişimi	91
Şekil 54. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	93
Şekil 55. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları yıllara göre değişimi	94

Şekil 56. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları yıllara göre değişimi	95
Şekil 57. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları aylara göre değişimi	96
Şekil 58. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları aylara göre değişimi	97
Şekil 59. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	98
Şekil 60. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının yıllara göre değişimi	99
Şekil 61. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının yıllara göre değişimi	100
Şekil 62. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının aylara göre değişimi.....	101
Şekil 63. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının aylara göre değişimi.....	102
Şekil 64. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	103
Şekil 65. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının yıllara göre değişimi.....	104
Şekil 66. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının yıllara göre değişimi.....	105
Şekil 67. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının aylara göre değişimi.....	106
Şekil 68. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının aylara göre değişimi	106
Şekil 69. Toprak örneklerindeki pH değerleri ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi.....	108
Şekil 70. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin yıllara göre değişimi	109
Şekil 71. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin yıllara göre değişimi.....	110
Şekil 72. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin aylara göre değişimi.....	111
Şekil 73. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin aylara göre değişimi.....	111
Şekil 74. Ölçümle belirlenen toplam ortalama aşınım miktarı ile USLE benzetim yöntemi sonucunda belirlenen aşınım miktarları.....	114

Şekil 75. Toplam ortalama toplam azot kaybı miktarlarının arazi kullanımı..... ve eğim sınıflarına göre değişimi	115
Şekil 76. Toplam ortalama yararlanılabilir fosfor kaybı miktarlarının arazi	
kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	116
Şekil 77. Toplam ortalama değiştirilebilir potasyum kaybı miktarlarının arazi.....	
kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	117
Şekil 78. Toplam ortalama organik madde kaybı miktarlarının arazi kullanımı.....	
ve eğim sınıflarına göre değişimi	118
Şekil 79. Araştırma alanında ölçüm yapılan aylara ait ortalama yağış miktarları.....	120



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1. Toprak aşınımının kıtalara göre dağılımı	3
Çizelge 2. Toprak aşınımının Türkiye'deki boyutu.....	6
Çizelge 3. Bazı benzetim model sistemleri ve önemli özellikleri	16
Çizelge 4. Gümüşhane meteoroloji istasyonu iklim verileri	42
Çizelge 5. Araştırma alanındaki başlıca bitki türleri	52
Çizelge 6. Agregat (Kırıntı) boyutu sınıfları.....	56
Çizelge 7. Geçirgenlik (permeabilite) sınıfları	57
Çizelge 8. Yamaç eğimine bağlı olarak hesaplanan "m" değerleri	58
Çizelge 9. C değerleri çizelgesi	59
Çizelge 10. Araştırma alanında elde edilen taşınan toprak ve su miktarları ile bazı bitki besin maddeleri miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi.....	64
Çizelge 11. Araştırma alanında taşınan toprak ve su miktarları ile kimi besin maddelerinin arazi kullanımı, eğim sınıfları ve yıllara göre durumu.....	71
Çizelge 12. Araştırma alanında taşınan toprak ve su miktarı ile kimi besin maddelerinin arazi kullanımı, eğim sınıfları ve aylara göre durumu.....	73
Çizelge 13. Aşınımına uğramış toprak miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	75
Çizelge 14. Aşınımına uğramış toprak miktarlarının yıllara göre homojenlik testi	76
Çizelge 15. Aşınımına uğramış toprak miktarlarının yıllara göre homojenlik testi	79
Çizelge 16. Yüzeysel Akış miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	81
Çizelge 17. Yüzeysel Akış miktarlarının yıllara göre homojenlik testi sonuçları.....	83
Çizelge 18. Yüzeysel Akış miktarlarının aylara göre homojenlik testi sonuçları	85
Çizelge 19. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	87
Çizelge 20. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi	89
Çizelge 21. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi.....	90

Çizelge 22. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	92
Çizelge 23. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	94
Çizelge 24. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi	96
Çizelge 25. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	98
Çizelge 26. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarı homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi	99
Çizelge 27. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarı homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi	101
Çizelge 28. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıfına göre değişimi	103
Çizelge 29. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi	104
Çizelge 30. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi	105
Çizelge 31. Toprak örnekleri pH değeri ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi	107
Çizelge 32. Toprak örneklerindeki pH değeri homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi	109
Çizelge 33. Toprak örneklerindeki pH değeri homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi	110
Çizelge 34. Arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre "USLE" benzetim yöntemi ile hesaplanan toprak aşınımı miktarları	112
Çizelge 34. Ölçülen yağış değerleri ile toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarları arasındaki ilişki	119
Ek Çizelge 1. Gümüşhane meteoroloji istasyonu iklim verileri	135
Ek Çizelge 2. Araştırma alanında belirlenen bitki türleri	137
Ek Çizelge 3. Araştırma alanında belirlenen bitki türlerinin kaplama dereceleri	139
Ek Çizelge 4. Benzetim modellerini geliştiren bilim adamları	141
Ek Çizelge 5. USLE benzetim yöntemi verileri	142
Ek Çizelge 6. Araştırma alanında ölçülen yıllık ve aylık yağış değerleri	143

SEMBOLLER DİZİNİ

A:	Analitik (Deneysel)
D:	Deterministik (Belirlemeye Dayalı)
E:	Ampirik
M:	Matematik
N:	Nümerik (Sayısal)
l:	Parçalı model, 1-, 2-, 3-d (Boyut sayıları)
BS:	Toprak İşlemesi ve Koruma Önlemleri
BW:	Sulama
DP:	Depolama
IN:	İnfiltrasyon
NA:	Bitki Besin Maddesi Ekleme
PA:	Pestisid (Bitki Öldürücüler) Kullanımı
PW:	Bitki Büyüme Durumu
SB:	Kar ve Toprağın Donma Durumu
WA:	Su Aşınımı
WI:	Rüzgar (Yel) Aşınımı
WG:	Hava Durumu
WH:	Su Ekonomisi
ZA:	Drenaj (Boşaltma, Süzme, Sızdırma) Durumu
gS:	Kumlu, çakıllı moren topraklar
mS:	Kıyı bölgelerdeki tuz içerikli sedimentler
fS:	Dere kumu
IS:	Çakıl içeriği yüksek sert topraklar
tS:	Killi kum topraklar
uS:	Taşınarak oluşmuş kumlu topraklar
uIS:	Taşınarak oluşmuş çakıl içeriği yüksek sert topraklar
sU:	Kum içeriği yüksek taşınma toprakları
U:	Aşınıp taşınarak biriken topraklar
sIU:	Kumlu çakıllı balçık topraklar
t-tU:	Kil oranı yüksek taşınma toprakları

I-IU:	Çakıl içeriği yüksek taşınma toprakları
s-sL:	Kumlu balçık topraklar
utL:	Taşınarak oluşan killi balçık topraklar
uL:	Taşınarak oluşan balçık topraklar
u-uT:	Taşınarak oluşan killi topraklar
stL:	Kumlu killi balçık topraklar
t-tL:	Killi balçık topraklar
IT:	Sert ve killi topraklar
T:	Killi topraklar
ppm:	1 mg / lt



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Toprak aşınımı (toprak aşınımı); Türkiye’de ve Dünya’da, özellikle geçtiğimiz yüzyılın ortalarından itibaren üzerinde önemle durulan ve hemen herkes tarafından doğal dengenin bozulmasıyla ortaya çıktığı ve beraberinde ekonomik ve sosyal olumsuzlukları getirdiği konusunda fikir birliği edilen bir olgu olarak ortaya çıkmıştır.

Artan dünya nüfusunun beslenme, barınma vb. ihtiyaçlarını karşılayabilmek için doğal kaynaklar (ormanlar, otlak arazileri, su kaynakları vb.) hızla ve bilinçsizce tüketilmeye ve buna bağlı olarak var olan doğal denge bozulmaya başlamıştır. Bu bozulma, özellikle 20. yy. ortalarından itibaren ivme kazanarak günümüze değin olanca hızıyla gelmiştir. Bu olumsuz gidişin farkına yine geçen yüz yılda varılmış, sorun tespit edilerek çeşitli bilimsel araştırmalar neticesinde çözüm öneri ve teknikleri ortaya konulmuştur. Bugün, geriye dönüp bakıldığında doğal kaynakların korunması ve geliştirilmesi konusunda özellikle insanların bilinçlenmesi konusunda önemli çalışmaların yapıldığını görmekteyiz. Ancak bu bilinçlenme düzeyinin, sorunun çözümünü tam olarak sağladığını söylemek mümkün görünmemektedir. Çünkü doğal dengenin bozulmasının önüne geçebilmek için uygulanacak bilimsel yaklaşımların, ekonomik ve sosyal politikaların neler olacağı konusunda henüz ortada bizi mutlak çözüme ulaştıracak bulgu ve bilgiler mevcut değildir (Richter, 1998).

Dünya da ve ülkemizde doğal denge bozulması denince akla ilk gelen konulardan biri de yanlış arazi kullanımı ve bunun beraberinde getirdiği toprak aşınımı olgusudur. Ülkemiz koşullarında bu sorun büyük önem taşımaktadır. Bu konu üzerinde şimdiye kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde yapılan araştırmalar sonucunda, temel kavram ve kuralların ortaya konulduğunu görmekteyiz. Ancak bu, söz konusu araştırmalarla ortaya konulan bulgu ve bilgilere dayalı çözüm modellerinin sorunun yaşandığı her bölge için geçerli sayılabileceği anlamına gelmemektedir. Nitekim farklı bölgeler, beraberinde; meteorolojik, jeolojik, ekolojik, topoğrafik vb. yönden farklılıkları da getirmektedir. Bunun sonucu olarak sorunun çözümüne yönelik yöresel bilgi ve bulguların araştırılması, toplanması ve bu bulgular ışığında, daha önce ortaya konulan bilgi ve yöntemler ile uyum sağlanarak yöresel

uygulamalara gidilmesi sorunun çözümü için daha gerçekçi bir yaklaşım olarak görülmektedir.

Doğu Karadeniz ardı yöresinde, farklı arazi kullanımları ve bitki örtüsü altındaki toprakların, toprak aşınım ilişkilerinin belirlenmesi ve bazı benzetim modelleri ile karşılaştırılması konulu bu çalışma ile ortaya konulmak istenen konuların başında; ülkemizde çok önemli bir sorun olarak ortaya çıkan ve vakit kaybına dayanma gücü olmayan bir konuda (hatalı arazi kullanımı ve toprak aşınımı) gerekli veri tabanını oluşturmaya yönelik olarak yöresel bilgi ve bulgulardan hareketle ülkesel bazda sorunun çözümüne katkı yapabilecek bulguları ortaya koymaktır. Farklı arazi kullanımı, bitki örtüsü, eğim, topografya, anakaya ve yükseltilerdeki alanlarda oluşacak olan toprak aşınımı ve yüzeysel akış ile yıkanarak taşınan bitki besin maddeleri ve bunların etki ve sonuçları araştırılacaktır. Ayrıca, arazi koşullarında elde edilen toprak kaybı değerleri ile bugüne kadar geliştirilen toprak kaybı tahmini yapan eşitlikler içerisinde en yaygın kabul görmüş toprak kaybı eşitliği olan USLE (Uluslararası Toprak Kaybı Eşitliği) den elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak bu eşitliğin bölgesel uyumluluğu ve doğruluğu test edilmeye çalışılacaktır. Bu araştırmadan hareketle ülkemizde benzer şartları sağlayan ve geniş alanlar kaplayan diğer bölgelerde (ki araştırma yerinin seçiminde bu husus üzerinde öncelikli olarak durulmuştur) oluşması muhtemel toprak aşınımının tespiti ve bu sorunun çözümüne ilişkin öneriler ortaya konulmaya çalışılacaktır.

1.2. Toprak Aşınımının Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu

Aşınımın kelime anlamı: bir varlığın, bir değerinin yerine getirilemeyecek şekilde yok olmasıdır. Toprak biliminde ise; yeryüzündeki anamateryalin çeşitli etkenlerle aşınıp taşınması olayıdır. Aşınım, tabiatın normal süreci içinde meydana geliyorsa normal aşınım; insanın tabiattaki toprak, su ve bitki arasındaki dengeyi bozucu nitelikteki müdahaleleri sonucu meydana geliyorsa hızlandırılmış aşınım adını almaktadır. Normal aşınım, genellikle insan müdahalesi olmayan yerlerde görülür ve çok yavaş olarak gelişir. Meraların aşırı derecede otlatılması, ormanların tahrip edilmesi ile daha az korunan toprak, su ile kolayca taşınabilmekte ve aşınımı hızlanmaktadır (Gülsoy, 1997).

Toprak aşınımı, bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su ve rüzgarın etkisiyle aşınması ve taşınması olayıdır. Aşınımın başlıca nedeni,

toprağı koruyan bitki örtüsünün yok olmasıdır. Arazi eğimi, toprak yapısı, yıllık yağış miktarı, iklim faktörleri, bitki örtüsü, toprak ve bitkiye yapılan çeşitli müdahaleler, aşınımın şiddetini belirleyen öğelerdir.

1.2.1. Toprak Aşınımının Dünya'daki Durumu

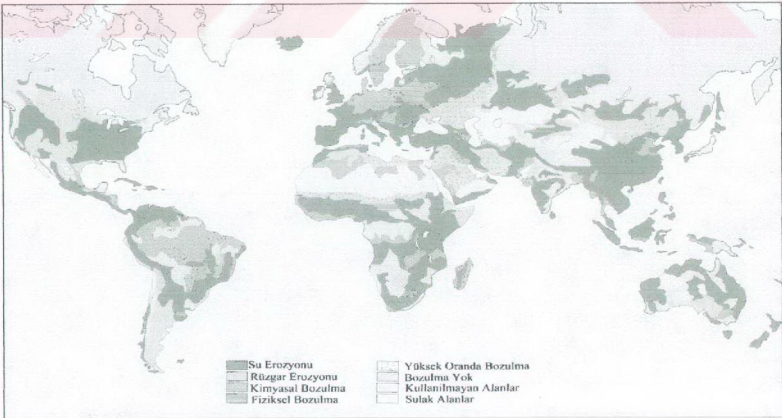
Dünyamızın yüzeyine yerkabuğu denmesi bir rastlantı değildir. Gezegenin üzerindeki bütün hayat, kıtaları kaplayan incecik ve hassas toprak kabuğuna bağlıdır. Gezegenimizin eti olan bu değerli kabuk son derece yavaş meydana gelmesine karşılık son derece süratle ortadan kalkabilir. Bir parmak derinliğinde bir toprak tabakasının oluşması için, asırlar geçmesi gerekmektedir. Olumsuz şartlar bir iki mevsimde bu tabakayı yok edip denizlere ya da göllere taşıyabilir.

Toprak aşınımının kıtalara göre dağılımını veren çizelge (Çizelge 1) ve tüm dünyadaki durumunu gösteren şekil (Şekil 1) incelendiğinde, aşınım ve çölleşme tehlikesinin boyutları hakkında daha geniş bilgiye sahip olunabilir (Richter, 1998).

Çizelge 1. Toprak aşınımının kıtalara göre dağılımı (Richter, 1998).

Kıtalar	Toplam Alan (Km ² x10 ⁶)	Kullanım Dışı Alan		Bozulma Olmayan Alan		Yoğun Bozulma	
		(Km ² x10 ⁶)	(%)	(Km ² x10 ⁶)	(%)	(Km ² x10 ⁶)	(%)
Avrupa	9,50	0,01	-	7,30	77	2,19	23
Asya	42,56	4,85	11	30,23	71	7,48	18
Afrika	29,66	7,32	25	17,40	59	4,94	16
Avustralya	8,82	0,95	11	6,84	77	1,03	11
Kuzey Amerika	18,85	0,75	4	17,15	91	0,95	5
Orta Amerika	3,06	0,53	17	1,90	62	0,63	20
Güney Amerika	17,86	0,28	2	14,97	85	2,43	13
Toplam Alan	130,31	14,69	11	95,79	74	19,65	15

Worldwatch Institute, her sene toprağın üst tabakasının 24 milyar tonunun kaybedildiğini ileri sürmektedir (Richter, 1998). Son yirmi sene içerisinde ABD'deki bütün ekili alanı kaplayacak kadar toprak kaybolup gitmiştir. Olay gittikçe vahimleşmektedir. Bu kriz, özellikle dünya üzerindeki karaların üçte birinden fazlasını kaplayan kurak alanlarda ortaya çıkmaktadır. Çölleşme, toprak tabakasının son derece hassas, bitki tabakasının son derece ince ve iklimin son derece sert olduğu bu bölgelerde kendini hissettirmektedir. Toprak her yerde bozulabilir ama kuru iklimdeki bozulmaya çölleşme adı verilmektedir. Dünya üzerindeki 5.200.000.000 hektarlık tarımda kullanılan kurak alanların % 70'i özelliğini yitirmiştir. Dolayısıyla çölleşme, toplam kara alanının % 30'una zarar vermektedir. Afrika'da kurak alanların % 73'ünü kapsayan bir milyon hektarın üzerinde arazi, orta derecede veya ciddi bir çölleşme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Asya'da 1.4 milyon hektar aynı şekilde etkilenmektedir. Fakat, bu problem sadece kalkınmakta olan ülkelere mahsus değildir. Ciddi bir şekilde veya orta derecede çölleşmiş kurak alanların en fazla bulunduğu kıta, %74 ile Kuzey Amerika'dır. Asya'da en fazla etkilenen bölgeler eski Sovyetler Birliği'nde yer almaktadır. Genel olarak bakılırsa, çölleşme tehlikesi ile karşı karşıya olan kurak alana sahip 110 ülke olduğu görülür. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), çölleşmenin genel maliyetinin senede 42 milyar dolar olduğunu hesaplamıştır. Sadece Afrika'nın yıllık kaybı 9 milyar dolardır. Manevi kayıplar ise, daha ağır olmuştur (Richter, 1998).

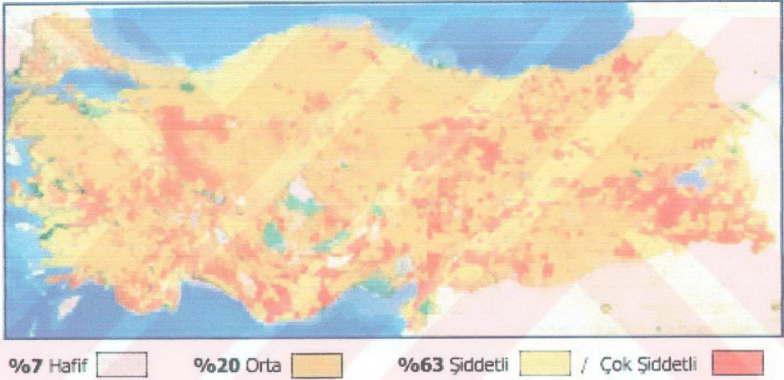


Şekil 1. Toprak aşınımı tehlikesinin dünya çapındaki dağılımı (Richter, 1998).

1.2.2. Toprak Aşınımının Türkiye'deki Durumu

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de toprak kaybı sürecinin en önemli etkeni toprak aşınımıdır. Arazi eğimi, iklim, bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin etkileşimi sonucu oluşan doğal aşınımın yanı sıra, insanın doğaya müdahalesi temeline dayanan bir dizi yapay etken, aşınımı bir afete dönüştürmektedir.

Türkiye kara yüzeyinin %90'ında çeşitli şiddetlerde aşınım meydana gelmektedir. Arazinin % 63'ü çok şiddetli ve şiddetli, % 20'si ise orta şiddetli aşınım ile karşı karşıyadır. Ülke genelinde yaklaşık 67 milyon hektarlık bir arazide toprak giderek yok olmaktadır (Şekil 2) (TEMA, 2003).



Şekil 2. Türkiye toprak aşınımı haritası (TEMA, 2003).

İşlenen tarım alanlarının % 75'inde (yaklaşık 20 milyon Ha) yoğun aşınım görülmektedir. Diğer bir anlatımla Türkiye tarım alanlarının ancak 5.0 milyon hektarlık bölümünde aşınım yoktur. Su ve rüzgar aşınımı tüm ülke topraklarının %86.5'inde cereyan etmekte, rüzgar aşınımı 506 bin hektarlık bir yayılımla daha çok kurak iklime sahip olan Konya ve dolaylarında görülmektedir. Türkiye'de akarsularla birlikte taşınan toprak, ABD'nin 7, Avrupa'nın 17 ve Afrika'nın 22 katı kadardır. Fırat Nehri, yılda 108 milyon ton, Yeşilirmak 55 milyon ton toprak taşımaktadır. Her yıl Keban barajı'na 32 milyon, Karakaya Barajı'na 31 milyon ton toprak birikmektedir (TEMA, 2003). Aşınım ile yılda 90 milyon ton bitki besin maddesi toprak birlikte yitirilmektedir. Her yıl tarım alanlarından

500 milyon ton, tüm ülke yüzeyinden 1 milyar ton verimli üst toprak, aşınım la kaybedilmektedir. Kaybedilen bu topraklar, 25 cm kalınlığında, yaklaşık 400 bin hektar genişliğinde bir araziye eşdeğerdir. Yanlış arazi kullanımı, yanlış tarım uygulamaları, kent, sanayi ve ulaşım gibi alanlardaki yatırımların yanlış konumlanması süreci ise aşınımın hızını arttırmıştır. Afet nitelikli aşınım yetmezmiş gibi, tarım arazileri, özellikle de verimli tarım arazileri, tarım dışı kullanımlarla açık bir saldırı ve talanla karşı karşıyadır. 1978-1996 yıllarında amaç dışı tarım toprağı %33 artmış ve betonlaşarak elden çıkan verimli tarım toprağı 600 bin hektara, yani verimli alanların yaklaşık onda birine yaklaşmıştır. Yurdumuzun 3/4'ünde aktif aşınım (orta veya şiddetli aşınım) hüküm sürmektedir. Birim zamanda, yeni oluşan toprak miktarı kadar, toprak taşınması varsa bunun için normal aşınım veya sıfır şiddetteki aşınım ifadesi kullanılır (TEMA, 2003). Toprak aşınımının boyutunu gösteren çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 2). Aşınımın sıfır ve hafif olduğu alanların Türkiye yüzölçümüne oranı % 13,86'dır. Ülkemiz topraklarının % 79.43 oranında orta, şiddetli ve çok şiddetli aşınım görülmektedir (AGM, 1998).

Çizelge 2. Toprak aşınımının Türkiye'deki boyutu (AGM, 1998).

Aşınımın Derecesi	Kapladığı Alan (Ha)	(%)
0 Yok	5.166.627	6.84
1 Hafif	5.611.892	7.44
2 Orta	15.592.750	20.64
3 Şiddetli	28.334.933	37.53
4 Çok Şiddetli	17.366.463	22.99
Çıplak Kayalık (ÇK)	2.930.933	3.88
Rüzgar Aşındırması (R)	506.309	0.68
Toplam	75.509.907	100

Türkiye jeomorfolojik yapısı itibariyle engebeli bir ülkedir. Nitekim ülkemizin toplam alanının % 46'sını % 40'dan fazla eğime ve % 80'den fazlasını da % 15'den fazla eğime sahip sahalara teşkil etmektedir. İklim yarı kurak, yağışlar düzensiz ve şiddetli sağanak şeklindedir. Bütün bu olumsuz faktörlerin yanında, toprağı normal yapısı ile koruması gereken ormanlar, yangın ve kaçak kesim sonucu koruyucu özelliğini büyük ölçüde yitirmiş, meralarda aşırı otlatma ve tarla açmaları ile korumasız hale gelmiştir. Türkiye'de tarım alanlarının orman ve çayır-otlak, çayır-otlak alanlarının da orman aleyhine genişlemesi 1950 yılından sonra hızını arttırmıştır (Aydemir, 1973). Aşınım bütün Dünya'da değişik şekil ve şiddette meydana gelmekte ise de yurdumuzda özellikle daha

yaygın ve hızlı seyretmekte ve hemen her çeşidi bulunmaktadır. Yüzeysel aşınım, oyuntu aşınımı, arazi kaymaları, rüzgar aşınımı bunların başlıcalarıdır. Bunun sonucu olarak da toprak servetinin kaybı yanında sık sık sel zararları meydana gelmektedir. 1995 İzmir selinde 63 ve yine 1995 Isparta Senirkent selinde 74 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, rakamlara dökülmesi çok zor maddi zarar meydana gelmiş, insanlarımız acı çekmişlerdir. Yaşamımızın vazgeçilmez unsuru olan toprağın yanlış ve bilinçsiz kullanımıyla doğal denge bozularak aşınım davet edilmektedir. Aşınımın yalnızca verimli toprakları değil; aynı zamanda geleceğimizi de kaybetmekte olduğumuz gerçeğini ve ülkemizin maruz kaldığı tehlikelerin boyutlarını aşağıdaki rakamlar çarpıcı şekilde gözler önüne sermektedir (AGM, 1998).

- BM ve NASA kaynaklı verilere göre toprak aşınımı bu hızla devam ettiği sürece 2010 yılında Türkiye'nin %85'i çöl olma tehlikesiyle karşı karşıyadır.
- Her yıl 1 milyar ton verimli toprağımız akarsularla sürüklenmektedir. Bu miktar Avrupa ve Avustralya kıtalarının toplam toprak kaybından daha fazladır. Oysa Avrupa Türkiye'nin 14 katı, Avustralya ise 10 katı yüz ölçüme sahiptir.
- 1988-1994 yılları arasında kişi başına buğday üretimimiz %25 azalmıştır. Diğer tarımsal ürünler için de benzer sıkıntılar başlamıştır. Ülkemiz kendi kendini besleyebilen 7 ülkeden biri olma vasfını çoktan kaybetmiştir.
- Ülkemizde kişi başına 0,35 hektar orman düşmekte, bunun yalnızca 0,15 hektarı verimli ormandan oluşmaktadır. Dünyada bu oran kişi başına ortalama 0,80 hektardır. Bunun ise 0,53 hektarı verimli orman özelliği taşımaktadır.
- Otlaklar aşınımıyla en çok zarar gören alanların başında gelmektedir. 1936 yılında 44 milyon hektar olan otlak alanlarımız bugün 22 milyona gerilemiştir. Bu alanın da ancak 5 milyon hektarı verimli nitelik taşımaktadır. Oysa otlaklarımız hayvancılığımızın güvencesidir. 1996 yılında 1,5 milyar dolar olan hayvansal ürün dışalımının, gerekli önlemler alınmaz ise, 2010 yılında 15 milyar dolar'a tırmanacağı hesap edilmektedir. Otlaklarımızın korunması ve ıslahı, hayvancılığımızı yeniden güçlendirmenin en etkin yoludur.
- Aşınımın yol açtığı sorunlar zincirinin önemli bir halkası da köylerden kente göçtür. Tarım ve otlak alanlarının verimsizleşmesi ve giderek yok olması kırsal kesimlerden kentlere göçü artırarak büyük sosyal ve ekonomik sorunlara yol açmaktadır. Küçük üretici olan köylüler maliyet-satış dengesini kuramadıkları için

para kazanamaz duruma düşerek kentlere göç etmekte ve tüketici olmaya başlamaktadırlar. Her yıl 1 milyon 200 bin kişi kırsal kesimden kente göç etmektedir.

- Aşınım, toprak kayması, taşkın ve çığ felaketlerini de beraberinde getirmekte, çok sayıda vatandaşımız yaşamını yitirmektedir. Son olarak yaşadığımız Senirkent felaketi hala hafızalardan silinmemiştir (AGM, 1998).

Türkiye'deki akarsular ile sadece yüzer halde taşınan malzeme miktarı ortalama olarak yılda 345 milyon tonun üzerindedir (Gülsoy, 1997). Dünyadaki akarsularda yüzer halde taşınan katı madde miktarı toplam 20 milyar ton/yıl düzeyindedir. Türkiye'deki akarsuların taşıdığı yüzer haldeki malzeme miktarı, dünyada taşınan katı madenin 1/50'sine denk düşmektedir. Ülkemizde 1 kilometrekarelik alandan aşınarak akarsulara karışan ince malzeme miktarı, yılda ortalama yaklaşık 600 ton'dur; Dünyada ise yılda ortalama 142 ton'dur. Ülkemizde birim alandan taşınan katı materyal miktarı, Afrika'dan 22 kat, Avrupa'dan 17 kat ve Kuzey Amerika'dan 6 kat daha fazladır. Bu rakamlar, ülkemizdeki aşınımın çok şiddetli olduğunu göstermektedir (Gülsoy, 1997).

1.2.3. Gümüşhane Yöresi Arazi Özellikleri

Gümüşhane iline ilişkin bazı arazi özellikleri şu şekildedir. Arazi Kullanım Yetenek Sınıfları bakımından Gümüşhane ili toprakları, işlemeli tarıma uygun I. Sınıf arazi varlığı 9293 ha, II. Sınıf 45190 ha, III. Sınıf 45522 ha, işlemeye kısıtlı uygun arazilerden IV. Sınıf araziler 78022 ha, işlemeli tarıma uygun olmayan V. Sınıf arazi bulunmamaktadır. VI. Sınıf arazi varlığı 59134 ha, VII. Sınıf arazi 669278 ha ve tarım dışı VIII. Sınıf arazi varlığı ise 116265 ha'dır (TGM, 1978).

Başlıca arazi kullanım şekilleri ise şu şekildedir: kuru tarımın yapıldığı arazi varlığı 221150 ha, sulu tarım yapılan arazi varlığı 37803 ha, bağ ve bahçe olarak kullanılan arazi 22 ha'dır. Çayır alanları 1842 ha, otlak arazisi 418709 ha, orman arazisi varlığı 183276 ha, fundalık alan 43637 ha'dır. Yerleşim alanı olarak kullanılan arazi varlığı 2467 ha'dır. İrmak yatakları 1017 ha, çıplak kayalık alanlar ise 112781 ha'lık bir alanı kaplamaktadır (TGM, 1978).

Eğim gruplarına göre arazi dağılımı ise şu şekildedir: düz eğimli arazi (% 0-2) 82778 ha, hafif eğimli arazi (% 2-6) 18334 ha, orta eğimli arazi (% 6-12) 59877 ha, dik

eğimli arazi (% 12-20) 86815 ha, çok dik eğimli arazi (% 20-30) 89850 ha, sarp eğimli arazi (% 30 +) 262841 ha dır (TGM, 1978).

Su aşınımı bakımından Gümüşhane ili arazileri şu şekilde sınıflandırılabilir: orta derecede aşınımın gerçekleştiği işlemeli tarıma uygun II, III ve IV Sınıf arazi miktarı 132907 ha, işlemeli tarıma uygun olmayan V, VI ve VII Sınıf arazi varlığı 22551 ha dır. İşlemeli tarıma uygun II, III ve IV Sınıf arazilerde şiddetli derecede aşınıma uğrayan arazi varlığı yoktur. İşlemeli tarıma uygun olmayan V, VI ve VII Sınıf arazilerde şiddetli derecede aşınıma uğrayan arazi varlığı 399233 ha dır. Çok şiddetli derecede aşınım işlemeli tarıma uygun arazilerde görülmemektedir. Çok şiddetli aşınıma uğrayan ve işlemeli tarıma uygun olmayan arazi varlığı ise 306786 ha dır (TGM, 1978).

1.3. Toprak Aşınımını Belirleyen Belli Başlı Benzetim Modelleri

Toprak aşınımı olayı; tarımsal arazi kullanımını etkilemekte, toprak özelliklerini değiştirmekte ve böylece bir çok olumsuz sonuçları beraberinde getirmektedir. Toprak aşınımı kaynaklı olayların önlenmesini amaçlayan araştırmalar özellikle geçen yüzyılın başlarından itibaren başlamış ve günümüze kadar bu doğrultuda bir çok değişik matematiksel modeller geliştirilmiştir.

Uzun yıllar ortalamalarını içeren ve kantitatif toprak aşınımı tahmini (benzetimi) yapan ilk model; Wischmeier ve Smith tarafından USLE (Universal Soil Loss Equation = Genel Toprak Kaybı Eşitliği) adıyla geliştirilmiştir. Bu model, yağış, toprak, arazi yüzü şekli, arazi kullanımı ve toprak koruma önlemleri gibi öğeleri nispeten basit bir biçimde ele almıştır. Daha sonraki dönemde bu model geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir ve halen en çok kullanılan modellerin başında bulunmaktadır. Bu model zaman içerisinde değişikliklere uğramış, bir takım ekler ve geliştirmeler yapılmış ve son olarak RUSLE (Revised USLE = Yenilenmiş USLE) adıyla yayınlanmıştır.

1990 lı yılların sonlarına doğru Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), WEPP (Water Erosion Prediction Project = Su Aşınımı Tahmini Projesi) adıyla yeni bir model geliştirilmiştir. Bu modelin uygulanması için oldukça fazla veriye ihtiyaç duyulduğundan model GIS (Geographic Information System=Coğrafi Bilgi Sistemi) ile desteklenmiştir.

Basit tahmin modellerinin yanı sıra, yine ABD'de daha karmaşık model sistemleri de geliştirilmiştir. Bu sistemler, suyun toprak içindeki ve üzerindeki hareket biçimleri, toprak taneciklerinin depolanma biçimleri, toprak yüzeyindeki bitki besin maddeleri ile

zararlı maddelerin detaylı olarak belirlenmesi ve dağılımını gibi bir çok detayı içermektedir.

Deterministik (Belirlemeye Dayalı) – Analitik modellerle birlikte CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems = Tarımsal İdari Sistemlerinde Kimyasallar, Yüzeysel Akış ve Aşınım) toprak yüzeyi ve aşınım modellemelerinde infiltrasyon, yüzeysel akış ve bitki besin maddesi dinamikleri değerlendirilmeye başlanmıştır. CREAMS ın geliştirilmiş hali olan OPUS'ta ise, olaya toprak içi ve yüzeyindeki su akış şekilleri de dahil edilmiştir. Yine ABD'de geliştirilen EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator = Aşınım Verimlilik Etkisi Hesaplayıcısı) adlı model ise; su aşınımından hareketle, basit ampirik eşitliklerle rüzgar aşınımını ve aşınıma dayalı ekonomik kayıpları hesaplamaktadır.

Yukarıda kısaca açıklanan ve toprak aşınımına sebep olan olayların tek tek ele alındığı modellerin yanında, havza bazında uygulanan modeller de geliştirilmiştir. ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation = Geniş Alansal Kaynakların Havza Çevresi Boyutunda Benzetimi) ve AGNPS (Agricultural Nonpoint Source Pollution Model = Tarımsal Geniş Alan Kaynaklarının Kirliliği Modeli) modellerinde olduğu gibi.

Bu ve diğer bazı modellerin yapısı, temel eşitlikleri ve uygulama alanları ve diğer bazı modeller hakkındaki kısa bilgiler verilecektir.

1.3.1. USLE (Uluslararası Toprak Kaybı Eşitliği)

Bu eşitlik, doğrudan ya da dolaylı olarak toprak aşınımını etkileyen altı adet etmenden oluşmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu etmenler sırasıyla şunlardır:

- (A) : Potansiyel Toprak Aşınımı Miktarı (ton/ha/yıl).
- (R) : Yağışın Etkisi → Erosiv etki oluşturabilecek kadar kinetik enerjiye sahip yağış.
- (K) : Toprak Erodibilitesinin Etkisi → Toprağın aşınıma karşı duyarlılığını ifade eder.
- (L) : Yamaç Uzunluğunun Etkisi
- (S) : Yamaç Eğiminin Etkisi
- (C) : Toprak İşleme ve Toprak Örtüsünün Etkisi
- (P) : Aşınım Önleyici Tedbirlerin Etkisi

Yukarıdaki etmenlerin çarpımı sonucunda;

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Ortalama potansiyel toprak aşınımı değeri (ton/ha/yıl olarak) elde edilmektedir. Bu eşitlikteki etmenleri kısaca açıklamak gerekirse; R etmeni, bir yağışın aşınım oluşturabilme etkisini karakterize eder. Yani yağışın, toprak yüzeyindeki parçacıkları, çarpma etkisi (splash) ya da yüzeysel akışa geçen suyun sürüklenme etkisi ile parçalayarak taşıyabilme kabiliyetini ifade eder. Uzun yıllar yapılan aşınım ölçümleri sonucunda bu etkiyi en iyi temsil edebilecek olayın, kurak bir periyottan sonra ilk yarım saat içerisinde yağın yağışın kinetik enerjisi ile oluşturduğu etki olduğu sonucuna varılmıştır. Bu etmen $E_{I_{30}}=I_{30} \sum E_i$ şeklinde ifade edilir. Burada $I_{30}=30$ dakikalık yoğunluk, E_i =toplam kinetik enerji yoğunluğu ifade eder. K değeri, yağışın etkisiyle toprak parçacıklarının çözünme ve parçalanmaya karşı direncinin ifadesidir. Toprak tekstürü, organik madde miktarı, agregat ve permeabilite sınıflarının belirlenmesiyle hesaplanır. L,S değerleri topoğrafik etmenler olarak adlandırılırlar ve eğim ve yamaç uzunluğunun toprak aşınımı üzerindeki etkisini ifade ederler. Aynı zamanda dolaylı olarak yüzeysel akışa geçen yağış sularının eğime paralel olarak artan hızlarının olumsuz etkisini de yansıtır. Toprak yüzeyini kaplama ve toprak işleme olarak ifade edilebilecek olan C etmeni, bitki türlerinin ve toprak işleme şekillerinin, standart parsellerdeki (¹Wischmeier parselleri) değerlere göre durumunu ifade eder. P sembolüyle ifade edilen etmen ise, toprak korumaya yönelik önlemlerin (teraslama, şerit ve hat şeklindeki toprak işlemleri vb.) alınıp alınmadığının bir ifadesidir (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu eşitliğin yayınlamasından günümüze değin ABD ve Avrupa'da bir çok değişiklik ve iyileştirme, adaptasyon araştırmaları gerçekleştirilmiş ve yayınlanmıştır. Bu araştırmalar daha çok R ve K etmenleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Almanya'daki araştırmalar sonucunda, eşitlik geliştirilerek metrik sisteme dönüştürülmüş ve ABAG (Allgemeine Boden Abtrags Gleichung = Genel Toprak Kaybı Eşitliği) adını almıştır (Schwertmann vd., 1987). Bu eşitliğin geliştirilmiş ve düzenlenmiş bir çok versiyonu MUSLE75 (Williams, 1975), MUSLE77 (Hrissanthou, 1987), MUSLE87 (Schwertmann vd., 1987), dUSLE (Auerswald vd., 1988) bulunmakla birlikte en son yapılan değişikliklerden sonra RUSLE (Revised USLE) (Renard vd., 1991) olarak adlandırılmıştır.

¹ Uzunluğu 22,1 m olan ve % 9 eğime sahip parseller olup, topraktaki organik madde miktarı % 4 ten fazla, toplam toz ve ince kum oranı % 70 i geçmeyen nadasa bırakılmış alanlardır.

1.3.2. Answers

1970'li yılların başında Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve Purdue Üniversitesinin birlikte gerçekleştirdikleri bir proje (Black Creek Watershed Project) kapsamında geliştirilmiştir (Beasley ve Huggins, 1982). Temel kullanım alanı yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin yapıldığı havzalardır. Yağış simülasyonları ve bunların etkileri ağırlıklı olarak ele alınmıştır. Temel model olarak USLE kullanılmış ve bu model, bazı eklemelerle geniş alanlara havza boyutunda (Max. 100 km²) uygulanmaya çalışılmıştır. Hesaplamalar için gerekli etmenleri homojen olarak elde edebilmek için havza, homojen parçalara ayrılmakta ve bu parçalar içerisinde belirlenen 1 – 4 ha büyüklüğündeki alanlarda gerekli veriler toplanmaktadır (Beasley ve Huggins, 1982). ANSWERS, aşınım tehlikesinin alansal farklılıklara göre fiziksel bazı algoritmalarla basitçe belirlenebildiği ilk modeldir. CBS (coğrafi Bilgi Sistemi) ile desteklenebilmesi önemli bir özelliğidir. Bu model üzerinde daha sonra yapılan bazı geliştirme çalışmaları ile 1990'lı yılların başında LISEM adı verilen bir model geliştirilmiştir (De Roo vd., 1994).

1.3.3. Agnps

Bu Deterministik-Analitik model, 1980'lerin ortalarında ABD'de; Tarımsal Araştırmalar Servisi (ARS), Tarım Bakanlığına bağlı Toprak Koruma Servisi (SCS) ve Minnesota Kirlilik Kontrol Ajansı işbirliği ile geliştirilmiştir. Temel kullanım amacı: Dere akımı oluşum simülasyonları yapmak ve büyük, daha ziyade tarımsal amaçlı kullanılan yağış havzalarındaki (Max. Büyüklüğü 200 km² olan) dere akımları üzerinde, toprak aşınımının etkisini belirlemek olmuştur (Young vd., 1989). Oluşturulmak istenen bir yağış havzası içerisinde CBS destekli, uzaktan algılamaya dayalı verilerin kullanılabilirdiği, ANSWERS modelinde olduğu gibi sabit değişkenlerden oluşan, 50 – 400 m aralıklarla aşınım tespiti yapabilen bir modeldir. 1994 yılından bu yana Minnesota Üniversitesinde ANNAGNPS (Baker vd., 1995) adı altında modelin geliştirilmesine çalışılmaktadır.

1.3.4. Creams, Gleams, Opus, Epic

ANSWERS ve AGNPS modellerinde giriş parametrelerinin alansal dağılımı değişik yoğunlukta ve homojen alanlarda yapılan ölçümler ile belirlenmekteydi. Bu modellerde ise; bölümlendirme işlemine geçmeden, öncelikle homojen yamaçlar, oyuntular vb. belirlenmekte yüzey özelliklerine (toprak yüzeyi durumu, relief, akış uzunluğu vb.) göre yüzeyel akış ilişkileri tespit edilerek bölümlendirme yapılmakta ve model parametreleri bulunmaktadır (Beven, 1989). Bu modellerin en olumlu tarafı kompleks bir havza yapısında bile nispeten az sayıda model parametresine ihtiyaç duyulmasıdır.

Deterministik-Analitik bir model olan CREAMS, 1970'li yılların sonuna doğru ABD'de geliştirilmiştir. Amaç tarımsal faaliyet alanlarındaki ve oyuntu alanlarındaki aşınım miktarını belirlemektir. Modelin temel kullanım amaçlarının başında, 0.4 – 4 km² büyüklüğündeki tarımsal kullanım alanlarında akış ve madde taşınımı ile bitki besin maddesi ve pestisid kayıplarını belirlemek de gelmektedir. Model 3 kısımdan oluşmaktadır: hidrolojik kısım, aşınım kısmı ve kimyasal kısım. Her bir kısım verileri ayrı ayrı girilerek sonuçta model tarafından birleştirilmektedir. CREAMS modeli, infiltrasyon ve akış oluşumunu, toprak parçacıklarının yağmur damlasının etkisiyle parçalanması olayını ve alanlardaki yüzeyel akış olayını; kimyasal özellik ve değişimleri de açıklamak suretiyle tahmin eder. GLEAMS (Reyes vd., 1995) ise bu modelin daha sonra bazı eklemelerle geliştirilmiş halidir.

OPUS modeli ise, CREAMS2 (Smith ve Kinsel, 1985) olarak tasarlanan ve daha sonra OPUS olarak adlandırılan CREAMS modelinin devamı niteliğindeki bir modeldir.

