ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Ozan ARTUN

ADANA KARAİSALI'DA SEÇİLEN ALANLARDA FARKLI EROZYON MODELLERİ KULLANARAK TOPRAK KAYIPLARININ TAHMİNİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADANA KARAİSALI'DA SEÇİLEN ALANLARDA FARKLI EROZYON MODELLERİ KULLANARAK TOPRAK KAYIPLARININ TAHMİNİ

Ozan ARTUN

DOKTORA TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

Bu tez 26/06/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

Prof.Dr. Akın Oğuz DİNÇ	Prof.Dr. Suat ŞENOL	Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU
Danışman	Üye	Üye

Prof.Dr. M. Ali ÇULLU	Doç.Dr. Levent BAŞAYİĞİT
Üye	Üye

Bu tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafında Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2012D15

Not: Bu tezde kullanılan ve başka kaynakta yapılan bildirilerin, çizelge şekil ve fotoğrafların kaynak olarak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı fikir ve sanat eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

ADANA KARAİSALI'DA SEÇİLEN ALANLARDA FARKLI EROZYON MODELLERİ KULLANARAK TOPRAK KAYIPLARININ TAHMİNİ

Ozan ARTUN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Akın Oğuz DİNÇ
Yıl: 2014 Sayfa: 342
Juri : Prof. Dr. Akın Oğuz DİNÇ
: Prof. Dr. Suat ŞENOL
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. M.Ali ÇULLU
: Doç. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Bu çalışmada USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney (mMMF) ve revize G2 toprak kayıpları tahmini yöntemleri kullanılarak, çalışma alanının geçmişten günümüze arazi kullanımının ve bu arazi kullanımının erozyonla ilişkisinin araştırılması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Adana ili Karaisalı ilçesi sınırları içinde bulunan Çakıt havzasında bulunan 100'er km^2'lik 2 çalışma alanında yürütülmüştür.

Çalışmada seçilen alanlara ait, aynı aylar ve farklı yıllarda olan (1984, 1990, 1999, 2010) Landsat uydu görüntüsü seti, havza alanı için hazırlanmış haritalar, çeşitli araştırma sonuçları, raporlar meteorolojik veriler, istatistik bilgiler ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen bilgiler kullanılmıştır.

Çalışma alanının USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney (mMMF) ve revize G2 toprak kayıp yöntemiyle saptanan toprak kayıpları, arazi çalışmalarında elde edilen veriler, Landsat uydu görüntüsü seti kullanılarak ayrı ayrı bulunmuştur. Çalışmada 2011 yılında geliştirilen, yeni bir model olan G2 modeli test edilmiş ve bu model seçilen diğer erozyon modelleriyle karşılaştırılmıştır.

Her üç modelin de amaç doğrultusunda yeterli detaya sahip olduğu belirlenmiş erozyon haritalarının üretilmesi için bu modellerin uygulanabilir olduğu bulunmuştur. Çalışma alanına genel olarak en uygun modelin ise RUSLE modeli olduğu görülmüştür. mMMF modelinin orta ölçekli ve revize G2 modelinin büyük ölçekli çalışmalarda daha iyi sonuç vereceği arazi çalışmalarında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, RUSLE, mMMF, revize G2, Adana

ABSTRACT

PhD. THESIS

ESTIMATION OF SOIL LOSSES USING DIFFERENT SOIL EROSION MODELS IN KARAİSALI ADANA

Ozan ARTUN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Supervisor : Prof. Dr. Akın Oğuz DİNÇ
Year: 2014 Pages: 342
Jury : Prof. Dr. Akın Oğuz DİNÇ
: Prof. Dr. Suat ŞENOL
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. M.Ali ÇULLU
: Assoc.Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT.

Aim of this study is to investigate the relationship between soil erosion and land use in the selected areas by using the USLE / RUSLE, modified Morgan-Morgan Finney (mMMF) and revised G2 erosion models. Land use from past to present by GIS techniques. The study was conducted at two study areas both covering 100 km^2 area in Cakit Basin at the Karaisalı town of Adana province.

Set of Landsat satellite imagery that belong the same months in different years (1984, 1990, 1999, 2010), existing maps of study area, research reports, meteorological and statistical data and the information obtained from field studies were used to produce potential and actual erosion risks maps and soil loses.

By using USLE/RUSLE, modified Morgan-Morgan Finney(mMMF) and revised G2 soil loss methods comperatively, soil loss from the study area will be determined by the data obtained from field studies and Landsat satellite image set. In the study the new model G2 that was developed in 2011, is applied to the study area and comparisons are made between G2 model with the other selected models.

It was concluded that all of the models possessed sufficient details for the purpose of determination of erosion conditions and were applicable in order to determine erosion maps. Generally the RUSLE model was found the most suitable model for the two study areas. It has been identified that mMMF model will give better results in medium scaled works and revised G2 model will give better results in large scaled works.

Key Words: Erosion, RUSLE, mMMF, revised G2, Adana

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yapılmasında ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Akın Oğuz DİNÇ'e teşekkür ederim.

Çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Suat ŞENOL ve Sayın Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam içerisinde yer alan arazi çalışmaları sırasında bilgi ve deneyimlerini paylaşan Sayın Öğr. Gör. Dr. Mahmut Dingil'e verdiği destek için teşekkür ederim.

Doktora çalışmam içerisinde yer alan toprak analizleri laboratuar çalışmaları sırasında yardım ve desteklerini esirgemeyen Sayın Ahu KUTLAY'a teşekkür ederim.

Doktora çalışmam içerisinde yer alan mMMF erozyon modelleme çalışmaları sırasında bilgi ve deneyimlerini paylaşan Sayın Doç. Dr. Levent BAŞAYİĞİT'e verdiği destek için teşekkür ederim.

Doktora çalışmam içerisinde yer alan erozyon modelleme çalışmaları sırasında bilgi ve deneyimlerini paylaşan Sayın Arş. Gör. Dr. Onur ŞATIR'a verdiği destek için teşekkür ederim.

Doktora çalışmam içerisinde yer alan arazi çalışmaları, erozyon modelleme çalışmaları ve yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Yakup Kenan KOCA'ya teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: ZF2012D15) içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XX
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Toprak Erozyonu 7
2.1.1. Erozyon Çeşitleri 8
2.1.1.1. Doğal Erozyon 8
2.1.1.2. Hızlandırılmış Erozyon 9
2.1.1.2.(1). Su Erozyonu 10
2.1.1.2.(2). Rüzgar Erozyonu 14
2.2. Erozyon Oluşumunda Etkili Olan Faktörler 15
2.2.1. İklim Etkisi 15
2.2.2. Toprak Özellikleri ve Ana Materyal Etkisi 21
2.2.3. Topoğrafya Etkisi 24
2.2.4. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı Etkisi 26
2.3. Toprak Erozyon Modellemesi 28
2.3.1. RUSLE (Revize Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini Denklemi) Modeli. 29
2.3.2. Morgan-Morgan-Finney Modeli 31
2.3.3. Modifiye Edilmiş Morgan-Morgan-Finney Metodu (mMMF) 33
2.3.4. G2 Modeli 37
2.3.5. Revize G2 Modeli 38
2.4. Erozyon Çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanımı 39

2.5. Değişim Analizi 46
2.5.1. Deşişim Analizi Çalışmalarında Başlıca Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar 48
2.5.2. Deşişim Analizi Çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanımı 49
2.5.2.1. Türkiye'de Yapılan Çalışmalar 55
3. MATERYAL VE METOD 61
3.1. Materyal 61
3.1.1. Çalışma Alanı 61
3.1.2. Çalışma Alanının Genel Özellikleri 63
3.1.2.1. Jeoloji 63
3.1.2.2. Toprak 64
3.1.2.3. İklim 66
3.1.2.4. Bitki Örtüsü 68
3.1.2.5. Fauna 69
3.1.2.6. Hidroloji 69
3.1.2.7. Sosyo-Ekonomik Yapı 70
3.1.3. Temel Veriler 71
3.1.3.1. Uydu Verileri 71
3.1.3.2. Standart Topoğrafik Haritalar 73
3.1.3.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 74
3.1.3.4. Havza Raporları ve Toprak Haritaları 74
3.1.3.5. Jeolojik Haritalar 74
3.1.3.6. Orman Meşcere Haritaları 74
3.1.3.7. Diğer çalışma raporları ve araştırma sonuçları 75
3.2. Metod 75
3.2.1. Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri 77
3.2.1.1. Görüntü Düzeltme 77
3.2.1.2. Geometrik Düzeltme 77
3.2.1.3. Uydu Görüntülerinin Kontrollü Sınıflandırılması 79
3.2.2. Erozyon Modellemesi 82

3.2.2.1. RUSLE (Revize Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini Denklemi) Modeli 82
3.2.2.1.(1). Yağış Faktörü (R) 83
3.2.2.1.(2). Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K)..... 85
3.2.2.1.(3). Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS) 89
3.2.2.1.(4). Bitki yönetim faktörü (C)..... 91
3.2.2.1.(5). Toprak koruma önlemleri faktörü (P) 93
3.2.2.2. Modifiye Morgan-Morgan-Finney Modeli..... 94
3.2.2.2.(1). Yağış enerjisinin hesaplanması..... 96
3.2.2.2.(2). Yüzey akışının hesaplanması..... 99
3.2.2.2.(3). Yağış etkisiyle toprak zerrelerinin parçalanabilirliği..... 102
3.2.2.2.(4). Yüzey akışla toprak zerrelerinin parçalanabilirliği..... 103
3.2.2.2.(5). Yüzey akışın taşıma kapasitesi. 105
3.2.2.2.(6). Toprak kayıplarının saptanması..... 105
3.2.2.3. Revize G2 Modeli..... 105
3.2.2.3.(1). Yağışın erozyon yaratma faktörü (R) 107
3.2.2.3.(2). Vejetasyon koruma (V)..... 109
3.2.2.3.(3). Toprak Erodibilitesi (S) 111
3.2.2.3.(4). Topoğrafik Etki (T)..... 114
3.2.2.3.(5). Eğim Uzunluğu (I) 115
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 117
4.1. Temel Haritalar..... 117
4.1.1. Sayısal Topoğrafik Harita..... 117
4.1.2. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 119
4.2. Erozyon Modellemeleri 119
4.2.1. RUSLE Modeli 119
4.2.1.1. Yağış Faktörü (R) 119
4.2.1.2. Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K) 120

4.2.1.3. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS) 122
4.2.1.4. Bitki yönetim faktörü (C) 125
4.2.1.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P) 129
4.2.2. mMMF Modeli. 130
4.2.2.1.Yağış enerjisinin hesaplanması 130
4.2.2.2. Yüzey akışının hesaplanması 138
4.2.2.3. Yağış etkisiyle toprak zerrelerinin parçalanabilirliği. 144
4.2.2.4. Yüzey akışla toprak zerrelerinin parçalanabilirliği 147
4.2.2.5. Yüzey akışın taşıma kapasitesi 150
4.2.2.6. mMMF Modeli ile Toprak Kayıplarının Saptanması 154
4.2.3. Revize G2 Modeli 155
4.2.3.1. Yağışın erozyon yaratma faktörü (R) 155
4.2.3.2. Vejetasyon koruma (V) 156
4.2.3.3. Toprak Erodibilitesi (S) 158
4.2.3.4. Topoğrafik Etki (T) 161
4.2.3.5. Eğim Uzunluğu (I) 163
4.3. Zamansal Değişim 164
4.3.1. 1984- 1990 Yılları Arası Zamansal Değişim 170
4.3.2. 1990- 1999 Yılları Arası Zamansal Değişim 171
4.3.3. 1999- 2010 Yılları Arası Zamansal Değişim 173
4.3.4. 1984- 2010 Yılları Arası Zamansal Değişim 174
4.4. Erozyon Modellemeleri Bulguları. 178
4.4.1. 1 Numaralı Çalışma Alanı Bulguları 178
4.4.1.1. 1 Numaralı Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Erozyon Modelleri İlişkisi. 178
4.4.1.1.(1). 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları. 178
4.4.1.1.(2). 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları 184
4.4.1.1.(3). 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları. 191

4.4.1.1.(4). 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları 197
4.4.1.2. 1 Numaralı Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Erozyon Sınıfları İlişkisi 204
4.4.1.2.(1). 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları 204
4.4.1.2.(2). 1 Numaralı Test Alanı 2010 Yılı Bulguları 207
4.4.1.2.(3). 2 Numaralı Test Alanı 1990 Yılı Bulguları 211
4.4.1.2.(4). 2 Numaralı Test Alanı 2010 Yılı Bulguları 214
4.5. Erozyon Modellemeleri- Arazi Kullanımı İlişkisi 232
4.6. Erozyon Modellemeleri- Arazi Kontrolleri 236
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 257
KAYNAKLAR 273
ÖZGEÇMİŞ 301
EKLER 303

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Yağış yoğunluğu ve toprak kaybı arasındaki ilişki(Morgan,2005)... 16

Çizelge 2.2 Kinetik enerji *KE* (MJ/m^2/mm) ve yağış yoğunluğu / (mm/ha) arasındaki ilişki(Morgan,2005) 18

Çizelge 3.1. Adana İli Yakın Çevresi Bitki türleri(Akın,2011) 69

Çizelge 3.2. Farklı Landsat Uydularına ait Özellikler (Doğan,2008) 72

Çizelge 3.3. Landsat görüntülerine ait spektral bilgiler(Doğan,2008)..... 73

Çizelge 3.4. Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile P değerleri ilişkisi (Prasannakumar ve ark.(2011) 94

Çizelge 3.5. mMMF modelinin giriş verileri ve veri birimleri (Morgan, 2001) 96

Çizelge 3.6. Arazi Kullanım Tipi, PH ilişkisi(Vigiak,2006)..... 98

Çizelge 3.7. mMMF modeli A, Et/Eo ve C değerleri (Morgan, 1984;1991) 99

Çizelge 3.8. mMMF modeli MS ve BD değerleri (Morgan, 1984; 1991) .. 101

Çizelge 3.9. mMMF Toprak Kayıpları Modeli EHD değerleri(Başayiğit,2002)..... 102

Çizelge 3.10. mMMF modeli K ve COH değerleri (Morgan,1984; 1991) ... 103

Çizelge 3.11. mMMF toprak kayıp modeli Et/Eo ve GC değerleri (Başayiğit, 2002) 104

Çizelge 3.12. Doğal ve Tarım Arazileri için Gavrilovic Parametre değerleri(Panagos ve ark., 2013)..... 111

Çizelge 3.13. Toprak Strüktürü, Toprak Strüktürü sınıfı ilişkisi (Panagos ve ark., 2013) 113

Çizelge 3.14 Toprak bünye sınıfı, permeabilite sınıfı ilişkisi 114

Çizelge 4.1. Test Alanlarına ait R değerleri 120

Çizelge 4.2. Örnekleme noktaları K değerleri..... 121

Çizelge 4.3. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile P değerleri ilişkisi (Prasannakumar ve ark.(2011). 129

Çizelge 4.4. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile A değerleri ilişkisi. 131
Çizelge 4.5. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile PH değerleri ilişkisi 135
Çizelge 4.6. Örnekleme noktaları MS değerleri 139
Çizelge 4.7. Örnekleme noktaları BD değerleri 141
Çizelge 4.8. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile EHD değerleri ilişkisi 142
Çizelge 4.9. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile Et / Eo değerleri ilişkisi 143
Çizelge 4.10. Örnekleme noktaları K değerleri 144
Çizelge 4.11. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile GC değerleri ilişkisi 147
Çizelge 4.12. Örnekleme noktaları COH değerleri 148
Çizelge 4.13. Test Alanlarına ait G2 Modeli R değerleri 156
Çizelge 4.14. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile LU değerleri ilişkisi 157
Çizelge 4.15. Örnekleme noktaları S değerleri 160
Çizelge 4.16. 1 No'lu Çalışma Alanı 1990 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi 166
Çizelge 4.17. 1 No'lu Çalışma Alanı 2010 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi 167
Çizelge 4.18. 2 No'lu Çalışma Alanı 1990 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi 167
Çizelge 4.19. 2 No'lu Çalışma Alanı 2010 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi 167
Çizelge 4.20. 1984 – 1990 yılları arası zamansal değişim (hektar). 170
Çizelge 4.21. 1984 – 1990 yılları arası zamansal değişim (%) 170
Çizelge 4.22. 1990 – 1999 yılları arası zamansal değişim (hektar) 172
Çizelge 4.23. 1990 – 1999 yılları arası zamansal değişim (%) 173
Çizelge 4.24. 1999 – 2010 yılları arası zamansal değişim (hektar) 174

Çizelge 4.25. 1999 – 2010 yılları arası zamansal değişim (%) 174
Çizelge 4.26. 1984 – 2010 yılları arası zamansal değişim (hektar) 175
Çizelge 4.27. 1984 – 2010 yılları arası zamansal değişim (%) 176
Çizelge 4.28. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi 181
Çizelge 4.29. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi 184
Çizelge 4.30. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi 187
Çizelge 4.31. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi 187
Çizelge 4.32. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı 2rG2,2mMMF, ve 2mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi 193
Çizelge 4.33. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi 196
Çizelge 4.34. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi 200
Çizelge 4.35. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi 200
Çizelge 4.36. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi 205
Çizelge 4.37. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi 208
Çizelge 4.38. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi 211
Çizelge 4.39. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi 215
Çizelge 4.40. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 yılı zamansal değişim- erozyon ilişkisi 233