Deterministik-Analitik bir model olan EPIC (Sharpley ve Williams, 1990), 1980'li yılların başında, Amerikan Tarımsal Araştırmalar Servisince geliştirilmiştir. Aşınım olayının meydana getirdiği ekonomik kayıpların hesaplanmasını amaçlayan bir modeldir. Aynı zamanda aşınım önleyici tedbirleri içererek böylece ekonomik kayıpların asgariye indirilmesini amaçlayan bir modeldir. Bu model toplam olarak 9 adet bileşenden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; hidroloji, iklim, su ve rüzgar aşınımı, bitki besin maddeleri, bitki gelişimi, toprak sıcaklığı, toprak işleme şekli, diğer toprak işleme ve kullanım şekilleri, ekonomi (Williams vd., 1984) dir. CREAMS, AGNPS, EPIC gibi modellerden faydalanılarak geliştirilmiştir

1.3.5. Wepp

1980'li yılların ortalarından itibaren ABD'de geliştirilmeye başlanan ve 1990'lı yılların sonlarına doğru USLE nin yerini alması için geliştirilen bir modeldir. Bu model, tarımsal alanlardaki toprak kaybının belirlenmesinin yanı sıra, ormanlık alanlar ve yol yapım çalışmaları esnasında oluşan toprak aşınımı vb. toprak kayıplarının belirlenebilmesini de amaçlamaktadır. Bu model çalışması, kendisinden önceki modellerin (CREAMS, EPIC, ANSWER vb.) olumlu ve olumsuz taraflarını da dikkate almak suretiyle alansal deneyler, yağış simülatörleri ile model değişkenlerinin test edilmesi gibi araştırma çalışmalarından oluşmaktadır. Bu konuda 1990 dan beri NSERL (Ulusal Toprak Aşınımı Araştırmaları Laboratuvarı) ve Purdue Üniversitesince yapılan bir çok araştırma sonuçları yayınlanmıştır (Lane ve Nearing, 1989). Ancak yaygın bir kullanım alanı bulabilmesi için gerekli araştırma ve geliştirme çalışmaları günümüze değin henüz tam anlamıyla gerçekleştirilememiştir.

Bu modelin temel kullanım alanı USLE de olduğu gibi toprak işleme biçimlerini de dikkate almak suretiyle uzun dönemli toprak aşınımı değerlerinin belirlenmesi ve tahmin edilmesidir. Bu model, iklim, toprak sıcaklığı, kar hareketi ve erime özellikleri, toprağın su ekonomisi ve sulama, infiltrasyon ve perkolasyon, yüzeysel akış, bitki gelişimi, toprak işleme yöntemleri, kompaktlaşma gibi parametreleri kapsamaktadır (Flanagan ve Nearing, 1995). Bu parametrelerin karşılıklı ilişkilerini dikkate almakta ve karmaşık olan bu ilişkiler yumağını basitleştirici denklemlerle ortaya koymaktadır. Model, bölgesel değişiklikleri, toprak işleme şekillerini ve bitkisel özellikleri yansıtılabilmeyi de amaçlamaktadır. Diğer bir çok modelin aksine, grafiksel kullanım ortamı ve menülerle desteklendiğinden kolay kullanım imkanı sağlar. Sonuçlar metrik sistemde alınabilmektedir.

1.3.6. Eurosem

Avrupa Toprak Aşınımı Modeli olarak adlandırılabilir (Morgan vd., 1993) olan bu model, 1990'lı yılların başında geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesi Avrupa Birliğinin isteği ve desteği ile olmuştur. Ağırlıklı olarak, İngiliz, Belçikalı ve İtalyan bilim adamlarınca geliştirilmiştir. Modelin hidrolojik bileşenlerinin tespiti Amerika'da geliştirilen KINEROS adlı modelden (Woolhiser vd., 1990) esinlenerek oluşturulmuştur. Modelin temel kullanım alanı; tarımsal alanlarda ya da küçük havzalardaki (ya da havza

bölümlerindeki) hidrolojik olayları ve toprak aşınımı değerlerini yağış özelliklerine bağlı olarak açıklamak ve tahmin etmektir. Maksimum uygulama alanı büyüklüğü WEPP modelinde olduğu gibi 2.5 km^2 civarındadır. Alansal dağılım OPUS (Ferreira ve Smith, 1992) modelinde olduğu gibidir. EUROSEM modelinde dikkate alınan parametrelerin (Rickson, 1994) başlıcaları şunlardır: Doğrudan toprak yüzeyine ulaşan yağış, intersepsiyonla tutulan yağış, infiltrasyon, aşınım türleri, toprak materyalinin taşınması ve depolanması şekilleri, oyuntu aşınımı geometrisindeki yağışa bağlı olarak oluşan değişim vb...

1.3.7. Diğer Modeller

Yukarıda açıklana modellerin yanında geliştirilmiş başka bir çok model de mevcuttur. Bu modellerden bazıları şunlardır: KYERMO (Kentucky Aşınım Modeli) (Hirschi ve Barfield, 1988), KINEROS (Kinematik Aşınım Ve Yüzeysel Akış Modeli) (Woolhiser vd., 1990), SWRRB (Havza Bazlı Simülasyona Dayalı Toprak ve Su Kaynakları Yönetimi Modeli) (Arnold vd., 1990), SWMM (Sel Suları Yönetimi Modeli) (Huber, 1987), HSPF (Fortran Bazlı Hidrolojik Benzetim Modeli) (Johanson, 1984) vb...

Günümüze kadar geliştirilen bazı benzetim modelleri, modellerin temel model değişkenleri, etmenleri, bunları geliştiren bilim adamlarının isimleri vb. bilgiler aşağıda bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 3) (Bork ve Schröder 1996).

Çizelge 3 . Bazı benzetim model sistemleri ve önemli özellikleri (Bork ve Schröder 1996).

Modeller Sistemleri	Model Tipleri	Bileşenler	Zamansal Çözünürlük a) Model Başlangıcı b) Hesaplama Süresi	Alansal Çözünürlük a) Model Başlangıcı b) Düşey Yönde c) Yatay Yönde
USLE ¹ , ABAG ²	E-M, I	WA	a) Uzun Zaman Benzetim b) Yıl	a) Yamaç b) 1 Bölme c) 1 Element
MUSLE ⁸⁷³ dUSLE ⁴	E-M, q ³ -d	WA	a) Uzun Zaman Benzetim b) Yıl	a) Havza Bölümü b) 1 Bölme c) Sonlu Element
RUSLE ⁵	E-M, I	WA	a) Uzun Zaman Benzetim b) Yıl	a) Yamaç b) 1 Bölme c) 1 Element
ANSWER ⁶	D-A (E), q ³ -d	BS,DP,IN,WA,ZA	a) Olay b) Yağış Aralıkları	a) Havza Bölümü b) 2 Bölme c) Sonlu Element.
AGNPS ⁷	D-A (E), q ³ -d	BS,DP,NA,WA	a) Olay b) Olay	a) Havza Bölümü b) 1 Bölme c) Sonlu Element
CREAMS ⁸ , GLEAMS ⁹	D-A (E), q ² -d	BS,DP,IN,NA,PA, SB,WA,WH,ZA	a) Olay, Benzetim b) Yağış Aralıkları	a) Bölümlü Parsel b) 1 Bölme c) Max. 4 element
OPUS ¹⁰	D-N (A, E), q ² -d	BS,DP,IN,NA,PA, PW SB,WA,WG,WH, ZA	a) Olay, Benzetim b) Yağış Aralıkları	a) Havza Bölümü b) Max. 20 Bölme c) Max. 20 Elem.
EPIC ¹¹	D-A (E), q ² -d	BS,BW,DP,IN,NA, PW, SB,WA,WI,WG, WH,ZA	a) Uzun Zaman Benzetim b) Günlük	a) Parsel b) Max. 10 Bölüm c) 1 Element
WEPP ¹²	D-N (A, E), q ² - d, q ³ -d	BS,BW,DP,IN,P W,SB, WA,WG,WH,ZA	a) Olay, Benzetim b) Yağış Aralıkları	a) Havza, Yamaç Bölümü b) Max. 18 Bölüm c) Max. 10 Elem.
EUROSEM ¹³	D-N (A, E), q ² -d	DP,IN,WA	a) Olay b) Değişken	a) Havza Bölümü b) 2 Bölme c) Element Sayısı
E-2D ¹⁴ , E- 3D ¹⁵	D-N (A, E), q ² - d, q ³ -d	DP,IN,WA	a) Olay, Benzetim b) 10 dak., 1-15 dak.	a) Havza, Yamaç Bölümü b) 1 Bölme c) Max. 100 Element

Not 1: Çizelgedeki model tipleri ve bölümlerin karşılıkları ise semboller bölümünde gösterilmiştir.

Not 2: Çizelgedeki modellerini geliştiren bilim adamlarının isimleri Ek Çizelge 4 da verilmiştir.

1.4. Kaynak Taraması

Toprak aşınımının (toprak aşınımının) Dünya ve Türkiye'deki boyutunu ve özelliklerini ortaya koyan, bir çok bilimsel araştırma mevcuttur. Bu araştırmalar özellikle 20. yy içerisinde yoğunluk kazanmış olup, tez kapsamında konumuzla ilgisi açısından önemli olanlar literatür özeti olarak aşağıda sıralanmıştır.

Oakes (1958), Türkiye'de arazinin % 83'ünde çok hafiften çok şiddetiyle kadar değişen yüzeysel aşınımına uğradığını, arazinin % 87,5'inde toprağın yıkanmış ve kalınlığının 18 cm ye, hatta daha aşağıya düşmüş olduğunu belirtmektedir.

Yamanlar (1962), Türkiye'de başlıca Kızılırmak, Sakarya, Gediz, Yukarı Fırat, Seyhan ve Ceyhan ile diğer bazı nehir havzalarında aşınım etütleri yapmıştır. Bu sahalar toplam olarak; 20.481.000 ha olup Türkiye'nin %27'sine karşılık gelmektedir. Bu aşınım etütleri neticesine göre araştırma sahasının %36'sında toprak kalmamış, %32'sinde toprak aşınımı çok aktif durumda bulunmakta, sadece %28'inde su aşınımı ciddi bir sorun teşkil etmemektedir.

Tavşanoğlu (1967), yağış havzalarındaki aşınım sonucunda sularla taşınan toprak miktarını yılda hektar başına en az 10 m^3 (1 mm) kabul ederek, Türkiye'de her yıl yaklaşık olarak 1.000.000.000 ton toprağın yerinden çözülüp aşağılara ve denizlere taşındığını hesaplamaktadır.

Uslu, S., (1969), aynı miktar fakat değişik şiddetteki yağışın yüzeysel akış bakımından farklı neticeler meydana getirebileceğini, 0.58 mm/dak şiddetindeki yağışın 0.02 mm/dak şiddetindeki yağışa oranla üç misli fazla bir yüzeysel akışa sebep olabileceğini belirtmektedir.

Özhan, S., (1970), yaptığı çeviride, üzeri taşla kaplı kil şistinden oluşmuş topraklarda taş örtüsünün yüzeysel akış ve aşınım üzerine olan tesirinin önemli olduğunu ve taşlardan temizlenmiş parsellerde yüzeysel akış ve toprak kaybının en fazla olduğunu belirtmiştir.

Jung (1970), çalışmasında, üzeri taşla kaplı kil şistinden oluşmuş topraklarda, taş örtüsünün yüzeysel akış ve aşınım üzerine olan tesirini araştırmıştır. Bu maksatla 8 m. uzunluğunda ve 2 m. genişliğinde (16 m^2 , %10.5 eğime sahip) üç parcel üzerindeki vejetasyon örtüsü kaldırılmıştır. Esasen parsellerden biri üç yıldır nadas'a bırakılmış ve diğer parselde taşlar her yağmurdan sonra toplanmıştır. Üç yıllık deneme sırasında taşlardan temizlenmiş parselde yüzeysel akış ve toprak kaybı en fazla oranda olmuştur.

Burada çarpma ve sıçrama etkisi önlendiğinden alınan sonuçlar, taşların koruyucu etkisi ile ilgili bulmaktır.

DSİ (1970), tarafından yapılan havzalar düzeyindeki çalışmalardan çıkan sonuçlara göre, Türkiye'de 161.398 km² lik bir alanda (% 20,78) normal, 139.476 km² lik bir alanda (% 17,96) orta şiddetli, 393.766 km² lik bir alanda (% 50,69) şiddetli aşınımın hüküm sürdüğü, 21 km² lik bir alanda (% 0,003) büyük ölçüde kaymalar meydana geldiği, 615 km² lik bir alanda (% 0,17) da rüzgar aşınımının etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca 80124 km² lik (% 10,31) terk edilmiş arazi, normal olarak hesaba girmemiştir. Bu duruma göre Türkiye'de genel alanın yaklaşık olarak '90'ında toprak taşınmalarının söz konusu olduğu, taşınma, kayma ve oyulmaların bütün şiddetiyle hüküm sürdüğü yerlerin ise genel alanın % 50 sini aşmış bulunduğu ortaya çıkmaktadır.

Çepel (1971), yaptığı araştırmalardan elde ettiği sonuçlara göre, intersepsiyon miktarının çeşitli faktörlere göre değiştiğini, bu faktörlerin başlıcalarının ve en önemlilerinin, bitki formasyonları (orman (meşe, ladin, çam vb.), çalı, çayır vb.) ve mevsimlere göre değiştiğini ortaya koymuştur.

Yine intersepsiyonun bitki formasyonlarına göre ne şekilde değiştiğini şu sayısal değerlerin kolayca anlattığını; Rusya'da 65 yaşındaki meşçerelerde intersepsiyonun %12 ile %37, Almanya'da iğne yapraklı ormanlarda %20 ile %60, Türkiye'deki bazı yapraklı ve ibrelili ormanlarda ise %17 ile %31 arasında değiştiğini, çalı vejetasyonu için %4-14, çayır vejetasyonu için ise %6-17 arasında değiştiği, belirtmiştir.

Aydemir (1973), Bolu Dağında %15, %28 ve %45 eğimlerde bulunan değişik arazi kullanım biçimlerinden; mısır, buğday, fındık tarımı yapılan, nadasa bırakılan ve ormanlık alanlarda meydana gelen yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarlarının belirlenmesi ve değişik etmenlerin bu miktarlara olan etkisini incelediği araştırmasında, sonuç olarak, her üç eğimin yüzeysel akış yüzdeleri ortalaması %35 ile Mısır tarımı yapılan alanlarda en yüksek, ormanlık alanlarda da en düşük(%1.6) olduğunu, yine söz konusu bütün arazi kullanım biçimlerinde ve eğimlerde taşınan toprak miktarlarının, ormandakine göre %100 den daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Wooldridge ve Görçelioğlu (1974), ortalama olarak, ormanlık alanların su veriminin ormansız alanların su veriminden 6 kat daha fazla olduğunu, ormanlık alanlarla ormansız yerler arasındaki en büyük farkların şöylece sıralanabileceğini:

a) Ormanların sahip bulunduğu tepe çatılarının büyük ve etkin örtü alanı ve toprakaltı kök sistemleri.

b) Orman ağaçlarının yaprak ve ibrelerinin ölü örtüye her yıl fazla miktarda katkıda bulunması.

c) Orman örtüsü altındaki yüzey toprağı karakteristiklerinin uzun süre stabil kalması. Hidrolojik bakımdan bu karakteristiklerin (1) yağışın intersepsiyonu, (2) evapotranspirasyon ve (3) infiltrasyon süreçleri içinde önem taşıdığı, bir toprak sistemi içinde suyun, sistemin fiziksel ve kimyasal koşullarının empoze ettiği potansiyel gerilimlere (toprak gerilimi ya da emme) bağlı olarak, toprakta tutulduğunu ya da aktığını, suyun bir sistem tarafından tutulmasının, adhezyon, kohezyon ve yüzey gerilimi sonucu ortaya çıkan kapillarite olayı nedeniyle olduğunu, suyun harekete geçmesinin ise (1) yerçekimi kuvveti, (2) kapillar güç, (3) osmotik basınç, ya da (4) bir sıcaklık derecesi ile ilgili potansiyeller arasındaki dengesizlikler sonucu ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Görcelioğlu (1974), Türkiye'nin ortalama yükseltisini 1132 m olarak belirtmektedir. Türkiye'deki toplam arazinin % 20,49 unda (159.160 km²) eğimlerin % 0-10, % 7,85'inde (60.968 km²) % 10-20 arasında değiştiğini, % 61,35'inde de (476 500 km²) % 20 nin üzerine çıktığını vurgulamaktadır. Burada da eğimi % 20 nin üzerinde bulunan alanların, ülke yüzölçümünün % 61,35'ini meydana getirdiğini belirtmektedir.

Terk edilmiş arazi olarak isimlendirilen ve Türkiye'nin % 10,31'ini bulan bu arazilerin, anakayanın tamamen yüzeye çıktığı-çıplak kayalıkları, gölleri, sahil kumlarını ve yerleşme alanlarını kapsadığını belirtmektedir.

Değişik kaynaklardan yararlanarak gözden geçirdiği durum, Türkiye'de topoğrafik koşulların toprak aşınımına büyük ölçüde olanak hazırlayan, bu aşınma ve taşınmaları destekleyen bir özellik taşıdığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak Türkiye'de toplam arazinin yaklaşık olarak %50 sinde şiddetli, %40 ında da normal ya da hafif şiddetli toprak aşınımının etkin bir biçimde sürmekte olduğunu, yine bu topraklarla birlikte 30.000.000 ton civarında fosfor, potasyum, azot, kalsiyum ve magnezyumun da sularla yıkanarak gittiğini ve böylece toprakların başlıca bitki besin maddelerinden de yoksun kaldığını belirtmektedir.

Balcı ve Özyuvacı (1974), yaptıkları araştırmalarda, yurdumuzda yarı-kurak ve yarı-nemli iklim koşulları etkisinde bulunan İç Anadolu'nun kuzey kısımları ve Kocaeli yarımadasında yer alan toprakların aşınım eğilimleri ve bunun ana materyal, baki, arazi kullanma şekli ve örnekleme derinliğine bağlı olarak gösterdiği relatif değişim üzerinde durmuşlar ve söz konusu faktörlerin bu konuda önemli rol oynadıklarını saptamışlardır.

Aşınım eğiliminin tanımlanmasında dispersiyon oranı kullanmışlardır. Yaptıkları genel bir değerlendirmede, söz konusu toprakların ortalama dispersiyon oranlarının, aşınımaya dayanıklı ve dayanıksız toprakların ayırımında kullanılan sınır değerinden büyük çıkmasıyla bunların aşınımaya hassas topraklar olduğunu ortaya koymuşlardır.

Araştırma alanlarında aşınımaya hassasiyetleri yönünden fazladan aza doğru ayrı ayrı yaptıkları bir değerlendirmede, toprakların jeolojik orijinlerine göre İç Anadolu'nun kuzey kısımlarında;

Neojen tozu > Kumtaşı > Andezit > Konglomera

Kocaeli Yarımadasında ise;

(Ordovisien) Arkoz Kumtaşı > Eosen Kumtaşı > Plio-Kuaterner Kum ve Çakılları > Devon şistleri > Trias Kalkerleri > Üst Kretase Kalkerleri şeklinde sıralandıklarını göstermiştir.

Görçelioğlu (1976), yeryüzünün akarsular, rüzgarlar, dalgalar ve buzullar tarafından aşındırılmasının, genellikle normal bir jeolojik oluşum ve doğal bir değişim olduğunu, bazen *jeolojik aşınım* ya da *doğal aşınım* olarak da isimlendirilen normal aşınımın, en geniş anlamıyla, insan müdahalesinin söz konusu olmadığı doğal çevrelerdeki araziye özgü sürekli yüzey aşınması ve düzlenmesi olayı olduğunu belirtmektedir. Öte yandan, toprağın oluşumu ile taşınması arasındaki dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan büyük ölçüde hız kazanmış toprak taşınması olayına kısaca *toprak aşınımı* adı verildiğini ve buna aynı zamanda hızlandırılmış aşınım ya da anormal aşınım denildiğini belirtmektedir.

Kantarıcı (1981), Türkiye'de öteden beri yamaç arazilerdeki fundalık ve bozuk orman alanlarının orman kapsamı dışına çıkartılarak tarıma tahsis edilmekte olduğunu, böylece tarım alanlarının genişletilebileceğinin düşünüldüğünü ancak bununla da bitki örtüsü tahrip edilmiş ve doğal dengesi bozulmuş bir yamaç üzerinde toprakların aşınımaya uğrayıp taşınması ve kaybedilmesinin tabii olduğunu belirtmektedir. Böyle yerlerde toprak koruma tedbirlerine uygun usullerle toprak işlense ve tarım yapılırsa dahi toprağın kil bölümünün yaklaşık % 40'ının 30 sene içinde yüzeysel akış ile taşınıp götürülebileceğinin anlaşıldığını vurgulamaktadır. Kil bölümünün, toprağın su ve besin kapasitesini arttıran, dolayısı ile toprağın verim gücünü sağlayan önemli bir kısmının olduğunu, kil bölümünün kaybının toprakların verim güçlerinin düşmesi anlamına geleceğini belirtmekte ve bu tür toprakları kimyasal gübrelerle gübrelese dahi verim güçlerini istenilen oranda yükseltilemeyeceğini veya devamlı bir verimlilik kazandırmayacağını ve bu nedenle yamaç arazilerdeki

fundalıkların tarıma tahsisinden kesinlikle vazgeçmek gerektiğini, bu arazileri ağaçlandırarak orman haline getirilebileceğini vurgulamaktadır.

Özhan, S., (1982), Belgrad Ormanında farklı meşçerelerde yaptığı araştırmasında, gerçek evapotranspirasyon ve intersepsiyon miktarının toplamı olan yıllık buharlaşma değerlerinin karaçam, meşe ve baltalık meşçerelerde sırasıyla 985.7 mm, 944.7 mm ve 872.2 mm olarak saptamıştır.

Meyer ve Harmon (1984), tarımsal amaçlarla kullanılan eğimli yamaç arazilerde yaptıkları ve 18 adet çıplak, işlenmiş topraklardan elde ettikleri sonuçlara göre, düşük agregatlaşmaya sahip yüksek oranda balçıklı topraklar, aşınım (aşınım) karşı en hassas topraklar olarak belirlenmişlerdir. Yüksek oranda kil ihtiva eden topraklar ise aşınım karşı direnci yüksek topraklar olarak belirlenmişlerdir. Yine çeşitli toprak özellikleri ile aşınım miktarları arasında yaptıkları basit korelasyonda, en yüksek korelasyonun negatif yönlü olmak üzere; kil oranı, değişebilir kalsiyum, toplam değişebilir bazlar, katyon değişim kapasitesi ve organik madde miktarı ile olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca aşınım miktarının USLE formülünün K katsayısı ile pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki içerisinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Müller vd., (1984), yapay yağmurlama düzeneği kullanarak yaptıkları araştırma neticesinde; toprak aşınım değerleri göreceli olarak en düşük, toprak işleme ve gübrelemenin eş zamanlı olarak yapıldığı tarım arazilerinde çıkmıştır.

Bradford vd., (1986), yaptıkları araştırma sonucunda; yüzeysel kabuklaşmanın olmadığı ortamlarda, Splash (Sıçrama) miktarlarının 8.9 ila 61.0 mg/drop, kabuklaşmanın olduğu ortamlarda ise 0.8 ila 13.7 mg/drop olduğunu ve sıçrama etkisinin kabuklaşmanın olduğu ve olmadığı ortamlardaki toprak sertliği ile korelasyon içerisinde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çepel (1989), Elmalı Barajı Yağış Havzası'nda çıplak alana düşen yağışın %56'sının yüzeysel akışla gittiğini, ancak %44'ünün toprağa sızdığını belirlemiştir. Aynı yağış havzasında ormanla kaplı yamaçlarda ise yüzeysel akışın %18 olduğunu (çıplak alandakinin yaklaşık olarak üçte biri kadar), toprağa sızan su miktarının ise, yağış miktarının %82'sini oluşturduğunu araştırma bulgularıyla ortaya koymuştur.

Schröder ve Löwa (1991), tarım arazileri üzerinde yaptıkları araştırmalarda, toplam araştırma alanlarının 5'te 1'inde toprak aşınımının yoğun bir şekilde yaşandığını ve bu alanların toprak aşınımı sonucu büyük zarar gördüğünü tespit etmişlerdir.

Hill (1993), tarım arazilerinde araçların tekerlekleri ile yaptıkları değişimlerin, yüzeysel akış ve toprak aşınımı üzerindeki etkilerini incelediği araştırmasında, geleneksel toprak işleme biçimlerinin uygulandığı alanlardaki yüzeysel akış değerlerinin, toprak işleme yapılmayan alanlardakine kıyasla oldukça fazla olduğu ve aşınım değerlerinin ise 6-7 kat daha fazla olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte araçların yaptıkları etkinin sanıldığı kadar büyük ve anlamlı olmadığı sonucuna varmıştır.

Rüttimann vd., (1995), İsviçre koşullarında gerçekleştirdikleri ve toprak aşınımı ve yüzeysel akış sularının ölçümü için homojen olarak tasarlanan ve oluşturulan ölçüm parsellerinden elde edilen sonuçların %30 ila %50 arasında değişebilen oranlarda farklılıklar gösterebildiğini tespit etmişler ve bu durumun önlenebilmesinin yolunun da ölçüm parseli sayısının artırılması olduğunu vurgulamışlardır.

Zöbisch vd., (1995), toprak aşınımı, yüzeysel akış ve bitki besin maddeleri kayıplarını inceledikleri araştırmalarında; toplam C, N, P, K ile bitkiler tarafından alınabilir durumdaki P ve K değerlerinin toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarına bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir.

Ruiz vd., (1995), yaptıkları araştırma; geleneksel tahıl tarımı yapılan alanların toprak aşınımına duyarlı olduğunu, özellikle düşük eğimdeki çayır-mera alanlarının ve çalılıkların duyarlılıklarının daha az olduğunu ve dolayısıyla da taşınan sediment miktarını azaltmanın yolunun bu alanların dönüşümünden geçtiğini belirtmektedirler.

Mollenhauer vd., (1996), küçük ölçüm parselleri boyutunda yaptıkları model denemeleri sonucunda özellikle yüzeysel taşlılığın ve taşlılık oranının artmasının toprağın infiltrasyon oranının artmasında ve toprak aşınımı miktarının azalmasında önemli bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır.

Komas vd., (1997), 5 farklı ülke, 8 farklı bölgede ve değişik arazi kullanım biçimleri üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmalarında; arazi kullanım şeklinin yüzeysel akış ve toprak aşınımını büyük ölçüde etkilediğini, araştırmaya konu olan alanlar içerisinde en yüksek yüzeysel akış ve toprak aşınımı değerlerinin üzüm bağları ile kaplı dağlık arazilerde oluştuğunu, buğday tarımının yapıldığı alanların özellikle kışın ve yıllık yağış değerlerinin 280 mm'yi aştığı bölgelerde toprak aşınımına karşı oldukça duyarlı olduğunu belirlemişlerdir.

Rubio vd., (1997), yangına uğramış bir ormanlık alanda yaptıkları aşınım ve yüzeysel akış ölçümleri sonucunda; en yüksek toprak aşınımının yangından hemen sonraki

dönemlerde oluştuğunu, yüzeysel akış ve sediment üretiminin ise taksonomik ve tekstürel etkilere bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

Singer ve Bissonais (1998), yaptıkları araştırma neticesinde; düşük agregat stabilitesi ve yüksek toprak aşınımının çoğu zaman düşük organik madde içeriği sonucu oluştuğunu; düşük organik madde içeriğinin bazen, toprak struktürünü stabilize eden demir oksitlerle tolere edilebildiğini; agregatların düşük su stabilizasyonuna sahip olmasının çoğu zaman topraklardaki yüzeysel kabukluluk durumunu ve eğilimini belirlediğini; yüzeysel kabukluluğun infiltrasyon oranını azalttığını ve yüzeysel akış artışına sebep olmak suretiyle toprak aşınım oranını da artırdığını; sonuç olarak toprak yüzey kabukluluğu biçiminin yüzeysel akış ve toprak aşınımını etkilediğini, organik madde miktarı ve demir oksitlerin varlığının da önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Fayos vd., (1998), iklim etmeninin mevcut toprak özellikleri üzerindeki zamansal ve mekansal boyuttaki etkilerini inceledikleri araştırmalarında, organik madde ve kil içeriği gibi toprak özelliklerinin yükseklikle birlikte pozitif yönde değiştiği, yüzeysel akış ve toprak aşınımı miktarının da yıllık yağış miktarı ile çoğaldığı ve özellikle iklim koşullarının kuraklaşmaya başladığı bölgelerde daha da yoğunlaştığı, agregasyon ve infiltrasyon kapasitelerinin kuzey bakıya sahip bölgelerde, vejetasyon örtüsü yoğun alanlarda ve güney bakıya sahip çıplak alanlarda arttığı sonucuna varmışlardır.

Andreu vd., (1998), üç farklı çalı türü ve doğal bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki yüzeysel akış ve aşınım değerleri kıyasladıkları araştırmada, sonuç olarak; çalı türleri içerisinde en yüksek aşınım korumasına sahip türün %58'lik bir fazlalıkla Medicago arborea olduğu sonucuna varmışlar ancak bu miktarın dahi %75 daha fazla koruma sağlayan doğal bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki aşınım değerlerinden düşük olduğu sonucuna varmışlardır.

Bermudez vd., (1998), yaptıkları araştırma sonucunda, tarımsal amaçla kullanıldıktan sonra çok yıllık bitkilerle donatılan yamaçlardaki toprak aşınımı değerlerinin göreceli olarak düştüğünü belirlemişlerdir. Bu alanlarda bir süre sonra otlatmanın çok olumsuz etkiler yaratmadığı ancak basma etkisinin önemli bir olumsuzluk olarak görüldüğü sonucuna varmışlardır.

Karagül (1999), Trabzon-Söğütödere havzasında farklı arazi kullanım şekillerinin toprakların bazı özelliklerini nasıl etkilediğini araştırdığı çalışmasında, toprak özelliklerinin, arazi kullanıma şekline bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini; laboratuarda tespit edilen bazı aşınım eğilim indekslerine göre de (dispersiyon oranı,

kolloidal nem ekivalanı oranı, aşınım oranı) araştırma havzası topraklarının aşınımına duyarlı bulunduğunu belirlemiştir.

Vacca vd., (2000), farklı arazi kullanımları altındaki arazilerde toprak aşınımı konusunda yaptıkları çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşmışlardır:

1. En yüksek yüzeysel akış (135.22 ila 57.30 mm) ve toprak aşınımı (303.52 ila 73.47 g m⁻²) değerleri Eucalyptus alanlarında ölçülmüştür,
2. Terk edilmiş otlak alanlarında ise, yüzeysel akış değerleri 45.25 – 12.07 mm arasında, toprak aşınımı miktarı da 137.62 – 12.44 g m⁻² değerleri arasında ölçülmüştür,
3. Yangın görmüş makilik alanlarda yapılan ölçümlerde de yüzeysel akış 30.45 – 18.65 mm arası ve aşınım 51.44 – 26.36 g m⁻² arası ölçülmüştür,

Yapılan istatistikî değerlendirmeler sonucunda arazi kullanımları arasında toprak aşınımı ve yüzeysel akış değerleri bakımından anlamlı farklar ortaya çıkmıştır.

Pimentel (2000), toprak aşınımının, orman ve tarım ekosistemlerindeki su kalitesini olumsuz yönde etkilediğini ve böylece tarım alanlarının verimini düşürdüğünü belirtmektedir. Ayrıca aşınımın bu ve benzeri olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla özellikle tarımsal alanlarda kullanılan gübreler ve pestisidler sonuç olarak sadece fosil enerjiye olan ihtiyacı artırmakla kalmamakta aynı zamanda da insan sağlığını tehlikeye atabilecek kirliliğe neden olmaktadır şeklinde görüş bildirmektedir.

Kosmas vd., (2000), yaptıkları çalışmada, terk edilmiş arazilerdeki toprak pH sı ve Katyon değişim kapasitesi değerlerinin kültüre edilen alanlardakinden oldukça farklılaştığı, değişebilir sodyum ve potasyum değerlerinin işlenen topraklarda daha fazla olduğu, organik madde miktarı ve toprak agregat stabilitesi değerlerinin terk edilmiş topraklarda daha fazla olduğu, ana materyalin özelliklerinin üzerindeki vejetasyon örtüsünü büyük ölçüde etkilediği ve toprak derinliğinin çok önemli bir değişken olduğunu belirtmektedirler.

Bryan (2000), çalışmasında, toprak agregatları ve parçalanmaya karşı dayanıklılık gibi toprak aşınırılığını belirleyen toprak özelliklerinin yağış dağılımı, donma durumu vb. mevsimsel olarak değişen iklim şartlarına bağlı olarak değiştiğini ve bu durumun aynı zamanda bitki türü ve vejetasyon stabilitesi ve esnekliğini de değiştirebildiğini belirtmektedir.

Kosmas vd., (2000), bir adada yaptıkları çalışmalarında; adada tespit ettikleri iki farklı ana iklim kuşağı arasındaki başlıca toprak özellikleri, vejetasyon ve toprak aşınımı

ilişkilerini inceleyerek, adanın daha fazla yağmur alan (adanın diğer kısmına nispeten %45 daha fazla) bölümündeki bitki örtüsü, toprak özellikleri ve toprak aşınımı değerlerinin ılıman kesimde dahi iyi olduğunu ve benzer topoğrafik ve jeomorfolojik şartlar altındaki bölgelerdeki toprak aşınımı değerlerinin bitki örtüsü yoğunluğuna bağlı olarak daha az olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tümsavaş ve Katkat (2000), Bursa ili ve civarındaki Kırmızı Kahverengi Akdeniz, Kahverengi Orman, Kireçsiz Kahverengi Orman ve Rendzina büyük toprak grubuna ait eğimli tarım alanlarının toprak özellikleri ile yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkileri ve toprakların aşınımına karşı duyarlılıklarını belirlemek konulu araştırmalarında, her bir büyük toprak grubunda meydana gelen toprak kayıpları esas alındığında, toprakların aşınımına dirençleri bakımından sırasıyla Kireçsiz Kahverengi Orman > Kahverengi Orman> Kırmızı Kahverengi Akdeniz > Rendzina büyük toprak grupları şeklinde sıralandığını tespit etmişlerdir.

Vargas vd., (2001), ölçüm parselleri verileri ve GLEAMS modeli verilerine dayalı olarak ortaya koydukları sonuçlara göre; geleneksel tarım faaliyetleri yapılan alanlar ile toprak işleminin yapılmadığı ve toprak üzerinde bitki kalıntılarının bulunmadığı alanlardan elde edilen yüzeysel akış ve toprak aşınımı miktarlarının, bitki kalıntılarının mevcut bulunduğu tarım alanlarındaki miktarlara kıyasla oldukça yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Uygulanan benzetim yöntemi sonuçları ise çıplak alanlarda daha doğru sonuç vermiştir.

Basic vd., (2001), tarım alanlarındaki derin (30 cm) toprak işleminin ve toprak işleme metodlarının toprak aşınımı üzerindeki etkisini inceledikleri araştırmalarında, sonuç olarak toprak aşınımını tam olarak önleyici bir toprak işleme metodunun olmadığını, ancak bazı toprak işleme metodlarının aşınımı azaltıcı etkisinin olduğunu ve bu metodların başında da eğim yönüne paralel toprak işleminin geldiğini belirlemişlerdir.

Takken vd., (2001), yaptıkları araştırma sonucunda, tarımsal alanlardaki toprak aşınımı değerlerinin artıp azalmasında en önemli etmenlerden birinin toprak işleme şekli olduğu sonucuna varmışlardır.

Römkens vd., (2001), yaptıkları araştırmada, bir anda oluşan yoğun yağışların, giderek artan oranda oluşan yağışlara kıyasla daha fazla toprak aşınımı meydana getirdiğini, yüzeysel taşlılık ile sediment yoğunluğu arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını, toprak içi suyu basıncının sediment yoğunluğunu etkilediğini ancak yüzeysel

akış miktarı üzerindeki etkisinin az olduğunu, başlangıçtaki pürüzsüz bir yüzeyin, pürüzlü bir yüzeye oranla daha az toprak aşınımı oluşturabileceğini belirlemişlerdir.

Uri (2001), yaptığı değerlendirmede; ABD’de 1933 yılından beri toprak koruma yasalarının geçerliliğini sürdürdüğünü, başlangıçta toprak örtüsünün yerinde tutulması suretiyle en fazla tarımsal verim alınmaya çalışıldığını ancak 1980’lerden itibaren ise aşınımına sebep olan etmenlerin giderilmesine yönelik politikaların izlenmeye başlandığını belirtmektedir. Böylece 1982 – 1992 yılları arasında toplam toprak aşınımı miktarında %32 oranında bir azalmanın meydana geldiğini ve yıllık ortalama yüzey ve oyuntu aşınımı miktarının hektar başına 4.1 tondan 3.1 tona düştüğünü belirtmektedir. Rüzgar aşınımının ise ortalama 3.3 ton/ha dan 2.4 ton/ha düzeyine indiğini vurgulamaktadır. Ayrıca halen devam etmekte olan toprak aşınımının maliyetinin yıllık olarak 37.6 milyar dolar olduğunu belirtmektedir.

Poulenard vd., (2001), yaptıkları çalışmada, doğallığını muhafaza eden ölçüm alanlarındaki infiltrasyon değerlerinin oldukça yüksek, aşınım miktarlarının da oldukça düşük olduğunu buna karşılık arazi kullanım şeklinin değişikliğe uğradığı ölçüm alanlarındaki infiltrasyon değerlerinin düşük, aşınım değerlerinin yüksek ve doymun ortamdaki hidrolik geçirgenliğin de oldukça düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Descroix vd., (2001), Kuzeybatı Meksika’da yaptıkları çalışmalarında, dağlık arazilerde yüzeysel akış ve toprak aşınımının toprak yüzey özellikleriyle ve özellikle yüzeysel taşlılık ile yakın ilişkili olduğunu belirtmektedirler. Araştırmaları sonucunda, otsu bitki örtüsü, ince taşlılık ve kum içeriğinin yüzeysel akış ve toprak aşınımını artırıcı etkisinin olduğunu, buna karşılık, odunsu bitki örtüsü oranı, strüktürel sabitlik ve organik madde miktarı ile yüzeysel akış ve toprak aşınımı arasında eksi bir korelasyonun varlığını belirlemişlerdir.

Huang vd., (2001) yaptıkları çalışmada, yüzeysel koşulların toprak bileşenleri ile etkileşerek yüzeysel kabukluluk, yüzeysel pürüzlülük ve biomas üzerinde belirleyici etki yarattığını tespit etmişlerdir. Yine yüzeysel akış ve toprak aşınımı miktarlarının bölgesel, topoğrafik, iklimsel ve bitki örtüsü farklılaşmalarına bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca toprak aşınımı ile yüzeysel ıslaklılık arasında da yakın bir ilişkinin varlığını tespit etmişlerdir.

Smith vd., (2001), yaptıkları çalışma sonucunda, toplam ve çözünebilir haldeki P (Fosfor) kaybının en çok 2 kg/ha/yıl dolaylarına kadar artabildiğini belirlemişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Araştırma alanında 3 farklı arazi kullanımı (Orman (doğal olarak yetişmiş sarıçam meşçeresi olup, 0,5 – 0,6 kapalılıkta, ortalama 50 yaşlarında bireylerden oluşan bir ormanlık alandır), Tarım (yaklaşık 20 yıl öncesine kadar yem bitkisi ve diğer tarımsal ürünlerin yetiştirildiği ve o tarihten beri tarımsal faaliyetin yapılmadığı bir tarım arazisidir ve ölçümlerin başında 1 kez (50 cm derinliğinde) toprak işleme yapılmıştır) ve Otlak (araştırmanın yapıldığı köyün otlak alanı olarak kullanılan bir arazidir)) ve 2 farklı eğim sınıfında (% 20 (% 15 ila % 20 arasındaki eğimleri ifade etmektedir) ve % 40 (% 35 ila % 40 arasındaki eğimleri ifade etmektedir)) oluşturulan 6 ölçüm istasyonu içerisindeki (her bir ölçüm istasyonu içerisinde 3 er adet ölçüm parseli olmak üzere) toplam 18 adet ölçüm parselinden elde edilen araştırma materyalleri aşağıdaki gibidir.

Araştırma alanında oluşturulan ölçüm istasyonlarındaki ölçüm parsellerinin her birinde ayrı ayrı olmak üzere, 2001 – 2003 yılları arasında toplam 3 yıl boyunca, araştırma alanının kar örtüsü ile kaplı olmadığı aylarda (nisan²-eylül) ölçümler yapılmıştır. Araştırma süresince 6 ölçüm istasyonu içerisindeki 18 ölçüm parselinde toplam 288 kez aşınım uğramış toprak ve yüzeysel akış ölçümü yapılmıştır. Aşınım uğrayan ve eğim yönünde taşınarak birikme kaplarında (her bir ölçüm parselinde iç içe girmiş 1 küçük (5 lt) ve 1 büyük (25 lt) sert plastik malzemeden yapılmış kovalar) toplanan toprak örneklerinin tamamı kilitli polietilen torbalara aktarılarak laboratuara taşınmıştır. Yine toplama kaplarında biriken yüzeysel akış sularının toplam miktarları da ölçülerek kaydedilmiştir. Bazı aylarda ve bazı arazi kullanım biçimlerinde (ormanlık alanda olduğu gibi) toprak aşınımı gerçekleşmemiştir. Bu nedenle bazı aylarda yapılması düşünülen analizler için yeterli miktarda toprak örneği elde edilememiştir. Kurutulup 2 mm lik elekten geçirilerek laboratuvar analizlerine hazır hale getirilen toprak örnekleri üzerinde miktar ölçümleri yapılmıştır. Buna ek olarak toplam azot, yararlanılabilir fosfor, değiştirilebilir potasyum, organik madde ve pH değerleri de belirlenmiştir. Ölçüm parsellerindeki toplama kaplarında biriken yüzeysel akış örnekleri üzerinde ise miktar ölçümleri

² 2001 yılı nisan ve kısmen de mayıs aylarında alandaki kar örtüsü kalkmadığından ölçüm yapılamamıştır. Yine 2002 ve 2003 yıllarında ölçülen nisan ayı değerleri 10-12 günlük değerleri ifade etmektedir.

gerçekleştirilmiştir. Ölçüm parsellerinden elde edilen aşırıya uğramış toprak materyalleri üzerindeki laboratuvar analizleri (toplam azot, yararlanılabilir fosfor, değiştirilebilir potasyum, organik madde ve pH) Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Toprak Tahlil Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Araştırma alanının genel toprak özelliklerini ortaya koymak ve uygulanacak USLE benzetim modelindeki bazı etmenleri (tekstür, agregat sınıfları, geçirgenlik, organik madde miktarı, pH) belirlemek amacıyla, her bir ölçüm istasyonunu temsil edecek şekilde birer adet olmak üzere toplam 6 adet toprak profili açılmıştır. Açılan bu toprak profillerinde, iki farklı toprak derinliğinden (0 - 20 cm (USLE benzetim modelinde bu derinlik kademesine ait veriler kullanılmıştır), 20 - 50 cm³) ve her bir derinlik katından 2 şer adet olmak üzere toplam 24 adet toprak örneği alınmıştır. Ayrıca, profillerin her bir derinlik katından 2 adet olmak üzere toplam 24 adet bozulmamış toprak silindir örneği (10 cm çapında ve 10 cm uzunluğundaki silindirler ile) alınmıştır. USLE benzetim modelindeki K etmeninin hesaplanmasında kullanılan yüzeyel taşlılık oranlarının belirlenmesi, her bir ölçüm parselinde 3 tekrarlı olmak üzere 1 x 1 m lik alanlarda gerçekleştirilmiştir.

Toprak profillerinin açılmasında ve toprak örneklerinin alınmasında kazma, kürek, çelik şerit metre, lata ve metre vb. araçlardan istifade edilmiştir. Açılan toprak profillerinden alınan toprak örnekleri “Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı’na” nakledilerek burada hava kurusu hale getirilmiştir. Porselen havanda öğütülerek 2 mm lik elekten geçirilen toprak örnekleri üzerinde tekstür, pH, geçirgenlik, değerleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Laboratuvarlarında ve organik madde miktarları ise Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Toprak Tahlil Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Araştırma alanındaki yağış miktarlarının belirlenmesi amacıyla bir adet yağış ölçer kullanılmıştır. 2001 – 2003 yılları süresince oluşan yağmur miktarları aylık ve yıllık olarak ölçülmüş ve değerler kaydedilmiştir.

Araştırma alanına ilişkin topoğrafik bilgilerin elde edilmesinde, denizden olan yükseltinin (Rakım) belirlenmesinde Suunto yükseklik ölçer kullanılmış, eğim ölçümleri eğim ölçer ile yapılmış ve ölçüm istasyonlarının koordinatları, Garmin ProTrex Summit GPS aleti kullanılarak belirlenmiştir.

³ Bu derinlik kademesinden alınan örnekleri ve üzerlerinde yapılan laboratuvar analizleri, USLE benzetim modelinde veri olarak kullanılmamıştır.