Çizelge 4.41. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 yılı zamansal değişim-erozyon ilişkisi 233
Çizelge 4.42. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 yılı zamansal değişim-erozyon ilişkisi 233
Çizelge 4.43. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 yılı zamansal değişim-erozyon ilişkisi 234

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Bir Toprak Ortamındaki Yağış, İnfiltrasyon ve Yüzey Akış İlişkisi (Aydın, 1992) 11
Şekil 3.1. Çalışma alanı (Google Earth) 62
Şekil 3.2. Çalışma alanlarına ait Büyük Toprak Grupları Haritaları 66
Şekil 3.3. Çalışma alanlarına ait Orman Meşcere Haritaları 68
Şekil 3.4. Çalışmada izlenen işlem ve metotların akış diyagramı 76
Şekil 3.5. RUSLE Modeli Akış Diyagramı 82
Şekil 3.6. K değeri üçgeni (Monchareonm, 1982) 87
Şekil 3.7. Çalışma alanı 1 toprak örnekleme noktaları 88
Şekil 3.8. Çalışma alanı 2 toprak örnekleme noktaları 89
Şekil 3.9. mMMF modeli akış şeması(Başayiğit, 2002) 95
Şekil 3.10. Revize G2 modeli akış diyagramı 107
Şekil 4.1. Çalışma alanlarına ait sayısal topoğrafik haritalar 118
Şekil 4.2. Çalışma alanlarına ait sayısallaştırılmış eşyükselti eğrileri..... 118
Şekil 4.3. Çalışma alanlarına ait DEM verileri..... 119
Şekil 4.4. Çalışma alanlarına ait K faktör değerleri 122
Şekil 4.5. Çalışma alanlarına ait fill edilmiş DEM verileri 123
Şekil 4.6. Çalışma alanlarına ait flow direction (akış yönü) verileri 123
Şekil 4.7. Çalışma alanlarına ait flow accumulation (akış birikimi) verileri 124
Şekil 4.8. Çalışma alanlarına ait eğim verileri..... 124
Şekil 4.9. Çalışma alanları için oluşturulan birleştirilmiş LS faktörü 125
Şekil 4.10. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı NDVI değerleri 126
Şekil 4.11. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı NDVI değerleri 126
Şekil 4.12. Çalışma alanları için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan 1990 yılı C Faktörü..... 127
Şekil 4.13. Çalışma alanları için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan 2010 yılı C Faktörü..... 127

Şekil 4.14. Çalışma alanları için $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan 1990 yılı C Faktörü..... 128
Şekil 4.15. Çalışma alanları için $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan 2010 yılı C Faktörü..... 128
Şekil 4.16. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı DT değerleri..... 132
Şekil 4.17. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı DT değerleri..... 133
Şekil 4.18. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE(DT) değerleri..... 134
Şekil 4.19. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE(DT) değerleri..... 134
Şekil 4.20. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE(LD) değerleri..... 136
Şekil 4.21. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE(LD) değerleri..... 136
Şekil 4.22. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE değerleri..... 137
Şekil 4.23. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE değerleri..... 137
Şekil 4.24. Çalışma alanları için oluşturulan MS değerleri..... 140
Şekil 4.25. Çalışma alanları için oluşturulan BD değerleri..... 140
Şekil 4.26. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı Et / Eo değerleri ... 143
Şekil 4.27. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı Et / Eo değerleri ... 143
Şekil 4.28. Çalışma alanları için oluşturulan K değerleri..... 145
Şekil 4.29. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı F değerleri..... 146
Şekil 4.30. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı F değerleri..... 146
Şekil 4.31. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı H değerleri..... 150
Şekil 4.32. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı H değerleri..... 150
Şekil 4.33. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan 1990 yılı C değerleri..... 151
Şekil 4.34. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan 2010 yılı C değerleri..... 152

Şekil 4.35. Çalışma alanları test alanı için Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri alınarak oluşturulan 1990 yılı C değerleri 152
Şekil 4.36. Çalışma alanları için Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri alınarak oluşturulan 2010 yılı C değerleri 152
Şekil 4.37. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 1990 yılı TC değerleri 153
Şekil 4.38. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 2010 yılı TC değerleri 153
Şekil 4.39. Çalışma alanları Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 1990 yılı TC değerleri 154
Şekil 4.40. Çalışma alanları Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 2010 yılı TC değerleri 154
Şekil 4.41. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı V değerleri 158
Şekil 4.42. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı V değerleri 158
Şekil 4.43. Çalışma alanlarına ait S faktör değerleri 161
Şekil 4.44. Çalışma alanları na ait T faktör değerleri 163
Şekil 4.45. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı I faktörü değerleri 164
Şekil 4.46. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı I faktörü değerleri 164
Şekil 4.47. Kontollü sınıflandırma için seçilen alan ve test alanları ilişkisi 165
Şekil 4.48. Çalışma Alanı 1984-1990-1999-2010 Yılları Alansal Değişimler 168
Şekil 4.49. Çalışma Alanı 1984-1990-1999-2010 Yılları Arazi Kullanımları 169

Şekil 4.50. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi 181
Şekil 4.51. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı rG2-mMMf ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları 182
Şekil 4.52. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları 183
Şekil 4.53. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı rG2-mMMf ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları 188
Şekil 4.54. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları 189
Şekil 4.55. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi 190
Şekil 4.56. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı rG2-mMMf ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları 194
Şekil 4.57. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları 195
Şekil 4.58. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi 196
Şekil 4.59. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı rG2-mMMf ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları 201
Şekil 4.60. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları 202
Şekil 4.61. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi 203
Şekil 4.62. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%) 207
Şekil 4.63. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%) 210
Şekil 4.64. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%) 214

Şekil 4.65. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%) 217
Şekil 4.66. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 ve 2010 Yılı arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisi (%) 235
Şekil 4.67. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 ve 2010 Yılı arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisi (%) 235
Şekil 4.68. 1 Numaralı Kontrol Noktası 237
Şekil 4.69. 2 Numaralı Kontrol Noktası 238
Şekil 4.70. 3 Numaralı Kontrol Noktası 239
Şekil 4.71. 4 Numaralı Kontrol Noktası 241
Şekil 4.72. 5 Numaralı Kontrol Noktası 242
Şekil 4.73. 6 Numaralı Kontrol Noktası. 243
Şekil 4.74. 7 Numaralı Kontrol Noktası 245
Şekil 4.75. 8 Numaralı Kontrol Noktası 246
Şekil 4.76. 9 Numaralı Kontrol Noktası 248
Şekil 4.77. 10 Numaralı Kontrol Noktası 250
Şekil 4.78. 11 Numaralı Kontrol Noktası 251
Şekil 4.79. 12 Numaralı Kontrol Noktası 253
Şekil 4.80. 13 Numaralı Kontrol Noktası 254

SİMGELER VE KISALTMALAR

C	: Ürün örtü faktörü/ Bitki yönetim Faktörü
C°	: Santigrat derece
e	: Euler Sayısı
I	: Yağış yoğunluğu
K	: Aşınabilirlik(mMMF)
KE	: Kinetik enerji
log	: Logaritma
P	: Toprak Koruma faktörü
R	: Yağış faktörü
r^2	: Varyans
tan	: Tanjant
^{0}	: Derece
R	: Yağışın erozyon yaratma faktörü
S	: Toprak Erodibilitesi
V	: Vejetasyon koruma
T	: Topoğrafik etki
I	: Eğim uzunluğu
LS	: Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (RUSLE)
S	: Eğim Dikliği (RUSLE)
K	: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (RUSLE)
G	: Yüzey akışının taşıma kapasitesi (mMMF)
Q	: Yüzey akışının yıllık hacmi (mMMF)
cm	: Santimetre
cm/h	: Santimetre/saat
cm^2	: Santimetrekare
dk	: Dakika

gr : Gram

gr/cm^3 : Gram/santimetreküp

gr/J : Gram/Joule

$gr/m^2/ha$: Gram/metrekare/hektar

gr/sn : Gram/saniye

ha : Hektar

hm^3 : Hektometreküp

J/m^2 : Joul/metrekare

kg/m^2 : Kilogram/metrekare

km^2 : Kilometrekare

kPa : Kilopaskal

m : Metre

m^2 : Metrekare

m^3/J : Metreküp/joul

m^3/m^3 : Metreküp/metreküp

m^3/sn : Metreküp/saniye

$m^3/sn/m$: Metreküp/saniye/metre

mg : Miligram

mg/m^3 : Miligram/metreküp

mm/h : Milimetre/saat

mm/ha : Milimetre/hektar

sn : Saniye

ton/ha : Ton/hektar

$ton/km^2/yıl$: Ton/kilometrekare/yıl

ton-m/ha : Ton-metre/hektar

ton-m/ha/cm : Ton-metre/hektar/santimetre

AVHRR : İleri çok yüksek çözünürlüklü radyometre (Advanced Very

3D : Üç boyut (Three Dimensions)

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model)
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
dbf	: Veri tabanı dosyası (Databasefile)
ETM	: Güçlendirilmiş tematik haritalayıcı
ETM +	: Güçlendirilmiş thematic haritalayıcı
G2	: Geoland 2 Erozyon Modeli
rG2	: Revize edilmiş Geoland 2 Erozyon Modeli
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems)
GPS	: Küresel konum bulma sistemleri
HES	: Hidroelektrik Santrali
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
LAI	: Yaprak alan indeksi (Leaf Area Index)
MMF	: Morgan-Morgan-Finney
mMMF	: Modifiye Edilmiş Morgan-Morgan-Finney
MSS	: Çok bantlı algılayıcı (Multi Spectral Sensor)
MTA	: Maden Tetkik Arama Enstitüsü
NDVI	:Normalize edilmiş vejetasyon indeksi (Normalized Vegetation
TM	: Çift yönlü tarama sistemli haritalayıcı (Thematic Mapper)
UA	: Uzaktan algılama
UTM	: Uluslar arası enleme bağlı kareleme metodu
VI	: Vejetasyon indeksi (Vegetation Index)
XS	: Çok bantlı sistemler
NOAA	: Ulusal okyanus ve atmosferik uygulamalar uydusu
IRS	: Hindistan araştırma uydusu (Indian Research Satellite)
Jers	: Japon yeryüzü araştırma uydusu
Landsat(ERTS)	: Dünya araştırma teknoloji uydusu
Spot	: Dünya araştırmaları çok yönlü sistemleri

İKONOS : Lockheed Martin Space Systems ticari yer gözlem uydusu

QUICKBIRD : Digital Globe ticari yer gözlem uydusu

ARC/INFO : ESRI Veri girişi ve yorumlama CBS yazılımı

ARC VIEW : ESRI Veri sorgulama ve görüntüleme CBS yazılımı

ARC GIS : ESRI Veri sorgulama ve görüntüleme CBS yazılımı

ERDAS : Intergraph ERDAS Uydu verisi görüntüleme ve işleme yazılımı

ERMAPPER : Yeryüzü kaynaklan haritalama yazılımlan (Earth Resource Mapping Pty. Ltd)

IDRISI : Clark Labs at Clark University Veri sorgulama ve yorumlama CBS yazılımı

ILWIS : Entegre edilmiş arazi ve su bilgi sistemi (The Integrated Land and Water Information System)

AGNPS : Tarımsal kaynakların araştırıllması (Agricultural Nonpoint Research)

ANSWERS : Su hatları kaynaklarının izlenmesinde similasyon uygulaması (Areal Nonpoint Watershed Enviroment Respose Similation)

AOF : A.Onstad and Foster erozyon modeli

CORINE : Avrupa ülkeleri araştırma birliği (Research in Euroupa Comminity)

EPIC : Erozyon verimliliği etkisi hesabı (Erosion Productivity Impact Calculator)

EUROSEM : Avrupa toprak kayıp denklemi (European Soil Loss Equation)

GLEAMS : Tarımsal yönetim sistemlerinde yüzey suyu yükü etkisi (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems)

G2 : Geoland 2 Erozyon Modeli

GUEST : Griffith Üniversitesi erozyon sistemi (Griffith university System Template)

LISEM : Limburg toprak erozyon modeli (Limburg Soil Erosion

Model)

MED ALUS : Akdeniz ülkelerinde çölleşme ve arazi kullanımı (Mediterranean Desertification and Land Use)

MEDRUSH : Akdeniz ülkelerinde çevresel bozulma, sediment kaybı ve hidroloji için sorumlu birimler (Mediterranean Environmental Degradation and Response Units for Sediment Yield and Hydrology)

MIRSED : WEPP'in en az veri girişi ile uygulanması (Minimum Information Requirement for WEPP)

MUSLE : Modifiye edilmiş uluslararası toprak kayıp yöntemi (Modified Universal Soil Loss Equation)

MUSS : Küçük su hatları için MUSLE modelinin uygulanması (MUSLE for small watershed)

RUSLE : Yenilenmiş uluslar arası toprak kayıp denklemi (Revised Universal Soil Loss Equation)

Revize G2 : Revize edilmiş Geoland 2 Erozyon Modeli

SEMMED : Akdeniz ülkeleri için erozyon modeli (Soil Erosion Model for Mediterannean Area)

STREAMS : Toprak, Taşıma, Yağış, Erozyon ve Haritalama Sistemleri (Soil Transport Rain Erosion Mapping Systems)

USLE : Uluslar arası toprak kayıp denklemi (Universal Soil Loss Equation)

WEPP : Su erozyonu tahmin projesi (Water Erosion Prediction Project)

1. GİRİŞ

Toprak içerisinde belirli oranlarda hava, su, organik madde, mineral maddeler ve mikro organizmalar bulunan, yer kabuğunun bir girişim sferidir. Toprak üzerinde yaşamın sürdüğü yer kabuğunun bir parçasıdır, altında katı veya gevşek bir materyal üstünde bitki örtüsü ve atmosfer, yan tarafında ise başka bir toprakla sınırlandırılmıştır (Özbek, 1990).

Toprak doğal bir varlıktır; bir kayacın belirli iklim koşullarında ve artık bırakan bitkisel materyal varlığı karşısında, ayrışma, mineral oluşumu, humuslaşma, yapı oluşumu ve birikme olayları sonunda değişime uğraması ile meydana gelmiştir. Bir kültür toprağının oluşmasında ise bunlara ek olarak insanların etkisi vardır (Özbek, 1990).

Bir toplumun bugün ve gelecekteki refahı geniş ölçüde toprakların doğal verim gücüne ve bu gücün sürdürülebilir kullanılmasına bağlıdır. Toprak, insanlar, bitkiler ve hayvanlar âlemi için vazgeçilmez bir hayat kaynağıdır. Bu kaynağı korumak yalnız onunla uğraşanların değil üzerinde yaşayan her ferdin görevidir. Toprak oluşumunu hızlandırmak mümkün olmadığı gibi, toprak varlığını suni olarak da arttırmak mümkün değildir. Bu nedenle toprak konusunda diğer doğal kaynaklara oranla daha hassas olmak gerekir (Özsoy, 2007).

Toprak, yeryüzünde yaşayan tüm canlılara çeşitli yönleriyle fayda sağlayan, günümüzde ulaşılan yüksek teknolojik seviyeye rağmen üretilmesi mümkün olmayan ve yenilenmesi binlerce yıl gerektiren dinamik bir yapıdır. İnsanlar tarımsal amaçlar için toprağı işlemeye başladıklarından itibaren, toprak kaybı süreci de başlamış ve giderek bu kayıp hızlanmıştır. Erozyon, toprak kütlesinden bireysel parçacıkların koparılması ve bu parçacıkların akan su ve rüzgar gibi taşıyıcı vasıtalarla taşınmasından oluşan iki faz ve taşıma için yeterli enerjinin bittiği yerde birikmenin oluştuğu üçüncü fazdan ibaret bir olaydır. Erozyonun oluşumundaki tek unsur insan değildir. İnsanlar zaten var olan, doğa tarafından kontrol edilen ve olumlu bir olgu olan erozyon olayını kontrolsüz/olumsuz hale getiren bir güçtür.