Araştırma alanının genel bitki örtüsü yapısını belirlemek amacıyla arazi çalışmaları yapılmış ve arazide belirlenemeyen türlerin teşhisi K.T.Ü Orman Fakültesi Herbaryum'unda (*KATO*) gerçekleştirilmiştir.

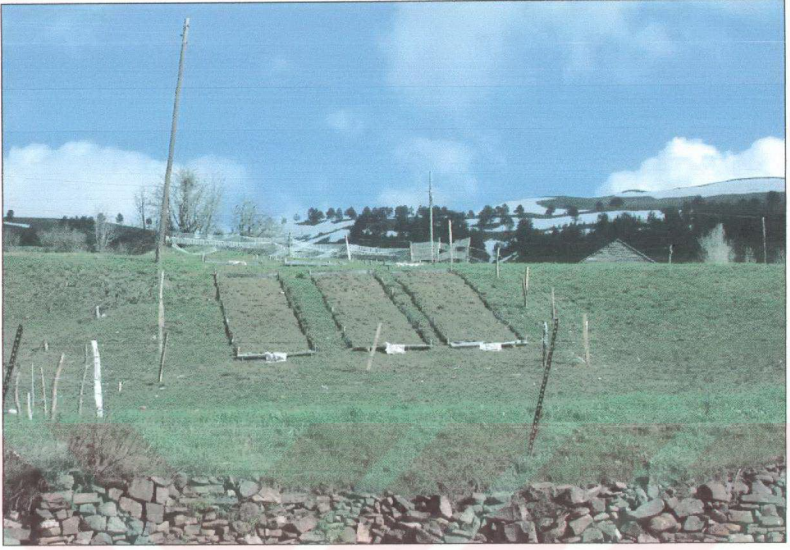
2.1.1. Toprak Aşınımı Ölçüm İstasyonları ve Ölçüm Parselleri

Orman (Şekil 3), Tarım (Şekil 4) ve Otlak (Şekil 5) alanlarında oluşturulan her bir ölçüm istasyonunda üç tekrarlı olmak üzere ölçüm parselleri oluşturulmuş ve böylece toplam 18 adet ($3 \times 2 \times 3 = 18$) ölçüm parselinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Her bir ölçüm istasyonunun etrafına sık aralıklarla (2 m aralıklı olarak) odun kazıklar (boyları 150-200 cm) çakılmış ve birkaç sıra (3, bazen 4 sıra) dikenli tel ile çevrilerek istasyonlar dış etkilere (insanların ve hayvanların olumsuz etkilerine) karşı koruma altına alınmıştır.



Şekil 3. Orman örtüsü altında (Sarıçam) alınan deneme alanı (1860 m)



Şekil 4. Tarım alanında alınan deneme alanı (1840 m)

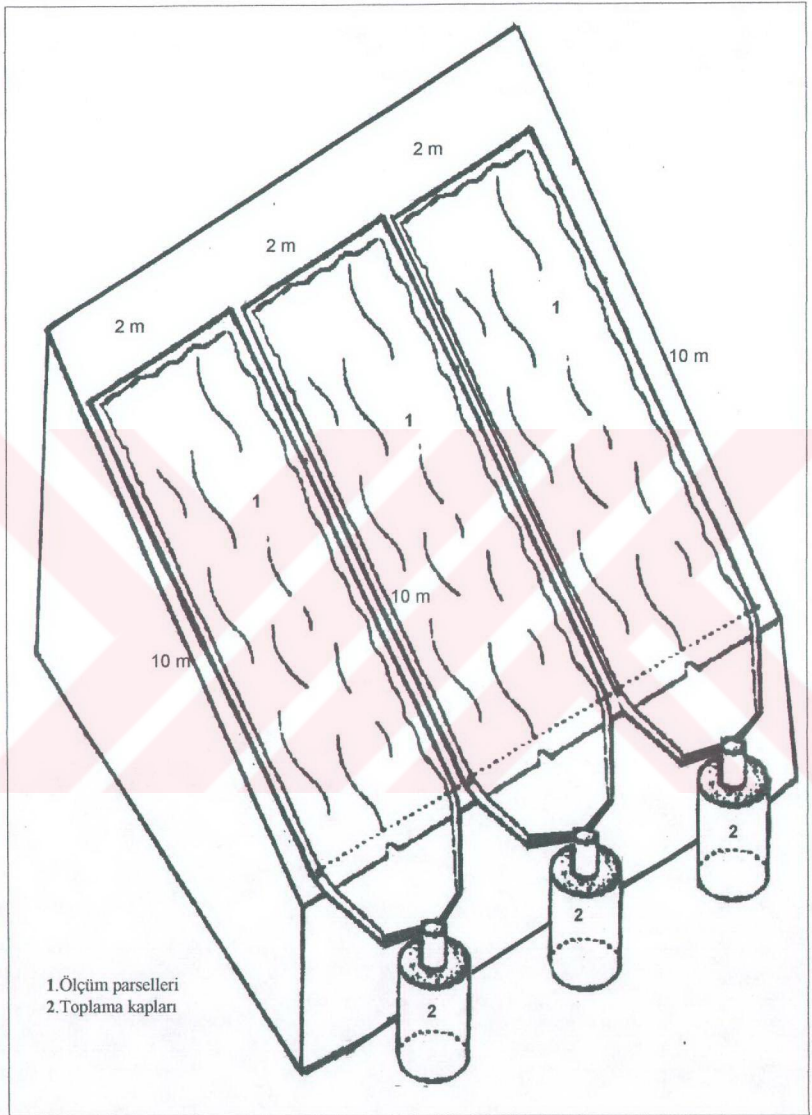


Şekil 5. Otlak alanda alınan deneme alanı (1850 m)

Her bir ölçüm istasyonunun içerisinde oluşturulan ölçüm parsellerinin boyutları 2m x 10 m dir (Richter, 1998) (Şekil 6). Ölçüm parsellerinin etrafı toprak üzerinden en az 15 cm yukarıda olacak şekilde galvanizli sac ile çevrelenmiş ve böylece yağmur damlasının oluşturacağı sıçratma etkisini (Splash) ile parsel dışına sıçraması muhtemel toprak taneciklerinin, ölçüm parseli dışına çıkması ve böylece ölçüm kayıplarının oluşması engellenmeye çalışılmıştır.

Ölçüm parsellerinin toprak ve su toplama kaplarına bitişik kısmına, eğim yönünde oluşacak olan yüzeysel akış suları ve bu sularla taşınacak olan toprak taneciklerinin toplama kaplarına yönlendirilmesi amacıyla, 2m x 1m boyutlarındaki galvanizli sac levhalarının biçimlendirilmesiyle oluşturulan yönlendirme levhaları yapılmıştır. Öncelikle bu levhaların içerisine gelen yüzeysel akış suları ve beraberinde taşıdığı toprak tanecikleri, levhanın orta kısmına yönlendirilmekte (levhalara bu amaçla özel eğim verilmiştir) bu kısımda açılmış bulunan ve alt kısmında bir süzgeç bulunan 10 cm çapındaki delikten geçerek iç içe iki adet olmak üzere yerleştirilen örnek toplama kaplarına (sert plastikten yapılmış 1 büyük kova (25 lt) ve 1 küçük kova (5 lt)) akıtılmıştır. Bu örnek toplama kaplarına akan yüzeysel akış suları ve toprak tanecikleri, kaplar boşaltılırken önce filtre (büyük bir huni içerisine yerleştirilen kahve otomatı filtreleri ile) edilerek su ile toprak mümkün olduğunca birbirinden ayrılmaya çalışılmıştır. Böylece elde edilen toprak örnekleri daha önce hazırlanan örnek toplama torbalarına (ağız kilitli plastik torbalar) konularak laboratuara getirilmiştir.

Oluşturulan ölçüm istasyonları ve ölçüm parsellerinin bulunduğu araştırma alanına (Işık Köyü) sık sık, yüksek yağışlardan sonra (köy ile kurulan telefon bağlantıları sonucunda her yüksek yağış bilgisi alındıktan sonra alana gidilmiştir) ve her ayın 1.günü olmak üzere gidilerek arazi şartlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir.

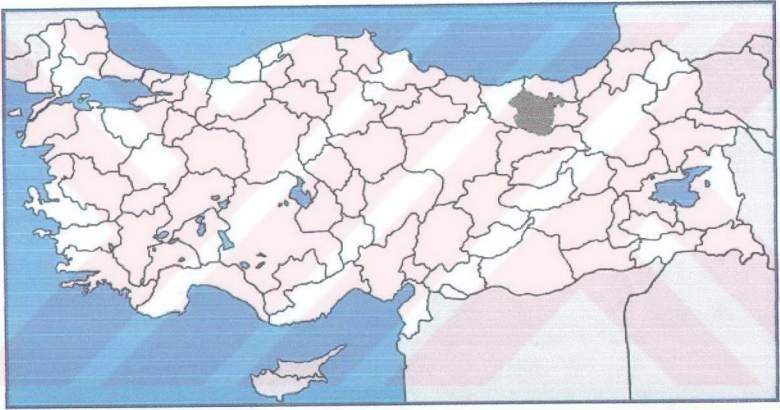


Şekil 6. Araştırma alanında oluşturulan deneme alanları ile toplama kapları

2.1.2. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

2.1.2.1. Coğrafi Konum

Araştırmanın gerçekleştirildiği, ölçüm istasyon ve parsellerinin kurulduğu yer Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane iline bağlı, Torul ilçesi, İkisü Beldesi sınırları içerisinde kalan *Işık Köyü*'nde dir. Araştırma alanlarının içerisinde bulunduğu Işık köyü'nün Gümüşhane iline olan karayolu mesafesi yaklaşık 60 km dir. Trabzon iline olan karayolu mesafesi ise 120 km dir. Bu alanının Türkiye'deki yeri ve konumunu gösteren harita aşağıda verilmiştir (Şekil 7).

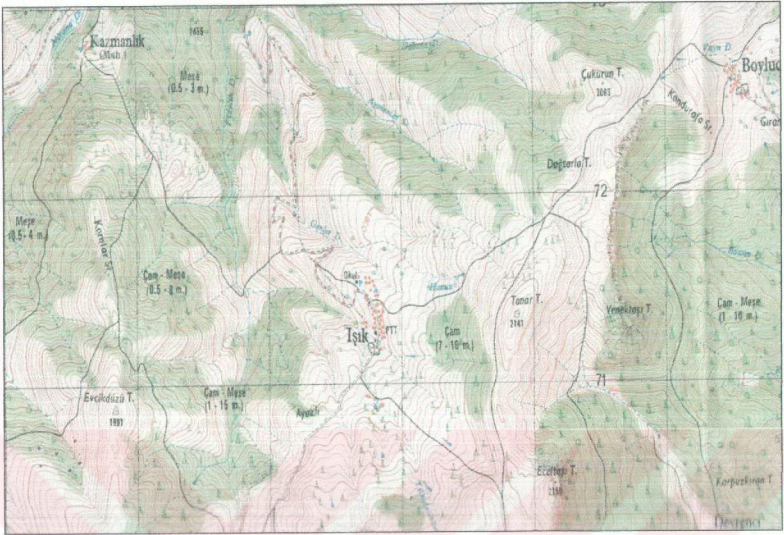


Şekil 7. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu

Araştırmanın yapıldığı Işık köyü, $40^{\circ}23'40''$ Kuzey enlemi ile $39^{\circ}18'50''$ Doğu boylamı arasında yer almaktadır.

Araştırma alanının denizden olan ortalama yüksekliği (rakım) 1860 m civarında olup arazinin genel bakışı Kuzey Batı (NW) dir.

Işık köyünün 1/25000 ölçekli memleket haritasındaki yerini gösteren şekil (Şekil 8) ile araştırma alanında kurulan, otlak, tarım ve orman ölçüm istasyon ve parsellerinin yeri ve biçimini gösteren şekiller aşağıda verilmiştir.



Şekil 8. Işık köyünün 1/25000 ölçekli topoğrafik haritasındaki yeri

Işık köyü otlak alanı olarak kullanılan arazilerin bir bölümünde oluşturulan otlak ölçüm istasyonlarının (1850 m yükseklikte ve Kuzey Batı bakıda) değişik zamanlarda çekilmiş fotoğraflarında ölçüm parselleri de görülmektedir (Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 9. Otlak parselleri uzak görüntüsü



Şekil 10. Otlak parselleri yakın görüntüsü

Daha önce tarım alanı olarak kullanılan ve tarım ölçüm istasyonlarının oluşturulduğu alan (1840 m yükseklikte ve Kuzey Batı bakıda) aşağıdaki fotoğraflarda görülmektedir (Şekil 11, Şekil 12).



Şekil 11. Tarım parselleri yakın görüntüsü



Şekil 12. Tarım parselleri uzak görüntüsü



Şekil 13. Orman parselleri yakın görüntüsü

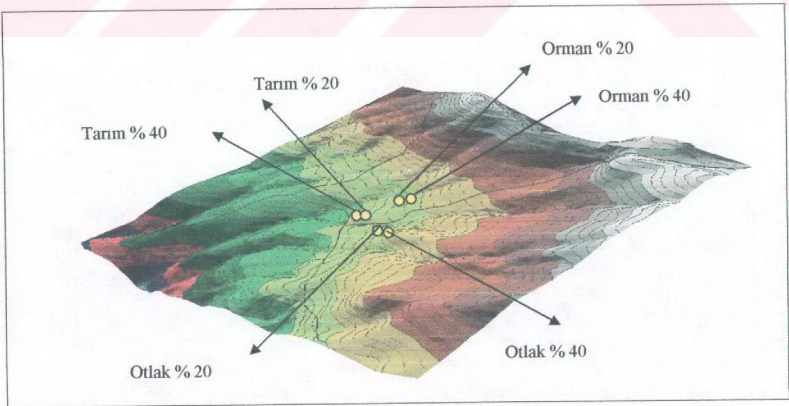
Yukarıdaki fotoğraflarda ise Işık köyü'ndeki Sarıçam bükleri içerisinde (1860 m yükseklikte ve Kuzey Batı bakıda) oluşturulan orman ölçüm istasyon ve parselleri görülmektedir (Şekil 13, Şekil 14).



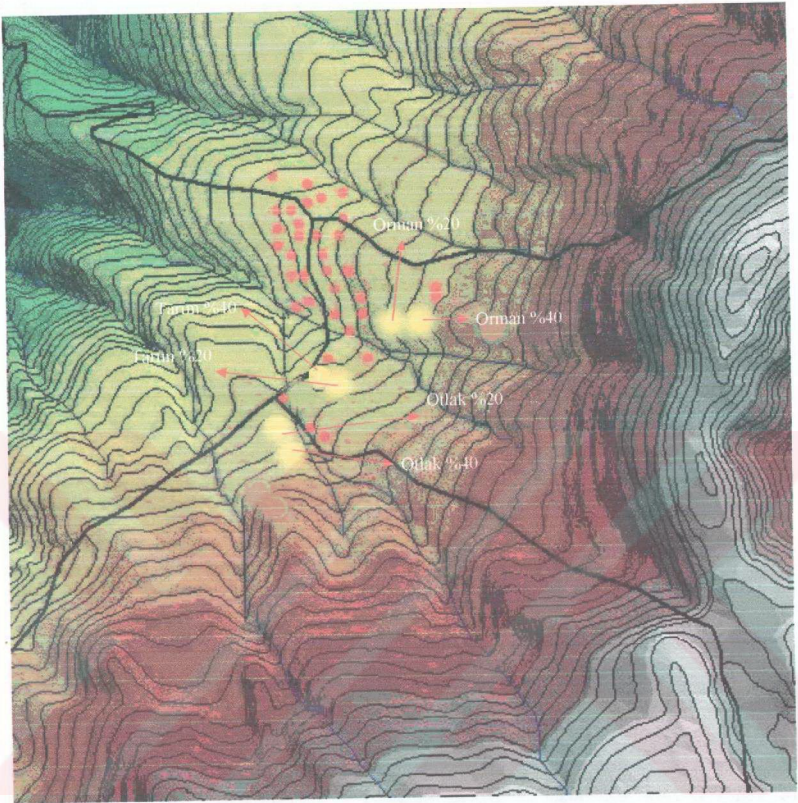
Şekil 14. Orman parselleri uzak görüntüsü

2.1.2.2. Araştırma Alanının Yükseklik, Eğim ve Bakı Durumu

Araştırma alanındaki farklı yükseklik basamaklarını gösteren ve Arc İno bilgisayar programı kullanılarak oluşturulan 3 ve 2 boyutlu şekiller aşağıda verilmiştir (Şekil 15, Şekil 16).



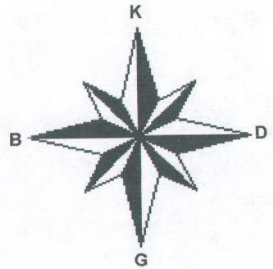
Şekil 15. Araştırma alanının yükseklik basamaklarına göre 3 boyutlu görüntüsü



Yükseklik Basamakları

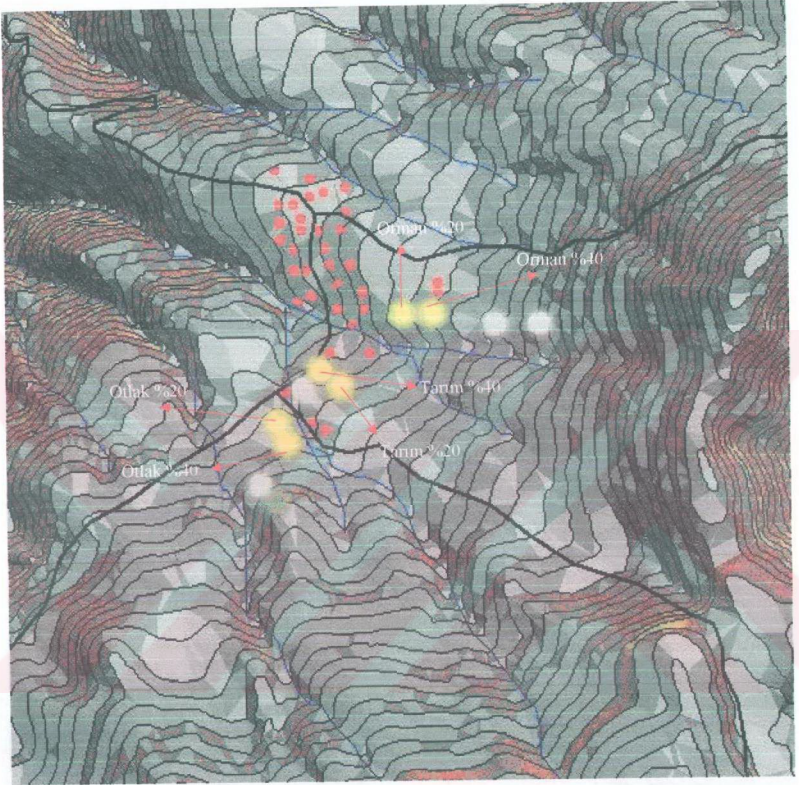
White	2110-2160
Light Gray	2060-2110
Red	2020-2060
Dark Red	1980-2020
Orange	1930-1980
Yellow-Orange	1890-1930
Yellow	1860-1890
Light Green	1810-1860
Green	1760-1810
Dark Green	1720-1760
Light Green	1680-1720
Green	1630-1680
Dark Green	1590-1630

- Deneme Alanları
- Yükseklik Basamakları
- Yollar
- Evler
- Dereler



Şekil 16. Araştırma alanındaki farklı yükselti basamakları

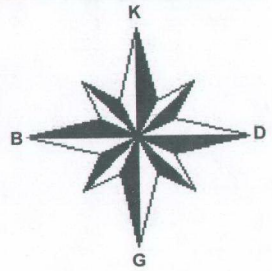
Araştırma alanındaki farklı eğim sınıflarını ve ölçüm istasyonlarının yerlerini gösteren şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 17).



Eğim Grupları

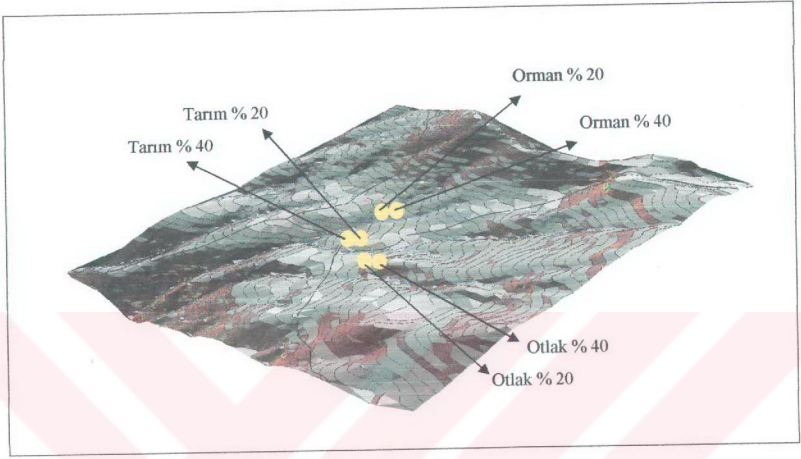
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90

○	Deneme Alanları
—	Yükseklik Basamakları
—	Yollar
●	Evler
—	Dereler



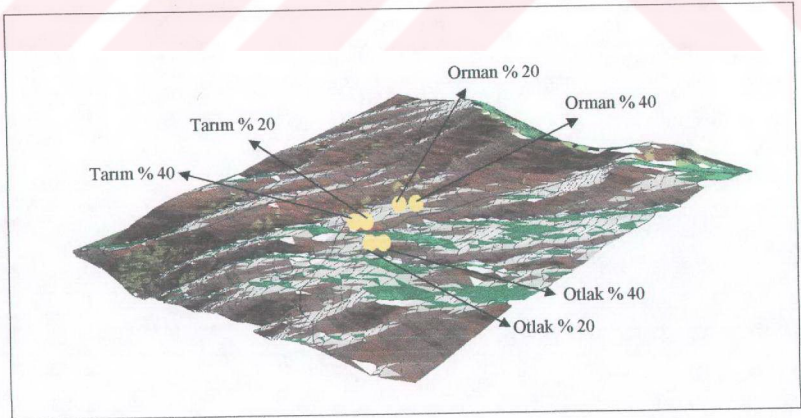
Şekil 17. Araştırma alanındaki farklı eğim sınıfları

Araştırma alanının eğim durumunu ve ölçüm istasyonlarının bulunduğu eğim sınıflarını gösteren 3 boyutlu şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 18).



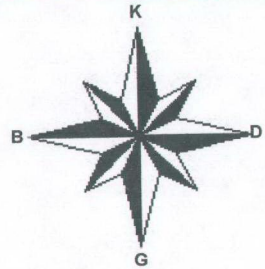
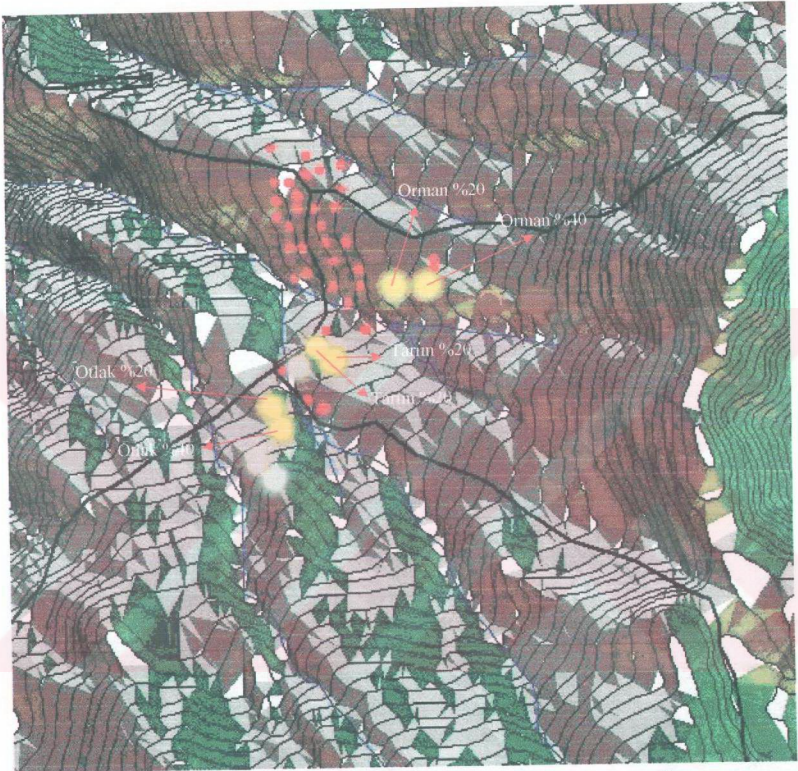
Şekil 18. Araştırma alanı eğim sınıfları 3 boyutlu görüntüsü

Araştırma alanı bakılarını gösteren 3 boyutlu şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Araştırma alanı bakılarının 3 boyutlu görüntüsü

Araştırma alanındaki farklı bakıları ve ölçüm istasyonlarının yerlerini gösteren şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Araştırma alanındaki farklı bakılar

2.1.2.3. İklim

Araştırma alanının içerisinde bulunduğu bölge, karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Yurdumuzun denizlerden uzak yeryüzü şekillerinin meydana getirdiği engellerden dolayı deniz etkisinden yeterince yararlanamayan kesimlerinde karasal iklim görülür. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Trakya'nın iç kesimleri karasal iklimin etkisi altındadır. Buralarda mevsimlik ve günlük sıcaklık farkları büyük, yağışlar genel olarak azdır. Kışlar uzun, soğuk ve karlı, yazlar kısa fakat sıcaktır. En şiddetli karasal iklim Doğu Anadolu'da görülür. Yüksekliğinden dolayı yağışlar İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'ya göre daha çoktur. İç Anadolu'da en yağışlı mevsim ilkbahar, Güney Doğu Anadolu'da ise kıştır. En az yağışı İç Anadolu alır. Güney Doğu Anadolu biraz daha fazla yağış almasına rağmen sıcaklık ve buharlaşmanın fazla olması nedeniyle kuraklık tehdidi altındadır. Araştırma alanının içerisinde bulunduğu iklim tipini gösteren Türkiye haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 21) (DMİGM, 2003).



Şekil 21. Türkiye'deki temel iklim tipleri (DMİGM, 2003).

Araştırma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Gümüşhane Meteoroloji İstasyonundan (1219m yükseklikte) elde edilen iklim verilerinin yer aldığı ve 1931-1990 yılları arasındaki iklim verileri ortalamalarını gösteren çizelge ekler bölümünde (Ek

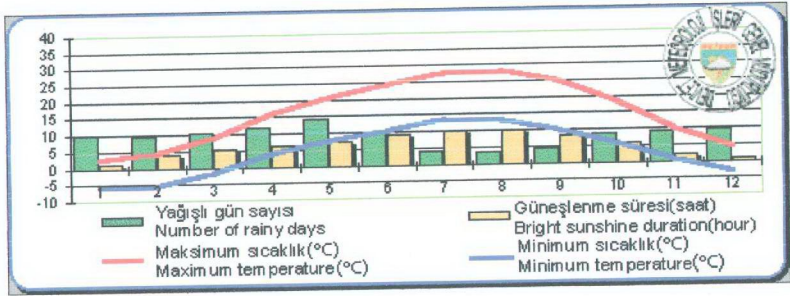
Çizelge 1), bu veriler içerisinde seçilerek oluşturulan ve belli başlı iklim verilerinden oluşan çizelge (Çizelge 4) ise aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4. Gümüşhane meteoroloji istasyonu iklim verileri (1931-1990) (GMI, 2002).

Meteorolojik Elemanlar	Rasat Süresi (Yıl)	AYLAR												Yıllık Ortalama
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	26	-2	-0,5	3,7	9,6	13,8	17,1	19,9	19,8	16,6	11,2	5,2	0,3	9,6
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	25	2,2	4,6	9,4	16,2	20,8	24,5	27,4	28,2	25,3	18,5	10,3	4,1	15,9
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	26	-5,9	-5	-1,1	4,1	7,9	10,7	13,8	13,4	10	5,6	1,1	-3,1	4,3
Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm)	55	34	29,1	38,5	56,8	72,2	46,4	11,9	12,6	20,7	40,4	43	38,1	443,7
Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm)	55	27,6	23,5	49,5	38	54,2	51,7	20,6	48,9	59,8	39	37,4	44,5	59,8
Ortalama Kar Yağışlı Günler Sayısı	32	8,3	6,5	4,2	1						0,2	2,3	6,1	28,6
Ortalama Karla Örtülü Günler Sayısı	54	16,8	13,1	5	0,6						0,1	2,2	9,8	47,6
En Yüksek Kar Örtüsü Kalınlığı (cm)	54	80	60	56	15						12	65	68	80
Ortalama Bağıl Nem (%)	26	67	64	62	59	60	58	58	57	58	63	67	69	62
Rüzgâr Ortalama Hızı (m/s)	22	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,6	2	1,8	1,4	1	1	1,2	1,4
En Hızlı Esen Rüzgâr Yönü	22	E	W	SE	SSW	SW	SW	WSW	SSE	SSW	S	SSW	WSW	W
En Hızlı Esen Rüzgâr Hızı (m/s)	22	12,3	17,6	11,2	13,6	12	13,2	12,9	17,2	17,1	11,2	14,7	12,4	17,6
Ortalama Buharlaşma (mm)	19				57,9	110,9	151,7	198,8	194,6	141	73,5	23,9		952,3

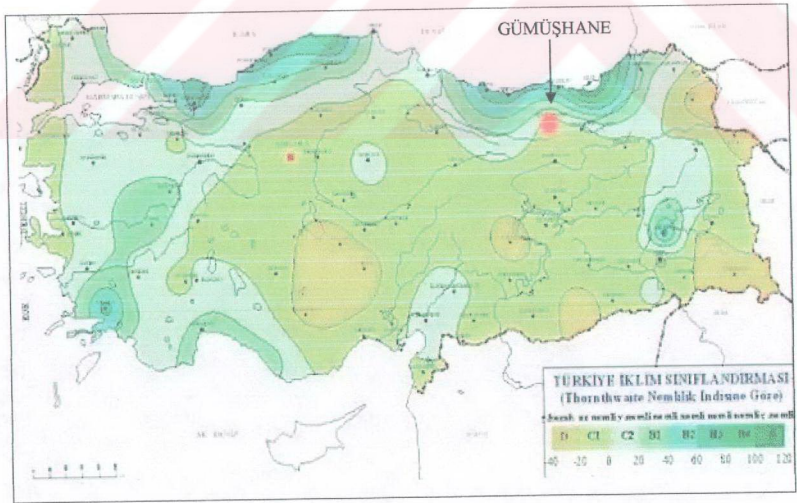
Arazide kurulan yağış ölçer cihazından elde edilen yıllık ve aylık yağış değerleri ise Ek Çizelge 6 da verilmiştir.

Gümüşhane iline ilişkin belli başlı iklim verilerini gösteren şekil ise aşağıdaki gibidir (Şekil 22) (DMİGM, 2003).



Şekil 22. Gümüşhane iline özgü başlıca iklim verileri (1219 m) (DMİGM, 2003).

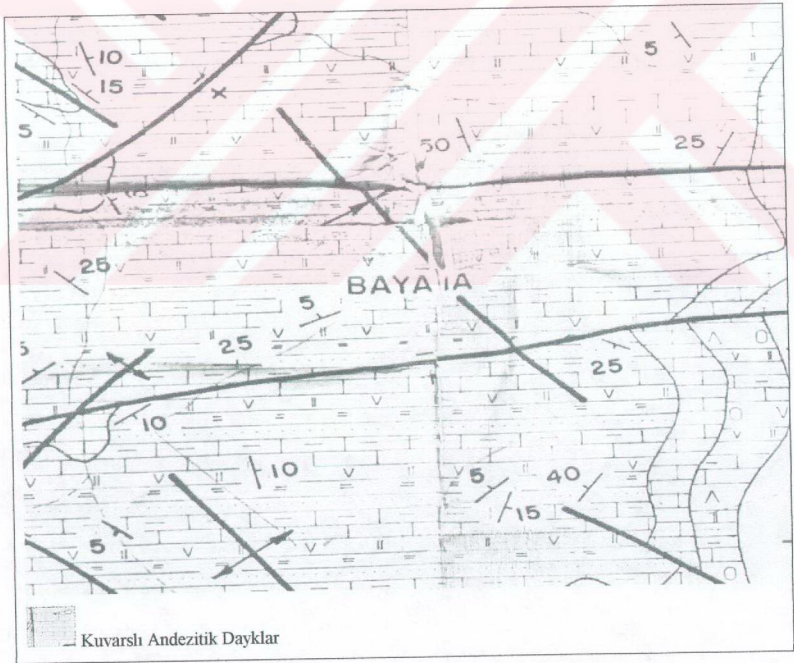
Thorntwaite yöntemine göre yapılan iklim sınıflandırması haritasına (Şekil 23) göre Gümüşhane yöresi; *yarı kurak - az nemli (C1)* iklime sahip bir bölge özelliği göstermektedir (DMİGM, 2003).



Şekil 23. Thorntwaite yöntemine göre Türkiye iklim sınıflandırması (DMİGM, 2003).

2.1.2.4. Jeolojik Yapı

Araştırma alanında çeşitli boyutlarda kuvarslı andezitik dayklar izlenmiştir. Bu dayklar değişik yaştaki birimler içerisinde görülürler. Alterasyon içermeyip, kompakt bir yapıya sahiptirler. Porfirik bir doku gösterirler. Mikroskopik incelemelerinde porfirik-mikrolitik porfirik bir doku gösterdikleri izlenmiştir. Kayaç, plajiklas kristalleri, primer kuvars kristalleri ve amfibol fenokristalleri içermektedir. Hamurda ise, mikro ve kriptokristalen sekonder kuvars, albit, klorit, kalsit, serizit, yer yer epidol ve opak mineraller izlenmiştir. Daykların genişlikleri 100-600 m, uzanımları ise 0,5-2 km arasında değişmektedir. Uzanımları genel olarak Kuzeydoğu-Güneydoğu ve Doğu-Batı doğrultusundadır. Üst Kretase yaşlı filişleri de kesen kuvarslı andezit dayklarının yaşı muhtemelen Kretase-Tersiyerdir (MTA, 1986). Araştırma alanına ait jeolojik yapıyı gösteren şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Işık köyü jeoloji haritası (MTA, 1986).

2.1.2.5. Toprak Yapısı

Araştırma alanındaki ölçüm istasyonlarının her birinde ayrı ayrı olmak üzere toplam 6 adet toprak profili açılmış ve her bir profilde, 0-20 cm ve 20-50 cm toprak derinliklerinden toprak örnekleri alınarak, profiller resmedilmiştir. Alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda her üç arazi kullanım biçiminde de genel toprak özelliklerinin fazlaca değişiklik göstermediği saptanmış ve toprak türünün, *Kumlu Balçık* ve *Kumlu Killi Balçık* olduğu belirlenmiştir. Farklı arazi kullanım biçimlerine ilişkin profil görüntüleri aşağıda verilmiştir. Otlak alandaki toprak profillerinin resimleri aşağıdaki gibidir (Şekil 25, Şekil 26).



Şekil 25. Otlak (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü



Şekil 26. Otlak (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü

Toprak pH değerlerinin arazi kullanım biçimleri arasında büyük oranda farklılıklar göstermediği ve 5,8 - 6,4 arasında değiştiği belirlenmiştir. Terkedilmiş tarım alanındaki toprak profillerinin görüntüleri (şekil 27, şekil 28) aşağıdaki gibidir.



şekil 27. Tarım (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü



Şekil 28. Tarım (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü

Organik madde miktarları bakımından en yüksek değerler % 6,77 ile orman alanındaki toprak profillerinde belirlenmiştir. Tarım ve otlak alanlarındaki profillerdeki organik madde miktarları % 2,3 - 4,5 arası olarak belirlenmiştir.

Ormanlık alandaki toprak profillerinin görüntüleri aşağıda (şekil 29, şekil 30) verilmiştir.



şekil 29. Orman (% 40 eğim) toprak kesiti görüntüsü



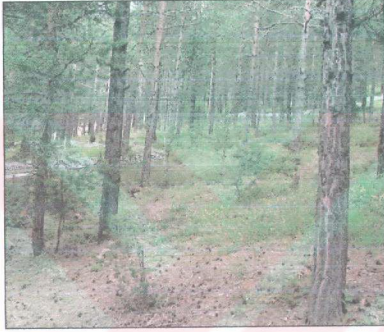
Şekil 30. Orman (% 20 eğim) toprak kesiti görüntüsü

Yine yapılan laboratuvar tetkikleri sonucunda her üç arazi kullanım biçiminde de ölçülen geçirgenlik (permeabilite) değerlerinin, 0,60-2,26 cm/dak arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle orman alanındaki geçirgenlik değerlerinin daha yüksek olduğu (1,71-2,26 cm/dak) ve otlak alanındaki geçirgenlik değerlerinin de daha düşük olduğu (0,60-1,15 cm/dak) belirlenmiştir.

2.1.2.6. Bitki Örtüsü

Araştırma alanı, Doğu Karadeniz ardi bölgesinde; Gümüşhane ili, Torul ilçesi, İkişu Beldesi Işık köyü sınırları içerisinde olup, “İrano – Turanean” genel iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır.

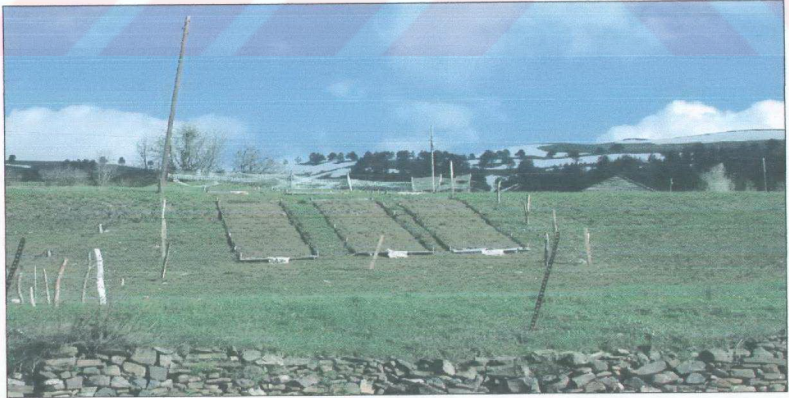
Araştırma alanındaki genel bitki örtüsünü gösteren şekiller aşağıda verilmiştir (Şekil 31, Şekil 32, Şekil 33).



Şekil 31. Ormanlık alan bitki örtüsü



Şekil 32. Otlak alanı bitki örtüsü



Şekil 33. Tarım alanı bitki örtüsü

Araştırma alanında ve özellikle ölçüm parselleri bazında yapılan floristik incelemeler sonucunda aşağıdaki çizelgede (Çizelge 5) gösterilen bitki türleri tespit edilmiştir. Bu türlerin arazi kullanım biçimlerine göre dağılımı ve örtme dereceleri ek çizelge olarak (Ek Çizelge 2, Ek Çizelge 3)) verilmiştir.

Çizelge 5. Araştırma alanındaki başlıca bitki türleri

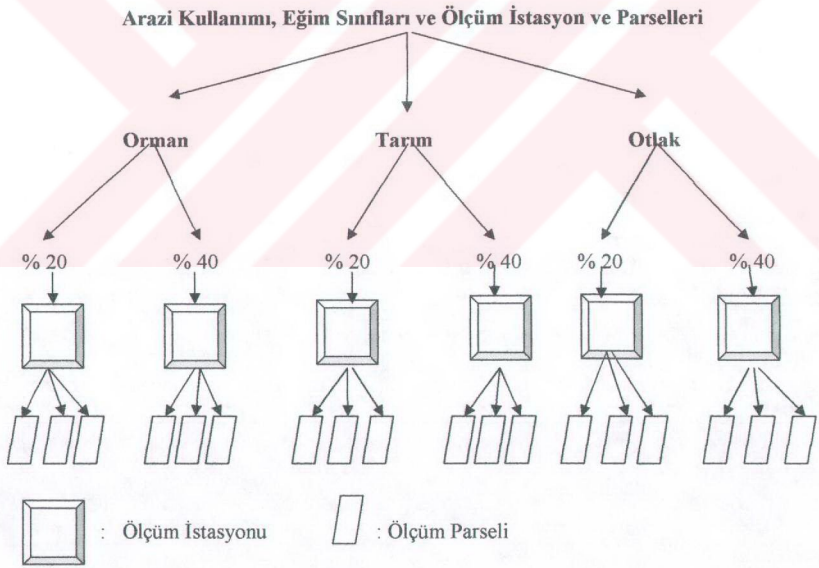
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Festuca spp.</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Agrostis spp.</i>	<i>Filago spp.</i>	<i>Polygala major</i>
<i>Anchusa azurea</i>	<i>Galium verum</i>	<i>Prunella vulgaris</i>
<i>Antemis spp.</i>	<i>Gentiana septenrida</i>	<i>Pyrus elaeagnifolia</i>
<i>Antilis vulneraria</i>	<i>Geranium spp.</i>	<i>Ranunculus arvensis</i>
<i>Aristolocia biftatae</i>	<i>Globularia spp.</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Astragalus microcephalus</i>	<i>Helicrysum spp.</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Berberis vulgaris</i>	<i>Hypericum spp.</i>	<i>Rumex spp.</i>
<i>Briza minima</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Salvia virgata</i>
<i>Bromus japonicus</i>	<i>Lactuca serriola</i>	<i>Scrophularia spp.</i>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Lapsona communis</i>	<i>Sedum album</i>
<i>Carinthe spp.</i>	<i>Lathyrus spp.</i>	<i>Senecio spp.</i>
<i>Caryophyllacea</i>	<i>Leontodon spp.</i>	<i>Sideritis spp.</i>
<i>Centaurea spp.</i>	<i>Linum spp.</i>	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Circium spp.</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Sonchisorbis minör</i>
<i>Circium intybus</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Sonchis asper</i>
<i>Cirsium spp.</i>	<i>Medicago spp.</i>	<i>Stachys spp.</i>
<i>Convolvulus spp.</i>	<i>Melilotus officinalis</i>	<i>Taraxacum spp.</i>
<i>Cronilla varia</i>	<i>Minoartia spp.</i>	<i>Teucrium polium</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Miyosotis arvensis</i>	<i>Tragopogon spp.</i>
<i>Daphne oleoides</i>	<i>Onobrychis spp.</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Dipsacus pilosus</i>	<i>Orobanche lutea</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Erigeron alnus</i>	<i>Papaver rhoeou</i>	<i>Tussilago farfara</i>
<i>Eringrom gigantea</i>	<i>Pelanthemum spp.</i>	<i>Verbascum spp.</i>
<i>Erygium spp.</i>	<i>Potentilla rupestris</i>	<i>Viburnum lantana</i>
<i>Eupatorium cannabinum</i>	<i>Pilosella hoppeana</i>	<i>Vicia cracca</i>
<i>Euphorbia spp.</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Plantago athrata</i>	

2.2. Araştırma Yöntemleri

2.2.1. Araştırma Deneme Deseni

Araştırmanın deneme deseninin hazırlanmasında, Faktöriyel Deneme Deseni (Sevim, 1956) kullanılmıştır.

Araştırma deseninde iki temel etmen ve bunların bölümleri mevcuttur. Etmenlerden birincisi, "Farklı Arazi Kullanımı" dır ve bu etmen de üç alt bölüme ayrılmıştır: 1. *Orman Alanı*, 2. *Tarım Alanı* (terk edilmiş tarım arazisi) ve 3. *Otlak Alanı* (aşırı otlatma uğramış). Diğer araştırma etmeni ise, Arazi Eğimi'dir. Bu etmen ise, iki alt düzeye ayrılmıştır: 1. % 20 Eğim Sınıfı (% 15-20 eğim sınıfını ifade eder) ve 2. % 40 Eğim Sınıfı (% 35-40 eğim sınıfını ifade eder). Bu şekilde oluşturulan deneme deseni diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 34).



Şekil 34. Faktöriyel deneme desenine göre araştırma deseni çizelgesi

2.2.2. Toprak Aşınımı Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılan USLE (Uluslararası Toprak Kaybı Eşitliği) Benzetim Modeli

Araştırma alanındaki ölçüm parsellerinden arazi şartlarında ölçülerek elde edilen toprak kaybı miktarları, aşağıda verilen toprak kaybı tahmini yapan ampirik temele dayalı bir benzetim modeli (USLE) uygulamasının sonuçları ile karşılaştırılarak veriler arasındaki korelasyon irdelenmiştir.