Ülkemiz topoğrafik yapısı ve yağış karakteristiği nedeniyle erozyonun şiddetli olarak görüldüğü ve yoğun risk altında yer alan topraklara sahiptir. T.C

Orman ve Su İşleri Bakanlığı verilerine göre, Türkiye topraklarının %73' ü şiddetli erozyon tehlikesine maruzdur. Rüzgâr ve yağmur, verimli toprakları sürükleyerek, baraj göllerine, akarsu yataklarına ve denizlere taşımaktadır. Ülke yüzeyinden bir yılda kaybedilen toprak miktarı yaklaşık 1,4 milyar tondur. Sadece tarım alanlarından kaybedilen verimli toprak miktarı ise yaklaşık 500 milyon ton/yıl'dır(Anonim, 2012). Bu topraklarla birlikte mineral ve organik madde de kaybedilmektedir. Erozyonla kaybedilen bir başka değer ise sudur. Kaybolan toprak yüzeyinden her yıl yaklaşık 50 milyar m^3 yağış depolanamamaktadır. Çoraklaşan toprağı ıslah etmek, drenajını sağlamak, kirlenen toprağı temizlemek teorik olarak mümkün olmakla beraber bir kez erozyonla kaybedilmiş toprağı yerine geri getirmek, ya da çeşitli yerleşimler ve tesisler için elden çıkmış arazileri yeniden tarım alanına dönüştürmek, pratik olarak olanaksızdır. Toprak canlı bir ortam olarak her şeyi ile birlikte ancak orijinal haliyle ve yerinde iken değerlidir. Bu nedenle toprağı oluştuğu yerde tutmak, suyu da toprağa eriştiği noktada yarayışlı duruma geçirmek büyük önem taşıyan asıl amaçtır (Anonim, 2012).

Erozyon iklim karakteristikleri, topoğrafya, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi faktörler tarafından kontrol edilir ve bu faktörlerin birbirleri ile olan ilişkisi ve etki derecesinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla günümüze kadar laboratuar ve arazi koşullarında birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda değişkenler kaydedilerek, en uygun ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri içeren istatistiki metotlarla araştırılmıştır (Morgan, 1991). Bu araştırmalar sonucu erozyonun belirlenmesinde ve toprak kayıplarının tahmininde kullanılacak değerlerin, küresel yerine bölgesel çalışmalardan sağlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde erozyon çalışmalarında, laboratuar koşulları daha kontrollü hale gelmiştir. Arazi çalışmaları ise otomasyona sahip ölçüm cihazlarıyla yapılabilmektedir. Ayrıca erozyonu belirlemede kullanılan modeller için gerekli olan parametrelerin sayısal halde depolanması ve matematiksel ilişkiler yardımıyla erozyonun tahmini yüksek bir doğrulukla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Yöntemleri kullanılarak yapılabilmektedir.

Bilgisayar ortamına aktarılan verilerin harita katmanları halinde

depolanmasına ve bu katmanların birbirleri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlayan CBS kullanımı erozyonla oluşan toprak kayıplarının tahmin edilmesinde, erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesinde ve haritalanmasında yerini almıştır. Ayrıca bu sistemler erozyon oluşumunu kontrol eden faktörlerin sanal ortamda modellenmesine olanak sağlamıştır. Büyük havzalarda bile binlerce veriyi birbirleri ile ilişkilendirebilen, matematiksel denklemleri, derecelendirme tablolarım ve modelleme işlemini çok kısa sürede gerçekleştirebilen grafik tabanlı bu sistemler için verilerin bir bölümünün uzaktan algılama metodolojisi ile elde edilmesi, araştırmacıların erozyon çalışmalarım bu yöntemleri kullanarak yapmasma ve kontrolleri test alanları için gerçekleştirmesine yöneltmiştir (Başayiğit, 2002).

Erozyon çalışmaları, toprakla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Geçmişten günümüze erozyonun ve sediment iletiminin tespiti için farklı ölçeklerde ve farklı tiplerde birçok model geliştirilmiştir. Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin ürünleri, erozyon araştırmalarında ve bu modellerin geliştirilmesinde önemli yer teşkil etmektedir. Erozyon konusunda yapılan araştırmalar incelendiğinde, son 30 yıldır uydu görüntülerinin kısmen ya da tamamen kullanıldığı birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Birçok yer gözlem uydusu gezegenimizin yüzey görüntülerini elde etmek amacıyla dünyanın yörüngesinde bulunmaktadır ve bu uydulardan erozyonu değerlendirmek için bir çok faydalı bilgi elde edilebilmektedir. Landsat-1,2,3,4,5,7, SPOT-1,2,3,4, IRS-1-A,B,C, Terra, NOAA/TIROS, IKONOS, Quickbird uyduları erozyon çalışmaları için kullanılan başlıca uydular olarak sayılabilir. Landsat uyduları, sağladıkları uzun süreli data serileri nedeniyle erozyon çalışmalarında hala en yaygın kullanılan uydulardır. Landsat uydusunun yersel çözünürlüğü 30 m.dir ve büyük ve orta ölçekli dereler üzerinde çalışmalar için oldukça yeterlidir. Bununla birlikte günümüzde yersel çözünürlüğü 1 m. olan IKONOS, yersel çözünürlüğü 0,61 m. olan Quickbird ve yersel çözünürlüğü 0,46 m. olan WorldView-2 gibi çok daha yüksek çözünürlüklü uydular mevcut olup, erozyon çalışmalarındaki tekil, küçük ölçekli özellikleri tespit ve izlemede bu uydulara ait görüntülerin daha başarılı olduğu belirtilmektedir (Vrieling, 2005).

T.C Orman ve Su işleri Bakanlığı Ege, Akdeniz ve Batı Karadeniz bölgelerinden seçilen 17 nehir havzasında akarsu havza, alt havza ve mikro havzalarının belirlenmesi, drenaj ağının belirlenmesi, erozyon modelinin oluşturulması, yıllık ortalama sediment değerlerinin tespit edilmesi ve erozyon risk haritalarının oluşturulması çalışmalarını yürütmüştür. Bu çalışmalarında USLE/RUSLE metodları kullanılarak erozyon modeli ile potansiyel, gerçek ve sediment iletimini gösteren erozyon risk haritaları oluşturulmuştur. Türkiye'nin tamamına ait detaylı toprak etüdü bulunmamaktadır. Bu nedenle T.C Orman ve Su işleri Bakanlığının yaptığı bu çalışmada toprak verisi olarak 1/100.000 ölçekli büyük toprak gruplarını gösteren toprak haritası kullanılmıştır (Anonim, 2012a).

Çalışma kapsamında erozyon oluşumunda etkili olan faktörlerin birer harita katmanı halinde sayısal ortamda depolanması, ilişkilendirilmesi, karşılaştırılması ve değerlendirilmesi yer almaktadır.

Tez çalışması, UA ve CBS yardımıyla çalışma alanı için mevcut bulunan; haritalar, araştırma raporları, meteorolojik veriler ve istatistik bilgileri kullanılarak üç farklı toprak kayıp yöntemiyle (USLE/RUSLE , modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) karşılaştırmalı olarak potansiyel erozyon riski, şimdiki erozyon durumu haritalarının oluşturulması ve bu haritalarla oluşturulan veri tabanları yardımıyla toprak kayıplarının tahmin edilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla havza-ölçekli raster tabanlı bir erozyon veri tabanı oluşturulacaktır.

Böylelikle çalışma alanına ait, üç farklı toprak kayıp yöntemiyle (USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) elde edilen verilerle 3 farklı toprak kayıpları haritası oluşturulmuş ve oluşturulan bu haritalar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Uygulanacak toprak kayıp hesaplama yöntemlerinden revize G2 modelinin çok yeni geliştirilmiş bir model olması nedeniyle, bu modelin bundan sonra yapılmış erozyon çalışmalarında kullanılabilirliğinin test edilmesi de amaçlanmıştır. Bu çalışma ile revize G2 modeli ülkemizde ilk defa kullanılacak ve modelin erozyon çalışmalarına uygunluğu da karşılaştırmalı olarak test edilecektir. Revize G2 modelinin seçilme nedenlerinden bir diğeri ise modelin Akdeniz Bölgesinde geliştirilmiş, çalışma alanımızla benzer iklime, bitki örtüsü ve fizyoğrafyaya sahip olmasıdır. Uygulanmış toprak kayıp yöntemlerinden modifiye

Morgan-Morgan Finney modeli, modelin kompleks yapısı nedeniyle, RUSLE modelinin aksine erozyon çalışmalarında çok fazla kullanılmamaktadır. Bu çalışma ile modifiye Morgan-Morgan Finney modelinin erozyon çalışmalarında çok kullanılan RUSLE modeline alternatif olup olamayacağı da araştırılmıştır.

Ayrıca çalışma alanına ait; 1984, 1989, 2000, 2010 yılları Landsat 4-5, Landsat 7 ETM, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanımındaki değişim analizleri yapılacak ve çalışma alanından seçilen sınıflarla eğitimli sınıflama yapılarak, bu sınıflara ait zamansal değişim belirlenmiştir.

Seçilen çalışma alanlarında kapsamlı bir arazi çalışması yapılarak elde edilen toprak bilgileri vasıtası ile çalışma alanında daha detaylı bir şekilde geçmişten günümüze arazi kullanımının ve bu arazi kullanımının erozyonla ilişkisinin araştırılmasını sağlanmıştır.

Çalışmanın hedefi, bu modellerin yapısını en iyi şekilde ortaya koymak ve çalışma alanının karakteristiğini en doğru şekilde yansıtan modeli tespit edebilmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprak Erozyonu

Toprak, yeryüzünde yaşayan tüm canlılara çeşitli yönleriyle fayda sağlayan, günümüzde ulaşılan yüksek teknolojik seviyeye rağmen üretilmesi mümkün olmayan ve yenilenmesi binlerce yıl gerektiren dinamik bir yapıdır. İnsanlar tarımsal amaçlar için toprağı işlemeye başladıklarından itibaren, toprak kaybı süreci de başlamış ve bu kayıp giderek hızlanmıştır. Erozyon, toprak kütlesinden bireysel parçacıkların koparılması ve bu parçacıkların akan su ve rüzgar gibi taşıyıcı vasıtalarla taşınmasından oluşan iki faz ve taşıma için yeterli enerjinin bittiği yerde birikmenin oluştuğu üçüncü fazdan ibaret bir olaydır. Toprak erozyonu, hızlandırılmış erozyon ve jeolojik erozyon olarak iki temel çeşide ayrılır.

Toprak erozyonu, toprak oluşturan faktörlerin yerine koyduğundan daha hızlı biçimde toprağın doğal güçlerle yer değiştirmesidir (De Roo, 1993). Erozyonun oluşumundaki tek unsur insan değildir. Bölgesel faktörleri içeren iklim, toprak, rölyef, vejetasyon ve insanların toprak koruma önlemleri bu süreci hızlandırabilir. İnsanlar zaten var olan, doğa tarafından kontrol edilen ve olumlu bir olgu olan erozyon olayını kontrolsüz/olumsuz hale getiren bir güçtür. Son dönemlerde dünya nüfusu sürekli bir biçimde artması daha fazla besin maddesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Besin maddesini temin etmek için başvurulan en pratik yol, tarım yapılan alanları genişletmek olmuştur. Bu suretle eğimli arazilerde bulunan doğal çayır ve orman örtüsü tahrip edilerek tarlalara dönüştürülmüş ve toprak doğa kuvvetlerinin etkisine sunulmuştur. Yağışı bol bölgelerde yağan yağmur suları, kurak bölgelerde ise rüzgarlar, direnci azalan verimli tarım topraklarını taşımaya ve tarım arazisini verimsiz hale getirmeye başlar. İnsanların neden olduğu bu erozyon hızlandırılmış erozyondur (Akgül ve Akyürek,1979).

Jeolojik anlamda erozyon terimi; doğada toprak materyalinin su, rüzgar, yerçekimi, çığ, buzul ve dalga gibi doğal güçlerin etkisiyle parçalanarak bir yerden başka bir yere taşınması ve yığılmasını ifade eder. Doğal ve normal koşullar altında, toprağın bitki örtüsü bu taşınmayı engellemekte ve taşınan kadar yeni üst toprak

oluşmaktadır. Erozyon, insan etkisi sonucunda oluşuyorsa veya artıyorsa hızlandırılmış erozyon olarak adlandırılmaktadır(Özsoy, 2007). İnsan etkisi ile oluşan erozyonun başlıca kaynakları; orman kesimleri, orman yangınları, aşırı otlatma ve uygulanan hatalı tarım teknikleri biçiminde sıralanabilir. Sulu tarımda erozyonu etkileyen en önemli faktörler; arazinin eğimi, uygulanan sulama yöntemi, sulama suyu miktarı, toprak işleme yöntemleri, arazi yüzeyinin pürüzlülüğüdür (Topçu, 1998).

2.1.1. Erozyon Çeşitleri

Erozyon, dünya var olduğundan itibaren başlamış ve bugün de devam etmekte olan bir olaydır. İnsanın yeryüzündeki faaliyetlerine başlamasına kadarki devirlerde doğal bir süreç ve olay olan erozyon, insanların doğayı ve toprakları kullanmaya başlamasından sonra bu doğal süreç özelliğini kaybetmiş ve farklı bir boyut kazanmıştır. Bu nedenle erozyon, bu iki farklı süreç için ayrı ayrı ele alınarak incelenebilir. Erozyon olgusundaki bu iki süreçten ilki “doğal erozyon”, ikincisi ise “hızlandırılmış erozyon” dur (Sarı, 1998; Toy ve ark., 2002).

2.1.1.1. Doğal Erozyon

Jeolojik erozyon adını da alan bu erozyon türü, arzu edilen, olması gereken bir erozyon türüdür ve doğanın kendi dengesi ve kuralları içerisinde meydana gelmektedir. Bu erozyon türü sayesinde aşınma ve taşınma alanlarında (yüksek arazilerde) yer alan topraklar ve araziler kendi kendilerini yenileyebilmekte ve gençleşebilmektedirler. Diğer bir deyişle, yüksek arazilerde yer alan topraklar bir taraftan alttaki ana kayanın (jeolojik materyallerin) doğal yollarla ayrışması sonucunda gövde (profil) kalınlıklarını arttırmakta iken, diğer taraftan da erozif güçler, toprak profillerinin üst kısmındaki katmanları belli bir hızla taşımaktadırlar. Bu yolla üstte yer alan daha yaşlı toprak materyalleri erozyonla aşındırılıp taşınırken, alttan da yeni ve genç toprak materyalleri kazanılmaktadır. Söz konusu bu doğal erozyon sürecinde, üstten erozyonla taşınan toprak miktarı ile alttan ana kayanın

ayrışması ile oluşan toprak miktarı arasında dinamik bir denge vardır ve söz konusu bu denge doğal erozyon olayında her zaman, toprak oluşumunun lehindedir. Yüksek arazilerden doğal erozyonla taşınan materyallerin, daha alçak kesimlerdeki alanlara çok uzun yıllar boyunca depolanmaları ve burada gelişmeleri sonucunda ise oldukça verimli yeni araziler oluşmaktadır. Oluşan bu yeni araziler, sahip oldukları özellikleri nedeniyle tarımsal üretimde başarı ile kullanılabilecek, son derece kıymetli arazilerdir. Sözü edilen bu araziler, gerek Türkiye'de ve gerekse tüm dünyada, canlı beslenmesinde gerekli olan bitkisel ve hayvansal besinlerin büyük bir bölümünün üretildiği "alüviyal ova"lardır ve bu kıymetli ovalar binlerce yıldır süregelen doğal erozyon süreçleri sonucunda oluşmuşlardır. Son derece yavaş oluşan, hatta farkına dahi varılamayan doğal erozyon, tüm doğal dengeler ve tüm ekosistemler açısından da son derece yararlı bir olaydır (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985).