Dünyada en yaygın olarak kullanılan su aşınımı tanımlaması yapan ampirik temele dayalı benzetim modeli USLE dir. Bu model 1930 ila 1952 yılları arasında orta batı ABD de standardize edilmiş ölçüm parsellerinde (Wishmeier parselleri) yapılan çok sayıda ölçüm sonucunda Wischmeier ve Smith tarafından ilk olarak 1965 yılında yayınlanmıştır.

Kullanılan bu benzetim modeli, doğrudan ya da dolaylı olarak toprak aşınımını etkileyen altı adet etmeden oluşmaktadır. Bu etmenler sırasıyla şunlardır:

- (A): Potansiyel Toprak Aşınımı Miktarı (ton/ha/yıl).
- (R): Yağışın Etkisi → Erosiv etki oluşturabilecek kadar kinetik enerjiye sahip yağış.
- (K): Toprak Erodibilitesinin Etkisi → Toprağın aşınımına karşı duyarlılığını ifade eder.
- (L): Yamaç Uzunluğunun Etkisi
- (S): Yamaç Eğiminin Etkisi
- (C): Toprak İşleme ve Toprak Örtüsünün Etkisi
- (P): Aşınım Önleyici Tedbirlerin Etkisi

Yukarıda açıklamaları verilen etmenlerin çarpımı sonucunda;

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Ortalama potansiyel toprak aşınımı değeri elde edilmektedir. Bu eşitlikteki etmenlerin anlamları ve hesaplanış biçimleri şöyledir:

R etmeni, bir yağışın aşınım oluşturabilme etkisini ifade eder. Yani yağışın, toprak yüzeyindeki parçacıkları, çarpma etkisi ya da yüzeysel akışa geçen suyun sürüklenme etkisi ile parçalayarak taşıyabilme kabiliyetini ifade eder. Uzun yıllar yapılan aşınım ölçümleri sonucunda bu etkiyi en iyi temsil edebilecek olayın, kurak bir periyot tan sonra ilk yarım saat içerisinde yağın yağışın kinetik enerjisi E_{kin} (Joule/m²) ile oluşturduğu etki olduğu

sonucuna varılmıştır. Kinetik enerjinin tahmin edilebilmesi amacıyla yazıcı yağmur ölçer aletinden mümkün olduğunca çok sayıda (n) ve teker teker elde edilen yağışlar parçalarına ayrılmakta (i), birbirine yakın yoğunluktaki yağışlar gruplar (I_i) halinde belirlenmekte ve her bir grubun yağış miktarı (N_i) belirlenmektedir. Daha sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla E_{kin} hesaplanmaktadır.

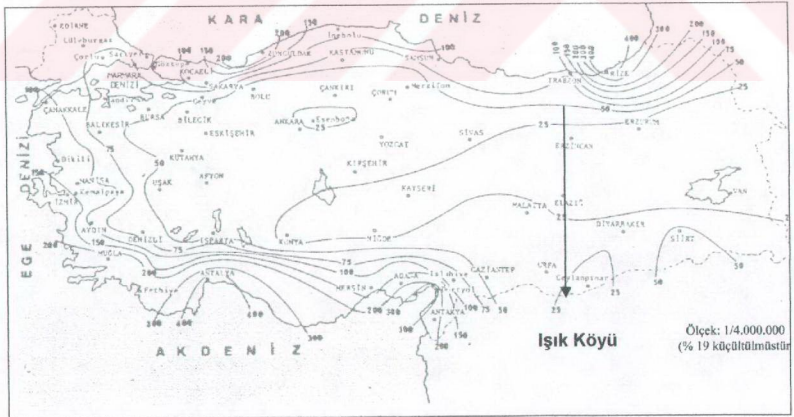
$$E_{kin} = \sum_{i=1}^n (11,89 + 8,73 \cdot \log I_i) \cdot N_i \cdot 10^{-3} \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

Diğer bir aşamada ise; aşınım oluşturabilecek her bir tekil yağışın EI_{30} değerleri hesaplanmaktadır. Bu değer; $EI_{30} = E_{kin} \cdot I_{max30}$ şeklinde ifade edilir. Burada $I_{max30} = 30$ dakikalık en fazla yağış (cm/h) yoğunluklarını ifade etmektedir.

$$R = \sum_{n=1}^{365} EI_{30}$$

Böylece bir yıllık sürede aşınım oluşturma özelliğine sahip yağışların EI_{30} değerlerinin toplanması sonucunda R etmeni hesaplanır (Dikau, 1986).

Araştırma alanına ait R değerleri, aşağıdaki çizelgeden elde edilmiştir (Doğan ve Güçer, 1976) (Şekil 35).



Şekil 35. Türkiye genelinde yağış katsayısı değerleri (Doğan ve Güçer, 1976).

K değeri ise, yağışın etkisiyle toprak parçacıklarının çözünme ve parçalanmaya karşı direncinin ifadesidir. Toprak tekstürü (kum, ince kum, toz ve kil), organik madde miktarı, agregat sınıfları (Çizelge 6) ve geçirgenlik sınıflarının (Çizelge 7) belirlenmesiyle hesaplanır. Wischmeier ve Smith K değerinin hesaplanması için şu regresyon denklemini teklif etmektedirler (Schwertmann, 1987).

$$K = 2,77 \cdot 10^{-6} \cdot M^{1,14} \cdot (12-OS) + 0,043 \cdot (A-2) + 0,0033 \cdot (4-D)$$

Bu denklem ABD de gerçekleştirilen ölçümlerle oluşturulmuş ve zaman içerisinde çok az değişen toprak özelliklerini temel almıştır.

Denklemdaki; $M = 0,002 \text{ mm} \leq d \leq 0,1 \text{ mm}$ (yani "toz + ince kum" boyutlarındaki toprak tanecikleri) $\cdot x$ ($100 - < 0,002 \text{ mm}$ boyutundaki toprak tanecikleri (yani "kil"), çarpımını % olarak ifade etmektedir.

OS = Organik madde miktarının % olarak ifadesidir. Şayet organik madde miktarı % 4'ten büyük ise denklemden % 4 olarak kullanılmalıdır.

A = Agregat boyutları sınıfını ifade eder. (Schwertmann vd., 1987) bu sınıfları şu şekilde belirlemiştirler (Çizelge 6).

D = Geçirgenlik (permeabilite) sınıfının ifadesidir. Bu sınıflama ise aşağıdaki çizelgede verildiği biçimde yapılmaktadır (Çizelge 7).

K etmeni, yukarıda verilen matematiksel denklem kullanılarak hesaplama yapılabileceği gibi aşağıda verilen ve yukarıdaki denklem esas alınarak oluşturulan monogram (Şekil 36) kullanılarak ta belirlenebilmektedir (gerçekleştirilen bu araştırmada olduğu gibi).

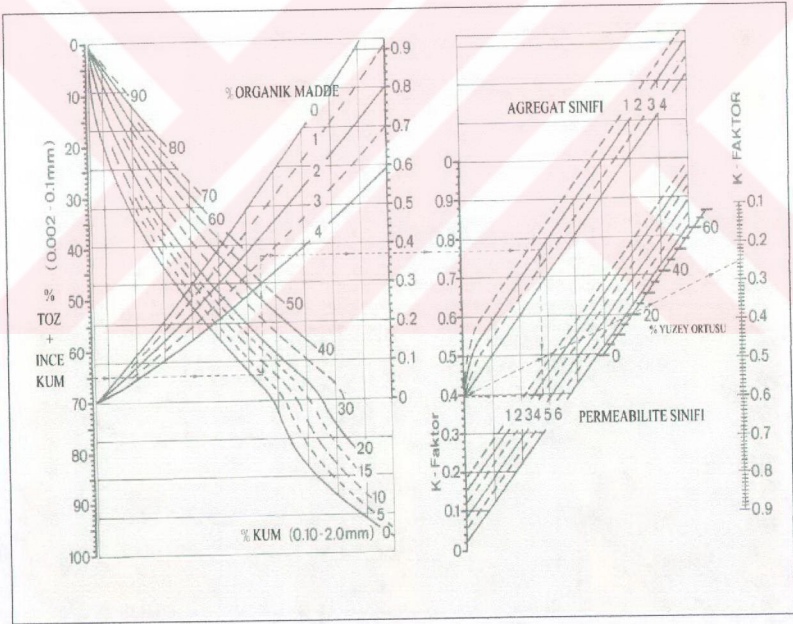
Çizelge 6. Agregat (Kırıntı) boyutu sınıfları (B.K., 1994).

Agregatlaşma	Ortalama Agregat Büyüklüğü (mm)	Agregat Sınıfı
Çok İnce Kırıntılı	< 1	1
İnce Kırıntılı	1 - 2	2
Orta - Büyük Kırıntılı	2 - 10	3
Blok ya da Sıkı	> 10	4

Çizelge 7. Geçirgenlik (permeabilite) sınıfları (B.K., 1994).

Tanımlama	Geçirgenlik (cm/d)	Geçirgenlik Sınıfı
Oldukça Az	< 1	1
Az	1 - 10	2
Orta	10 - 40	3
Yüksek	40 - 100	4
Çok Yüksek	100 - 300	5
Aşırı Yüksek	> 300	6

K Etmeninin kolayca belirlenebilmesi için oluşturulan “ K Etmeni Monogramı” aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 36).



Şekil 36. K Etmeni monogramı (Schwertmann vd., 1987).

L,S değerleri topoğrafik etmenler olarak adlandırılırlar, eğim ve yamaç uzunluğunun toprak aşınımı üzerindeki etkisini ifade ederler. Aynı zamanda dolaylı da olsa yüzeysel akışa geçen yağış sularının arazi eğimine paralel olarak artan hızlarının olumsuz etkisini de yansıtır. Şu denklem ile hesaplanır:

$$LS = (I / 22)^m \cdot (65,41 \cdot \sin^2\alpha + 4,56 \cdot \sin \alpha \cdot 0,065) \text{ ya da}$$

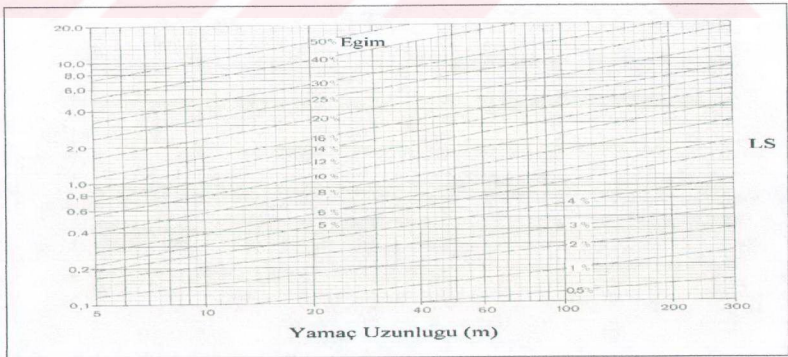
$$LS = (I / 22)^m \cdot \sqrt{s/9} \cdot \sqrt{(s/9)}$$

Bu denklemlerde; I = Yamaç Uzunluğunu (m olarak), α = Yamaç Eğimini ($^\circ$ olarak) ve s = Yamaç Eğimini (% olarak) ifade eder. Her iki eşitlikte de kullanılan m değeri ise yamaç eğimine bağlı olarak hesaplanmaktadır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Yamaç eğimine bağlı olarak hesaplanan m değerleri (Schwertmann vd., 1987).

Yamaç Eğimi (%)	M
$\leq 0,5$	0,15
0,6-1,0	0,20
1,1-3,4	0,30
3,5-4,9	0,40
$\geq 5,0$	0,50

LS değerlerini kolayca belirleyebilmek amacıyla aşağıda verilen diyagramlar oluşturulmuştur (Şekil 37) (Schwertmann vd., 1987).



Şekil 37. LS değerlerini hesaplama diyagramı (Schwertmann vd., 1987).

C etmeni ise, bitki örtüsü türlerinin ve toprak işleme şekillerinin, standart parsellerdeki (⁴Wischmeier parselleri) ölçülen değerlere göre durumunu ifade eder. Toprak aşınımını engelleyici görev yapan toprak yüzeyi örtüleri dikkate alınarak hesaplanır. Richter (1979) farklı bitki örtüsü ile kaplı alanların C değerlerini aşağıda verilen çizelgede (Çizelge 9) şu şekilde belirlemiştir.

Çizelge 9. C değerleri çizelgesi (Richter, 1979).

Arazi Kullanım Biçimi	"C" Değerleri
Otlak Alan	0,07
Çayırılık Alan	0,05
Ağaçlıklı Çayırılık Alan	0,03
Ormanlık Alan (Seyrek)	0,03
Ormanlık Alan (Gençlik Çağı)	0,02
Ormanlık Alan (Sık)	0,01
Geçleştirme Alanları	0,10
Tarım Arazileri	0,09
Üzüm Bağları	0,13
Meyve Bahçeleri	0,03

P sembolüyle ifade edilen etmen ise, toprak korumaya yönelik önlemlerin (teraslama, şerit ve hat şeklindeki toprak işlemleri vb.) alınıp alınmadığının bir ifadesidir. Herhangi bir toprak koruma önleminin alınmadığı ise "1" olarak kullanılır (Wischmeier ve Smith 1978).

⁴ Uzunluğu 22,1 m olan ve % 9 eğime sahip parseller olup, topraktaki organik madde miktarı % 4 ten fazla, toplam toz ve ince kum oranı % 70 i geçmeyen nadasa bırakılmış alanlardır.

2.2.3. Laboratuvar Yöntemleri

2.2.3.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Topraklar, önce hava kuru hale getirilmek üzere gazete kağıtları üzerine serilmiştir. Bu şekilde belli bir süre ile bekleyen topraklar, porselen havanlarda usulüne uygun bir şekilde ezilerek agregatlar parçalanmaya çalışılmıştır. Daha sonra 2 milimetrelük eleklerden geçirilen topraklar, numaralanarak naylon torbalara aktarılmıştır. Böylelikle toprak numuneleri çeşitli fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri belirlenmek üzere analize hazır hale getirilmiştir.

2.2.3.2. Toprak Örneklerine Ait Bazı Laboratuvar Analizleri

2.2.3.2.1. Toprak Türü (Tekstür) Tayini

Toprakların tekstür tayinleri, Bouyoucos' un Hidrometre Yöntemi (Özyuvacı, 1976a) esasları dikkate alınarak yapılmıştır. Bu yöntemde göre analizler, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve hava kuru hale getirilmiş toprak örneklerinden, ağır tekstürlü (kil oranı fazla olan topraklar) topraklardan 50 gr ve hafif tekstürlü (kum oranı fazla olan topraklar) topraklardan ise 100 gr toprak örneği alınmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Kullanılacak toprak miktarı kabaca el muayenesi ile belirlenmiş ve 100 gr toprak örneği kullanılması uygun görülmüştür.

Bu işlem için 400 ml'lik beherlere, yukarıda belirtildiği miktarda (100 gr) toprak örneği konulmuştur ve üzerlerine 200 ml saf su ilave edilmiştir. Oluşabilecek bazı çözünmez bileşiklerin çözünmelerinin sağlanabilmesi amacıyla, her bir behere 10 ml % 5'lik Calgon (Sodyum heksametrafosfat) çözeltisi ilave edilmiş ve iyice karıştırıldıktan sonra 24 saat süre ile dispersleştirilmeye bırakılmıştır.

Bu süre sonunda mekanik analize hazır hale gelen karışım, beherlerden mikser'e (karıştırıcı'ya) aktarılmış ve 5 dakika süre ile karıştırılmıştır. Buradan alınan solüsyon, içerisinde saf su bulunan bir piset yardımıyla hidrometre silindiri içerisine, iyice yıkanmak kaydıyla, boşaltılmıştır. Hidrometre Silindiri 1000 ml. çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır (Özyuvacı, 1976a). Basit bir karıştırıcıyla silindir içerisindeki karışım karıştırılmış ve ilk okuma dört dakika kırksekiz saniye (4'48''), ikinci okuma ise iki saat (120') sonra yapılmıştır (İrmak, 1954). Her okumada hemen sonra sıcaklık okumaları da yapılmıştır. Okunan hidrometre değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılarak,

ilk okumada "kil + toz", ikinci okumada " kil " ve bu değerlerden faydalanarak " kum " ve " toz " fraksiyonlarının miktarı " % " olarak hesaplanmıştır.

2.2.3.2.2. İnce Kum Oranı

Amerika Birleşik Devletleri toprak tanecikleri boyutlandırmasına göre ince kum, 0,25 mm ila 0,10 mm arasında kalan boyuttaki toprak taneciklerini ifade etmektedir (epel, 1988). Buna göre, havanda ezilerek 2 mm lik elekten geirilmış toprak materyali, bir pipet yardımıyla önce 0,10 mm lik elek üzerine yıkanır. Sonra 0,10 mm lik elek üzerindeki 0,10 – 2 mm boyutlarındaki kum 0,25 mm lik elek üzerine yıkanır ve hava kurusu hale getirilerek aşağıdaki şekilde ince kum miktarı belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

İnce kum = (0,10 mm – 2 mm lik kum) – (0,25 mm – 2 mm lik kum)

2.2.3.2.3. Agregat Sınıfları

Arazideki ölüm parsellerinde (her birinde en az 3 tekrarlı olmak üzere) tesadüfi olarak alınarak karton kağıtlar üzerine konulan bir miktar toprak örneği üzerinde göz ile agregat (kırıntı) boyutları Bodenkundliche Kartieranleitung (B.K., 1994) da belirtilen sınıflar ve boyutlarına göre belirlenmiştir (Schwertmann vd. 1987).

2.2.3.2.4. YuzeySEL Taşılılık

Arazideki ölüm parselleri üzerinde tesadüfi olarak belirlenen 1 m x 1 m boyutundaki alanlarda Bodenkundliche Kartieranleitung (B.K., 1994) da belirtilen boyutlara göre (1 cm den buyuk taş ve diğer parçacıklar) göz ile örnek alanlardaki kaplama dereceleri tahminen belirlenmiştir (Schwertmann vd., 1987) (Richter, 1979).

2.2.3.2.5. Organik Madde

Toprak örneklerinin organik madde miktarları 2 milimetrelık elekten geirilmış 0.5 gr 'lık örnekler üzerinden Walkley - Black 'ın kromik asit yöntemi ile belirlenmiştir (Gülçur, 1974 ve Irmak, 1954).

2.2.3.2.6. pH Tayini

Toprak örneklerinin hidrojen iyonları konsantrasyonu (pH), 1/2.5 oramndaki toprak - saf su karışımından oluşan solusyonda Beckman H5 pH metresi ile ölçülmüştür (Gülçur, 1974).

2.2.3.2.7. Geçirgenlik (Permeabilite)

Geçirgenlik tayinleri için hacim ağırlığı toprak örnekleri, bir küvet içerisinde (içerisinde hava kalmaması için) alttan azar azar ıslanacak şekilde 24 saat süre ile bekletilerek su ile doymuş hale getirilmiştir. Doğal yapısı bozulmamış örneklerin doygun hale getirilmesinden sonra geçirgenlik ölçme aletinde belli bir su sütunu (hidrostatik basınç) altında örnek içinden su geçirilip, geçen suyun miktarı ile geçme zamanı saptandıktan sonra Darcy kanununa, dayanan aşağıdaki formülün (1) uygulanmasıyla toprak örneklerinin geçirgenlik hesaplamıştır (Schwab, 1966).

$$P = \left(\frac{Q}{A} \right) \times \left(\frac{H_s}{H_s + H_w} \right) \quad \text{cm / saat} \quad (1)$$

Burada, **P** permeabilite (gr/cm²/sn), **Q** belirli bir zamanda geçen suyun miktarı (cm/saat), **A** toprak örneğinin kesit alanı (cm²), **H_s** toprak örneğinin yüksekliği (cm), **H_w** ise hidrostatik basınç yapan su sütunu yüksekliğini (cm) ifade etmektedir.

2.2.3.2.8. Bazı Bitki Besin Maddeleri (N, P, K) Tayini

Toplam *Azot (N)* tayini, LECO (Azot Tayin Cihazı) cihazı ile ve kuru tartım yapılarak hesaplanmıştır.

Fosfor (P) tayini, toprakların pH durumuna göre spektrofotometre cihazında, pH < 7.4 ten küçük olduğundan Bray ve Kurtz yöntemine göre (Akıllıoğlu ve Direnç, 2002).

Potasyum (K) tayini, Flame- Photometre cihazında 1 normal Amonyum Asetat yöntemine göre ölçüm yapılmıştır (pH < 7 ise; Amonyak ile, pH > 7 ise; Asetik asit ile pH = 7'ye ayarlanmıştır) (Akıllıoğlu ve Direnç, 2002).

2.2.4. Matematik İstatistiksel Yöntemler

Bir denemenin sonuçlarının değerlendirilmesinde varyans analizi birinci adımdır. Analiz sonucu grup ortalamalarının önemli derecede (en az % 95) farklı oldukları anlaşılırsa, yapılacak 2. iş hangi grup veya grupların diğerlerinden farklı olduğunu bulmaktır. Bu maksatla t istatistiğinden yararlanılabileceği gibi, Fisher'in asgari önemli fark (Least Significant Difference=LSD), Student-Newman-Keuls, Duncan, Scheffe, Tukey ve Hartley metotlarından biri kullanılabilir. Bunlardan t testine dayalı bir metot olan LSD metodu, uygulama kolaylığına karşılık, ancak kaba bir karşılaştırma için yeterli bulunmaktadır. Tukey ve Duncan testinin kısmen, Student-Newman-Keuls testinin ise daha hassas olduğu ifade edilmektedir (Ercan, 1997). Örnek büyüklüklerinin eşit olması (yaptığımız araştırmada olduğu gibi) halinde uygulama kolaylığı sebebiyle Tukey metodu ile yetinilebileceği belirtilmekte, farklı olmaları halinde ise Duncan testinin kullanılması önerilmektedir. Student-Newman-Keuls testi, insan yaşamı gibi çok önemli konularda tavsiye edilmektedir. Scheffe testi ise ikili karşılaştırmalar için duyarlı görülmemektedir. Tukey, Hartleyden daha kullanışlı ve emin görülmektedir (Ercan, 1997). Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı yaptığımız araştırmada SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilen istatistiksel analizlerde, çoklu varyans analizi (MANOVA) ve Tukey'in doğruluk testi kullanılarak grupların homojen olup olmadıkları belirlenmiştir. Korelasyon analizlerinde ise Pearson korelasyonu kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, ölçüm parsellerinden elde edilen aşınım ağıranış toprak ve yüzeysel akış miktarları ile aşınım ağıranış topraklar üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar analizleri sonuçları verilerek bunlara ilişkin değerlendirmeler yapılacaktır. Ayrıca elde edilen laboratuvar sonuçları üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirmeler de verilecektir.

3.1. Taşınan Topraklara, Yüzeysel Akış Sularına ve Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

3.1.1. Taşınan Toprak ve Yüzeysel Akış Miktarları İle Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Ortalama Değerlerin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Durumu

Ölçüm parsellerinden, elde edilen toprak aşınım değerleri ile kimi toprak özellikleri ortalama değerlerinin, arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre değişimi aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Araştırma alanında elde edilen taşınan toprak ve su miktarları ile bazı bitki besin maddeleri miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıfına göre değişimi

Arazi Kullan.	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Yağış (Nisan – Eylül ⁵) (mm)	Aşınım Miktarı (Ton/Ha /Yıl)	Toplam Azot Miktarı (kg/ha/yıl)	Yararlanabilir Fosfor Miktarı (Kg/ha/yıl)	Değiştirilebilir Potasyum Miktarı (Kg/ha/yıl)	Organik Madde Miktarı (kg/ha/yıl)	pH (1/2,5 H ₂ O)	Ort. Yüz. Akış Miktarı (Lt/Ha /Yıl)
Orman	20	253.7	-	-	-	-	-	-	509
	40		-	-	-	-	-	-	903
Otlak	20		0,02	0,22	0,33	2,98	4,54	6,91	2423
	40		0,16	1,28	1,04	10,71	28,16	6,78	5666
Tarım	20		0,06	0,84	0,67	9,42	15,84	7,06	2327
	40		0,12	1,44	1,3	14,9	29,76	6,91	4510

⁵ Araştırma alanı Nisan – Eylül ayları dışındaki aylarda kar örtüsü ile kaplıdır ve toprak bu dönemde yağmur damlasının aşındırıcı etkisi ile karşı karşıya değildir. Bu nedenle bu dönemdeki (nisan – eylül) yağış değerleri dikkate alınmıştır.

“Doğu Karadeniz Ardi Gümüşhane Yöresinde Farklı Kullanım ve Eğitimdeki Arazilerin Toprak Aşınımının Nicel ve Nitel Olarak Belirlenmesi ile “USLE” Benzetim (Simulasyon) Modeli Sonuçlarının Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar” konulu araştırmada elde edilen bulguların başında, toprak aşınımı ve yüzeysel akış değerleri bakımından arazi kullanım biçimleri ve eğitim grupları arasında önemli farklılıkların olması gelmektedir. Vacca vd., (2000), de farklı arazi kullanımları altındaki arazilerde toprak aşınımı konusunda yaptıkları araştırmada elde ettikleri sonuçlar üzerinde yaptıkları istatistiksel değerlendirmeler neticesinde arazi kullanımları arasında toprak aşınımı ve yüzeysel akış değerleri bakımından anlamlı farklılıkların olduğunu ortaya koymuşlardır.

Araştırma alanında kurulan ölçüm parsellerinde yapılan ölçümler sonucunda hem % 20 eğim sınıfında hem de % 40 eğim sınıfındaki (0,6 kapalılıkta bulunan ortalama 50 yaşındaki ağaçlardan oluşan sarıçam bükünde) ormanlık alanda toprak aşınımı değerleri elde edilememiştir (Çizelge 10). Bu durumun başlıca sebepleri arasında; orman ağaçlarının yaprakları, dalları ve gövdeleri ile oluşturdukları intersepsiyon sonucunda yağışın doğrudan toprak yüzeyine düşmesinin büyük ölçüde engellenmesi ile ölü örtü birikimi nedeniyle mineral toprakların yağmur damlalarının parçalanamaması ve yüksek organik madde miktarının (% 5,9 – 6,5) (Ek Çizelge 5) orman toprağının özelliklerini olumlu yönde etkilemesidir.

Nitekim Çepel (1971), de ülkemizdeki bazı yapraklı ve ibrelili ormanlarda intersepsiyon oranının % 17 ile % 31 arasında değiştiğini belirtmektedir. Ayrıca Görçelioğlu (1974), ormanlık alanların su veriminin ormansız alanların su veriminden 6 kat daha fazla olduğunu belirtmiştir ve bu durumu ormanların sahip bulunduğu tepe çatılarının büyüklüğüne, etkin örtü alanı ve toprakaltı kök sistemlerine sahip olmalarına, orman ağaçlarının yaprak ve ibrelerinin ölü örtüye her yıl fazla miktarda katkıda bulunmasına, orman örtüsü altındaki yüzey toprağı karakteristiklerinin uzun süre stabil kalabilmesine ve hidrolojik bakımdan bu karakteristiklerin (1) yağışın intersepsiyonu, (2) evapotranspirasyon ve (3) infiltrasyon süreçleri içinde önem taşımalarına bağlamışlardır.

Yine ölçüm parsellerinde ölçülen yüzeysel akış suları ortalama miktarları, otlak ve tarım parselleriyle kıyaslandığında (Çizelge 10) ormandaki miktarların oldukça düşük kaldığı görülmektedir. Bu durum da yukarıda belirtilen hususları destekleyici niteliktedir. Yüzeysel akış miktarlarının yıllık ve aylık değişimleri, yağış miktarına bağlı olduğu gibi yağışın şiddeti ve dağılımı gibi nedenlere de bağlı olabilir. Fayos vd., (1998), iklim

etmeninin mevcut toprak özellikleri üzerindeki zamansal ve mekansal boyuttaki etkilerini inceledikleri araştırmalarında, yüzeysel akış ve toprak aşınımı miktarının da yıllık yağış miktarı ile değiştiği ve özellikle iklim koşullarının kuraklaşmaya başladığı bölgelerde daha da yoğunlaştığı sonucuna varmışlardır. Yine, Bryan (2000), çalışmasında; toprak agregatları ve parçalanmaya karşı dayanıklılık gibi toprak aşınırlığını etkileyen nedenlerin toprak özelliklerine, yağış dağılımına, donma durumuna vb. mevsimsel olarak değişen iklim şartlarına bağlı olarak değiştiğini ve bu durumun aynı zamanda bitki türü ve vejetasyon stabilitesi ve esnekliğini de değiştirebildiğini belirtmektedir.

Otlak arazisinde kurulan % 20 eğim sınıfındaki ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı miktarı 0,02 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı ortalama miktarı ise 0,16 ton/ha/yıl bulunmuştur (Çizelge 10). Otlak parsellerinde eğimin 2 kat artması toprak aşınımı miktarını 8 kat artırmıştır. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarlarının % 40 eğime göre düşük çıkmasında, daha yoğun bir otlak bitki örtüsünün bulunuşunun (Ek Çizelge 3) ve dolayısıyla toprak yüzeyini kaplayan bitki örtüsünün özellikle yağmur damlalarının doğrudan toprak yüzeyine çarpmasını engellemesinin etkili olduğu düşünölmektedir. Ayrıca aşırı otlatmanın ve hayvanların basma etkisi sonuçlarının özellikle % 40 eğim sınıfında çok daha etkili olduğu düşünölmektedir. Bermudez vd., (1998), de yaptıkları araştırma sonucunda, basma etkisinin önemli bir olumsuzluk yarattığı sonucuna varmışlardır. Ölçülen geçirgenlik değerlerine (Ek Çizelge 5) göre de % 20 eğim sınıfındaki geçirgenlik değerleri (geçirgenlik sınıfı 2 (Çizelge 7)) % 40 eğim sınıfına oranla (geçirgenlik sınıfı 1 (Çizelge 7)) daha yüksek çıkmıştır. % 40 eğimdeki geçirgenlik değerlerinin düşük çıkmasının yüksek eğimli yüzeye düşen yağış sularının toprak derinliklerine sızmadan yüzeysel akışa geçmesinden ve beraberinde toprak parçacıklarını taşımasından kaynaklandığı düşünölmektedir. Lasanta vd., (1995), de yaptıkları araştırmada; geleneksel tahıl tarımı yapılan alanların toprak aşınımına duyarlı olduğunu, özellikle düşük eğimdeki çayır-mera alanlarının ve çalılıkların duyarlılıklarının daha az olduğunu saptamışlar ve dolayısıyla da taşınan sediment miktarını azaltmanın yolunun bu alanların dönüşümünden geçtiğini belirtmektedirler. Yine % 40 eğimdeki otlak parsellerinde organik madde miktarları en düşük değerleri vermiştir (Ek Çizelge 5). Bu sonuca bakarak organik madde miktarı artışının, toprağın fiziksel özellikleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu, agregat stabilitesini olumlu etkilediği ve böylece yüzeysel akış değerlerini azaltıcı ve dolayısıyla da toprak aşınımını önleyici yönde fayda sağladığı

söylenbilir. Singer ve Bissonnais (1998), de yaptıkları araştırmada, düşük agregat stabilitesi ve yüksek toprak aşınımının çoğu zaman düşük organik madde içeriği sonucu oluştuğunu belirtmektedirler.

% 20 eğim sınıfındaki tarım arazisinde kurulan ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı miktarı 0,06 ton/ha/yıl olmuştur. % 40 eğim sınıfında ise toplam ortalama toprak aşınımı miktarı 0,12 ton/ha/yıl olarak ölçülmüştür (Çizelge 10). % 40 eğim sınıfında toprak aşınımı miktarının % 20 eğim sınıfına kıyasla 2 kat daha fazla olmasının başlıca sebebinin eğim etmeni olduğu sonucuna varılmıştır. Nitekim, Aydemir (1973), de yaptığı araştırmada eğim artışı ile toprak aşınım miktarları ve yüzeysel akış suları miktarları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirlemiştir. Tarım alanında uygulanan bazı toprak işleme şekillerinin de olumlu etkilerinin olabileceği düşünülmektedir. Müler vd., (1984), de yapay yağmurlama düzeneği kullanarak yaptıkları araştırma neticesinde; toprak aşınım değerlerinin en düşük olduğu tarım arazilerinin, toprak işleminin yapıldığı araziler olduğunu belirtmektedirler. Basic vd., (2001), de tarım alanlarındaki derin (30 cm) toprak işleminin ve toprak işleme metodlarının toprak aşınımı üzerindeki etkisini inceledikleri araştırmalarında; sonuç olarak toprak aşınımını tam olarak önleyici bir toprak işleme metodunun olmadığını, ancak bazı toprak işleme metodlarının aşınımı azaltıcı etkisinin olduğunu ve bu metodların başında da eğim yönüne dik toprak işleminin geldiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, Takken vd., (2001), de yaptıkları araştırma sonucunda; tarımsal alanlardaki toprak aşınımı değerlerinin artıp azalmasında en önemli etmenlerden birinin toprak işleme şekli olduğu sonucuna varmışlardır.

Bütün ölçüm parselleri içerisinde ve özellikle % 40 eğim sınıfında olmak üzere en yüksek yüzeysel akış miktarları otlak alanında ölçülmüştür. % 20 eğim sınıfında ise tarım alanı ölçüm parselleri değerleri ile otlak ölçüm parselleri değerleri birbirine oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Ormanda ölçülen miktarlar ise her iki arazi kullanımında ölçülen yüzeysel akış değerlerine çok uzaktır. Otlak parsellerinin % 40 eğim sınıfındaki yüzeysel akış miktarlarının yüksek çıkmasının sebebi bu parsellerin geçirgenlik değerlerinin düşük oluşuna, eğimin yüksek ve bitki örtüsünün çok az oluşuna bağlanabilir. Descroix vd., (2001), de Kuzeybatı Meksika da yaptıkları araştırmalarında; dağlık arazilerde yüzeysel akış ve toprak aşınımının toprak yüzey özellikleriyle ve özellikle yüzeysel taşlılık ile yakın ilişkili olduğunu belirtmektedirler. Araştırmaları sonucunda; otsu bitki örtüsü azalışının yüzeysel akış ve toprak aşınımını artırıcı etkisinin olduğunu, ayrıca eğim derecesi, odunsu

bitki örtüsü oranı ve organik madde miktarı azlığı ile yüzeysel akış ve toprak aşınımı arasında negatif bir korelasyonun varlığını belirlemiştirlerdir.

Araştırma da elde edilen sonuçların, bazı kaynaklara göre oldukça düşük değerler verdiği söylenebilir. Ancak yapılan kaynak taraması sonuçları göstermiştir ki örneğin, (Andreu vd., 1998), yılında İspanya'da (yüzeysel taşlılığın % 40 civarında olduğu, % 47 kum, % 46,86 toz, % 6,14 kil içeren eğim oranının % 20 olduğu, ortalama yıllık yağışın 425 mm, ortalama sıcaklığın 17 °C olduğu şartlarda) bitki öldürücü kimyasal maddeler kullanılarak bitki örtüsünden tamamen arındırılmış çıplak toprak koşullarında yaptıkları ölçmelerde örneğin 9.9.1990 tarihinde (toprağın su ile doymun olduğu bir zamanda) bir günde toplam 150 mm lik yağış oluşmuş (I_{30} (mm/h) değeri yaklaşık 130 mm) ve ölçülen aylık yüzeysel akış miktarı ancak 6,5 lt/m² kadar olmuştur. O ay alanda başka yağış olmadığını düşünsek dahi yüzeysel akış miktarı toplam yağış miktarının ancak % 4 ünü oluşturmaktadır. Bizim ölçüm parsellerinde (özellikle % 40 eğimdeki Otlak arazisindeki ölçüm parsellerinde yüzeysel taşlılık yer yer % 70 lere çıkmakta (Şekil 38), ölçüm parsellerinin hiç biri (en kurak aylar olan Temmuz ve Ağustos ayları haricinde ki bu aylarda da kuruyan bitki örtüsü alanda bulunmaktadır) bitki örtüsünden tamamen arındırılmış durumda bulunmamaktadır.

Yine (Kosmas vd., 1997), MEDALUS projesi çerçevesinde Portekiz, İspanya, Fransa, İtalya ve Yunanistan da gerçekleştirdikleri çok sayıda araştırmalar sonucunda, sulu tahıl (arpa, buğday) tarımının yapıldığı, yılın büyük bir bölümünde bitki örtüsünden yoksun tamamen çıplak toprak koşullarında, % 24 eğimdeki alanlardan elde ettikleri değerlere göre, yıllık yağış miktarı 280 mm nin altında olduğu alanlarda oluşabilecek yüzeysel akış miktarı toplam yağışın % 1,5 inden çok daha az olabilmektedir. Aynı araştırmada şayet yağış miktarı 700 mm nin üzerinde olursa bu oranın % 24 lere kadar çıkabileceği belirlenmiştir. Yine yağış miktarının 380 mm nin altında olduğu alanlarda ise toprak aşınımı miktarlarının oldukça düşük olabileceği belirlenmiştir.



Şekil 38. % 40 eğim otlak arazisinin yüzeysel taşlılığı

Yağış miktarı 280-300 mm nin altında olduğu alanlarda toprak aşınımının bir tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir. Araştırma koşullarında yukarıda da belirtildiği üzere toprak hemen hiçbir zaman tamamen çıplak koşullarda bulunmamaktadır ve ölçüm parsellerindeki yüzeysel taşlılık yer yer % 30 – 70 ler arasında değişmektedir (Şekil 38). Yıllık yağış miktarı ise araştırma süresi boyunca ortalama 350-400 mm civarında ölçülmüş olup bunun da yaklaşık 300 mm lik kısmı ancak toprağın kar örtüsü ile kaplı olmadığı zamanda oluşmaktadır. Ayrıca (Rüttimann vd., 1995), tarafından İsviçre de yapılan

araştırmada (yıllık yağışın 1000 mm nin üzerinde olduğu, balçık, balçıklı kil türündeki topraklarda, taşlılık oranının % 12 civarında olduğu, eğimin % 12 – 24 arasında değiştiği, yılın büyük bölümü çıplak olduğu mısır tarımının yapıldığı (mısır sıraları arasındaki açıklık 75 cm ve aradaki boşluklar bitki örtüsünden yoksun)) yağışın miktarı ve dağılımının yüzeysel akış ve toprak aşınımı değerlerini büyük oranda değiştirdiğini belirlemişlerdir. Araştırma süresinde ölçülen en yüksek yüzeysel akış değeri 2.8.1991 tarihinde 217.8 lt/ 75m² olup bu m² de 2,9 lt ye karşılık gelir. Basit bir hesapla 20 m² lik bir alanda 58 litreyi ifade eder. Bizim çalışma alanımızın yıllık yağış miktarı 350-400 mm dir. Alanlar çoğunlukla bitki örtüsünden yoksun değildirler. Yüzeysel taşlılık oranı oldukça fazladır (yüzeysel taşlılığın infiltrasyon üzerindeki olumlu etkisi düşünöldüğünde...). Dolayısıyla bizim elde ettiğimiz değerlerin daha düşük çıkması ihtimali yüksektir.

Yine (Vacca vd., 2000), İtalya'da yaptıkları araştırmada (yıllık yağış 540 mm, bitki örtüsü tahrip edilmiş yer yer çıplak otlak arazisi, eğim % 23, kumlu balçık türünde toprak, yüzeysel taşlılık > % 50, organik madde miktarı < % 2) ölçülen en yüksek yüzeysel akış miktarı 2,26 lt/m². Ölçülen en düşük değer ise 0,6 lt/m². Bu çalışmada da yağan yağış miktarı ve dağılımı yüzeysel akış üzerinde çok büyük etkisinin olduğu belirlemişlerdir. Bizim koşullarımızda yıllık yağış daha düşük, yüzeysel taşlılık yer yer daha yüksek ve bitki örtüsü daha yoğun olarak bulunmaktadır.

Başka bir araştırmada da (Rubio vd., 1997), yoğun (ölü örtü dahil tamamen yanmış bir çam ormanı) bir orman yangını sonucunda % 30 eğimli, kum oranı % 44,6, toz oranı % 29,69, kil oranı % 25,71 olan balçık türündeki bir toprak koşullarında, ölçüm süresince 382.45 lt/m² yağış oluşmuş ve ölçülen yüzeysel akış miltarı 2.12 lt/m² dir. Bu miktar toplam yağışın %0,05 ini oluşturmaktadır.

3.1.2. Taşınan Toprak ve Su Miktarları İle Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Ortalama Değerlerin Yıllara Göre Değişimi

Aşınımına uğramış toprak ve su örnekleri miktarı ile kimi toprak özelliklerinin ortalama değerlerinin yıllara göre değişimi aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Araştırma alanında taşınan toprak ve su miktarı ile kimi besin maddelerinin arazi kullanımı, eğim sınıfları ve yıllara göre durumu

Arazi Kulla. Biçimi	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Ort. Yıllık Yağış (Nisan – Eylül) ⁶ (mm)	Yıllar	Ortalama							
				Aşınım Miktarı (Ton/ Ha /Yıl)	Toplam Azot Miktarı (Kg/Ha /Yıl)	Yarar. Fosfor Miktarı (Kg/Ha /Yıl)	Değiş. Potasyum Miktarı (Kg/H /Yıl)	Org. Mad. Miktarı (Kg/Ha /Yıl)	pH (1/2.5 H ₂ O)	Yüz. Akış Miktar. (Lt/Ha /Yıl)	
Orman	20	272,4	2001	-	.	-	-	.	-	169	
	40			-	.	-	-	.	-	381	
Otlak	20			0,04	0,44	0,48	4,46	8,64	6,90	1417	
	40			0,16	1,28	0,8	8,85	24,80	6,77	4469	
Tarım	20			0,05	0,60	0,53	5,2	10,90	6,95	1478	
	40			0,64	6,40	5,8	59,9	131,20	6,97	3172	
Orman	20		279,7	2002	-	.	-	-	.	-	636
	40				-	.	-	-	.	-	1176
Otlak	20				0,04	0,60	0,95	7,66	11,60	6,89	3352
	40				0,23	2,53	2,1	21,43	56,35	6,82	6716
Tarım	20				0,10	1,70	2,01	22,35	32,00	7,14	2799
	40				0,21	3,36	2,79	34,45	67,20	6,85	5578
Orman	20	209,1		2003	-	.	-	-	.	-	723
	40				-	.	-	-	.	-	1154
Otlak	20				0,02	0,18	0,26	2,89	3,50	6,92	2503
	40				0,11	0,66	0,6	5,76	14,19	6,71	5314
Tarım	20				0,05	0,65	0,87	7,18	12,75	7,03	2706
	40				0,85	9,35	8,6	97,67	185,30	6,93	4779

⁶ Araştırma alanı Nisan – Eylül ayları dışındaki aylarda kar örtüsü ile kaplıdır ve toprak bu dönemde yağmur damlasının aşındırıcı etkisi ile karşı karşıya değildir. Bu nedenle bu dönemdeki (nisan – eylül) yağış değerleri dikkate alınmıştır.

Toprak aşınımının gerçekleşmediği sarıçam orman alanı hariç, toplam ortalama toprak aşınımı miktarlarının yıllık değişimleri incelendiğinde; en düşük aşınımın gerçekleştiği yılın 2003 olduğu ve en yüksek aşınım miktarının elde edildiği yılın da 2002 olduğu görülür (Çizelge 11). Nitekim, araştırma alanında ölçülen yağış değerlerinin de 2003 de en düşük ve 2002 de en yüksek olduğu görülmektedir (Ek Çizelge 6). Römkens vd., (2001), de yaptıkları araştırmada; bir anda oluşan yoğun yağışların, giderek artan oranda oluşan yağışlara kıyasla daha fazla toprak aşınımı meydana getirdiğini saptamışlardır.

Sonuç olarak, toprak aşınımı miktarlarının yıllara göre değişiminin farklı olmasının başlıca sebebinin yağış miktarının (Şekil 79) düşüklüğü ya da yüksekliği ile ilgili olabileceği söylenebilir. Yağışın günlük, aylık ve yıllık dağılımı ve erosiv kuvvet oluşturabilme derecesi de farklı değerlerin ölçülmesinde etkili olmuş olabilir.