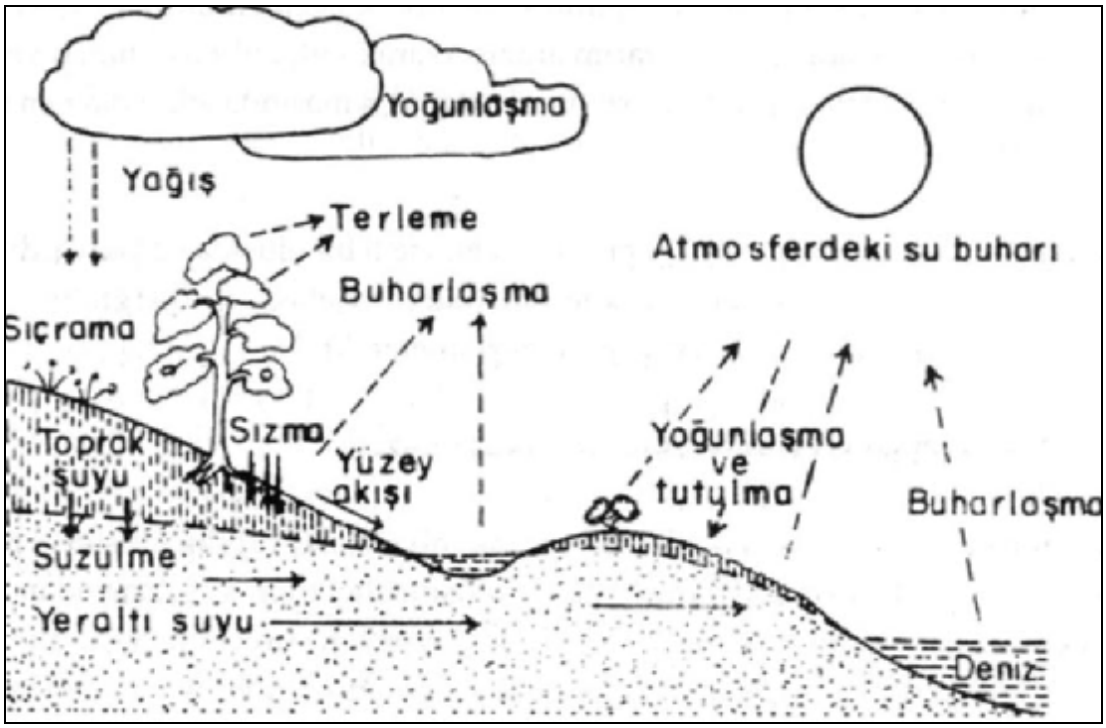
2.1.1.2. Hızlandırılmış Erozyon

Doğanın kendi dengesi içerisinde, kendine özgü kurallarla sürdürdüğü erozyon bölgelerine insan elinin değmesi veya insanların yerleşik düzene geçip tarım yapmaya ve arazileri kullanmaya başlaması ile ortaya çıkan ve giderek geri dönüşümü mümkün olmayan doğa tahribatlarına yol açan, zaman zaman da sel baskınları ile önemli miktarda can ve mal kayıplarına neden olan diğer erozyon türü ise hızlandırılmış erozyon olarak isimlendirilmektedir(Sarı, 1998). Hızlandırılmış Erozyonla oluşan toprak taşınmaları, daha önceki bölümde tanımlanmış olan toprak profilinin üst katmanlarında başlamakta ve bu yolla binlerce, hatta milyonlarca yılda oluşmuş bulunan toprakların önce üst katmanları ve daha sonra ise alt katmanları taşınarak, toprak profilleri giderek sığlaşmakta ve bitki yetiştirmeye yarayan gerçek toprak, erozif güçler tarafından zamanla yok edilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, toprağı kökleri ve gövdeleriyle (toprak altı ve toprak üstü aksamıyla) yerinde tutan arazi örtüsünün (orman, maki, fundalık, çayır ve meraların) yok edilmesi, toprak işlemeli tarıma uygun ancak eğimli olan arazilerinde toprak ve tarım uzmanlarının önerdiği yöntemlerin dışında tarım yapılması ve toprak işlemeli tarıma uygun olmayan dik ve çok dik arazilerin de tarım arazisi olarak kullanılması (hatalı

ve yanlış arazi kullanımı), hızlandırılmış erozyonun ortaya çıkmasında etkili olan en önemli olaylardır. Toprağın belli bir oluşma süresi vardır ve bu oluşumun hızı, toprak oluşum faktörlerinin (iklim, vejetasyon, topoğrafya, ana materyal ve zaman) etki derecelerine göre değişmektedir (Sarı, 1998; Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985).

2.1.1.2.(1) Su Erozyonu

İklimsel özelliklere bağlı olarak herhangi bir ortama veya bölgeye düşen yağış sularının bir kısmı toprak tarafından emilerek toprakların derinliklerine iletilirler. Geriye kalan yağış suları ise eğimler boyunca yüzey akışına geçerek daha aşağıdaki arazilere doğru akarlar. Her bir farklı toprağın infiltrasyon kapasiteleri de birbirinden önemli farklılıklar göstermektedir. Söz konusu bu farklılıklar, önceki bölümlerde kısa açıklamaları yapılmış olan, toprakların sahip oldukları morfolojik, fiziksel, kimyasal, mineralojik ve biyolojik özellikleri ile birlikte arazinin eğimine, ortamın bitki örtüsüne ve söz konusu arazilerin kullanım biçimlerine (tarım ve tarım dışı kullanımlar) bağlıdır. Kısacası, bir ortama yağan yağış sularının ne kadarının yüzey akışa geçerek erozyona ve dolayısıyla toprak kayıplarına neden olacağı, yağış özellikleri ile birlikte arazi ve toprak özellikleri tarafından kontrol edilmektedir. Aşağıda, bir toprak ortamındaki yağış, infiltrasyon ve yüzey akış ilişkileri aşağıdaki şekilde verilmiştir (Sarı, 1998; Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985).



Şekil 2.1. Bir Toprak Ortamındaki Yağış, İnfiltrasyon ve Yüzey Akış İlişkisi (Aydın, 1992)

Su erozyonu, özellikle bitki örtüsünden yoksun eğimli arazilerde yağmur ve eriyen kar sularının, toprakların infiltrasyon kapasitesinin aşılması neticesinde yüzey akışına geçerek toprağı aşındırıp taşıması olayıdır. Oluşacak erozyonun şiddeti, toprağa düşen su miktarı, suyun akış hızı, arazinin sahip olduğu eğim özellikleri, toprağın yapısı ve infiltrasyon kapasitesi, bitki örtüsü ve arazi kullanım şekli tarafından kontrol edilmektedir (Sarı, 1998; Zachar, 1982).

Gerek aşınım bölgelerinde ve gerekse depolanma bölgelerindeki toprak ve arazi yapılarının süratle bozulmasına neden olan su erozyonu; yağmur damlası erozyonu, tabaka (yüzey) erozyonu, parmak erozyonu ve sel yarıntısı (oyuntu) erozyonu olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Aşağıda bu erozyon türleri hakkında kısa açıklamalar yer almaktadır.

Yağmur Damlası Erozyonu; Bu erozyon türü, çoğunlukla bitki örtüsünden yoksun çıplak toprakların yüzeyine yağmur damlalarının şiddetle çarpması sonucu oluşmaktadır. Yağmur damlalarının çarpma etkisiyle toprakların kümeli yapıları (toprakların strüktürü) bozulmakta ve dağılan agregatlardan (kümeli yapılardan) açığa çıkan küçük parçacıklar toprakların yüzeyden başlayarak bütün profilleri

boyunca devam eden gözeneklerinin tıkanmasına neden olmaktadır. Gözenekleri tıkanan toprakların infiltrasyon yetenekleri azalmakta ve giderek tamamen kaybolmaktadır.

İnfiltrasyon yeteneğini kaybeden toprakların yüzeyine düşen yağış sularının büyük bir kısmının ise artık toprağın derinliklerine (profillerine) sızamayarak, yüzey akışına geçmesine neden olmaktadır. Bu aşamadan sonra da yağmur damlalarının toprak yüzeyine çarpması sonucunda koparılan ve dağıtılan toprak parçacıkları, yüzey akışa geçmiş olan su ile birlikte taşınmaktadır. Bu haliyle yağmur damlaları, basit gibi görünmekle birlikte, su erozyonunun oluşması için gerekli olan ilk olumsuz koşulların ortaya çıkmasına neden olan en önemli olay olmaktadır. Zira özellikle sağanak halinde yağan yağmurlar sırasında arazi yüzeylerinde meydana gelen irili ufaklı sellerin temel nedeni, tamamen yağmur damlası ve bunun ortaya çıkardığı erozyondur. Yapılan bilimsel araştırmalara göre, ortalama 32 km/h'lik hızla yere düşen bir yağmur damlasının toprağa çarpması sonucunda, bir tarlada bulunan toprak tanecikleri 60 cm dikey (yukarıya) ve 100-150 cm yatay bir hareket yapabilmektedir. Bu yolla, yani yağmur damlalarının çarpması ile 1 yılda 1 dekarlık (1000 m^2) arazide yer değiştiren toprak miktarının 25 ton ve daha fazla olduğu belirtilmektedir. Diğer bir belirlemeyle, eğer gerekli önlemler alınmaz ise, erozyona uygun alanlarda sadece yağmur damlaları ile 1 dekar araziden yılda yaklaşık 25 ton toprak kaybedilebilmektedir. Toprak işleme derinliğinde (ortalama 20 cm'lik toprak tabakası) yaklaşık 250 ton toprak bulunduğu dikkate alınacak olursa, sadece yağmur damlalarının neden olduğu erozyonla kaybedilen toprak miktarının hiç de azımsanamayacak boyutlarda olduğu anlaşılacaktır. Dolayısıyla yağmur damlalarının neden olduğu erozyonu önleyebilmek için ilk yapılacak işlem, toprak yüzeyinin çıplak bırakılmaması ve toprakların kümeli yapı özelliklerinin bozulmasına neden olacak hatalı tarım tekniklerinin uygulanmasından vazgeçilmesi gerekmektedir (Toy ve ark., 1998).