3.1.3. Taşınan Toprak ve Su Miktarları İle Kimi Toprak Özelliklerine İlişkin Ortalama Değerlerin Aylara Göre Değişimi

Aşınımına uğramış toprak ve su örnekleri miktarı ile kimi toprak özelliklerinin ortalama değerlerinin aylara göre değişimi aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 12).

Aylık ortalama toprak aşınımı miktarları incelendiğinde en yüksek ortalama yağış miktarlarının nisan ve eylül aylarında elde edildiği görülür. En düşük aşınım miktarının ise haziran ve daha sonra mayıs ayında olduğu görülmektedir. Nisan ve eylül aylarındaki yüksek aşınım değerleri, ölçülen yağış miktarlarının da bu aylarda yüksek olmasına bağlanabilir.

Aynı şekilde, yüzeysel akış miktarlarının arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre oluşturduğu farklılıkların, yağış miktar ve şiddetinin yıllık ve aylık dağılımı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan korelasyon analizi sonucunda da yağış miktarları ile yüzeysel akış ve toprak aşınımı miktarları arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 35).

Çizelge 12. Araştırma alanında taşınan toprak ve su miktarı ile kimi besin maddelerinin arazi kullanımı, eğim sınıfları ve aylara göre durumu

Arazi Kull.	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Aylık Yağış Ort. (mm)	Aylar	Ortalama						
				Aşınım Miktarı (Ton/Ha)	Azot Miktarı (Kg/Ha)	Fosfor Miktarı (Kg/Ha)	Potasyum Miktarı (Kg/Ha)	Org. Mad. Miktarı (Kg/Ha)	pH (1/2.5 H ₂ O)	Yüzeysel Akış Miktarı (Lt/Ha)
Orman	20	110,3	Nisan	-	.	-	-	.	-	1557
	40			-	.	-	-	.	-	2050
	20	32,7	Mayıs	-	.	-	-	.	-	239
	40			-	.	-	-	.	-	544
	20	27,4	Haziran	-	.	-	-	.	-	179
	40			-	.	-	-	.	-	342
	20	20,1	Temmuz	-	.	-	-	.	-	94
	40			-	.	-	-	.	-	377
	20	19,6	Ağustos	-	.	-	-	.	-	369
	40			-	.	-	-	.	-	700
20	62,3	Eylül	-	.	-	-	.	-	619	
40			-	.	-	-	.	-	1411	
Otlak	20	121,4	Nisan	0,05	0,50	0,58	7,0	10,00	6,75	4954
	40			0,37	2,59	2,02	22,3	50,69	6,64	6522
	20	29,6	Mayıs	0,02	0,16	0,16	1,73	3,06	7,09	1944
	40			0,10	0,60	0,68	5,35	11,90	6,81	3301
	20	22,4	Haziran	0,01	0,10	0,17	2,07	1,92	6,92	1383
	40			0,06	0,84	1,41	5,53	17,34	6,69	7233
	20	28,6	Temmuz	0,03	0,30	0,54	4,08	6,03	6,83	2311
	40			0,14	1,12	0,7	8,05	25,62	6,80	4706
	20	23,4	Ağustos	0,03	0,36	0,59	3,36	7,11	6,97	1333
	40			0,15	0,90	0,73	8,63	21,90	6,85	2933
20	54,3	Eylül	0,04	0,76	0,97	8,53	15,16	6,87	2617	
40			0,17	1,53	1,17	13,71	31,45	6,87	9303	
Tarım	20	95,7	Nisan	0,21	2,73	2,64	26,92	53,13	7,29	5294
	40			0,28	3,36	2,71	35,45	65,52	6,80	5516
	20	23,3	Mayıs	0,03	0,36	0,49	4,21	6,84	7,01	1744
	40			0,08	0,80	0,7	7,93	15,36	6,90	5475
	20	18,4	Haziran	0,02	0,38	0,44	4,25	6,88	6,88	2142
	40			0,05	0,85	0,72	8,6	16,90	6,98	3822
	20	13,6	Temmuz	0,04	0,52	0,58	5,78	10,36	7,10	1283
	40			0,12	1,20	1,08	12,31	23,52	6,80	2361
	20	14,3	Ağustos	0,04	0,40	0,57	4,99	7,48	7,12	1639
	40			0,10	1,00	0,93	9,87	19,40	6,97	1922
20	43,8	Eylül	0,05	0,80	0,91	9,59	15,70	7,03	1864	
40			0,10	1,70	1,4	14,61	33,10	6,95	7964	

Ölçüm parsellerinden elde edilen toprak örnekleri ve yüzeysel akış örnekleri üzerinde ölçülen ortalama toplam azot, fosfor, potasyum, organik madde ve pH değerlerinin değişimi incelendiğinde; genel olarak tarım alanındaki ölçüm parsellerinde daha fazla miktarda olduğu görülür. Bunun başlıca nedeni bu alanda uygulanan tarımsal faaliyet neticesinde kaybolan bitki besin maddelerinin kısmen de olsa gübreleme ile alana geri

verilmiş olmasıdır. Toprak işleminin yapılması da yıkanarak aşağı toprak katmanlarına taşınan bitki besin maddelerinin üst toprak katmanına geri gelmesini sağlamış olabilir. Bu durum, tarım arazisinde aşınma uğrayan yüzey toprağındaki bitki besin maddeleri miktarlarının fazla olmasına neden olmuş olabilir. Ormanlık alanda toprak aşınımı olmadığından bitki besin maddesi kayıpları sadece yüzeysel akış suları bünyesindeki miktarlarla sınırlı kalmıştır. Eğim grupları arasında bitki besin maddeleri bakımından çok büyük farklılık görülmemiştir. Ancak % 20 eğim sınıfındaki bitki besin maddesi miktarları % 40 eğim sınıfındakilere oranla daha yüksek bulunmuştur. Toprak kaybının yüksek, bitki besin maddeleri kaybının düşük olması yüksek eğimli arazilerdeki toprak örtüsünün organik madde ve mineral toprak bakımından fakirleşmiş olmasına bağlanabilir. Nitekim bitki besin maddelerinin büyük bir bölümünün kaynağının organik madde olduğu bilinmektedir. Özellikle % 40 eğimdeki otlak alanda bitki örtüsü aşırı tahrip edilmiş ve mineral toprak büyük ölçüde aşınıp taşınmıştır. Bu alanda belirlenen bitki besin maddeleri kaybı miktarları da bu nedenlerle daha düşük çıkmış olabilir. Nitekim bu eğim sınıfında elde edilen toprak aşınımı örnekleri daha çok çakıl boyutunda malzemelerden oluşmaktadır. Toplam bitki besin maddesi kaybının ise toprak aşınımına uğrayan toprak ve yüzeysel akış miktarıyla arttığı sonucuna varılmıştır. Zöbisch vd., (1995), de toprak aşınımı, yüzeysel akış ve bitki besin maddeleri kayıplarını inceledikleri araştırmalarında; toplam C, N, P, K ile bitkiler tarafından alınabilir durumdaki P ve K değerlerinin toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarına bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Yine, Smith vd., (2001), de yaptıkları araştırma sonucunda; toplam ve çözünebilir haldeki P (Fosfor) kaybının en çok 2 kg/ha/yıl dolaylarına kadar artabildiğini belirlemişlerdir.

3.2. Toprak Aşınımı, Yüzeysel Akış Miktarları ve Kimi Toprak Özelliklerinin Toplam Ortalama Miktarları ile İstatistiksel Analiz Sonuçlarının Arazi Kullanımı, Eğim, Yıllar ve Aylara Göre Durumu

Ölçüm istasyon ve parsellerinde ölçülen toprak aşınım ve yüzeysel akış miktarları ile aşınma uğramış toprak örnekleri üzerinde gerçekleştirilen çeşitli laboratuvar analizleri sonucunda belirlenen toplam azot, fosfor ve potasyum miktarları ile pH ve organik madde miktarları üzerinde gerçekleştirilen Tukey'in doğruluk testinin kullanıldığı çoklu varyans analizi sonuçlarının, arazi kullanım biçimine, eğim sınıflarına, yıllara ve aylara göre değişimi çizelge ve şekillerle aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Aşınım Uğramış Toprak Miktarları Toplam Ortalama Değerleri ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre aşınım miktarlarının toplam ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

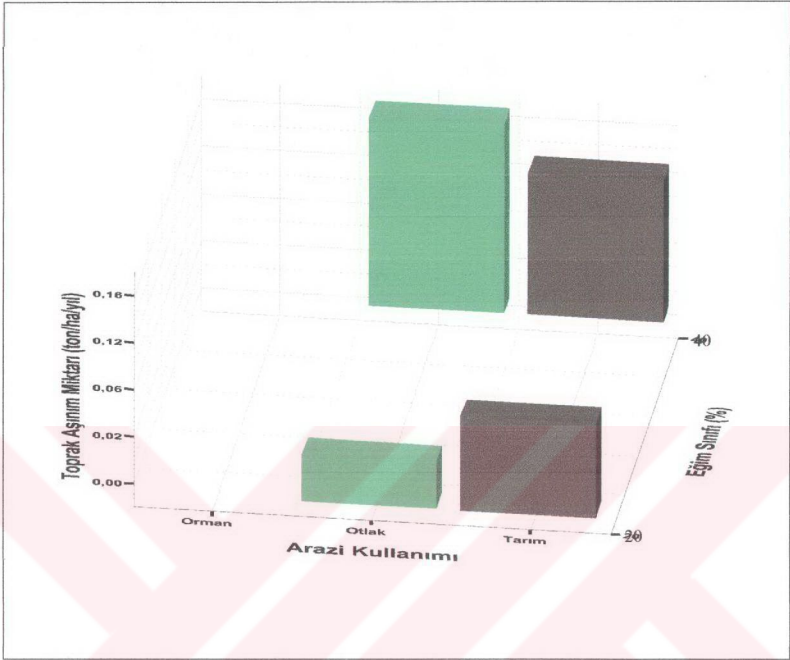
3.2.1.1. Aşınım Uğramış Toprak Miktarları Toplam Ortalama Değerlerinin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınım uğramış toplam ortalama toprak miktarları, üç farklı arazi kullanımı (orman, tarım ve otlak) ve iki farklı eğim sınıfında olmak üzere (% 20 ve % 40) aşağıdaki çizelge (Çizelge 13) ve şekilde (Şekil 39) verilmiştir.

Çizelge 13..Aşınım uğramış toprak miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanım Biçimi	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Ortalama Toprak Aşınımı Miktarları (Ton/Ha/Yıl)
Orman	20	-
	40	-
Otlak	20	0,02
	40	0,16
Tarım	20	0,06
	40	0,12

Toplam ortalama toprak aşınım miktarlarını gösteren yukarıdaki çizelge incelendiğinde en yüksek toprak aşınım miktarının 0,16 ton/ha/yıl ile % 40 eğim sınıfındaki otlak arazide elde edildiği görülür. Aynı şekilde % 40 eğim sınıfındaki tarım arazisinde de buna yakın bir değer olan 0,12 ton/ha/yıl değeri ölçülmüştür. Aynı arazi kullanım biçimlerinin % 20 eğim sınıflarında elde edilen değerler ise göreceli olarak düşüktür. Dolayısıyla, daha önce bahsedilen sebeplere ek olarak eğim artışının toprak aşınımını artırdığı sonucuna varılabilir. Ormanlık alandaki aşınım miktarlarının düşüklüğü ya da hiç olmamasının, alanda mevcut orman örtüsünün olumlu etkisi sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 39. Aşınımına uğramış toprak miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.2.1.2. Aşınımına Uğramış Toprak Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi

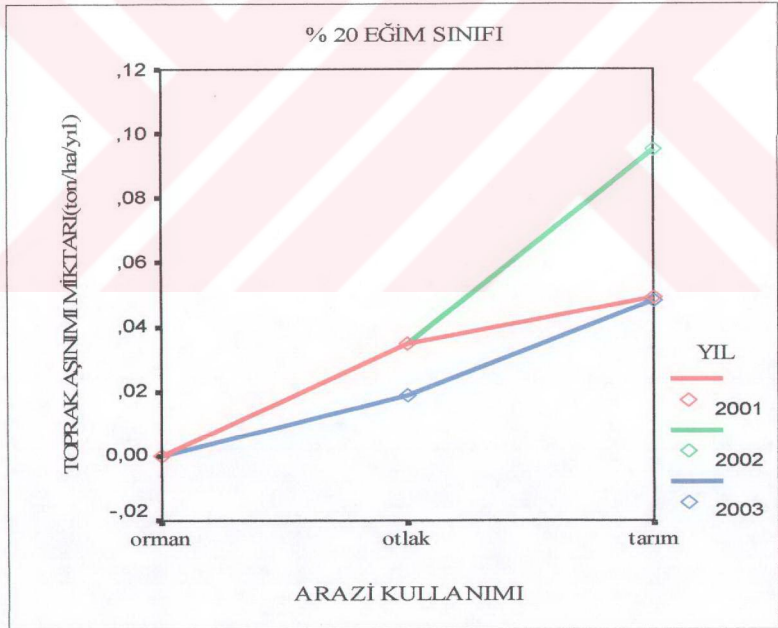
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak miktarlarının yıllara göre değişiminin istatistiksel değerlendirme sonuçları (homojenlik testi sonuçları), aşağıdaki çizelge (Çizelge 14) ve şekillerde (Şekil 40, Şekil 41) iki farklı eğim sınıfında (% 20 ve % 40) ayrı ayrı olmak üzere arazi kullanım biçimlerine göre gösterilmiştir.

Çizelge 14. Aşınımına uğramış toprak miktarlarının yıllara göre homojenlik testi sonuçları

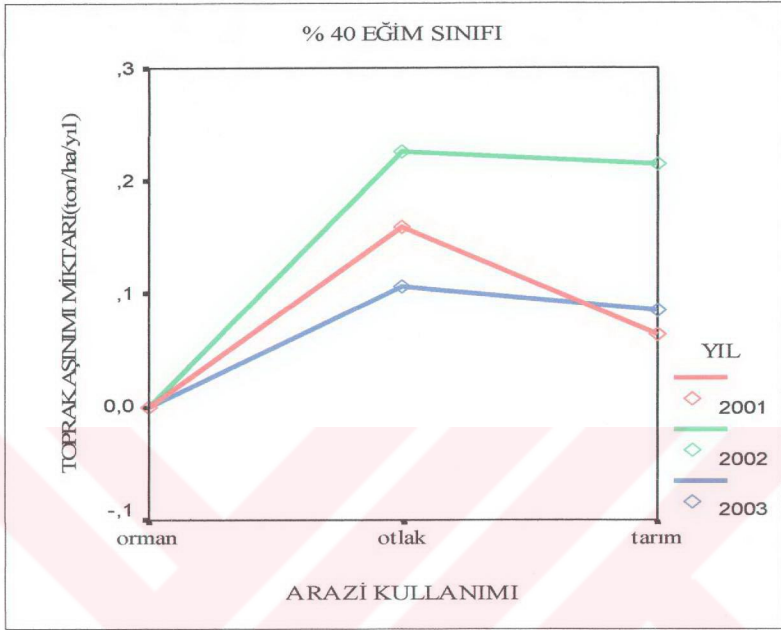
Arazi Kullanımı	N	1 (ton/ha/yıl)	2 (ton/ha/yıl)	3 (ton/ha/yıl)
2003	108	,0432		
2001	108		,0512	
2002	108			,0949

Buna göre, ölçümlerin gerçekleştirildiği 2001, 2002 ve 2003 yıllarında oluşan toplam ortalama aşınım miktarlarının her üç yıl için de istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) farklı olduğu ve en yüksek değerini 0,094 ton/ha/yıl ile 2002 ve en düşük değerini ise 0,43 ton/ha/yıl ile 2003 yılında aldığı görülmektedir. Bu durumun temel sebebinin yağış miktarının çokluğu ya da azlığı ile ilgili olduğu söylenebilir. Ek Çizelge 6 incelenecek olur ise, 2002 yılında alana düşen yağış miktarının da en yüksek ve 2003 yılında ise en düşük düzeyde olduğu görülür. Nitekim, yağış miktarı ile toprak aşınımı arasında pozitif yönde bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 35).

Aşağıda verilen şekillerden (Şekil 40, Şekil 41) de görülebileceği üzere her bir eğim sınıfı ve arazi kullanım biçimindeki toprak aşınımı miktarlarının yıllara göre değişimi homojen olmayıp, istatistiksel anlamda farklılıklar göstermekte ($\alpha=0,05$) ve en yüksek değerlere 2002 yılında, en düşük değerlere de 2003 yılında ulaşmaktadır.



Şekil 40. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin yıllara göre değişimi



Şekil 41. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin yıllara göre değişimi

3.2.1.3. Aşınımına Uğramış Toprak Miktarlarının Aylara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak miktarlarının aylara göre değişiminin istatistiksel değerlendirme sonuçları (homojenlik testi sonuçları) aşağıdaki çizelge (Çizelge 15) ve şekillerde (Şekil 42, Şekil 43) iki farklı eğim sınıfında (% 20 ve % 40) ayrı ayrı olmak üzere gösterilmiştir.

Aşağıdaki çizelge (Çizelge 15) incelenecek olursa toprak aşınımı değerlerinin aylara göre homojen gruplar oluşturmadığı (Temmuz ve Ağustos ayları hariç olmak üzere) ve istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) farklılaştığı görülmektedir. En yüksek aşınım miktarları nisan ve en düşük aşınım miktarları da haziran aylarında görülmektedir. Bu durumun, bu aylarda alana düşen yağış miktarının yanında, erosiv kuvvet oluşturabilme bakımından önemli olan yağışın şiddeti ve dağılımı ve bitki örtüsü ile de ilgili olabileceği düşünülmektedir.

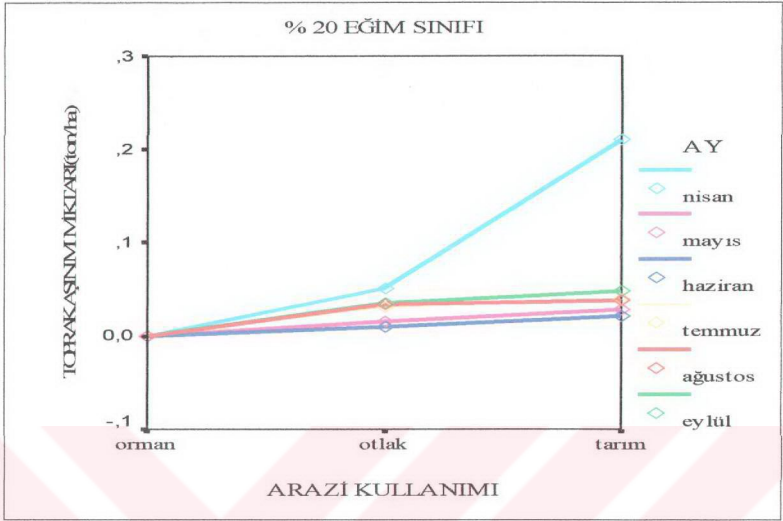
Çizelge 15. Aşırıya uğramış toprak miktarlarının aylara göre homojenlik testi sonuçları

Aylar	N	1 (ton/ha)	2 (ton/ha)	3 (ton/ha)	4 (ton/ha)	5 (ton/ha)
Haziran	54	,0227				
Mayıs	54		,0365			
Ağustos	54			,0538		
Temmuz	54			,0551		
Eylül	54				,0587	
Nisan	54					,151

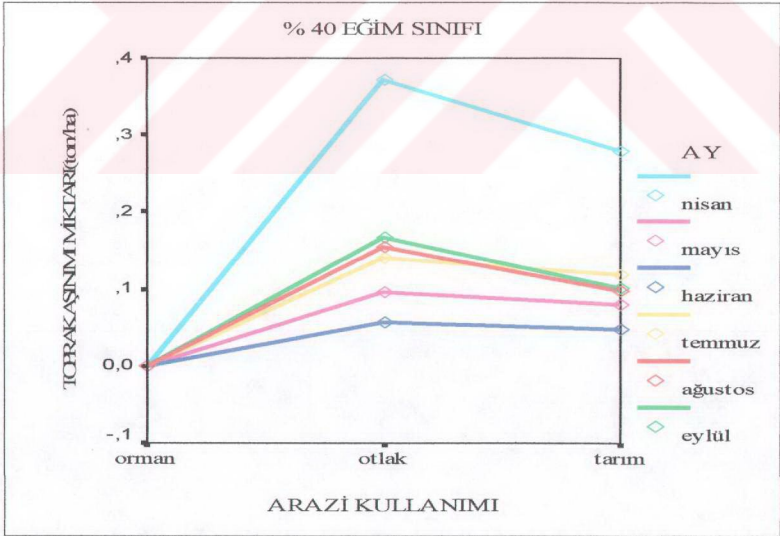
Aşağıdaki şekillerden (Şekil 42, Şekil 43) de görülebileceği üzere, her iki eğim sınıfındaki aşırıya uğramış toprak miktarlarının homojen olmadığı ve aylara göre istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) farklılaştığı ve en yüksek aşırıya uğramış toprak miktarlarının nisan ayında ve en düşük aşırıya uğramış toprak miktarlarının da mayıs ayında olduğu görülmektedir.

Araştırma alanı Nisan ayının büyük bir bölümünü (ortalama 20 gün) kar örtüsü altında geçirmektedir. Kar örtüsünün kalkmasıyla çıplaklaşan suya doymuş koşullardaki arazinin bu dönemde oluşan yağışların etkisiyle (alana yağın aylık yağışların miktarları incelendiğinde en yüksek yağışın bu ayda gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 79) hızlı bir aşırıya uğramış olabileceği düşünülmektedir.

Aylık yağış miktarlarının ve yağışların dağılım ve şiddetinin toprak aşırıya uğramış toprak miktarları üzerinde etkili olduğu düşünüldüğünde, Mayıs ayı toprak aşırıya uğramış toprak miktarlarının Temmuz ve Ağustos aylarına oranla (bu aylarda mayıs ayına oranla daha düşük yağış miktarlarının oluşması nedeniyle (Şekil 79)) daha yüksek olması beklenebilir. Buna rağmen Mayıs ayı toprak aşırıya uğramış toprak miktarlarının düşük çıkmasının temel sebebinin, ölçümlerin başladığı 2001 yılında kar örtüsünün mayıs ayı ortalarına kadar alanda mevcudiyetini sürdürmesi dolayısıyla 2001 yılı mayıs ayına ait toprak aşırıya uğramış toprak miktarlarının olmaması ve bu dönemde bitki örtüsünün yoğunlaşarak yağmur damlasının toprağa ulaşması önünde bir engel oluşturmaya başlaması olduğu söylenebilir.



Şekil 42. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin aylara göre değişimi



Şekil 43. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı değerlerinin aylara göre değişimi

3.2.2. Yüzeysel Akış Miktarları Toplam Ortalama Değerleri ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre yüzeysel akış miktarlarının toplam ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.2.1. Yüzeysel Akış Miktarları Toplam Ortalama Değerlerinin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

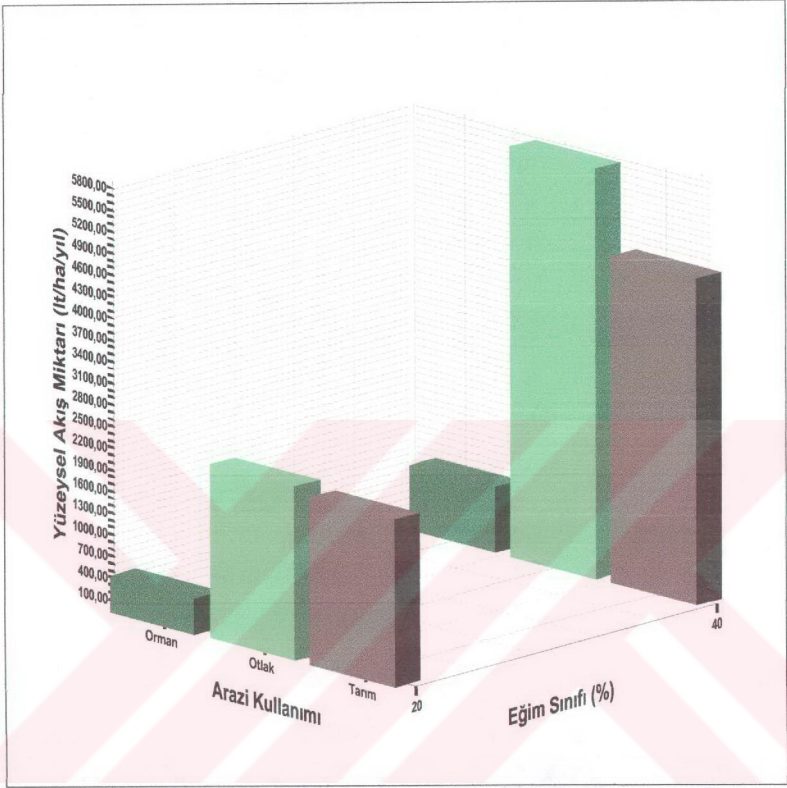
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınım ağırlığı toplam ortalama yüzeysel akış miktarları, üç farklı arazi kullanımı ve iki farklı eğim sınıfında olmak üzere aşağıdaki çizelge (Çizelge 16) ve şekilde (Şekil 44) verilmiştir.

Çizelge 16. Yüzeysel akış miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanım Biçimi	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Yüzeysel Akış Miktarı (Lt/Ha/Yıl)
Orman	20	509
	40	903
Otlak	20	2423
	40	5666
Tarım	20	2327
	40	4510

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde yüzeysel akış miktarları bakımından en düşük değerlerin 509 lt/ha/yıl ile % 20 eğim sınıfında ve 903 lt/ha/yıl ile % 40 eğim sınıfındaki orman ölçüm parsellerinde elde edildiği görülmektedir. Bu durumun temel sebebinin ormandaki ağaçların yaprakları, dalları ve gövdeleri ile oluşturdukları intersepsiyon ile erosiv etki yaratabilecek nitelikteki yağmur damlasının toprak yüzeyine ulaşmasını büyük ölçüde engellemesi olduğu düşünülebilir. Ayrıca mineral toprak yüzeyinin üzerini kaplayan ve aşınımı önleyici etkisinin olduğu düşünülen ölü örtü tabakasının mevcudiyetinin de büyük önem taşıdığı söylenebilir.

5666 lt/ha/yıl ile en yüksek yüzeysel akış değerlerinin elde edildiği % 40 eğim sınıfındaki otlak arazisinde elde edilen bu değerlerin temel sebebinin, diğer eğim ve arazi kullanım biçimlerine kıyasla bitki örtüsü kaplama derecesi bakımından ve geçirgenlik değerleri bakımından da en düşük değerleri göstermiş olmasının olduğu söylenebilir.



Şekil 44. Yüzeysel akış miktarlarının ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.2.2.2. Yüzeysel Akış Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi

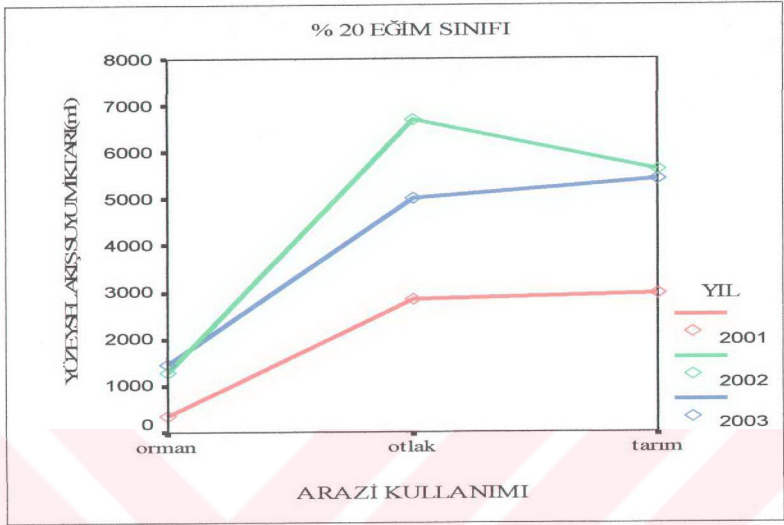
Ölçüm parsellerinde ölçülen yüzeysel akış miktarlarının yıllara göre değişiminin istatistiksel değerlendirme sonuçları (homojenlik testi sonuçları), aşağıdaki çizelge (Çizelge 17) ve şekillerde (Şekil 45, Şekil 46) iki farklı eğim sınıfında (% 20 ve % 40) ayrı ayrı olmak üzere arazi kullanım biçimlerine göre gösterilmiştir.

Çizelge 17. Yüzeysel akış miktarlarının yıllara göre homojenlik testi sonuçları

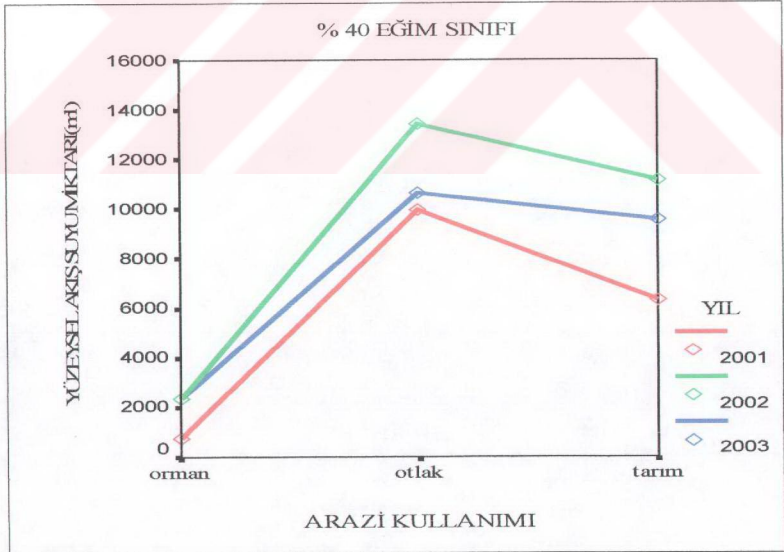
Yıllar	N	1 (lt/ha/yıl)	2 (lt/ha/yıl)	3 (lt/ha/yıl)
2001	108	3862		
2003	108		5726	
2002	108			6752

Yukarıdaki çizelgeye göre, yüzeysel akış miktarları bakımından yıllar arasında istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) önemli bir farklılık bulunmakta ve yıllara göre elde edilen değerler homojen gruplar oluşturmamaktadır. En yüksek yüzeysel akış miktarları yaklaşık olarak 6752 lt/ha/yıl değeri ile 2002 yılında görülmektedir. Bu durum, aynı yıl en yüksek yağış değerlerinin (Ek Çizelge 6) oluşmuş olması bakımından anlamlı görülmektedir. Nitekim yağış miktarı ile yüzeysel akış miktarı arasında (aşınım miktarı kadar olmasa da) pozitif yönde anlamlı bir korelasyonun olduğu (Çizelge 35) belirlenmiştir. 2001 yılı değerlerinin 2003 yılına oranla daha düşük çıkmasının sebebinin daha önce de açıklandığı üzere, 2001 nisan ve mayıs aylarının büyük bölümünde alanın kar örtüsü altında bulunmasının olduğu söylenebilir.

Eğim sınıfları ve arazi kullanım biçimleri bakımından yüzeysel akış miktarlarının yıllara göre değişiminin istatistiksel anlamda farklı olup olmadığını gösteren aşağıdaki şekiller (Şekil 45, Şekil 46) incelenecek olursa, her iki eğim sınıfında da en yüksek yüzeysel akış değerlerinin 2002 yılında gerçekleştiği ve en düşük değerlerin de 2001 yılında gerçekleştiği görülür. Bu durumda yine yukarıda açıklandığı üzere, en yüksek yağış miktarlarının 2002 yılında olduğu ve buna bağlı olarak ta en yüksek yüzeysel akış değerlerinin elde edildiği söylenebilir. 2001 yılı nisan ve mayıs aylarında alanların kar örtüsü ile kaplı olmasının ve dolayısıyla da oluşamayan yüzeysel akışın toplam değerler üzerinde azaltıcı etki yapmış olabileceği düşünülebilir.



Şekil 45. % 20 Eğim sınıfındaki yüzeyel akış miktarlarının yıllara göre değişimi



Şekil 46. % 40 Eğim sınıfındaki yüzeyel akış miktarlarının yıllara göre değişimi

3.2.2.3. Yüzeysel Akış Miktarlarının Aylara Göre Değişimi

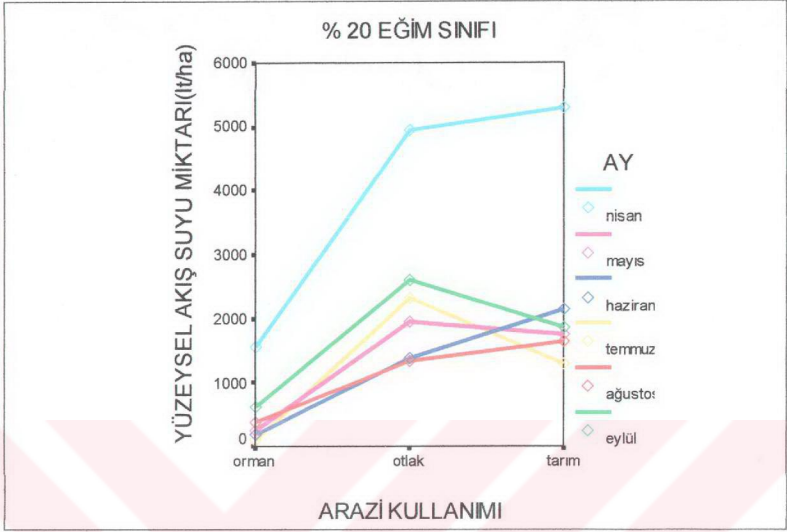
Ölçüm parsellerinde ölçülen yüzeysel akış miktarlarının aylara göre değişiminin istatistiksel değerlendirme sonuçları (homojenlik testi sonuçları) aşağıdaki çizelge (Çizelge 18) ve şekillerde (Şekil 47, Şekil 48) iki farklı eğim sınıfında (% 20 ve % 40) ayrı ayrı olmak üzere gösterilmiştir.

Buna göre, en yüksek yüzeysel akış değerlerinin nisan ve eylül aylarında olduğu görülmektedir. Bu durumun, yüzeysel akış ile yağış miktarı arasındaki pozitif yönlü ilişki (korelasyon) düşünüldüğünde makul olduğu düşünülmektedir. Özellikle nisan aylarında (ayrıca 2001 yılı mayıs ayında) alanın büyük ölçüde kar örtüsü ile kaplı olduğu dikkate alındığında, kar örtüsünün olmaması ve aynı yağış miktarının oluşması durumunda çok daha fazla yüzeysel akış ve buna bağlı olarak toprak aşınımının oluşabileceği düşünülmektedir.

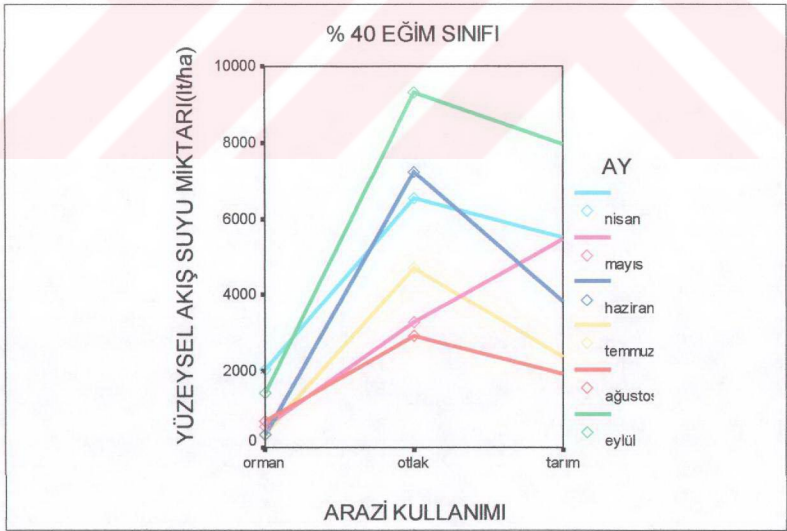
Çizelge 18. Yüzeysel akış miktarlarının aylara göre homojenlik testi sonuçları

Aylar	N	1 (lt/ha)	2 (lt/ha)	3 (lt/ha)	4 (lt/ha)	5 (lt/ha)	6 (lt/ha)
Ağustos	54	2965					
Temmuz	54		3710				
Mayıs	54			4416			
Haziran	54				5033		
Eylül	54					7925	
Nisan	54						8630

Yüzeysel akış miktarlarının eğim sınıfları ve arazi kullanım biçimlerine göre aylık değişiminin istatistiksel anlamda fark gösterip göstermediğini ifade eden aşağıdaki şekiller incelendiğinde (Şekil 47, Şekil 48), her iki eğim sınıfında da nisan ayında en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Diğer aylarda ise oldukça değişken bir durum görülmektedir. Bu durumun başlıca sebebinin, alana düşen aylık yağışın yüzeysel akış oluşturabilme yeteneğini önemli ölçüde etkileyen yağış şiddeti ve dağılımındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir.



Şekil 47. % 20 Eğim sınıfı yüzeysel akış miktarlarının aylara göre değişimi



Şekil 48. % 40 Eğim sınıfı yüzeysel akış miktarlarının aylara göre değişimi

3.2.3. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot (N) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre toplam azot miktarlarının toplam ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot (N) Miktarlarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

Ölçümlerin gerçekleştirildiği 3 yıl boyunca her bir ölçüm istasyonu ve parselinden elde edilen aşınım uğramış toprak örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen ortalama toplam azot değerleri aşağıdaki çizelgede (Çizelge 19) verilmiştir. Ortalama değerlerin eğim sınıfları ve arazi kullanım biçimlerine göre değişimi ise aşağıdaki şekilde (Şekil 49) gösterilmiştir.

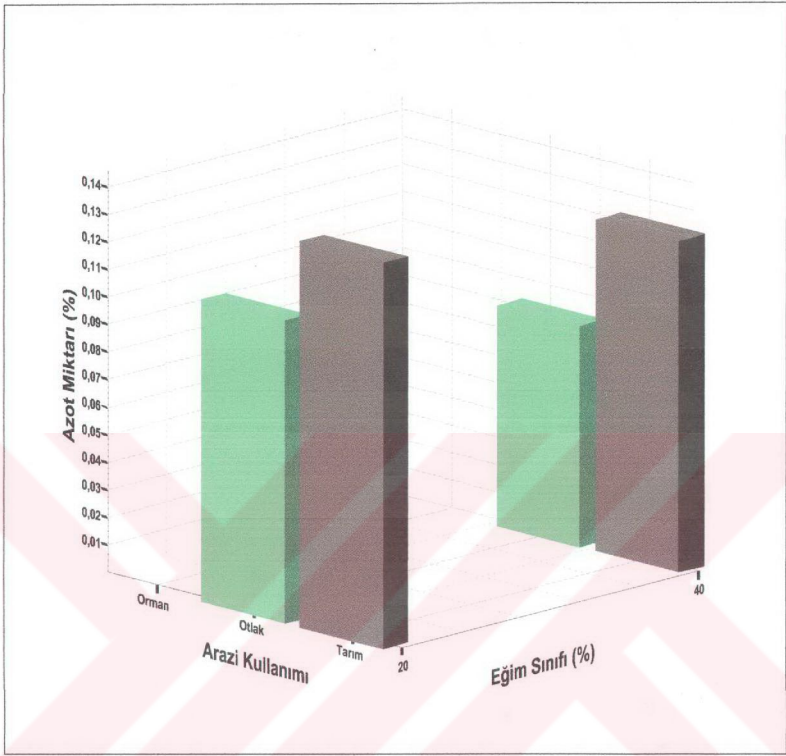
Buna göre, ormanlık alanda toprak aşınımı olmadığından toplam azot miktarları belirlenememiştir. Araştırma alanında en yüksek toplam azot miktarları % 20 eğim sınıfındaki tarım alanlarında belirlenmiştir. Ortalama değerler bakımından arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıfları arasında büyük farklılıklar oluşmamıştır.

Ancak yine de en yüksek oranların % 20 eğim sınıfındaki ölçüm parsellerinden elde edilen aşınım uğramış toprak örnekleri içerisinde tespit edilmiş olması dikkat çekicidir. Bunun temel nedeninin aynı eğim sınıfındaki aşınım uğramış topraklar üzerinde belirlenen organik madde miktarlarının da en yüksek değerlerde bulunmasının olduğu söylenebilir.

Çizelge 19. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanımı	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Azot Miktarı (%)
Orman	20	0,00 ⁷
	40	0,00 ⁷
Otlak	20	0,11
	40	0,08
Tarım	20	0,14
	40	0,12

⁷ Orman alanında kurulan ölçüm parsellerinde toprak aşınımı oluşmadığından bu değerler belirlenememiştir.



Şekil 49. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.2.3.2. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot Miktarlarının Yıllara Göre Değişim

Ölçüm parsellerinde aşınımına uğramış toprak örneklerinin içerdiği toplam azot miktarlarının yıllara göre istatistiksel anlamda fark gösterip göstermediğini ifade eden çizelge (Çizelge 20) ve şekiller (Şekil 50, Şekil 51) aşağıda verilmiştir. 2003 ve 2001 yıllarının istatistiksel anlamda homojen gruplar oluşturduğu (aralarında istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) fark olmadığı) ancak 2002 yılının istatistiksel anlamda farklı olduğu belirlenmiştir. Çizelgede en yüksek azot miktarının 2002 yılında elde edilen taşınan topraklar üzerinde belirlendiği görülmektedir. Bu durumun başlıca sebebinin, azotun

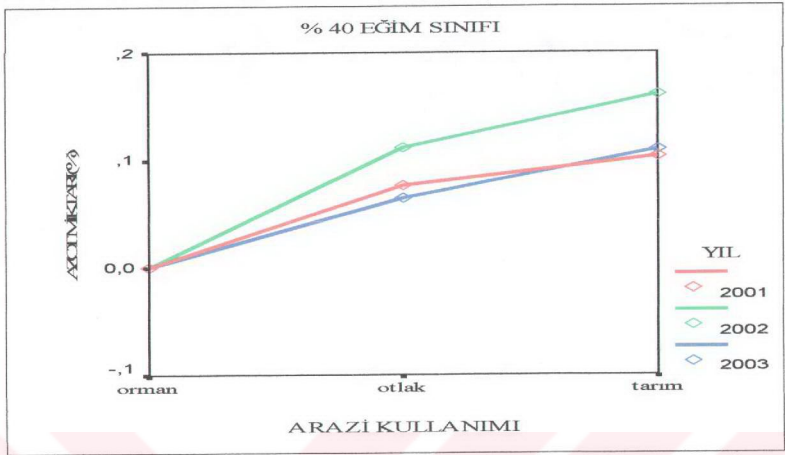
topraktaki temel kaynağını oluşturan organik maddenin aşınımına uğramış toprak örnekleri üzerinde belirlenen miktarındaki değişimin olduğu söylenebilir. Nitekim, aynı toprak örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen organik madde miktarları bu durumu destekler biçimde 2002 yılında artış göstermektedir.

Çizelge 20. Toprak örneklerindeki toplam azot miktarları homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi

Yıllar	N	1 (%)	2 (%)
2003	108	,0646	
2001	108	,0675	
2002	108		,0975



Şekil 50. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarlarının yıllara göre değişimi



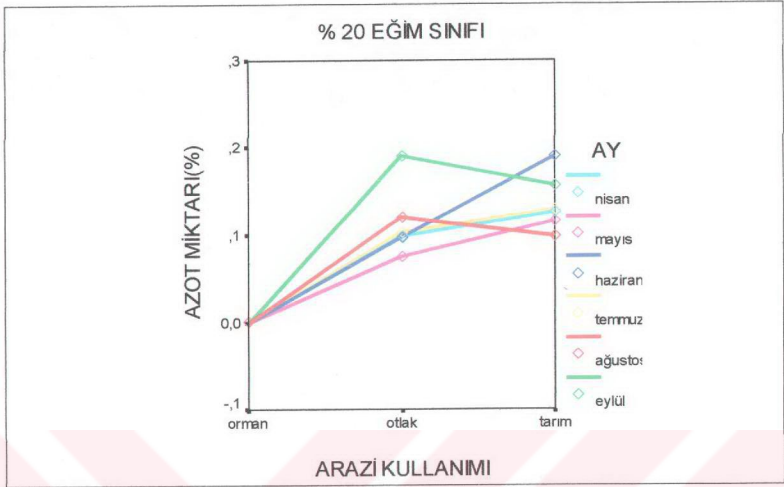
Şekil 51. % 40 eğim sınıfında aşınım uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarları yıllara göre değişimi

3.2.3.3. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Toplam Azot Miktarının Aylara Göre Değişim

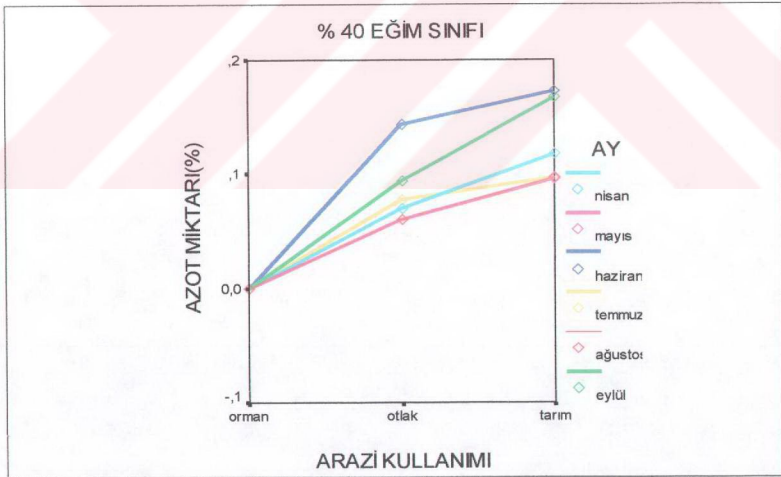
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınım uğramış toprak örneklerinin içerdiği toplam azot miktarlarının aylık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 21) ve şekillerde (Şekil 52, Şekil 53) gösterilmiştir. Haziran ve eylül aylarında belirlenen azot miktarlarının diğer aylardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel nedeninin azotun topraktaki temel kaynağını oluşturan organik maddenin miktarının benzer şekilde bu aylarda artış gösteriyor olması (Çizelge 30) olduğu düşünülmektedir. Diğer aylar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Çizelge 21. Toprak örneklerindeki azot miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

Aylar	N	1 (%)	2 (%)
Mayıs	54	,0579	
Ağustos	54	,0625	
Temmuz	54	,0677	
Nisan	54	,0688	
Haziran	54		,100
Eylül	54		,101



Şekil 52. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarlarının aylara göre değişimi



Şekil 53. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarlarının aylara göre değişimi

3.2.4. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor (P) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre fosfor miktarlarının toplam ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.4.1. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor (P) Miktarlarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

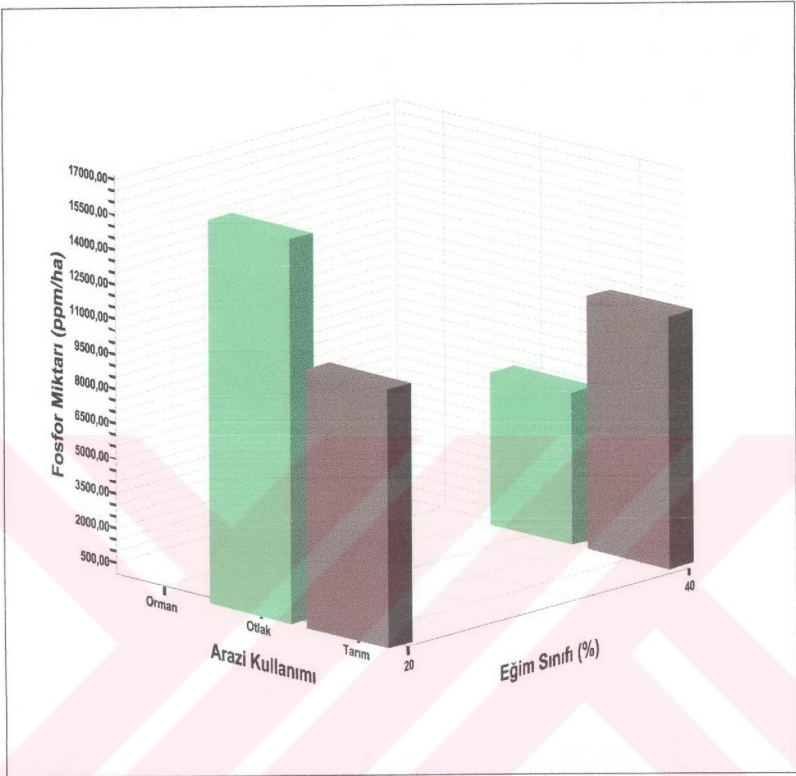
Aşınım uğramış topraklar üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen yararlanılabilir fosfor miktarları ortalama değerleri eğim sınıfları ve arazi kullanım biçimlerine göre aşağıdaki çizelge (Çizelge 22) ve şekilde (Şekil 54) verilmiştir.

Çizelge 22. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanımı	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Fosfor Miktarı (ppm/ha)
Orman	20	0,00 ⁸
	40	0,00 ⁸
Otlak	20	16526,00
	40	6531,00
Tarım	20	11119,00
	40	10861,00

Yukarıdaki çizelgede, aşınarak taşınan topraklar üzerinde laboratuvar analizleri sonucunda belirlenen yararlanılabilir fosfor miktarları bakımından arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre farklılıkların olduğu görülmektedir. % 20 eğim sınıfındaki toprakların fosfor miktarlarının % 40 eğim sınıfındaki topraklara kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle otlak alanındaki fosfor miktarlarının % 20 eğim sınıfında, % 40 eğim sınıfındaki miktarlara kıyasla oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Tarım alanındaki değerler her iki eğim sınıfında da bir birine yakın sonuçlar vermektedir. Bu durumun temel nedeninin topraktaki fosforun kaynaklarından biri olan organik maddenin miktarlarının % 40 eğim sınıfındaki alanlarda ve özellikle de % 40 eğim sınıfındaki otlak alanlarında göreceli olarak düşük olmasıyla ilgi olabileceği söylenebilir.

⁸ Orman alanında kurulan ölçüm parsellerinde toprak aşınımı oluşmadığından bu değerler belirlenememiştir.



Şekil 54. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.2.4.2. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor Miktarının Yıllara Göre Değişimi

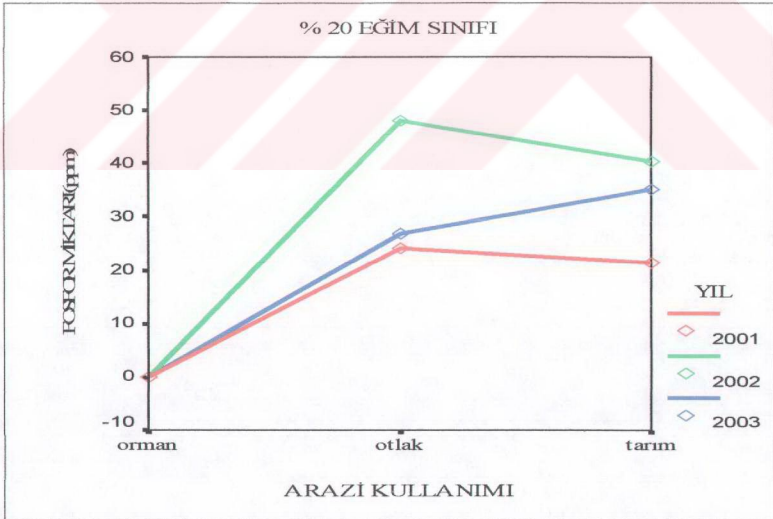
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak örneklerinin içerdiği yararlanılabilir fosfor miktarlarının yıllık değişiminin istatistiksel anlamda fark oluşturup oluşturmadığını ifade eden çizelge (Çizelge 23) ve şekillerde (Şekil 55, Şekil 56) aşağıda verilmiştir.

Yıllar arasında istatistiksel bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerler 2002 yılında, en düşük değerler de 2001 yılında belirlenmiştir.

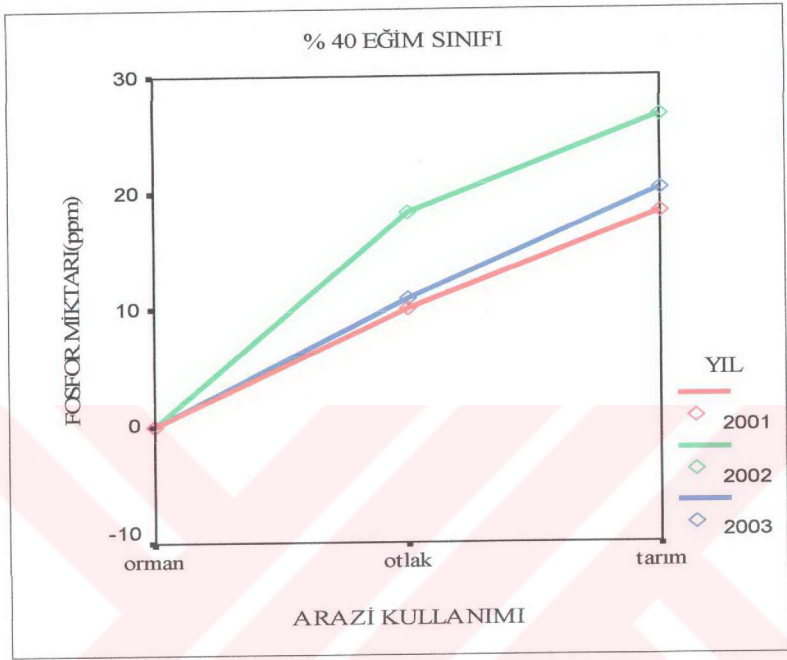
Çizelge 23. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi

Yıllar	N	1 (ppm)	2 (ppm)	3 (ppm)
2001	108	12,34		
2003	108		15,52	
2002	108			22,17

En yüksek fosfor miktarlarının 2002 yılında belirlenmesinin nedeninin aynı yılda organik madde miktarlarının da en yüksek değerlerde oluşu gösterilebilir. Nitekim topraktaki fosfor kaynaklarından bir tanesinin (anakaya dışında) organik madde olduğu bilinmektedir.



Şekil 55. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarının yıllara göre değişimi



Şekil 56. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarının yıllara göre değişimi

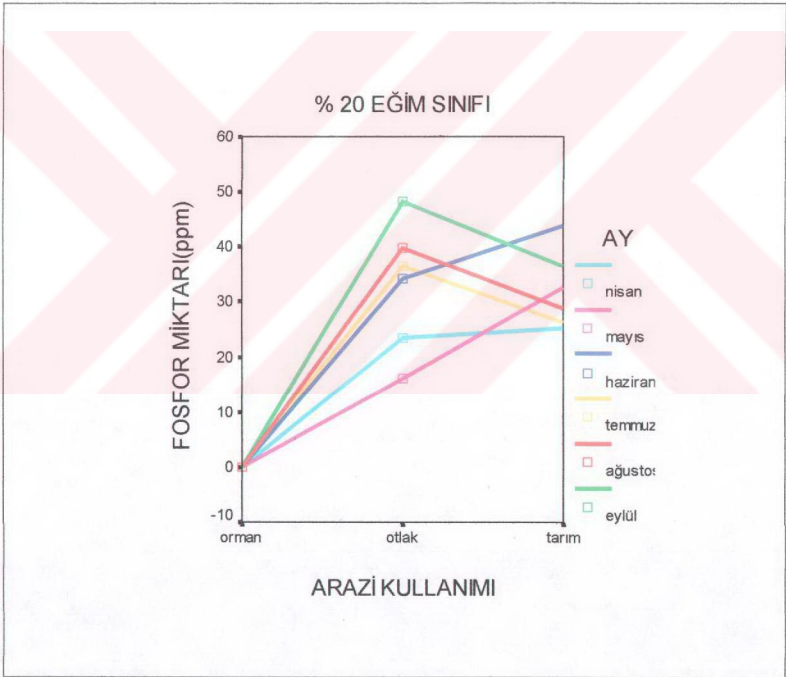
3.2.4.3. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Yararlanılabilir Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak örneklerinin içerdiği fosfor miktarlarının aylık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 24) ve şekillerde (Şekil 57, Şekil 58) gösterilmiştir.

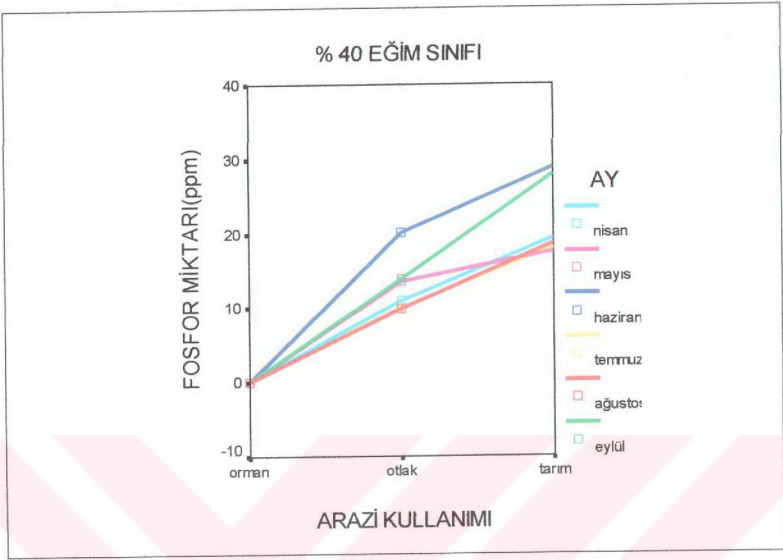
Eylül ve haziran aylarında toprak örneklerindeki fosfor miktarlarının en yüksek değerlere ulaştığı ve diğer aylarda istatistiksel anlamda bir farklılık göstermediği görülmektedir. Aynı şekilde organik madde miktarları da bu iki ayda (eylül ve haziran) en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Dolayısıyla bu aylarda organik madde miktarı artışına paralel olarak fosfor miktarlarının da arttığı düşünülmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere fosforun topraktaki temel kaynaklarından bir tanesi de organik maddedir.

Çizelge 24. Toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

Aylar	N	1 (ppm)	2 (ppm)
Nisan	54	13,13	
Mayıs	54	13,33	
Temmuz	54	15,16	
Ağustos	54	16,15	
Eylül	54		21,07
Haziran	54		21,20



Şekil 57. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarının aylara göre değişimi



Şekil 58. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki yararlanılabilir fosfor miktarının aylara göre değişimi

3.2.5. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum (K) Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

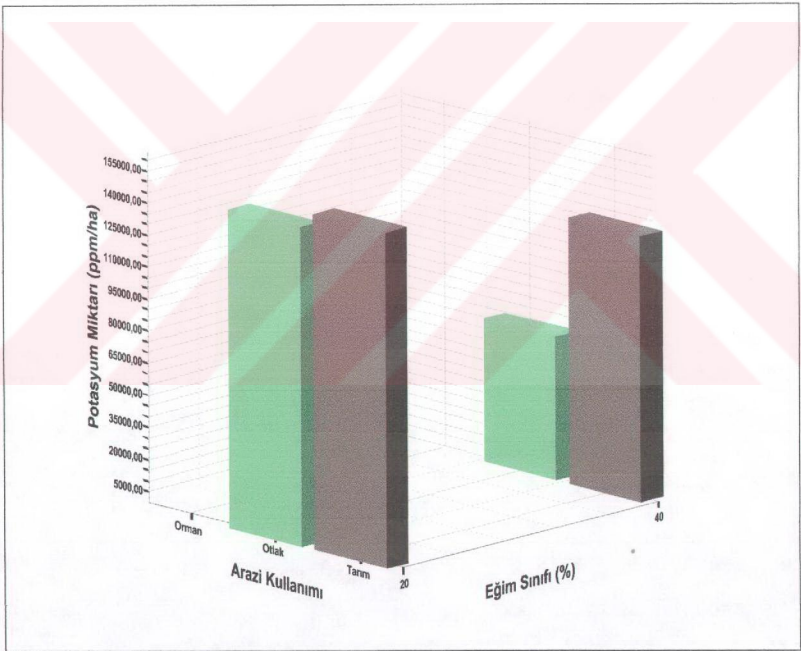
Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre potasyum miktarlarının toplam ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.5.1. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum (K) Miktarlarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

Ölçüm parseline elde edilen aşınımına uğramış topraklar üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen toplam ortalama potasyum değerleri eğim sınıfları ve arazi kullanım biçimlerine göre aşağıdaki çizelge (Çizelge 25) ve şekilde (Şekil 59) verilmiştir. En yüksek potasyum miktarları, her iki arazi kullanımında da % 20 eğim sınıfında belirlenmiştir. Aynı şekilde en yüksek organik madde miktarları da bu eğim sınıfında belirlenmiştir. Topraktaki potasyum kaynaklarının başında organik maddenin geldiği bilinmektedir.

Çizelge 25. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanımı	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Potasyum Miktarı (ppm/ha)
Orman	20	0,00 ⁹
	40	0,00 ⁹
Otlak	20	149333,33
	40	66991,00
Tarım	20	157083,00
	40	124222,00



Şekil 59. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir Potasyum miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

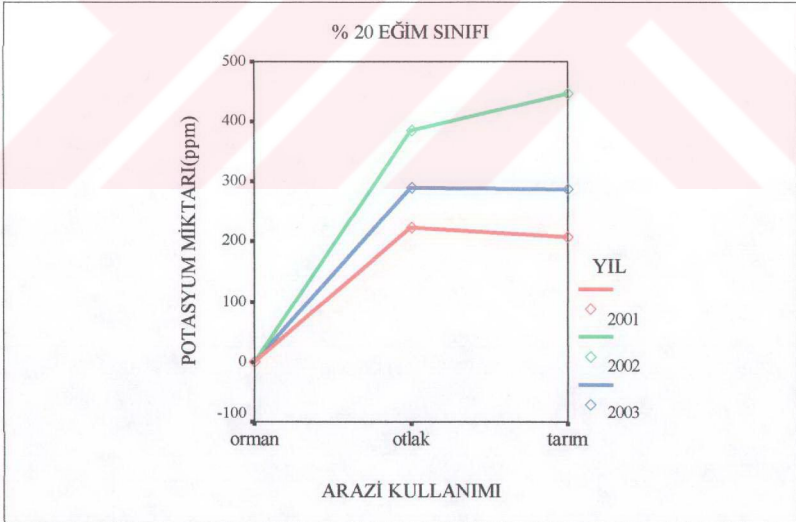
⁹ Orman alanında kurulan ölçüm parsellerinde toprak aşınımı oluşmadığından bu değerler belirlenmemiştir.

3.2.5.2. Aşınımaya Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum Miktarının Yıllara Göre Değişimi

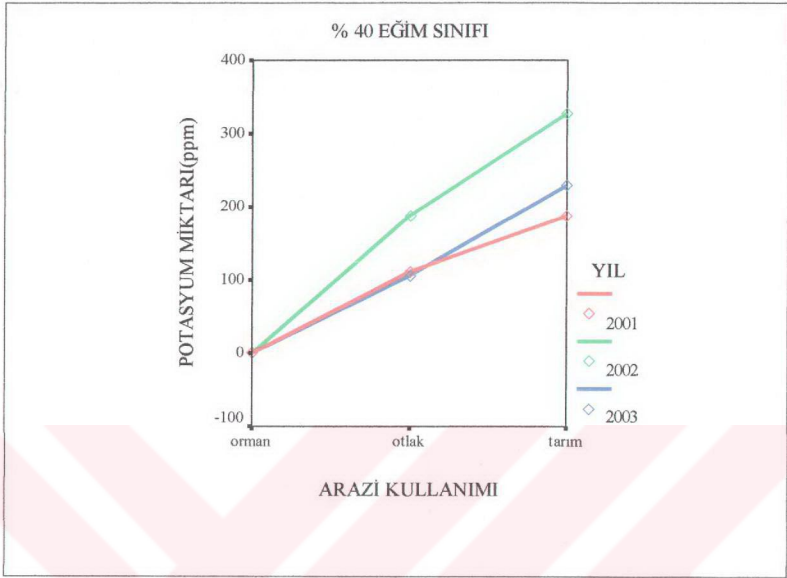
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımaya uğramış toprak örneklerinin içerdiği potasyum miktarlarının yıllık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 26) ve şekillerde (Şekil 60, Şekil 61) gösterilmiştir. En yüksek miktarlar 2002 yılında, en düşük miktarlar da 2001 yılında belirlenmiştir.

Çizelge 26. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarı homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi

Yıllar	N	1 (ppm)	2 (ppm)	3 (ppm)
2001	108	121,59		
2003	108		151,90	
2002	108			224,22



Şekil 60. % 20 eğim sınıfında aşınımaya uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının yıllara göre değişimi



Şekil 61. % 40 eğim sınıfında aşınma uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının yıllara göre değişimi

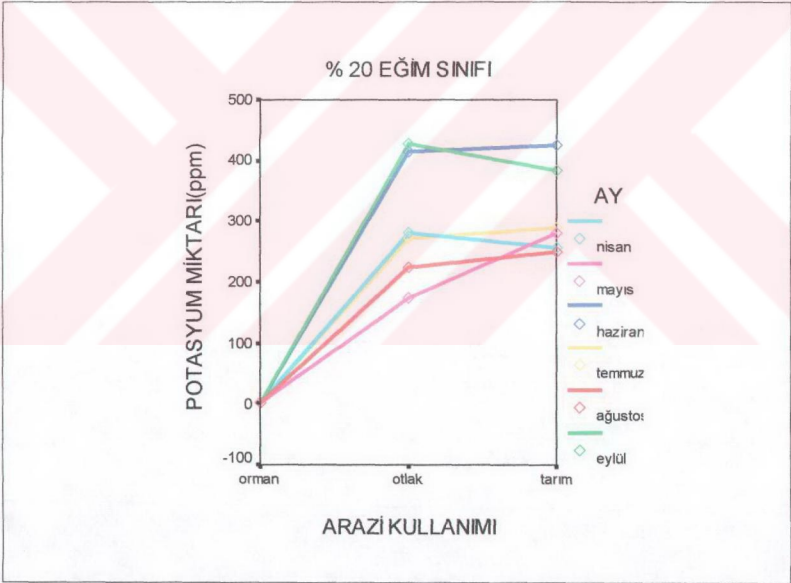
3.2.5.3. Aşınma Uğramış Toprak Örneklerindeki Değiştirilebilir Potasyum Miktarlarının Aylara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınma uğramış toprak örneklerinin içerdiği potasyum miktarlarının aylık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 27) ve şekillerde (Şekil 62, Şekil 63) gösterilmiştir.

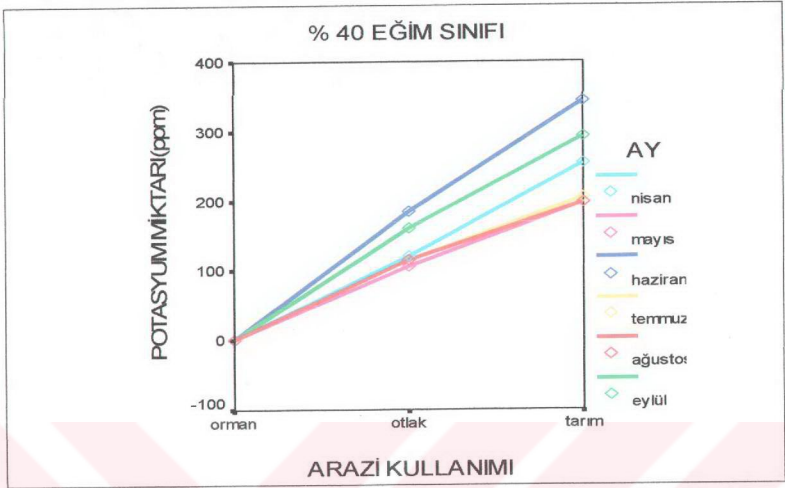
En yüksek potasyum miktarları eylül ve haziran aylarında belirlenmiştir. En düşük miktarlar da mayıs ayında belirlenmiştir. Potasyumun topraktaki kaynaklarından biri olan organik madde de mayıs ayında en düşük, eylül ve haziran aylarında en yüksek olarak belirlenmiştir. Aylara göre oluşan potasyum miktarları farklılığının temel nedeninin bu olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 27. Toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarı homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

Aylar	N	1 (ppm)	2 (ppm)	3 (ppm)
Mayıs	54	126,72		
Ağustos	54	131,22	131,22	
Temmuz	54	146,88	146,88	
Nisan	54		151,75	
Eylül	54			210,70
Haziran	54			228,14



Şekil 62. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının aylara göre değişimi



Şekil 63. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki değiştirilebilir potasyum miktarlarının aylara göre değişimi

3.2.6. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarları ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre organik madde miktarlarının ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

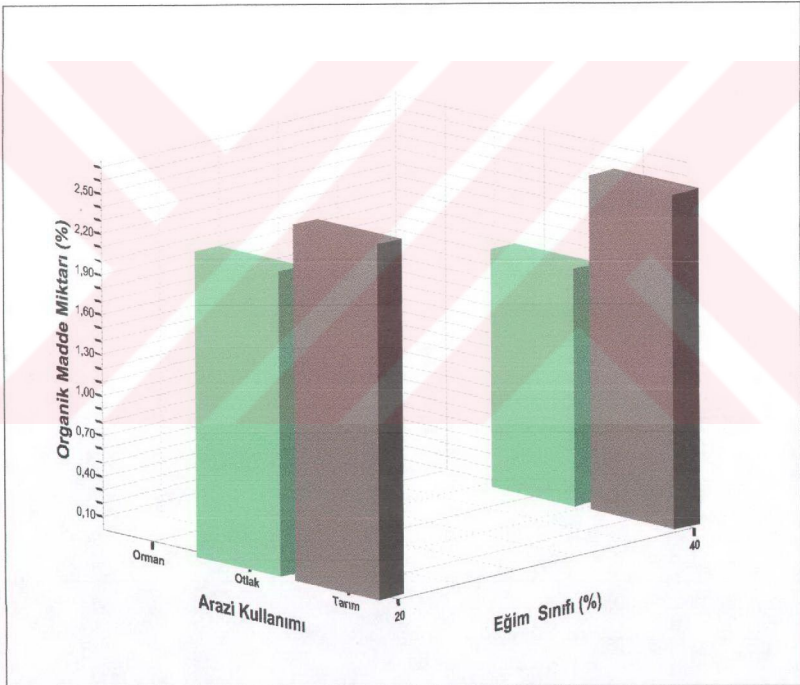
3.2.6.1. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarının Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

Ölçümlerin gerçekleştirildiği 3 yıl boyunca her bir ölçüm istasyonu ve parselden elde edilen aşınımına uğramış topraklar üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen organik madde miktarları üzerinde yapılan istatistiksel değerlendirmeler, aşağıdaki çizelge (Çizelge 28) ve şekilde (Şekil 64) arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre verilmiştir.

Çizelgeden de görüleceği üzere, tarım alanındaki organik madde miktarları otlak alanına göre daha yüksektir. Özellikle otlak % 40 eğim sınıfındaki miktarlar oldukça düşüktür. Bu durumun bitki örtüsü ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ek Çizelge 3 incelendiğinde bitki örtüsünün % 40 eğimli otlak alanında oldukça az olduğu görülebilir.

Çizelge 28. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıfına göre değişimi

Arazi Kullanımı	Arazi Eğim Sınıfı (%)	Organik Madde Miktarı (%)
Orman	20	0,00 ¹⁰
	40	0,00 ¹⁰
Otlak	20	2,27
	40	1,76
Tarım	20	2,64
	40	2,48



Şekil 64. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

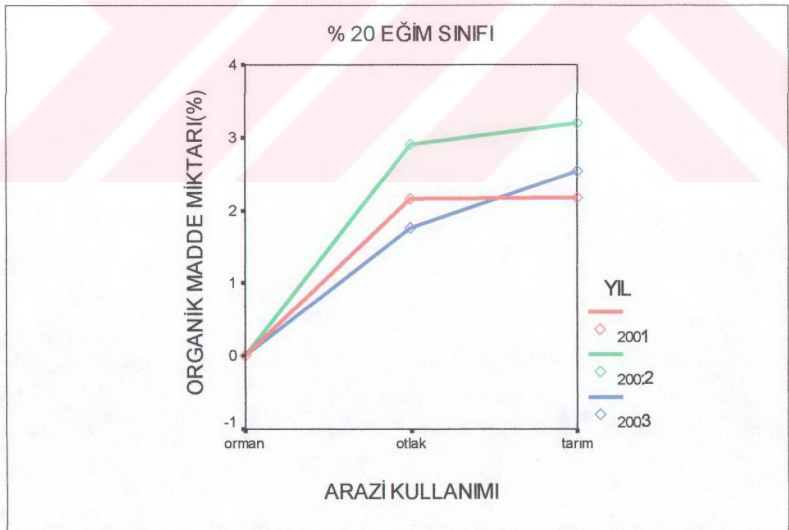
¹⁰ Orman alanında kurulan ölçüm parsellerinde toprak aşınımı oluşmadığından bu değerler belirlenememiştir.

3.2.6.2. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarının Yıllara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak örneklerinin içerdiği organik madde miktarlarının yıllık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 29) ve şekillerde (Şekil 65, Şekil 66) gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek değerler 2002 yılında elde edilmiştir. 2003 ve 2001 yılları istatistiksel anlamda farklılık ($\alpha=0,05$) göstermemektedir.

Çizelge 29. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi

Yıllar	N	1 (%)	2 (%)
2003	108	1,29	
2001	108	1,32	
2002	108		1,96



Şekil 65. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının yıllara göre değişimi



Şekil 66. % 40 eğim sınıfında aşınım uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarlarının yıllara göre değişimi

3.2.6.3. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki Organik Madde Miktarlarının Aylara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınım uğramış toprak örneklerinin içerdiği organik madde miktarlarının aylık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 30) ve şekillerde (Şekil 67, Şekil 68) gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek değerlerin elde edildiği haziran ve eylül ayları homojen bir grup ve diğer aylarda istatistiksel anlamda homojen bir grup oluşturmaktadırlar.

Çizelge 30. Toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

Aylar	N	1 (%)	2 (%)
Mayıs	54	1,15	
Ağustos	54	1,27	
Nisan	54	1,37	
Temmuz	54	1,40	
Haziran	54		1,93
Eylül	54		2,01



Şekil 67. % 20 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi



Şekil 68. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarları homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

3.2.7. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerleri ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

Arazi kullanım biçimleri ve eğim sınıflarına göre pH ortalama değerleri ile bunlar üzerinde yapılan istatistiksel analizler aşağıda verilmiştir.

3.2.7.1. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerlerinin Arazi Kullanımı ve Eğim Sınıflarına Göre Değişimi

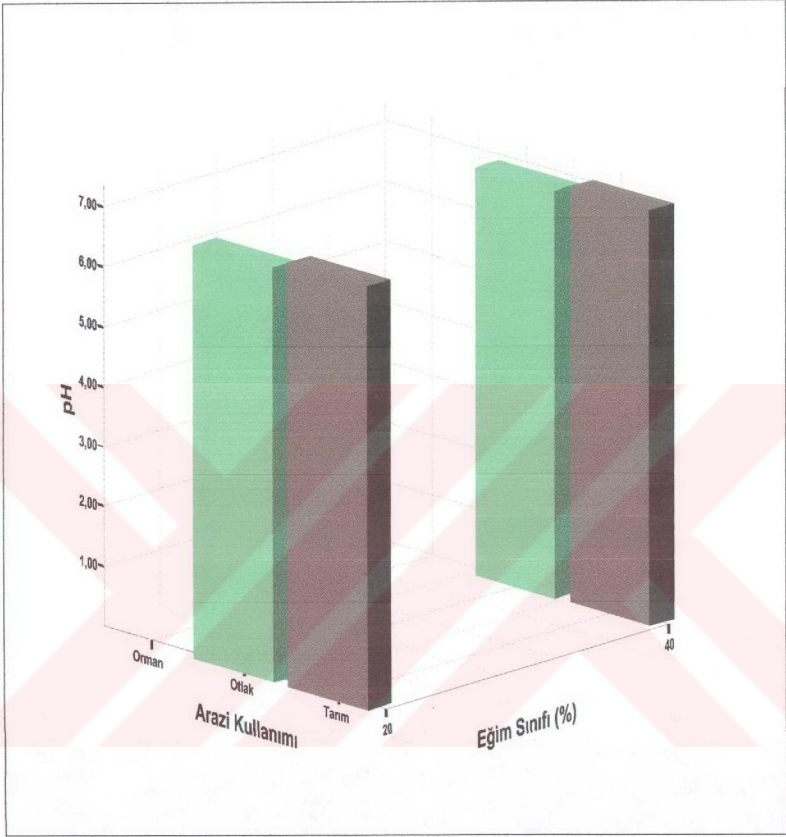
Ölçümlerin gerçekleştirildiği 3 yıl boyunca her bir ölçüm istasyonu ve parselden elde edilen aşınım uğramış topraklar üzerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen pH değerleri ortalamaları üzerinde yapılan istatistiksel değerlendirmeler, aşağıdaki çizelge (Çizelge 31) ve şekilde (Şekil 69) arazi kullanım biçimlerine göre verilmiştir.

Çizelge 31. Toprak örnekleri pH değeri ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

Arazi Kullanımı	Arazi Eğim Sınıfı (%)	pH (1/2.5 H ₂ O)
Orman	20	-
	40	-
Otlak	20	6,91
	40	6,78
Tarım	20	7,06
	40	6,91

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde en yüksek pH değerlerinin % 20 eğim sınıfındaki tarım alanında ölçüldüğü görülmektedir. En düşük değerler de % 40 eğim sınıfındaki otlak alanında ölçülmüştür.

Ancak pH değerleri incelendiğinde, ortalama değerler arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir. pH değerleri arazi kullanımı ve eğim sınıfları bakımından birbirine oldukça yakın değerler vermiştir.



Şekil 69. Toprak örneklerindeki pH değerleri ortalamalarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

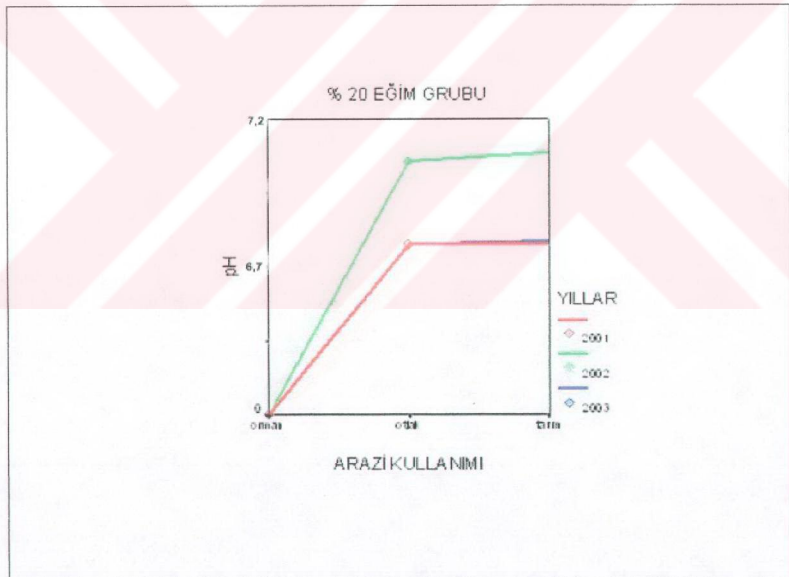
3.2.7.2. Aşınım Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi

Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınım uğramış toprak örneklerinin pH değerlerinin yıllık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 32) ve şekillerde (Şekil 70, Şekil 71) gösterilmiştir.

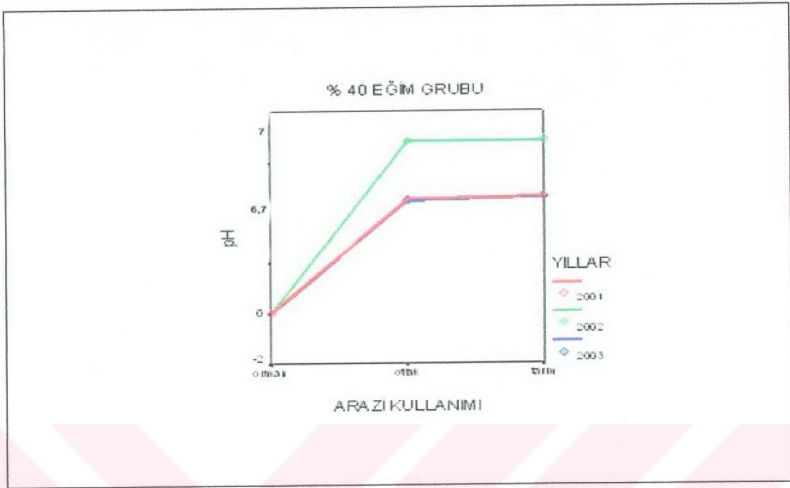
Çizelge 32. Toprak örneklerindeki pH değeri homojenlik testi sonuçlarının yıllara göre değişimi

Yıllar	N	İ (pH)
2001	48	6,9
2003	48	6,9
2002	72	6,9

Aşırıya uğramış toprak örnekleri üzerinde yapılan pH ölçümleri göstermiştir ki yıllar arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık bulunmamakta ve her üç yıl için belirlenen değerler homojen gruplar oluşturmaktadır.



Şekil 70. % 20 eğim sınıfında aşırıya uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin yıllara göre değişimi



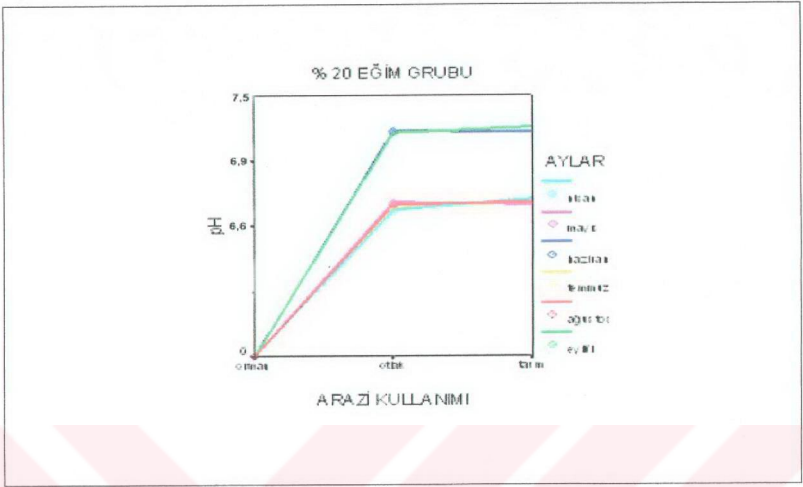
Şekil 71. % 40 eğim sınıfında aşınımına uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin yıllara göre değişimi

3.2.7.3. Aşınımına Uğramış Toprak Örneklerindeki pH Değerinin Aylara Göre Değişimi

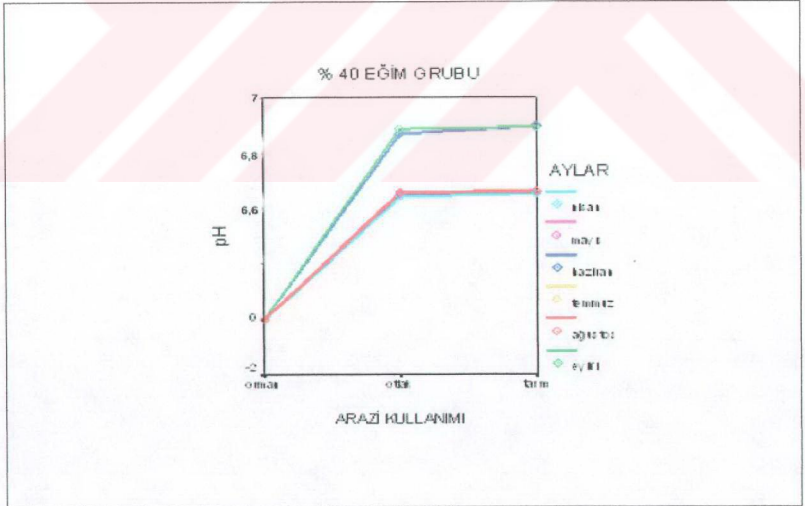
Ölçüm parsellerinde ölçülen aşınımına uğramış toprak örneklerinin pH değerlerinin yıllık değişimi aşağıdaki çizelge (Çizelge 33) ve şekillerde (Şekil 72, Şekil 73) gösterilmiştir.

Çizelge 33. Toprak örneklerindeki pH değeri homojenlik testi sonuçlarının aylara göre değişimi

Aylar	N	1 (pH)
Nisan	36	6,8
Temmuz	24	6,8
Mayıs	24	6,8
Ağustos	36	6,9
Haziran	36	6,9
Eylül	24	6,9



Şekil 72. % 20 eğim sınıfında aşınım uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin aylara göre değişimi



Şekil 73. % 40 eğim sınıfında aşınım uğramış toprak örneklerindeki pH değerlerinin aylara göre değişimi

3.3. USLE Yöntemi Kullanılarak Hesaplanan Toprak Aşınımı Miktarları

Ölçüm parsellerinde gerçekleştirilen 3 yıllık ölçümler sonucunda elde edilen toprak aşınımı değerleri ile kıyaslanmak üzere aynı alanlarda toprak aşınımı miktarlarını tahmini olarak belirleyen “USLE” benzetim yöntemi uygulanmış ve bu eşitlikle elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgede (Çizelge 34) verilmiştir.

Çizelge 34. Arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre USLE benzetim yöntemi ile hesaplanan toprak aşınımı miktarları

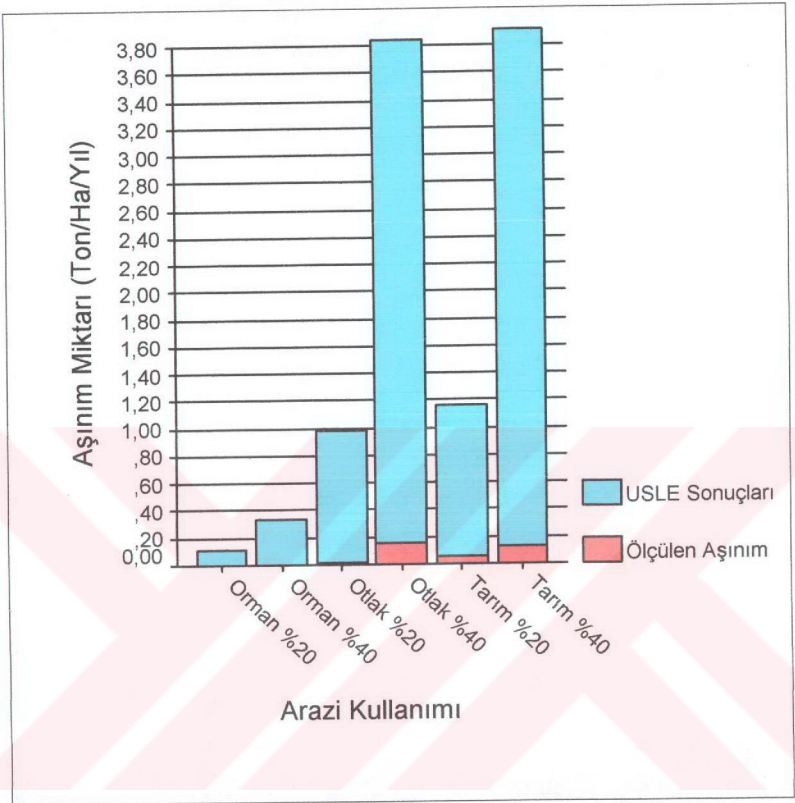
Parsel No	Arazi Kullanım Biçimi	Ölçümle Belirlenen Aşınım Miktarları (Ton/Ha/Yıl)	Eğim (%)	USLE Değerleri					USLE ile Hesaplanan Aşınım Miktarları (Ton/Ha/Yıl)
				R	K	LS	C	P	
1	Otlak	0,02	20	50	0,1106	2,4	0,07	0,93	
2									
3									
4	Otlak	0,16	40		0,1441	7,3	0,07	3,68	
5									
6									
7	Tarım	0,06	20		0,1025	2,4	0,09	1,11	
8									
9									
10	Tarım	0,12	40		0,1155	7,3	0,09	3,79	
11									
12									
13	Orman	-	20		0,0917	2,4	0,01	0,11	
14									
15									
16	Orman	-	40	0,0917	7,3	0,01	0,33		
17									
18									

Araştırma alanında kurulan ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı değerleri ile aynı alanlarda uygulanan USLE benzetim modeli sonucu elde edilen toprak aşınım miktarları arasında oldukça büyük farklar çıkmaktadır (Şekil 74). Orman alanındaki ölçüm parsellerinden hiç toprak aşınımı elde edemememize karşılık USLE modeli bu alanda % 20 eğimde 0,11 ton/ha/yıl , % 40 eğimde 0,33 ton/ha/yıl değerlerini vermektedir. Yine otlak alanında % 20 eğim de ölçülen 0,02 ton/ha/yıl ve % 40 eğimde ölçülen 0,16 ton/ha/yıl değerlerine karşılık USLE modeli % 20 eğimde 0,93 ve % 40 eğim 3,68 sonuçlarını vermektedir. Aynı şekilde tarım ölçüm parsellerinde ölçülen % 20 eğimde 0,06 ton/ha/yıl ve % 40 eğimde ölçülen 0,12 ton/ha/yıl değerlerine karşılık USLE modeli % 20 eğimde 1,11 ton/ha/yıl ve % 40 eğimde 3,79 ton/ha/yıl sonuçlarını vermektedir (Çizelge 34). Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere her üç arazi kullanımı ve her iki eğim sınıfında da USLE sonuçları ile ölçüm parsellerinden elde edilen sonuçlar oldukça farklı çıkmaktadır. Bu durumun USLE modelinde kullanılan bazı katsayıların ülkesel ve bölgesel uygulamalar için uygun olmadığı düşünülmektedir. Özellikle R yağış katsayısının lokal olarak hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Yine K katsayısının lokal toprak özellikleri dikkate alınarak bölgesel olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle bu modelin verdiği sonuçların farklılıklar göstermesine katsayıların lokal farklılıkları neden olmuş olabilir.

3.3.1. Ölçüm Parsellerinde Ölçümle Belirlenen Toprak Aşınımı Miktarları ile USLE Benzetim Yöntemi İle Hesaplanan Toprak Aşınımı Miktarları Toplam Ortalama Değerleri Arasındaki Farklar

Bu bölümde, ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı miktarları ile USLE benzetim yönteminin uygulanması sonucunda matematiksel olarak hesaplanan toprak aşınımı miktarları arasında bir ilişkinin olup olmadığı incelenmiş ve elde edilen toplam ortalama değerler arasındaki farklar aşağıdaki şekilde (Şekil 74) gösterilmiştir.

Aşağıdaki grafikten de görülebileceği üzere her üç arazi kullanım biçimi ve her iki eğim sınıfında USLE ile belirlenen toprak aşınım miktarları ile arazide kurulan ölçüm parsellerinden elde edilen toprak aşınım miktarları arasında oldukça büyük farklılıklar belirlenmiştir. Özellikle tarım ve otlak alanlarında farklılıklar görülmüştür.



Şekil 74. Ölçümle belirlenen toplam ortalama aşınım miktarı ile USLE benzetim yöntemi sonucunda belirlenen aşınım miktarları

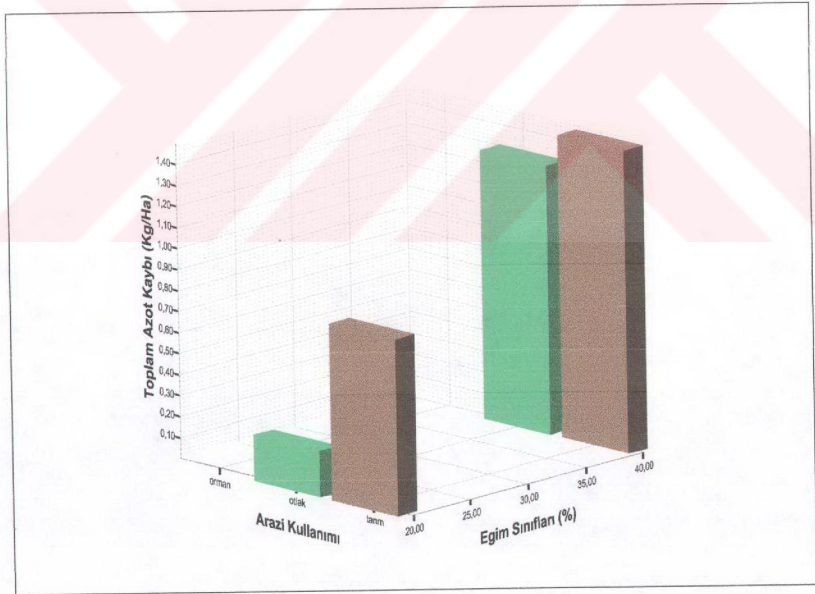
Ölçüm parsellerinde ölçülen toprak aşınım miktarları ile USLE yöntemi uygulaması sonucu hesaplanan aşınım miktarları arasında oluşan büyük farklılığın temel nedeninin USLE yöntemi ile hesaplama yapılırken kullanılan R yağış katsayısının ($R=50$ (Doğan ve Güçer, 1976)) araştırmanın yapıldığı alanı temsil edememesi olduğu düşünülmektedir. Nitekim R katsayısı daha düşük değerlere indirildiğinde (örneğin 50 yerine 25 değeri kullanıldığında) eşitlikle hesaplanan aşınım miktarlarının, arazide ölçülen aşınım miktarlarına oldukça yaklaştığı belirlenmiştir.

3.4. Ölçüm Parsellerinde Ölçülen Toprak Örnekleri Kimi Besin Maddeleri Kaybı Toplam Miktarları

Bu bölümde, araştırma alanındaki ölçüm parsellerinden elde edilen aşırıya uğramış toprak örneklerinin içerdiği başlıca bitki besin maddeleri miktarları toplamı, toplam bitki besin madesi kaybını göstermek üzere aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Toplam Azot Kaybı Miktarı

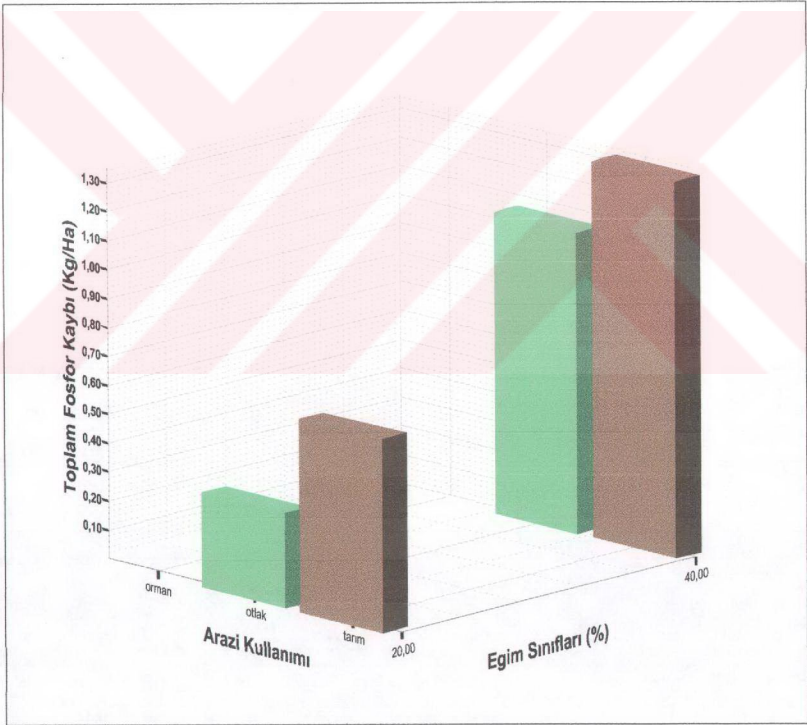
Ölçüm parsellerinden elde edilen aşırıya uğramış toprak örneklerindeki toplam azot miktarları ortalama değerleri, toplam azot kaybı değerini temsil etmek üzere aşağıdaki şekilde (Şekil 75) gösterilmiştir. Buna göre, en düşük aşırım miktarının belirlendiği otlak % 20 eğimdeki ölçüm parsellerinde de en düşük azot kaybı değerleri elde edilmiştir. Eğim artışına paralel olarak artan aşırım miktarı toplam azot kaybı miktarını da artırmaktadır.



Şekil 75. Toplam ortalama azot kaybı miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.4.2. Yararlanılabilir Fosfor Kaybı Miktarı

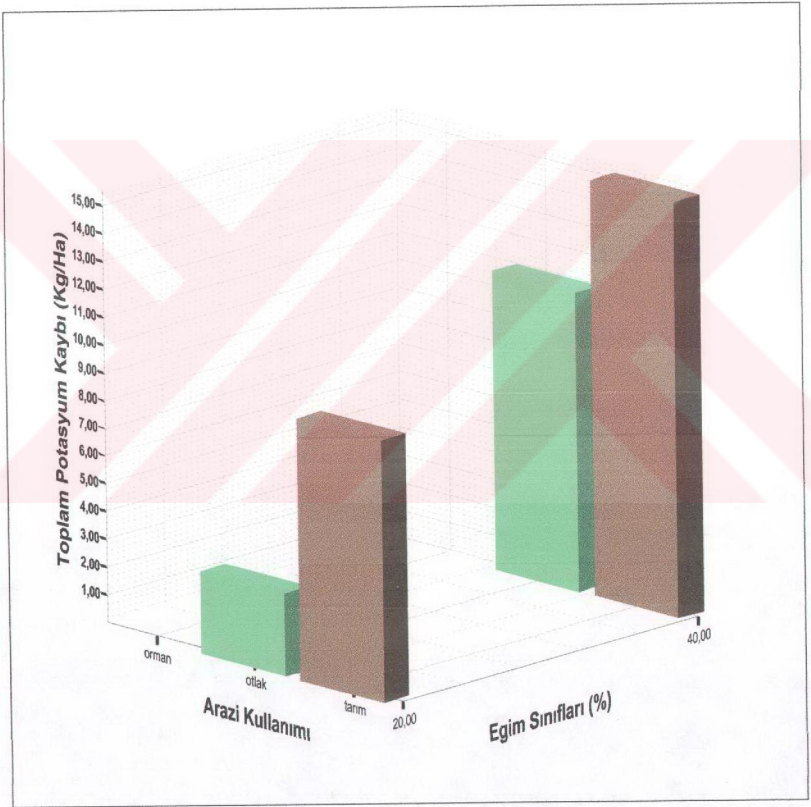
Ölçüm parsellerinden elde edilen aşınım uğramış toprak örneklerindeki fosfor miktarları toplam ortalama değerleri, toplam yararlanılabilir fosfor kaybı değerini temsil etmek üzere aşağıdaki şekilde (Şekil 76) gösterilmiştir. % 40 eğimli ölçüm parsellerinde belirlenen aşınım miktarı % 20 eğimli parsellere kıyasla yüksek bulunmuştur. Dolayısıyla da bu toplam aşınım değerlerine göre hesaplanan fosfor kaybı değerleri de buna paralel olarak yükselmektedir. % 20 otlak arazisinde elde edilen nispeten düşük aşınım değerleri, bu paralellığı bir ölçüde bozmaktadır. Böylece en düşük fosfor kaybı bu eğim sınıfında görülmektedir.



Şekil 76. Toplam ortalama yararlanılabilir fosfor kaybı miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.4.3. Değiştirilebilir Potasyum Kaybı Miktarı

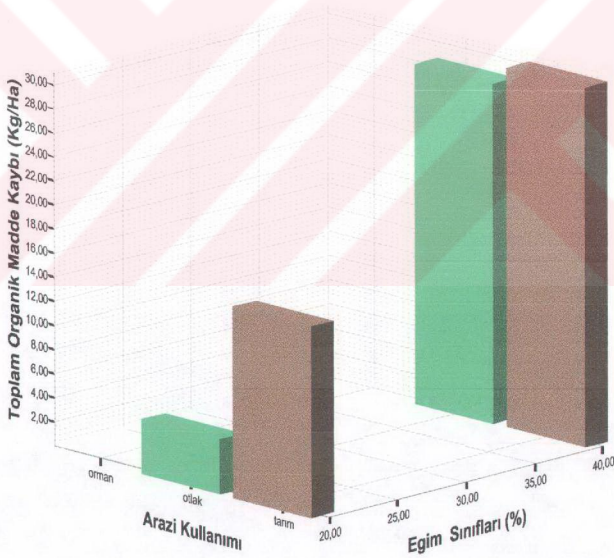
Ölçüm parsellerinden elde edilen aşınım uğramış toprak örneklerindeki potasyum miktarı toplam ortalama değerleri, toplam potasyum kaybı değerini temsil etmek üzere aşağıdaki şekilde (Şekil 77) gösterilmiştir. Aşağıdaki şekil göstermektedir ki eğim artışına paralel olarak artan oranda potasyum kaybı görülmektedir. En düşük aşınım miktarının belirlendiği % 20 eğimdeki otlak arazisinde yine en düşük potasyum kaybı görülmüştür.



Şekil 77. Toplam ortalama değiştirilebilir potasyum kaybı miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.4.4. Organik Madde Kaybı Miktarı

Ölçüm parsellerinden elde edilen aşınımına uğramış toprak örneklerindeki organik madde miktarı toplam ortalama değeri, toplam organik madde kaybı değerini temsil etmek üzere aşağıdaki şekilde (Şekil 78) gösterilmiştir. Organik madde kaybı yine en düşük değerlerini % 20 eğim sınıfındaki otlak arazisinde kurulan ölçüm parsellerinde göstermektedir. Nitekim en düşük toprak aşınımı miktarları bu eğim sınıfı ve arazi kullanım biçiminde belirlenmiştir. Bunun dışında, eğim artışına paralel olarak artan oranda organik madde kaybı değerleri belirlenmiştir. Otlak % 20 eğim sınıfı hariç tarım ve otlak arazi kullanım biçimleri arasında büyük farklılıklar görülmemektedir.



Şekil 78. Toplam ortalama organik madde kaybı miktarlarının arazi kullanımı ve eğim sınıflarına göre değişimi

3.5. Araştırma Alanında Ölçülen Yağış Miktarları Ortalama Değerleri ile Toprak Aşınımı ve Yüzeysel Akış Miktarları Ortalama Değerleri Arasındaki İstatistiksel İlişki

Araştırma alanına kurulan yağış ölçme cihazından elde edilen aşınım ölçümlerinin yapıldığı aylara ait aylık ortalama yağış değerleri¹¹ (mm) ile ölçüm parsellerinden elde ettiğimiz toprak aşınımı değerleri ve yüzeysel akış suları değerleri arasında bir ilişkinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçları aşağıdaki çizelgede (Çizelge 35) gösterilmiştir. Araştırma alanında ölçülen yağış miktarı ortalama değerleri ise aylara göre aşağıdaki şekilde (Şekil 79) gösterilmiştir.

Buna göre yağış miktarı ile aşınım miktarı arasında ($\alpha=0,01$) pozitif yönlü güçlü bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde yağış miktarı ile yüzeysel akış arasında da ($\alpha=0,05$) pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar göstermektedir ki, yağış miktarı arttıkça toprak aşınımı miktarı ve yüzeysel akış miktarı da artmaktadır.

Yine yüzeysel akış miktarı ile toprak aşınımı miktarı arasında ($\alpha=0,01$) pozitif yönlü ve güçlü bir ilişki (korelasyon) mevcuttur. Yüzeysel akış miktarı arttıkça toprak aşınımı miktarı da artmaktadır.

Çizelge 35. Ölçülen yağış değerleri ile toprak aşınımı ve yüzeysel akış suları miktarları arasındaki ilişki

	Korelasyon	Yağış Miktarı	Aşınım Miktarı	Yüzeysel Akış
Yağış Miktarı	Pearson Correlation	1	,457(**)	,393(*)
	Sig. (2-tailed)	.	,005	,018
	N	36	36	36
Aşınım Miktarı	Pearson Correlation	,457(**)	1	,697(**)
	Sig. (2-tailed)	,005	.	,000
	N	36	36	36
Yüzeysel Akış	Pearson Correlation	,393(*)	,697(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,018	,000	.
	N	36	36	36

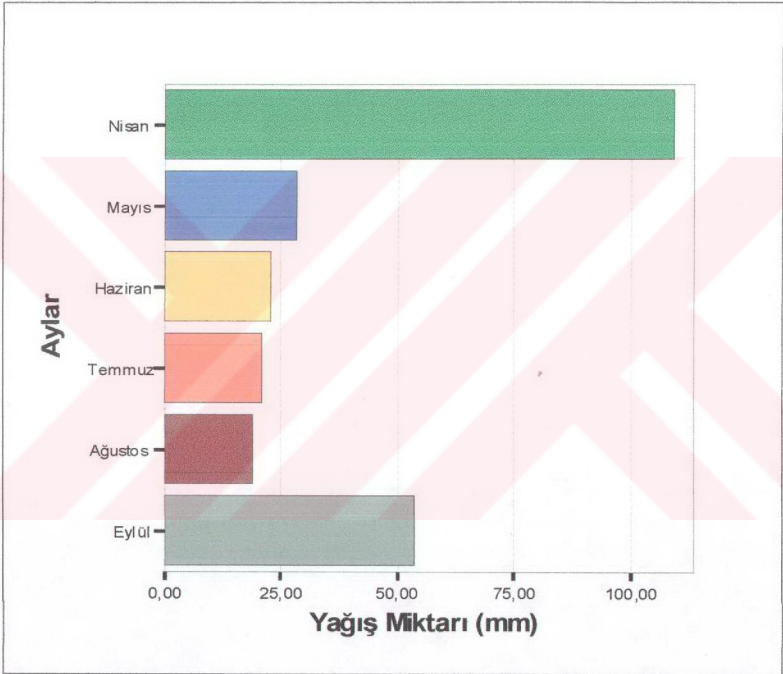
** 0.01 önem düzeyinde ilişki var

* 0.05 önem düzeyinde ilişki var

¹¹ Araştırma alanının kar örtüsü ile kaplı olmadığı, kısmen nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait yağış değerleri.

Araştırma alanında, toprak aşınımının ve yüzeysel akışın gerçekleştiği ve kar örtüsünün bulunmadığı aylar dikkate alınarak hazırlanan aşağıdaki şekilde (Şekil 79) aylara göre ortalama yağış miktarları gösterilmektedir.

Buna göre, en yüksek yağış (> 100 mm) nisan ayı içerisinde görülmektedir. Daha sonra eylül (> 50 mm) ve en düşük yağış değerleri de ağustos ve temmuz aylarında (< 25 mm) görülmektedir.



Şekil 79. Araştırma alanında ölçüm yapılan aylara ait ortalama yağış miktarları

4. SONUÇLAR

“Doğu Karadeniz Ardı Gümüşhane Yöresinde Farklı Kullanım ve Eğimdeki Arazilerin Toprak Aşınımının Nicel ve Nitel Olarak Belirlenmesi ile “USLE” Benzetim (Simulasyon) Modeli Sonuçlarının Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar” konulu araştırmada elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Işık köyü topraklarında kurulan ölçüm parsellerinden elde edilen toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarları bakımından; arazi kullanım biçimleri arasında (orman, otlak ve tarım alanı olmak üzere) istatistiksel anlamda önemli bir farklılık belirlenmiştir.
2. Ölçüm parsellerinden elde edilen toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarları bakımından eğim sınıfları arasında (% 20 eğim grubu ve % 40 eğim grubu olmak üzere) istatistiki anlamda önemli bir farklılık belirlenmiştir. Bu ilişki doğru orantılı bir artışı ifade etmektedir.
3. Arazi kullanım biçimleri arasında ölçülen toplam ortalama toprak aşınımı miktarları bakımından her iki eğim sınıfında da, en düşük aşınım değerleri orman ölçüm parsellerinde elde edilmiştir ve ölçüm parsellerinde herhangi bir toprak aşınımı oluşmamıştır.
4. Otlak ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı miktarları ile tarım ölçüm parsellerinden elde edilen toplam ortalama toprak aşınımı miktarları birbirinin aynı olmuştur (her iki arazi kullanım biçiminde de 0,18 ton/ha/yıl değerleri elde edilmiştir).
5. % 20 eğim sınıfındaki toprak aşınımı toplam ortalama değerleri en düşük orman ölçüm parsellerinde (aşınım oluşmamıştır) daha sonra otlak ölçüm parsellerinde (0,02 ton/ha/yıl) ve en yüksek de tarım ölçüm parsellerinde (0,06 ton/ha/yıl) belirlenmiştir.
6. % 40 eğim sınıfındaki toprak aşınımı toplam ortalama değerleri yine en düşük orman ölçüm parsellerinde (aşınım oluşmamıştır), daha sonra tarım ölçüm parsellerinde (0,12 ton/ha/yıl) ve en yüksek de otlak ölçüm parsellerinde (0,16 ton/ha/yıl) ölçülmüştür.

7. Yıllık ortalama toprak aşınımı değerleri bakımından en düşük aşınım miktarı 2003 yılında ölçülmüştür. En yüksek toprak aşınımı miktarı da 2002 yılında ölçülmüştür. En düşük yağış miktarları 2003 ve en yüksek yağış miktarları da 2002 yılında ölçülmüştür.
8. Toprak aşınımı miktarları ortalama aylık değerleri en yüksek nisan ve eylül aylarında, en düşük haziran ayında ölçülmüştür.
9. Yüzeysel akış bakımından arazi kullanım biçimleri arasında en yüksek toplam ortalama miktar 8089 (lt/ha/yıl) ile otlak ölçüm parsellerinde, daha sonra 6837 (lt/ha/yıl) ile tarım ölçüm parsellerinde ve en düşük değerler de 1412 (lt/ha/yıl) ile orman ölçüm parsellerinde ölçülmüştür.
10. Yüzeysel akış toplam ortalama miktarlarının eğim sınıflarına göre dağılımında ise, en yüksek miktarlar 11079 (lt/ha/yıl) ile % 40 eğim sınıfında elde edilmiştir. % 20 eğim sınıfında ise 5259 (lt/ha/yıl) lık değerler ile daha düşük çıkmıştır.
11. Yüzeysel akış toplam ortalama miktarlarının yıllara göre, en yüksek ortalama değerleri 2002 yılında ölçülmüş, en düşük değerler ise 2001 yılında ölçülmüştür.
12. Yüzeysel akış toplam ortalama miktarlarının aylara göre en yüksek ortalama değerleri nisan ve eylül aylarında, en düşük ortalama değerleri de ağustos ve temmuz aylarında ölçülmüştür.
13. USLE benzetim modeli sonuçları ile Işık köyü arazisinde ölçülen değerler karşılaştırıldığında, arazi kullanımları ve eğim sınıfları bakımından elde edilen değerlerle, USLE ile hesaplanan değerler arasında büyük farklılık görülmüştür.
14. USLE modeli ile orman alanında % 20 eğim sınıfında 0,11 (ton/ha/yıl) ve % 40 eğim sınıfında 0,33 (ton/ha/yıl) lık bir toprak aşınımı değeri hesaplanırken, orman deneme parsellerindeki her iki eğim sınıfında da kayda değer bir toprak aşınımına rastlanmamıştır.
15. USLE benzetim modeli kullanılarak, otlak alanında % 20 eğim sınıfında 0,93 ton/ha/yıl ve % 40 eğim sınıfında ise 3,68 (ton/ha/yıl) lik değerler hesaplanırken, otlak ölçüm parsellerinde ölçülen değerler % 20 eğim sınıfında 0,02 (ton/ha/yıl) ve % 40 eğim sınıfında 0,16 (ton/ha/yıl) olmak üzere daha düşük değerler hesaplanmıştır.

16. USLE benzetim modeli ile tarım alanında % 20 eğim sınıfında 1,11 (ton/ha/yıl) ve % 40 eğim sınıfında ise 3,79 (ton/ha/yıl) değerleri hesaplanırken, tarım ölçüm parsellerinde ölçülen değerler % 20 eğim sınıfında 0,06 (ton/ha/yıl) ve % 40 eğim sınıfında 0,12 (ton/ha/yıl) olarak belirlenmiştir.
17. Aşınımına uğramış toprak örnekleri (toprak aşınımı miktarları) ve yüzeysel akıştaki toplam azot miktarları (%) bakımından en düşük değerler ormanlık alanda, en yüksek değerler tarım alanında ölçülmüştür.
18. Aşınımına uğramış toprak örnekleri ve yüzeysel akıştaki toplam yararlanılabilir fosfor miktarları (ppm/ha), tarım ve otlak alanı % 20 eğim sınıfında daha az, % 40 eğim sınıfında ise daha fazla ölçülmüştür.
19. Aşınımına uğramış toprak örnekleri ve yüzeysel akıştaki toplam değiştirilebilir Potasyum (ppm/ha) miktarları bakımından en yüksek değerler % 40 eğim sınıfındaki tarım ve otlak alanlarında elde edilmiştir.
20. Aşınımına uğramış toprak örneklerindeki toplam ortalama organik madde miktarları bakımından da en yüksek değerler tarım arazisinde belirlenmiştir.
21. pH değerleri bakımından istatistiksel anlamda önemli bir farklılık belirlenmemiştir.
22. Araştırma alanında ölçülen yağış miktarları en yüksek nisan ve eylül aylarında ölçülmüştür. En düşük miktarlar ise temmuz ve ağustos aylarında belirlenmiştir.
23. Ölçülen yağış miktarları ile toprak aşınımı ve yüzeysel akış miktarları arasında istatistiksel anlamda pozitif yönde önemli bir ilişkinin (korelasyonun) olduğu belirlenmiştir.

5. ÖNERİLER

“Doğu Karadeniz Ardı Gümüşhane Yöresinde Farklı Kullanım ve Eğitimdeki Arazilerin Toprak Aşınımının Nicel ve Nitel Olarak Belirlenmesi ile “USLE” Benzetim (Simulasyon) Modeli Sonuçlarının Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar” konulu araştırmada elde edilen bulgular ve bu bulgulardan çıkarılan sonuçlar dikkate alınarak, aşağıda maddeler halinde sıralanan önerilerin uygulanmasının yararlı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

1. Işık köyü arazisi şartlarında yapılan ölçümler sonucunda görülmüştür ki orman arazisinde toprak aşınımı hemen hiç olmamaktadır. Toprak aşınımı ortadan kaldırılmak ya da azaltılmak anlamında yapılması gereken işlerin başında; orman varlığını korumak, geliştirmek ve çoğaltmak gelmelidir.
2. Yapılan araştırmada yoğun otlatmaya uğramış otlak alanındaki toprak aşınımı miktarları, tarım arazisindeki değerlere yakın, hatta % 40 eğim sınıfında daha fazla çıkmıştır. Otlak alanlarının aşırı otlatmaya karşı korunması ve kontrollü otlatma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Özellikle eğimi yüksek otlak alanlarında aşırı otlatmadan kaçınılmalıdır. Bu tür alanlar bitki örtüsünden yoksun bırakılmamalıdır.
3. Yapılan ölçümler eğimi yüksek (% 40) tarım alanlarındaki toprak aşınımı miktarının eğimi düşük (% 20) alanlardakine kıyasla arttığını gösterdiğinden tarım alanları ve özellikle yüksek eğime sahip alanlar tarım arazisi olarak kullanılarak koruyucu bitki örtüsünden yoksun bırakılmamalıdır.
4. Toprak aşınımı miktarının azaltılmasında en önemli etmenlerin başında koruyucu bitki örtüsü gelmektedir. Hangi türden olursa olsun toprak yüzeyi koruyucu bitki örtüsünden yoksun bırakılmamalıdır.
5. Yapılan araştırmalar yüzeysel taşlılığın aşınımı azaltıcı etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Nadasa bırakılan tarım arazilerinde toprak aşınımını azaltmak için bu alanların üzerinin çeşitli malzemelerle (bitki kalıntıları vb.) tamamen ya da mümkün değilse kısmen örtülmesi faydalı olacaktır.
6. Uygulanan USLE benzetim yöntemi sonuçları ile arazi şartlarında parseller bazında yapılan ölçümler sonucunda belirlenen toprak aşınımı değerleri arasında fark çıkmasının sebeplerinin başında özellikle bu modelde kullanılan R

yağış indisi değerlerinin hesaplanmasındaki eksikliklerin geldiği düşünülmektedir. Bu etmen, araştırmanın yapıldığı arazi şartlarında ölçülmelidir. Bunun için de o bölgede veri toplama ve kaydetme özelliğine sahip araç ve gereçlerin kurulması ve çalıştırılması gerekmektedir. Yaptığımız araştırmada da görülmüştür ki en yakın meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış değerleri ile araştırma sahasındaki yağış değerleri oldukça farklılıklar gösterebilmektedir.



6. KAYNAKLAR

- A.G.M., Erozyonun Tanımı ve Çeşitleri, <http://www.agm.gov.tr/erozyon/tanimi.htm> 10 Nisan 1998.
- Andreu, V., Rubio, J.L., Garcia, E.G. ve Linares, J.V., 1998. Testing three Mediterranean shrubs in runoff reduction and sediment transport, Soil and Tillage Research, 45, 441-454.
- Anonim, 1978. Topraksu Genel Müdürlüğü, Türkiye Arazi Varlığı, Toprak Etüdüleri ve Haritalama Daire Başkanlığı, Ankara.
- Arnold, J.G., Williams, J.R., Nicks, A.D. ve Sammons, N.B., 1990. SWRRB: a basin scale simulation model for soil and water resources management, Texas A&M University press, Austen.
- Auerswald, K., Flacke, W. ve Neufang, L., 1988. Räumlich differenzierende Berechnung grossmassstablicher Erosionsprognosekarten – Modelgrundlagen der DABAG, Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 151, 58-77.
- Aydemir, H., 1973. Bolu Masifinde Araziden Faydalanma Biçimlerinde Yüzeysel Akışla Su Kaybı ve Toprak Taşınması Üzerine Araştırmalar, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Seri No:54, Ankara.
- Akıllıoğlu, A., ve Direnç, N., 2002. Toprak Bitki Sulama Suyu ve Turba Analizleri, T.C. Orman Bakanlığı İzmir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü, Yayın No:13, İzmir.
- B. K., 1994. Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, E. Schweizerbart Verlagsbuchhandlung, Hannover.
- Baker, K.D., Theurer, F.D. ve Witte, J., 1995. AGNPS verification: science (Version 5.00), University of Minnesota, FTP-Text.
- Balcı, A., Özyuvacı, N., 1974. Türkiye'nin Farklı İki Bölgesinde Yer Alan Topraklarda Erozyon Eğiliminin Ana Materyal, Bakı, Arazi Kullanma Şekli ve Örnekleme Derinliğine Bağlı Olarak Değişimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, XXIV, 2, 93-108.
- Basic, F., Kisic, I., Butorac, A., Nestroy, O. ve Mesic, M., 2001. Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in Central Croatia, Soil and Tillage Research, 62, 145-151.
- Beasley, D.B. ve Huggins, L.F., 1982. ANSWERS – user manual, US Environmental Protection Agency, Chicago.

- Bermudez, F.L., Diaz, A.R., Fernandez, H.M. ve Fernandez, J.M., 1998. Vegetation and soil erosion under a semi-arid Mediterranean climate: a case study from Murcia (Spain), Geomorphology, 24, 51-58.
- Beven, K., 1989. Changing ideas in hydrology- the case of physically-based models, Journal of Hydrology, 105, 102-122.
- Bork, H.R. ve Schröder, A., 1996. Handbuch für Bodenkunde, VI.4.5. Quantifizierung des Bodenabtrags anhand von Modellen, Germany.
- Bradford, J.M., Remley, P.A., Ferris, J.E. ve Santini, J.B., 1986. Effects of Soil Surface Sealing on Splash from a Single Waterdrop, Soil Sci. Soc. Am J., 50, 1547-1552.
- Bryan, R.B., 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope, Geomorphology, 32, 385-415.
- Çepel, N., 1971. Toprak Yüzeyine Varan Yağış Miktarına Bitkilerin Yaptığı Etki ve Belgrad Ormanında Yapılan Bir Araştırmaya Ait 5 Yıllık Sonuçlar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, XXI, 2, 54-59.
- Çepel, N., 1988. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3416, O.F. Yayın No: 389, İstanbul.
- Çepel, N., 1989. Orman-Erozyon İlişkisi, 2000'li Yıllara Yaklaşırken Ormancılık, İzmit Orman İşletme Müdürlüğü Yayını, ROTA Basımevi, İzmit.
- Davis, F. M., Leonard, A. ve Knisel, W. G., 1990. GLEAMS user manual (Version 1.8.55). 75 S., US Department of Agriculture – Agricultural Research Service, Tifton.
- D.S.İ., 1970. Türkiye İstikşafi Arazi Amenajman Raporu, Cilt II, Ankara.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yayınları No:143. Erzurum.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., Cremers, N.H.D.T., Offermans, J.E., Ritsema, C.J. ve van Oostindie, K., 1994. LISEM: a new physically-based hydrological and soil erosion model in a GIS-environment, theory and implementation, International Association of Hydrological Sciences Publication, Wallingford.
- Descroix, L, Viramontes, D., Vauclin, M., Barrios, J.L.G. ve Esteves, M., 2001. Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion i the Western Sierra Madre (Durango, Northwest Mexico), Catena, 43, 115-135.
- DMİGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Türkiye İklimi, Karasal İklim <http://www.meteor.gov.tr/> 27 Mayıs 2003.
- Doğan, O. ve Güçer, C., 1976. Su Erozyonunun Nedenleri – Oluşumu ve Ünlversal Denklem ile Toprak kayıplarının Saptanması, Ankara.

- Ercan, M., 1997. Bilimsel Araştırmalarda İstatistik, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi Seri No: 6, ;zmit.
- Fayos, C.B., Cases, A.C., Imeson, A.C., Soto, M.D.S. ve Tiemessen, I.R., 1998. Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a mediterranean climatological gradient, *Catena*, 33, 123-138.
- Ferreira, W.A. ve Smith, R.E., 1992. OPUS-an integrated simulation model for transport of non-point source pollutants at the field scale II: user manuel, US Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Washington.
- Flacke, W., Auerswald, K. ve Neufang, L., 1990. Combining a modified Universal Soil Loss Equation with a digital terrain model for computing high resolution maps of soil loss resulting from rain wash, *Catena*, 17, 383-397.
- Flanagan, D.C. ve Nearing, M.A., 1995. US Department of Agriculture – Water Erosion Prediction Project (WEPP): hillslope profile and watershed model documentation (Version 95.7), National Soil Erosion Research Laboratory Report, West Lafayette.
- GMI, 2002. Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu, Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri Kayıtları, Gümüşhane.
- Görcelioğlu, E., 1974. Türkiye’de Toprak Erozyonunun Kapsamı ve Önemi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, XXIV, 1, 107-120.
- Görcelioğlu, E., 1976. Toprak Erozyonu ve Sedimentasyon, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, XXVI, 2, 105-116.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Yay. No.1970, İ.Ü. Orman Fakültesi Yay. No.201, İstanbul.
- Gülsoy, G., Toprak Erozyonu, <http://www.aselsan.com.tr/Dergi/Kasim97/toprak.htm> 1 Kasım 1997.
- Hensel, H., 1991. Verfahren zur EDV gestützten Abschaetzungen der Erosionsgefaehrdung von Haengen und Einzugsgebieten. *Bodenökologie und Bodengenese* 2. Technische Universitaet 113 S, Berlin.
- Hill, R.L., 1993. Tillage and Wheel Traffic Effects on Runoff and Sediment Lossses from Crop Interrows, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57, 476-480.
- Hirschi, M.C. ve Barfield, B.J., 1988. KYERMO-a physically based research erosion model, part 1: model development, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Washington.
- Grissanthou, V., 1987. Simulationsmodelle zur Berechnung der taeglich Feststofflieferung eines Einzugsgebietes, *Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft* 31, Technische Hochschule, Karlsruhe.

- Huang, C., Odoux, C.G. ve Cayot, S.C., 2001. Hillslope topographic and hydrologic effects on overland flow and erosion, *Catena*, 46, 177-188.
- Huber, W.C., 1987. Storm Water Managenet Model (SWMM), User's manual (Version III), US Enwironmental Protection Agency, Washington.
- Irmak, A., 1954. Toprağın Araştırılması Metodları, İ.Ü. Yayın No.599, Orman Fakültesi Yayın No.27, İstanbul.
- Johanson, R.C., 1984. User's manual for hydrological simulation program-fortran (HSPF), US Enwironmental Protection Agency, Washington.
- Jung, L., 1970. Taş Örtüsünün Şist Topraklarındaki Yüzeysel Akış ve Erozyon Üzerine Tesiri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, XX, 2, 173-186.
- Kantarıcı, M.D., 1981. Ormanın Tahrip Edildiği Yamaçlarda Toprak İşlemesinin Kil Erozyonuna Etkisi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 31, 2, 92-110.
- Karagül, R., 1999. Trabzon - Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, *Turkish Journ. Agric. Forest.*, 23, 53-68.
- Knisel, W. G., 1980. CREAMS- a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. US Department of Agriculture Conservation Research Report 26. – 640 S., US Department of Agriculture/Science and Education Administration, Washington D. C.
- Komas, C., Danalatos, N., Cameraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Margues, H., Fernandez, J.M., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Sikao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D. ve Vacca, A., 1997. The effects of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions, *Catena*, 29, 45-49.
- Kosmas, C., Danalatos, N.G. ve Gerontidis, S., 2000a. The effect of land parameters on vegetation performance and degree of erosion under Mediterranean conditions, *Catena*, 40, 3-17.
- Kosmas, C., Gerontidis, S. ve Marathianou, M., 2000b. The effects of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece), *Catena*, 40, 51-68.
- Lane, L.J. ve Nearing, M.A., 1989. US Department of Agriculture – Water Erosion Prediction Project (WEPP): hillslope profile version model documentation (Version 89), National Soil Erosion Research Report, US Department of Agriculture-Agriculture Research Service, West Lafayette.
- M.T.A. 1986. Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Daire Başkanlığı, Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmesine Ait Jeoloji Raporu, Ankara.

- Meyer, L.D., Harmon, W.C., 1984. Susceptibility of Agricultural Soils to Interrill Erosion, Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 1152-1157.
- Mollenhauer, K., Fritz, E.M., Feldwisch, N., Look ve Taysun, A., 1996. Abflussbildung, Infiltration und Bodenabtrag unter dem Einfluss des Bodenskeletts, Z.f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 37, 202-206.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N. ve Rickson, R.J., 1993. EUROSEM documentation manuel (Version 2), Silsoe College, Sioesoe.
- Müller, D.H., Wendt, R.C. ve Daniel, T.C., 1984. Soil and Water Losses as Affected by Tillage and Manure Application, Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 896-900.
- Oakes, H., 1958. Türkiye Toprakları, T.Y.Z.M.B. Yayını, Sayı 18, İzmir.
- Özhan, S., 1970. Taş Örtüsünün Şist Topraklarındaki Yüzeysel Akış ve Erozyon Üzerine Tesiri, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, B, 20, 2, 173-186.
- Özhan, S., 1982. Belgrad Ormanındaki Bazı Meşçerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçlarının Ampirik Modellerle Karşılaştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B, 32, 2, 219-235.
- Özyuvacı, N., 1976a. Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri, İ.Ü. Orman Fakakültesi, Yayın No.221, İstanbul.
- Özyuvacı, N., 1976b. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tesbitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, B, 21, 1, 190-207.
- Pimentel, D., 2000. Soil Erosion and the Threat to Food Security and the Environment, Ecosystem Health, 6, 221-226.
- Poulenard, J., Podwojewski, P., Jeneau, J.L. ve Collinet, J., 2001. Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from Ecuadorian *Paramo*: effect of tillage and burning, Catena, 45, 185-207.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. ve Porter, J.P., 1991. RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation, Journal of Soil and Water Conservation, 46, 34-48.
- Reyes, M.R., Bengtson, R.L., Fouss, J.L. ve Carter, C.E., 1995. Comparison of erosion predicting with CLEASEM, GLEASEM-WT and CLEASEM-SWAT models for alluvial soils, Transaction of the American Society of Agricultural Engineering, 38, 330-351.
- Richter, G., 1979. Bodenerosion In Reblagen des Moselgebiets, Ergebnisse Quantitativer Untersuchungen 1974 – 1977, Universitaet Trier, Deutschland.
- Richter, G., 1998. Bodenerosion (Analyse und Bilanz eines Umweltproblemes), Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

- Rickson, R.J., 1994. Potential applications of the EUROSEM for evaluating soil conservation measures, *Conserving Soil Resources: European perspectives*, CAB, Wallingford.
- Römken, M.J.M., Helming, K. ve Prasad, S.N., 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes, *Catena*, 46, 103-123.
- Rubio, J.L., Forteza, J., Andreu, V. ve Cerni, R., 1997. Soil profile characteristics influencing runoff and soil erosion after forest fire: A case study (Valencia, Spain), *Soil Technology*, 11, 67-78.
- Ruiz, J.M.G., Lasanta, T., Ortigosa, L., Flano, P.R., Marti, C. ve Gonzales, C., 1995. Sediment Yield Under different Land Uses in The Spanish Pyrenees, *Mountain Research and Development*, 15, 229-240.
- Rüttimann, M., Schaub, D., Prasuhn, V. ve Rüegg, W., 1995. Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland-some critical considerations, *Catena*, 25, 127-139.
- Schröder, H. ve Löwa, K., 1991. Zum Ausmass Bodenerosiver Abspülschäden in der Lösslandschaft des Südöstlichen Harzvorlandes, *Erdkunde*, 45, 255-263.
- Schwab, O.G., 1966. *Soil and Water Conservation Engineering*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Schwertmann, U., Vogl, W. ve Kainz, M., 1987. *Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen*, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Sevim, M., 1956. Belgrad Ormanını Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar, *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi*, 6, 1 114-126.
- Shapley, A.N. ve Williams, J.R., 1990. EPIC: Erosion/Productivity Impact Calculator, US Department of Agriculture-Agriculture Research Service, Washington.
- Singer, M.J. ve Bissonais, Y., 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a mediterranean climate, *Geomorphology*, 24, 79-85.
- Smith, K.A., Jackson, D.R. ve Withers, P.J.A., 2001. Nutrient losses by surface runoff following the application of organic manures to arable land. 2. Phosphorus, *Environmental Pollution*, 112, 53-60.
- Smith, R.E. ve Kinsel, W.G., 1985. Summary of Methodology in the CREAMS2 model, *Proceedings of the Natural Resources Modeling Symposium*, Washington.
- Takken, I., Govers, G., Jetten, V., Nachtergaele, J., Steegen, A. ve Poesen, J., 2001. Effects of tillage on runoff and erosion patterns, *Soil and Tillage Research*, 61, 55-60.
- Tavşanoğlu, F., 1967. Sel Yataklarının Tahkimi, *İ.Ü. Orman Fakültesi*, Yayın No.119 İstanbul.

- TEMA, 2003. Türkiye’de Toprak Erozyonu, <http://www.tema.org.tr>, Kasım, 2003.
- TGM, 1978. Topraksu Genel Müdürlüğü, Türkiye Arazi Varlığı, Toprak Etüdlere ve Haritalama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Tümsavaş, Z. ve Katkat, A.V., 2000. Bursa İli ve Civarındaki Eğimli Tarım Topraklarının Laboratuvar Koşullarında Su Erozyonuna Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Türk. Journal of Agric. Fores., 24, 737-744.
- Uslu, S., 1969. Ormanların Toprak Koruması ve Hidrolojik Bakımdan Önemi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A, 19, 2, 47-54.
- Uri, N.D., 2001. A Note On Soil Erosion And Its Environmental Consequences In The United States, Water, Air and Soil Pollution, 129, 181-197.
- Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R., Serra, G., Tomasi, D. ve ARU, A., 2000. Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy), Catene, 40, 69-92.
- Vargas, M.T., Lopez, M.T., Stone, J.J., Mota, J.L.O. ve Valle, M.V., 2001. Tillage system effects on runoff and sediment yield in hillslope agriculture, Field Crops Research, 69, 173-182.
- Werner, W., 1995. Bodenerosion in Nordrhein – Westfalen: Gefaehrdung und Schutzmassnahmen., 79 S., Rheinische Friedrich Wilhelms Universitaet, Bonn.
- Williams, J.R., 1975. Sediment routing for agricultural watersheds, Water Resources Bulletin, 11.
- Williams, J.R., Jones, C.A. ve Dyke, P.T., 1984. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity, Transactions of the American Society of Agricultural Engineerings, 27, 88-102.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses - a guide to conservation planing, Agriculture Handbook 282, US Department of Agriculture/Science and Education Administirstion, Washington.
- Wooldridge, D. D. ve Görçelioğlu, E., 1974. Toprak İçinde ve Derelerde Su İletimi, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, XXIV, 1, 189-214.
- Woolhiser, D.A., Smith, R.E. ve Goodrich, D.C., 1990. KINEROS-a kinematic runoff and erosion model. Documentation and user manuel, US Department of Agriculture Agricultural Research Service, Washington.
- Yamanlar, O., 1962. Soil Erosion Classification in Old Countries and the Results of Nine Years of Erosion Surveys in Turkey, Ectract of Publication No: 59 of the I.A.S.H. Commision of Land Erosion P.

Zöbisch, M.A, Richter, C., Heiligtag, B. ve Schlott, R., 1995. Nutrient losses from cropland in the Central Highlands of Kenya due to surface runoff and soil erosion, Soil and Tillage Research, 33, 109-116.



7. EKLER

Ek Çizelge 1 . Gümüşhane meteoroloji istasyonu iklim verileri.

METEOROLOJİK ELEMENLER		Gün (mm)	AYLAR												YILLIK
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama kana örtülü günler sayısı	54	16.8	13.1	5.0	0.6	0.0					0.0	0.1	2.2	9.8	47.6
En yüksek kar örtüsü kalınlığı (cm)	54	80	60	56	15						3	12	65	68	80
Ortalama sisli günler sayısı	55	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.7	0.6	0.4	4.9	
Ortalama dolulu günler sayısı	54			0.0	0.6	1.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.1		0.0	2.6	
Ortalama kışağlı günler sayısı	56	2.3	1.2	3.2	1.9	0.2					0.1	3.0	9.3	27.8	
Ortalama orajlı günler sayısı	50		0.0	0.2	1.9	5.9	5.6	1.9	1.9	2.0	1.1	0.1		20.5	
Saat 07 deki ortalama rüzgar hızı (m/s)	22	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.8	0.6	
Saat 14 deki ortalama rüzgar hızı (m/s)	22	1.8	2.1	2.1	2.0	2.1	2.4	3.2	3.0	2.3	1.7	1.7	1.6	2.2	
Saat 21 deki ortalama rüzgar hızı (m/s)	22	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.7	2.2	2.0	1.4	0.9	0.8	1.1	1.4	
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	22	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	2.0	1.8	1.4	1.0	1.0	1.2	1.4	
En hızlı esen rüzgarın yönü	22	E	W	SE	SSW	SW	SW	WSW	SSE	SSW	S	SSW	WSW	W	
En hızlı esen rüzgarın hızı (m/s)	22	12.3	17.6	11.2	13.6	12.0	13.2	12.9	17.2	17.1	11.2	14.7	12.4	17.6	
Ortalama fırtınalı günler sayısı (rüzgar hızı > 17.2 m/s)	22		0.0											0.0	
Orn. kuv. rüz. günler sayısı (rüz. hızı 10.8 - 17.1 m/s)	22	0.2	0.1	0.2	0.6	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	3.0	
N rüzgarın esme sayıları toplamı	22	37	29	63	73	61	80	66	80	62	39	33	44	667	
N rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.8	1.3	1.9	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.8	1.5	1.5	
NNE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	21	23	46	41	38	37	33	28	25	16	31	31	370	
NNE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.7	2.2	2.3	2.0	1.7	1.4	1.6	1.6	1.2	1.4	1.8	2.1	1.8	
NE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	63	51	53	58	32	37	19	37	40	37	40	41	508	
NE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.0	2.0	1.4	1.8	1.2	1.4	1.4	1.2	1.0	1.5	1.7	1.9	1.5	
ENE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	27	28	39	38	31	14	12	10	12	30	28	32	301	
ENE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.0	1.9	2.0	2.0	1.3	1.6	1.3	1.4	0.9	1.7	1.6	2.2	1.7	
E rüzgarın esme sayıları toplamı	22	139	157	158	122	92	35	27	31	50	61	93	103	1068	
E rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.7	2.5	2.2	2.1	1.8	1.6	1.6	1.1	1.3	1.8	2.3	2.7	2.0	
ESE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	124	138	133	114	52	42	16	8	35	62	87	92	903	
ESE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.0	2.7	2.3	2.2	2.0	1.3	1.9	2.7	1.5	1.5	2.1	2.4	2.1	
SE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	131	161	178	122	81	38	38	35	48	119	170	188	1309	
SE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	1.6	2.0	1.6	1.4	1.4	1.6	1.9	1.8	
SSE rüzgarın esme sayıları toplamı	22	81	79	89	63	54	49	52	58	51	67	79	67	789	
SSE rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.9	1.6	2.1	2.8	2.4	3.4	4.2	4.0	3.5	1.7	1.3	1.6	2.5	
S rüzgarın esme sayıları toplamı	22	225	183	115	116	90	121	109	78	102	152	158	189	1638	
S rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.6	1.8	1.8	1.9	2.6	3.1	3.9	2.9	2.5	1.9	1.6	1.4	2.3	
SSW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	98	65	66	56	65	88	95	88	88	88	87	86	970	
SSW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.4	1.6	1.7	2.3	2.5	2.8	4.1	3.4	2.4	2.1	1.8	1.6	2.3	
SW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	113	96	110	109	138	163	213	189	130	117	99	121	1598	
SW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.8	1.9	2.5	2.2	2.0	2.6	3.0	3.1	2.4	1.6	1.6	1.6	2.2	
WSW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	52	48	62	71	83	99	136	124	96	60	44	52	927	
WSW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.8	1.6	2.1	2.1	2.6	3.0	3.8	3.5	2.4	1.6	1.4	2.0	2.3	
W rüzgarın esme sayıları toplamı	22	113	124	153	146	209	276	335	335	246	156	103	112	2308	
W rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.3	2.6	2.4	2.1	2.2	2.3	2.8	2.9	2.6	2.4	2.0	2.2	2.4	
WNW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	23	23	32	48	95	62	104	107	90	53	42	45	725	
WNW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	2.0	1.7	2.2	1.6	1.8	2.4	2.3	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	
NW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	33	35	59	101	115	174	183	165	111	79	74	75	1204	
NW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.2	1.2	1.3	1.6	1.4	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	1.2	1.4	
NNW rüzgarın esme sayıları toplamı	22	14	13	38	53	77	60	86	89	62	45	23	19	579	
NNW rüzgarın ortalama hızı (m/s)	22	1.3	1.5	1.4	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.6	
Ortalama 5 cm toprak sıcaklığı (°C)	26	-1.7	-0.8	5.2	11.0	15.8	20.0	24.1	23.8	19.2	11.7	3.8	0.8	11.1	
En düşük 5 cm toprak sıcaklığı (°C)	27	-15.5	-13.5	-11.2	-1.2	2.7	7.0	11.5	10.7	4.5	-0.5	-6.0	-13.2	-15.5	
Ortalama 10 cm toprak sıcaklığı (°C)	26	-1.3	0.2	5.4	11.8	16.5	21.1	25.1	24.9	20.6	12.8	4.8	0.3	11.8	
En düşük 10 cm toprak sıcaklığı (°C)	27	-13.0	-11.0	-6.2	0.6	4.0	7.0	12.6	12.0	7.6	1.4	-3.0	-9.3	-13.0	
Ortalama 20 cm toprak sıcaklığı (°C)	25	-0.5	0.2	4.7	10.8	15.7	19.8	23.6	23.8	20.3	13.0	5.4	1.2	11.5	
En düşük 20 cm toprak sıcaklığı (°C)	27	-7.8	-6.9	-3.2	2.5	7.0	10.0	15.0	15.0	11.5	3.2	-0.2	-4.7	-7.8	
Ortalama 50 cm toprak sıcaklığı (°C)	24	0.9	1.1	4.3	9.3	14.2	18.3	22.1	22.9	20.3	14.2	7.4	3.0	11.5	
En düşük 50 cm toprak sıcaklığı (°C)	27	-3.2	-2.0	-0.6	5.0	9.3	13.4	17.2	19.0	15.8	6.6	2.4	-0.8	-3.2	
Ortalama 100 cm toprak sıcaklığı (°C)	25	4.1	3.2	4.7	8.5	12.1	15.5	18.7	19.5	20.2	15.7	10.7	6.6	11.6	
En düşük 100 cm toprak sıcaklığı (°C)	26	1.9	1.7	1.6	5.0	8.3	12.5	15.0	18.4	16.1	11.2	6.6	3.7	1.6	
Ortalama buharlaşma (mm)	19				57.9	110.9	151.7	188.8	194.6	141.0	73.5	23.8		952.3	
Günlük en çok buharlaşma (mm)	19				7.2	8.0	10.0	12.5	10.4	10.6	6.0	4.0		12.5	
Ortalama güneşlenme süresi (saat, dakika)	19	02:01	03:53	05:14	06:03	07:27	09:29	10:25	09:58	08:29	06:00	02:56	01:27	06:06	
Ortalama güneşlenme şiddeti (ca/cm² dak)	2	146.46	246.39	368.87	421.54	439.91	529.60	573.04	511.78	416.55	269.50	148.92	106.93	348.32	
Aylık en yüksek güneşlenme şiddeti (ca/cm² dak)	5	1.24	1.81	1.56	1.63	1.72	1.78	1.62	1.72	1.49	1.45	1.20	1.11	1.78	

Ek Çizelge 1'in devamı

METEOROLOJİK ELEMENLAR	Günler Ortalama	AYLAR												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama yerel basınç (hPa)	23	880.0	879.1	878.5	877.7	876.9	876.3	877.6	878.2	880.9	882.5	882.4	881.0	879.6
En yüksek yerel basınç (hPa)	23	897.8	893.9	895.0	890.8	890.2	886.6	885.1	886.3	890.8	892.3	892.5	893.9	897.8
En düşük yerel basınç (hPa)	23	853.0	858.4	858.3	861.1	865.1	860.7	867.7	867.3	869.9	870.9	866.6	865.0	853.0
Saat 07 deki ortalama sıcaklık (°C)	26	-4.7	-4.1	-0.3	5.4	10.0	13.2	15.7	14.7	11.0	6.4	1.9	-2.1	5.6
Saat 14 deki ortalama sıcaklık (°C)	26	1.0	3.5	8.2	14.6	19.2	22.9	26.5	27.0	24.1	17.2	9.2	3.1	14.7
Saat 21 deki ortalama sıcaklık (°C)	26	-2.2	-0.8	3.4	9.1	13.0	16.1	18.7	16.7	15.7	10.5	4.8	-0.1	8.9
Ortalama sıcaklık (°C)	26	-2.0	-0.5	3.7	9.6	13.8	17.1	19.9	19.8	16.6	11.2	5.2	0.3	9.6
Ortalama sıcaklık ≥ 5 °C olduğu ort. günler sayısı	26	1.9	3.1	12.7	26.2	30.6	30.0	31.0	31.0	30.0	28.7	17.0	4.7	246.9
Ortalama sıcaklık ≥ 10 °C olduğu ort. günler sayısı	26	.	0.2	1.5	14.5	26.5	29.7	31.0	31.0	29.3	20.6	3.4	0.2	187.9
Ortalama yüksek sıcaklık (°C)	25	2.2	4.6	9.4	16.2	20.8	24.5	27.4	28.2	25.3	18.5	10.3	4.1	15.9
Ortalama düşük sıcaklık	26	-5.9	-5.0	-1.1	4.1	7.9	10.7	13.8	13.4	10.0	5.6	1.1	-3.1	4.3
En yüksek sıcaklık günü	26	6	26	30	12	31	30	13	23	2	1	2	8	137
En yüksek sıcaklık yılı	25	1971	1977	1979	1970	1960	1974	1980	1977	1981	1981	1974	1966	1980
En yüksek sıcaklık (°C)	25	14.8	18.0	22.3	29.0	32.0	36.2	40.0	40.0	37.0	31.0	22.1	14.6	40.0
Yüksek sıcaklık ≥ 30 °C olduğu ort. günler sayısı	25	.	.	.	.	0.2	4.0	10.2	11.6	6.0	0.2	.	.	32.2
Yüksek sıcaklık ≥ 25 °C olduğu ort. günler sayısı	25	.	.	.	1.6	6.5	14.6	21.4	22.6	17.1	3.6	.	.	87.4
Yüksek sıcaklık ≥ 20 °C olduğu ort. günler sayısı	25	.	.	0.2	7.4	18.7	25.0	29.5	28.4	25.2	14.1	0.6	.	150.1
Yüksek sıcaklık ≤ -0.1 °C olduğu ort. günler sayısı	25	9.6	3.8	1.0	.	.	.	.	.	.	.	0.6	4.8	19.8
Günlük en yüksek sıcaklık farkı (°C)	26	16.4	18.9	20.8	23.6	21.8	24.0	24.8	28.2	26.0	23.4	17.1	14.2	28.2
En düşük sıcaklık günü	26	20	22	2	4	2	4	7	17	27	23	28	28	222
En düşük sıcaklık yılı	26	1972	1985	1985	1965	1981	1967	1982	1975	1969	1977	1967	1971	1985
En düşük sıcaklık (°C)	26	-23.6	-25.7	-22.6	-8.9	-2.8	2.2	6.3	4.9	0.6	-4.8	-13.6	-18.4	-25.7
Düşük sıcaklık ≤ -0.1 °C olduğu ort. günler sayısı	26	26.4	22.8	16.7	3.6	0.2	.	.	.	1.8	11.1	22.5	105.2	
Düşük sıcaklık ≤ -3 °C olduğu ort. günler sayısı	26	21.0	17.4	8.7	1.1	.	.	.	.	0.4	4.5	15.5	68.6	
Düşük sıcaklık ≤ -5 °C olduğu ort. günler sayısı	26	16.3	13.0	5.3	0.4	.	.	.	.	.	1.9	10.8	47.7	
Düşük sıcaklık ≤ -10 °C olduğu ort. günler sayısı	26	7.5	5.3	1.4	.	.	.	.	.	.	0.2	2.7	17.1	
Düşük sıcaklık ≤ -15 °C olduğu ort. günler sayısı	26	2.3	1.2	0.3	.	.	.	.	.	.	.	0.4	4.2	
Düşük sıcaklık ≤ -20 °C olduğu ort. günler sayısı	19	0.4	0.2	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	0.8	
Düşük sıcaklık ≥ 20 °C olduğu ort. günler sayısı	26	.	.	.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	0.0	
Düşük sıcaklık ≥ 15 °C olduğu ort. günler sayısı	26	.	.	.	.	0.2	1.0	10.5	8.7	1.1	0.0	.	21.5	
Düşük sıcaklık ≥ 10 °C olduğu ort. günler sayısı	26	.	.	0.1	1.2	7.5	19.2	29.4	28.3	16.1	2.5	0.2	0.0	104.5
Düşük sıcaklık ≥ 5 °C olduğu ort. günler sayısı	26	0.2	0.4	1.8	12.3	26.7	29.5	31.0	31.0	28.9	18.8	5.6	0.8	187.0
Ortalama toprak üstü minimum sıcaklık (°C)	26	-7.8	-6.8	-2.5	1.8	6.0	8.5	11.5	11.4	8.0	3.7	0.7	-4.8	2.5
En düşük toprak üstü minimum sıcaklık (°C)	26	-26.3	-30.0	-25.1	-11.5	-4.1	0.3	3.2	2.1	-1.7	-7.2	-15.6	-23.1	-30.0
Top. üs. min. sic. ≤ 0 °C old. ort. günler sayısı	26	28.2	24.9	22.2	7.0	1.0	.	.	.	0.1	4.0	16.3	25.5	129.1
Top. üs. min. sic. ≤ -3 °C olduğu ort. günler sayısı	26	23.6	20.5	13.2	2.7	0.1	.	.	.	.	1.1	8.4	19.0	88.6
Top. üs. min. sic. ≤ -5 °C olduğu ort. günler sayısı	26	19.8	16.6	8.7	1.2	0.0	.	.	.	.	0.4	4.2	14.8	65.6
Top. üs. min. sic. ≤ -10 °C olduğu ort. günler sayısı	26	10.7	6.0	2.3	0.0	.	.	.	.	.	0.5	6.0	27.8	
Ortalama buhar basıncı (hPa)	26	3.6	3.9	4.9	6.7	9.0	10.8	12.8	12.4	10.0	7.9	5.9	4.4	7.7
Saat 07 deki ortalama bağıl nem (%)	26	75	76	78	77	78	75	75	77	80	82	80	77	78
Saat 14 deki ortalama bağıl nem (%)	26	56	50	45	41	40	39	37	31	31	40	51	58	43
Saat 21 deki ortalama bağıl nem (%)	26	68	66	63	60	63	62	62	61	62	66	69	70	64
Ortalama bağıl nem (%)	26	67	64	62	59	60	58	58	57	58	63	67	69	62
En düşük bağıl nem (%)	26	16	15	14	8	9	4	5	5	7	5	14	15	4
Saat 07 deki ortalama bulutluluk (0-10)	26	6.8	6.7	6.4	6.1	5.2	4.1	4.3	4.4	4.4	5.2	5.9	6.4	5.5
Saat 14 deki ortalama bulutluluk (0-10)	26	6.4	6.0	6.1	6.6	6.4	5.0	3.0	2.9	3.4	4.8	5.6	6.2	5.2
Saat 21 deki ortalama bulutluluk (0-10)	26	5.1	4.8	4.5	4.7	4.3	3.5	2.3	2.1	2.1	3.4	4.2	4.9	3.8
Ortalama bulutluluk (0-10)	26	6.1	5.8	5.7	5.8	5.3	4.2	3.3	3.2	3.3	4.5	5.2	5.9	4.9
Ortalama açık günler sayısı (bulutluluk 0.0 - 1.0)	26	4.2	3.8	4.7	3.8	3.5	7.3	10.7	10.6	10.8	8.1	6.2	5.0	78.7
Ortalama bulutlu günler sayısı (bulutluluk 2.0 - 8.0)	26	16.9	16.1	17.6	18.5	22.9	19.4	19.1	19.4	17.7	17.6	16.4	15.7	217.3
Ortalama kapalı günler sayısı (bulutluluk 8.1 - 10.0)	26	10.0	8.3	8.7	7.8	4.6	3.4	1.2	1.0	1.5	5.3	7.5	10.3	69.6
Saat 07 deki ortalama toplam yağış miktarı (mm)	26	17.6	15.6	15.7	22.0	19.8	13.7	3.2	5.2	4.3	17.5	19.0	21.1	174.7
Saat 14 deki ortalama toplam yağış miktarı (mm)	26	9.1	7.4	12.1	13.0	16.7	10.4	1.6	2.2	4.9	8.6	10.2	13.3	109.5
Saat 21 deki ortalama toplam yağış miktarı (mm)	26	10.5	7.6	13.1	24.9	33.0	23.4	6.0	5.2	8.6	15.2	14.1	14.0	175.6
Ortalama toplam yağış miktarı (mm)	55	34.0	29.1	38.5	56.8	72.2	46.4	11.9	12.6	20.7	40.4	43.0	38.1	443.7
Günlük en çok yağış miktarı (mm)	55	27.6	23.5	49.5	38.0	54.2	51.7	20.6	48.9	59.8	39.0	37.4	44.5	59.8
Yağış ≥ 0.1 mm olduğu günler sayısı	55	10.0	9.4	10.0	11.4	14.1	9.6	3.4	3.0	4.5	8.9	8.2	9.3	102.8
Yağış ≥ 10 mm olduğu günler sayısı	55	0.8	0.6	0.8	1.5	2.2	1.2	0.2	0.3	0.5	1.1	1.2	1.0	11.4
Yağış ≥ 50 mm olduğu günler sayısı	26	.	.	.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	.	0.0
Ortalama kar yağışlı günler sayısı	32	8.3	6.5	4.2	1.0	.	.	.	.	.	0.2	2.3	6.1	28.6

Ek Çizelge 2. Araştırma alanında belirlenen bitki türleri.

Bitki Türleri	Arazi Kullanımı					
	Otlak % 20 Eğim	Otlak % 40 Eğim	Tarım % 20 Eğim	Tarım % 40 Eğim	Orman % 20 Eğim	Orman % 40 Eğim
<i>Antilis vulneraria</i>	*	*			*	
<i>Vicia cracca</i>	*	*		*	*	*
<i>Cronilla varia</i>	*					
<i>Sonchisorba minör</i>	*	*		*		
<i>Pilosella hoppeana</i>	*	*			*	
<i>Trifolium pratense</i>	*	*			*	*
<i>Tragopogon spp.</i>	*			*		
<i>Antemis spp.</i>	*					
<i>Hypericum spp.</i>	*	*				
<i>Euphorbia spp.</i>	*		*			
<i>Helicrysum spp.</i>	*					
<i>Rumex acetosella</i>	*					
<i>Prunella vulgaris</i>	*	*				
<i>Potentilla rupestris</i>	*	*			*	*
<i>Plantago atrata</i>	*	*			*	
<i>Sonchus asper</i>	*					
<i>Taraxacum spp.</i>	*					
<i>Convolvulus spp.</i>	*			*		
<i>Agrostis spp.</i>	*	*				
<i>Dactylis glomerata</i>	*			*	*	
<i>Festuca spp.</i>	*	*		*		
<i>Cirsium intybus</i>	*					
<i>Rosa canina</i>	*	*			*	*
<i>Centaurea spp.</i>	*					
<i>Salvia virgata</i>	*					
<i>Euphrasia minima</i>	*					
<i>Sedum album</i>	*	*				
<i>Cirsium spp.</i>	*					*
<i>Polygala major</i>	*	*				*
<i>Aristolocia bittariae</i>	*					
<i>Latirus spp.</i>	*		*			
<i>Pyrus elaeagnifolia</i>	*					*
<i>Medicago lupulina</i>	*	*	*			
<i>Onobrychis spp.</i>	*	*			*	
<i>Eringrom gigantea</i>	*					
<i>Stachys spp.</i>	*	*				
<i>Dipsacus pilosus</i>	*					
<i>Erigeron alnus</i>	*	*				
<i>Teucrium polium</i>	*	*				
<i>Sideritis spp.</i>	*					
<i>Caryophyllacea</i>	*					
<i>Achillea millefolium</i>	*	*	*			
<i>Trifolium repens</i>	*					
<i>Silene vulgaris</i>	*		*			
<i>Tussilago farfara</i>	*					
<i>Briza minima</i>	*				*	*
<i>Globularia spp.</i>	*	*			*	*

Ek Çizelge 2'nin devamı

Bitki Türleri	Arazi Kullanımı					
	Otlak % 20	Otlak % 40	Tarım % 20	Tarım % 40	Orman % 20	Orman % 40
<i>Galium verum</i>		*				
<i>Lotus corniculatus</i>		*			*	
<i>Pelicanthemum spp.</i>		*				
<i>Minoartia spp.</i>		*				
<i>Erygium spp.</i>				*		
<i>Gentiana septenfiida</i>		*				
<i>Medicago spp.</i>			*	*		
<i>Lapsona communis</i>				*		
<i>Melilotus officinalis</i>			*			
<i>Geranium spp.</i>				*		
<i>Carinthe spp.</i>			*			
<i>Filago spp.</i>				*		
<i>Bromus japonicus</i>			*			
<i>Orobanche lutea</i>			*			
<i>Plantago lanceolata</i>				*		*
<i>Ranunculus arvensis</i>			*			
<i>Anchusa azurea</i>			*			
<i>Miyosotis arvensis</i>			*			
<i>Senecio spp.</i>			*			
<i>Lactuca serriola</i>				*		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>				*		
<i>Verbascum spp.</i>				*		
<i>Rumex spp.</i>				*		
<i>Scrophularia spp.</i>				*		
<i>Papaver rhoeou</i>				*		
<i>Pinus sylvestris</i>					*	*
<i>Astragalus microcephalus</i>					*	
<i>Juniperus communis</i>					*	*
<i>Daphne oleoides</i>					*	*
<i>Leontodon spp.</i>					*	
<i>Eupatorium cannabinum</i>					*	
<i>Berberis vulgaris</i>						*
<i>Cirsium spp.</i>						*
<i>Viburnum lantana</i>						*
<i>Linum spp.</i>						*

Ek Çizelge 3. Araştırma alanında belirlenen bitki türlerinin kaplama dereceleri.

Bitki Türleri	Örtme Derecesi (%)					
	Otlak % 20	Otlak % 40	Tarım % 20	Tarım % 40	Orman % 20	Orman % 40
<i>Antilis vulneraria</i>	10	5				
<i>Vicia cracca</i>	15	5				5
<i>Cronilla varia</i>	5					
<i>Sonchisorba minör</i>	5					
<i>Pilosella hoppeana</i>	2					
<i>Trifolium pratense</i>	35	10				25
<i>Tragopogon spp.</i>	5					
<i>Antemis spp.</i>	8					
<i>Hypericum spp.</i>	4	5				
<i>Euphorbia spp.</i>	2					
<i>Helicrysum spp.</i>	1					
<i>Rumex acetosella</i>						
<i>Prunella vulgaris</i>						
<i>Potentilla rupestris</i>						
<i>Plantago atrata</i>						
<i>Sonchus asper</i>						
<i>Taraxacum spp.</i>						
<i>Convolvulus spp.</i>						
<i>Agrostis spp.</i>		30				
<i>Dactylis glomerata</i>						
<i>Festuca spp.</i>						
<i>Cirsium intybus</i>						
<i>Rosa canina</i>						2
<i>Centaurea spp.</i>						
<i>Salvia virgata</i>						
<i>Euphrasia minima</i>						
<i>Sedum album</i>						
<i>Cirsium spp.</i>						
<i>Polygala major</i>						
<i>Aristolocia bottae</i>						
<i>Latirus spp.</i>						
<i>Pyrus elaeagnifolia</i>						
<i>Medicago lupulina</i>			50	50		
<i>Onobrychis spp.</i>						
<i>Eringrom gigantea</i>						
<i>Stachys spp.</i>						
<i>Dipsacus pilosus</i>						
<i>Erigeron alnus</i>						
<i>Teucrium polium</i>						
<i>Sideritis spp.</i>						
<i>Caryophylacea</i>						
<i>Achillea millefolium</i>						
<i>Trifolium repens</i>						
<i>Silene vulgaris</i>						
<i>Tussilago farfara</i>						
<i>Briza minima</i>					10	
<i>Globularia spp.</i>						

Ek Çizelge 3'ün devamı

Bitki Türleri	Örtme Derecesi (%)					
	Otlak % 20	Otlak % 40	Tarım % 20	Tarım % 40	Orman % 20	Orman % 40
<i>Galium verum</i>						
<i>Lotus corniculatus</i>						
<i>Pelicanthemum spp.</i>						
<i>Minoartia spp.</i>						
<i>Erygium spp.</i>						
<i>Gentiana septenifida</i>						
<i>Medicago spp.</i>						
<i>Lapsona communis</i>			2	2		
<i>Melilotus officinalis</i>			2	2		
<i>Geranium spp.</i>						
<i>Carinthe spp.</i>						
<i>Filago spp.</i>						
<i>Bromus japonicus</i>						
<i>Orobanche lutea</i>						
<i>Plantago lanceolata</i>						
<i>Ranunculus arvensis</i>						
<i>Anchusa azurea</i>						
<i>Miyosotis arvensis</i>						
<i>Senecio spp.</i>						
<i>Lactuca serriola</i>						
<i>Capsella bursa-pastoris</i>						
<i>Verbascum spp.</i>						
<i>Rumex spp.</i>						
<i>Scrophularia spp.</i>						
<i>Papaver rhoeou</i>						
<i>Pinus sylvestris</i>					60	60
<i>Astragalus microcephalus</i>						1
<i>Juniperus communis</i>					5	2
<i>Daphne oleoides</i>					2	2
<i>Leontodon spp.</i>						
<i>Eupatorium cannabinum</i>						
<i>Berberis vulgaris</i>						
<i>Cirsium spp.</i>						
<i>Viburnum lantana</i>						
<i>Linum spp.</i>						

Ek Çizelge 4. Benzetim modellerini geliştiren bilim adamları.

1. Wischmeier ve Smith (1978),
2. Schwertmann ve diğerleri (1987),
3. Hensel (1991),
4. Flacke ve diğerleri (1990),
5. Renard ve diğerleri (1991),
6. Beasley ve diğerleri (1982),
7. Davis ve diğerleri (1990),
8. Young ve diğerleri (1989),
9. Knisel (1980),
10. Ferreira ve Smith (1992),
11. Sharpley ve Williams (1990),
12. Flanagan ve Nearing (1995),
13. Morgan ve diğerleri (1993),
14. Smith (1985),
15. Werner (1995).



Ek Çizelge 5. USLE benzetim yöntemi verileri.

Arazi Kullanım Biçimi	Eğim Grupları (%)	Organik Madde (%)	Toprak pH (1:2.5)	Toprak Türü	Yüzeysel Taşlılık (%)	Agregat Sınıfları
Otlak	20	4,5	6	sL	30	2
		4,5	6	sL	30	2
		4,5	6	sL	30	2
	40	2,3	6,4	sL	50	2
		2,3	6,4	sL	50	2
		2,3	6,4	sL	50	2
Tarım	20	4,1	6,2	sL	25	2
		4,1	6,2	sL	25	2
		4,1	6,2	sL	25	2
	40	4,2	6,1	sL	30	2
		4,2	6,1	sL	30	2
		4,2	6,1	sL	30	2
Orman	20	6,5	5,9	stL	20	2
		6,5	5,9	stL	20	2
		6,5	5,9	stL	20	2
	40	5,9	6,1	stL	20	2
		5,9	6,1	stL	20	2
		5,9	6,1	stL	20	2

Ek Çizelge 5'in devamı.

Arazi Kullanım Biçimi	Eğim Grupları (%)	Geçirgen Sınıfları	Yamaç Uzunluğu (m)	Yamaç Eğimi (%)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)
Otlak	20	2	10	20	67,60	19,16	13,24
		2	10	20	67,60	19,16	13,24
		2	10	20	67,60	19,16	13,24
	40	1	10	40	66,60	23,16	10,24
		1	10	40	66,60	23,16	10,24
		1	10	40	66,60	23,16	10,24
Tarım	20	2	10	20	61,60	19,16	19,24
		2	10	20	61,60	19,16	19,24
		2	10	20	61,60	19,16	19,24
	40	2	10	40	60,60	21,16	18,24
		2	10	40	60,60	21,16	18,24
		2	10	40	60,60	21,16	18,24
Orman	20	2	10	20	58,60	18,16	23,24
		2	10	20	58,60	18,16	23,24
		2	10	20	58,60	18,16	23,24
	40	2	10	40	58,60	18,16	23,24
		2	10	40	58,60	18,16	23,24
		2	10	40	58,60	18,16	23,24

Ek Çizelge 5'in devamı.

Arazi Kullanım Biçimi	Eğim Grupları (%)	Genel Toprak Kaybı Eşitliği (USLE)					Aşınım Miktarı (A) (ton/ha/yıl)
		R	K	LS	C	P	
Otlak	20	50	0,11	2,4	0,07	1	0,93
	40		0,14	7,3			3,68
Tarım	20	50	0,10	2,4	0,09	1	1,11
	40		0,12	7,3			3,79
Orman	20	50	0,09	2,4	0,01	1	0,11
	40		0,09	7,3			0,33

Ek Çizelge 6. Araştırma alanında ölçülen yıllık ve aylık yağış değerleri.

AYLAR	Yağış Miktarları (mm)		
	2001 Yılı	2002 Yılı	2003 Yılı
Ocak	10,9	13,8	9,4
Şubat	8,5	11,2	7,6
Mart	9,6	14,1	11,3
Nisan	110,3	121,4	95,7
Mayıs	32,7	29,6	23,3
Haziran	27,4	22,4	18,4
Temmuz	20,1	28,6	13,6
Ağustos	19,6	23,4	14,3
Eylül	62,3	54,3	43,8
Ekim	54,2	44,8	39,2
Kasım	22,8	30,6	27,7
Aralık	16,5	21,9	18,6

ÖZGEÇMİŞ

24.05.1970 tarihinde Trabzon ili Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğreniminin bir kısmını Almanya'da ve geri kalan kısmını 1988 yılında Trabzon'da tamamladı. Aynı yıl girdiği üniversite sınavını kazanarak, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü'ne kaydını yaptırdı.

1992 yılında 4 yıllık lisans eğitimini tamamladı ve aynı yılın sonunda açılan Yüksek Lisans sınavlarını başarılarak KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 1993 yılı mayıs ayında KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Havza Amenajmanı Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.

1996 yılının başında Yüksek Lisansını tamamlayarak tezini teslim etti. Aynı yıl Federal Almanya Cumhuriyeti'nce açılan 1 yıllık eğitim bursu kazanarak, doktora yönelik hazırlık çalışmaları ve diğer bilimsel çalışmalarda bulunmak üzere KTÜ tarafından görevlendirildi olarak Federal Almanya'ya gitti. 1997 yılı başında bursun bitimini takiben KTÜ Orman Fakültesindeki görevine geri döndü. Aynı yıl vatani görevini yapmak üzere askere gitti. 1998 yılı sonunda askerlik görevini tamamlayarak KTÜ Orman Fakültesindeki görevine yeniden başladı.

2000 yılı şubat ayında açılan doktora sınavlarını kazanarak kaydını yaptırdı. Evli ve bir çocuk babasıdır. Almanca ve İngilizce bilmektedir.

KİŞİSEL DÜŞÜNCELERİM AŞAĞIDA ÖZETLENMİŞTİR

1. Gümüşhane Bölgesinde yapılan bu çalışmada orman, otlak ve tarım alanlarından oluşan 3 farklı arazi kullanım şekli üzerinde çalışıldığı, ancak tarım alanı olarak alınan alanın 20 yıl önce terk edildiğinden söz edilmektedir. O zaman daha önce tarım alanı olarak kullanılan bu alanın terk edilmesi ile otlak alanına dönüşmesi sözkonusudur. Üzerinde herhangi bir tarımsal ürün bulunmayan bu alanın tarım alanı olarak değerlendirilmesinin yanlış olacağı kanaatini taşımaktayım. Bu şekilde 3 ayrı arazi kullanım şekli 2 arazi şekline dönüşmüş olmaktadır.

2. Aday yüzeysel akış suları ve bu sularla taşınacak olan toprak taneciklerinin toplama kaplarının iç içe koyulmuş 5 ve 25 litrelik kaplardan oluştuğunu söylemekte, ancak kapların neden bu hacimlerde alındığını belirtmemektedir. Bu amaçla yerleştirilecek kapların boyutları belirlenirken, bu bölgenin son 10-15 yıl içerisindeki frekanslı yağış entansitesinin (yoğunluğunun) belirlenmesi gerekirdi. Buna göre deneme parseline düşen en yüksek yağışın tamamının (%100) yüzeysel akışa geçeceği kabul edilerek, 1 saat içerisinde m^3 olarak suyun miktarı hesaplanarak parsel önüne konulacak kova sayısı ve hacmi litre olarak bulunmalıydı. Ek Tablo 6 (sayfa 149) daki veriler dikkate alındığında 2002 yılı Nisan ayında 121.4 mm'lik maksimum bir yağıştan söz edilmektedir. Bu yağışın tamamının yüzeysel akışa geçeceğini kabul edersek, parsellerin önüne yerleştirilmiş olan kapların yeterli hacimde alınmadığı anlaşılmaktadır.

3. Her parselin yüzeysel akışı ve taşınan toprağı, o parseli düşen yağışa göre ayrı ayrı hesap edilmeliydi. Toplama kabına gelen yüzeysel akış suyunun ölçülmesinde kullanılan metotla sağlıklı sonuçların elde edilemeyeceği kanaatindeyim. Kovanın boşaltılması sırasında suyun dışarı kaçması mümkündür.

4. Taşınmış olan toprağın belirlenmesi bahsi detaylı olarak açıklanmamıştır. Toprak tabakasının kabın tabanına çöken kısmı dışında su içerisinde süspans olarak bulunan taneciklerin ölçülüp ölçülmediği veya nasıl ölçüldüğü belli değildir. Dolayısıyla bunların ölçülemediğini kabul ettiğimizde, araziden taşınan toprağın tam anlamıyla ortaya konulmuş olduğu söylenemez.

5. Gerek yüzeysel akış suları ve gerekse yüzeysel akış suları ile taşınan toprakların miktarlarının hesaplanmasında çok fazla dikkat edilmesi gereken hususların tez kapsamı içerisinde bulunmadığı anlaşılmaktadır. Aday farklı arazi kullanım ve farklı eğim gruplarından sahalarda üzerinde çalıştığını ifade etmektedir. Eğimi değişik bulunan sahalarda üzerinde alınmış olan her bir parsel kendi yatay izdüşümündeki alana eşit olan yağışı ancak alır. Onun için, bu alanların yatay izdüşümüne indirgenmiş olması gerekirdi. Buna göre % 15 eğimdeki deneme parsellerinin yağış alanı ($100 m^2$ için) $98.894 m^2$; % 45 eğim için ise $91.192 m^2$ olurdu. İşte yüzeysel akışla su kaybının hesabında bu yatay izdüşüm esas alınmalıydı. Taşınan toprak hesabında ise her eğimdeki parselin m^2 olan alanı esas alınmalıydı. Tez kapsamında bu tür hesaplamaların yapıldığına dair herhangi bir açıklama yoktur.

6. Araştırmanın yürütüldüğü Işıklı köyüne sık sık (sıklığın ölçüsü nedir?), her ayın birinci günü ve köyle kurulan telefon bağlantıları sonucu gidildiği ifade etmektedir. Bu ifadelerle dayanarak tez içerisinde şu sorulara cevap bulunamamıştır.

- Her ayın 1. günü araziye gidildiğine göre ayda bir kez kaplarda toplanan su ve toprak materyali ölçülerek toplanmıştır. Her yıl 6 ay çalışıldığına göre 3 yıllık süre içerisinde 18 aylık bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu 18 aylık verilerin aylara göre dağılımı tezin ekler bölümünde verilmemiştir. Sadece tez içerisinde ortalama değerler ve istatistik sonuçlar verilmiştir.

- Benzer şekilde telefonla kurulan bağlantılar sonucu çalışma alanına gidildiğinden bahsedilmektedir. Bu konuda kaç kez gidildiği, ne zaman gidildiği ve hangi verilen toplandığı konusunda tez içerisinde herhangi bir kayıt ve veri bulunmamaktadır.

- Yukarıdaki ifadede toplama kaplarından ayda bir kez su ve toprak örneklerinin alındığı anlaşılmaktadır. Toplama kabında biriken sudan bir aylık süre içerisinde meydana gelecek buharlaşmanın hesaba katılıp katılmadığı konusunda herhangi bir açıklamaya tez içerisinde rastlanmamıştır.

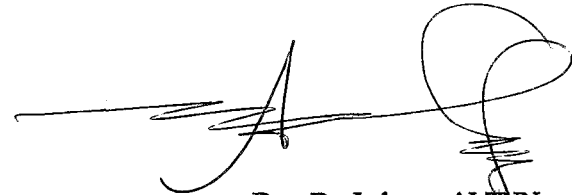
- Bir aylık zaman içerisinde kaplarda toplanmış olan sularda meydana gelecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Bu sular üzerinde yapılmış olan analizlerden sağlıklı sonuçların elde edilmesi zordur.

7. Yapılmış istatistik analizlerde SPSS paket programını kullandığımı ifade etmektedir. Bu program içerisinde çoklu Varyans analizi, Tukey ve Korelasyon analizlerinin tercih edildiği bu istatistik metodların neden tercih edildiği izah edilmiştir. Bu analizlerle ilgili bilgilerden sadece, homojenlik testine ilişkin bilgiler bulunmaktadır. Diğer istatistik analiz sonuçları ile ilgili her hangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Diğer taraftan, istatistik analizlerde kullanılan ham verilere ilişkin hiçbir sonuç tez içerisinde bulunmamaktadır. İstatistik analizlerde dikkat edilecek en önemli hususlardan biri deneme parsellerine düşen yağışlar sonucu bu parsellerden meydana gelen yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarlarının 2'şerli eşleşerek t testine tabi tutulmaları ve tablo değerleri ile karşılaştırılıp her eğim ve arazi kullanma biçiminde bulunan değerler arasında önemli bir fark bulunmadığı takdirde, aynı eğim arazi kullanma biçimi için 3 ayrı değer (tekrür) aritmetik ortalaması her bir deneme parseli için ortalama değer bulunmalıydı. Sonra istatistik analize sokulmalıydı. Böylece yağış şiddeti ile yüzeysel akış arasında doğrusal bir ilişkinin var olup olmadığı ortaya konularak korelasyon katsayıları ve standart sapmalar verilmeliydi. Böyle ilişkileri tez içerisinde görmek mümkün değildir.

8. Laboratuvar analizlerinden tekstür, pH, organik madde ve bazı besin maddeleri (N, P, K) ni yaptığı ifade etmiştir. Bu analizleri araştırmanın devam ettiği içerisinde 168 adet toprak ile 108 yüzeysel akış su örneği üzerinde gerçekleştirdiğini belirtmektedir. Ayrıca USLE formülünde kullanılmak üzere ve bölgenin toprak özelliklerini belirlemek üzere bazı değişkenlerin ortaya konulmasının gerekliliğine değinilmiştir. Bu amaçla; her bir bloktan 1 adet olmak üzere toplam 6 adet toprak profili aldığı belirtmiştir. Her bir toprak profilinde 2 derinlik kademesinden (0-20 cm ve 20 -50 cm) 2 şer adet olmak üzere 24 torba ve 24 silindir örneği aldığı bu topraklar üzerinde toprak derinliği, taşlılık, toprak türü, agregat sınıfı, geçirgenlik, organik madde, pH analizlerinin yapıldığı ifade edilmiştir. Tez kapsamında yukarıda belirtilen analiz sonuçlarına ilişkin sadece ortalama değerler verilmiş olup, analizlere ilişkin ham verilerin ekler bölümünde verilmesi gerekirdi. Ancak bu veriler verilmemiştir.

9. Deneme alanlarındaki her bir ölçüm yeri 20 m² yüzeye sahip olduğuna göre böyle bir yüzeyden oluşacak yüzeysel akış miktarı orman örtüsü bir yana bırakılacak olursa diğer iki arazi kullanım alanına düşecek yağışın en az %20'si yüzeysel akışa geçecektir. Böyle bir sayısal değeri tez içerisinde bulmak mümkün değildir. Örneğin ölçümlerin başladığı Nisan ayında toprak nemi diğer ölçme yapılan aylara göre en yüksek olduğundan (Çünkü kar yeni erimiş ve toprak rutubet yönünden doygun haldedir.) yüzeysel akışın yağış yüzdesi olarak değeri oldukça yüksek olması gerekir. Ek -Tablo 6'da Nisan ayı 2002 yılında 121.4 mm (diğer iki yıla göre daha yüksek) yağış kaydedilmiştir. Bunun % 20'si yüzeysel akışa geçse 24.28 mm yüzeysel akış yani hektarda 242800 litre eder. Bu akış yüzdesi yağışın % 10' u olsa dahi bir hektarda 121400lt akış gelmesi gerekir. Oysaki tezde Tablo 10'de Nisan ayında tarım alanında hektarda 4510 lt otlakta 5666 lt yüzeysel akış miktarları verilmektedir. Bu değerler Türkiye'de bu konuda daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyum göstermemektedir. Bu durum aynen taşınan toprak miktarları için de geçerlidir.

10. Şekil 3, Şekil 5, Şekil 11, Şekil 14'de verilen resimlerin doğal eğiminin % 6-10 arasında olduğu görülmektedir. Tez içerisinde ise % 20 ve % 40 eğim sınıflarından bahsedilmektedir. Bu durumda tezin omurgasını teşkil eden eğim sınıflarının, arazi koşullarına uyumunun (kısmen de olsa) tam olarak yapılamadığını göstermektedir.



Doç. Dr. Lokman ALTUN