Tabaka (yüzey) Erozyonu; Tabaka erozyonu, hafif ve/veya orta derecede eğimli ve infiltrasyon yeteneklerini kaybetmiş arazilerde, yüzey akışları ile arazi yüzeyindeki ince toprak materyallerinin bir tabaka halinde daha aşağıda yer alan diğer arazilere, küçük dereciklere ve akarsulara taşınması olayıdır. Tabaka erozyonu,

infiltrasyon düzeyi düşük arazilerde görülür ve son derece yavaş seyreden bir erozyon türüdür. Son derece yavaş oluştuğu için de kolayca farkedilemez. Pek çok kişinin, özellikle tarımsal üretimle uğraşan çiftçilerimizin ve hatta pek çok toprak uzmanlarının dahi farkına varamayacağı bu erozyon türü, toprakları sinsice yok etmektedir. Tabaka erozyonu ancak, koyu renkli verimli üst toprak katmanı götürülüp, daha açık renkli alt toprak katmanları açığa çıktıktan sonra fark edilebilir. Tabaka erozyonu daha çok tarım topraklarında meydana gelen bir olaydır. Bu nedenle, gerek çiftçilerimizin ve gerekse tarım ve toprak uzmanlarının tabaka erozyonu konusunda çok dikkatli olmaları ve özellikle tarım arazilerinde gerekli önlemleri mutlaka almaları gerekmektedir (Sarı, 1998; Toy ve ark., 2002).

Parmak Erozyonu; Bütün eğimli arazilerde yağışlarla ve yağmur damlalarının çarpma etkisi ile toprakların yüzey özellikleri bozulmakta, infiltrasyon kapasiteleri zayıflamakta ve yağış sularının önemli bir kısmı yüzey akışa geçmektedir. Hatalı ve yanlış tarımsal uygulamalar da bu akışı hızlandırmaktadır. Yüzey akışa geçen sular, zaman içerisinde arazi yüzeyinde çok sayıda irili ufaklı kanallar oluşturmakta ve oluşan yüzey sularının önemli bir kısmı da bu kanallarda akmaya başlamaktadır. Söz konusu bu kanallarda akmaya başlayan su, eğimin neden olduğu ivme ile, kendi etrafında dönerek (türbülans) belli bir koparma, oyma ve taşıma enerjisi kazanmaktadır. Suyun bu dönme hareketi, toprak kümelerini gevşeterek onları dağıtmakta yerlerinden koparmakta ve kopan toprak parçacıkları akış halindeki su ile birlikte aşağı doğru hareket etmektedir. Sonuçta, arazinin yüzeyinde derinlikleri birkaç santimetreyi bulan sayısız oluklar ve kanallar meydana gelmektedir. İşte toprakların bu şekilde aşındırılması ve taşınması olayına parmak erozyonu veya oluk erozyonu adı verilmektedir (Sarı, 1998; Zachar, 1982).

Parmak erozyonu, arazi üzerindeki tipik görüntüleri ile tabaka erozyonundan daha çabuk farkedilebilmektedir. Ancak parmak erozyonu, yüzey erozyonunun ilerlemiş bir safhasıdır. Bu nedenle parmak erozyonunun farkedildiği anda topraklar zaten en önemli özelliklerini ve en verimli üst katmanlarını kaybetmiş durumda olacaklardır. Bu erozyon türü ile arazi üzerinde 5-10 cm'lik oyuklar meydana gelmekte ve oyuntu miktarı kadar toprak, orijinal yerlerinden koparılarak başka alanlara taşınmaktadır (Sarı, 1998; Toy ve ark., 2002).

Sel Yarıntısı (oyuntu, gully) Erozyonu; Bir önceki parmak erozyonu ile arazi yüzeyinde ortaya çıkan birkaç santimetrelik oluklar, erozyona karşı gerekli önlemler alınmadığı taktirde, zamanla derinleşip genişleyerek sel yarıntıları şeklini almaktadırlar. Sel yarıntılarının büyüklükleri, yağışın miktarına, şiddetine, sıklığına, toprağın erozyona olan direncine, toprağın derinliğine, arazinin eğimine, toprak altındaki sert ve geçirimsiz katmanlarının toprak yüzeyine yakınlığına, alt toprağın gevşekliğine ve yüzey akış suyunun taşıdığı materyalin cins ve miktarına bağlıdır. Sel yarıntısı erozyonu ile araziler birkaç metre ile onlarca metre genişliğinde ve derinliğinde oyulabilmekte ve böylece önemli miktarda toprak ve arazi kayıpları meydana gelebilmektedir. Ayrıca sel yarıntısı erozyonu ile yüksek arazilerden taşınan materyaller, aşağı kısımlardaki verimli toprakların üzerini de örterek onların da değerlerini azaltmakta ve üretim kapasitelerini düşürmektedir (Sarı, 1998; Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985).

2.1.1.2.(2). Rüzgar Erozyonu

Rüzgar erozyonu, toprağın rüzgar kuvveti ile aşındırılıp taşınması olayıdır. Özellikle kurak iklim bölgelerinde (İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi) meydana gelen bu erozyon türü, genellikle tarım arazileri üzerinde etkili olmaktadır. Toprak materyallerinin rüzgarlar tarafından gerek taşındığı ve gerekse taşınan bu materyallerin depolandığı alanlardaki arazilerin özellikleri hızla bozulmakta ve üretim kapasiteleri düşmektedir. Bunun bir sonucu olarak da rüzgar erozyonu ile çok ciddi arazi ve ürün kayıpları meydana gelmektedir. Yine dünya ve topraklar var olduğundan itibaren başlayan ve günümüzde de devam eden rüzgar erozyonu, özellikle insanların doğaya ve topraklara müdahalelerinin arttığı 2000'li yıllarda pek çok ülkede ciddi bir doğa ve çevre sorunu haline gelmiştir. Bunun aksine, doğal yollarla oluşan rüzgar erozyonu, özellikle depolanma bölgelerinde "lös" adı verilen ve üretim kapasiteleri birbirinden farklı olan arazileri oluşturabilmiştir. Çin'deki lös topraklar ile Amerika'nın Missisipi ve Missouri nehirleri civarında uzanan lös yığıntıları, böyle arazilere örnek olarak verilebilir. Söz konusu bu araziler eski çağlara ait tipik rüzgar erozyonu örnekleridir. Ülkemizdeki rüzgar erozyonu ise hatalı

ve yanlış arazi kullanımlarına bağlı olarak ortaya çıkmakta ve gerek İç Anadolu ve gerekse Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ciddi çevre sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle İç Anadolu bölgesinde yer alan Karapınar yöresi, yakın bir geçmişte rüzgar erozyonu felaketini yaşamış bir bölgemiz olması nedeniyle ülkemiz için tipik bir örnek oluşturmaktadır. Karapınar yöresindeki rüzgar erozyonunun bir alandan kaldırdığı toprak materyallerini yaklaşık 70-80 km mesafedeki başka alanlara taşımış olduğu yapılan çalışmalarla saptanmış durumdadır (Sarı, 1998).

2.2. Erozyon Oluşumunda Etkili Olan Faktörler

Erozyon parçalanma, taşınma ve birikme olayları olmak üzere üç aşamalı bir mekanizmadan oluşur. Bu üç olayı kontrol eden faktörler ise iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanımı, topoğrafik özellikler ve topraktır. Erozyon oluşumunun mekanizmasını açıklamak, erozyon oluşum süreci ve erozyonla taşman toprak miktarım belirlemek amacıyla bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaları dört ana başlık altında toplamak mümkündür.

2.2.1. İklim Etkisi

Erozyona neden olan iklim parametreleri; yağış, rüzgar, sıcaklık ve nemliliktir. Bunlar içerisinde erozyon olayında en çok etkili olan parametre ise yağış parametresidir. Yağışlar içerisinde de yağmurlar, yağmur damlasının toprak zerrelerini koparmada ve yüzey akışı sağlamasındaki etkileri nedeniyle en önemli unsurdur.

Yağışın türü, süresi, miktarı ve mevsimlere göre dağılışı önemlidir. Yağış şiddetinin ve süresinin artması toprak aşınımının artmasına neden olurken, yılın bütün aylarına dağılmış yağışlar, bir mevsimde toplanan yağışlardan daha az etkilidir (Özsoy, 2007).

Morgan (2005)' a göre, Fournier tarafından yapılan çalışma, yağış yoğunluğu ile toprak kaybı arasındaki ilişkiyi gösteren en çarpıcı örnektir. Bu çalışmada Zanesville, Ohio'da 1934 – 1942 yılları arasında 183 farklı iklim istasyonundan ölçüm yapılmış, yapılan ölçümler sonucunda 5 dakikada oluşan yağış miktarındaki 5

katlık bir artışın toprak kaybında 13 katlık artışa neden olduğu belirtilmiştir (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1. Yağış yoğunluğu ve toprak kaybı arasındaki ilişki (Morgan,2005).

Maksimum 5 dk. yoğunluk (mm/ha)	Yağışın yağma sayısı	Ortalama toprak kaybı (kg/m^2)
0-25.4	40	0.37
25.4-50.8	61	0.60
50.9-76.2	40	1.18
76.3-101.6	19	1.14
101.7-127.0	13	3.42
127.1-152.4	4	3.63
152.5-177.8	5	3.87
177.9-254.0	1	4.79

Morgan (2005)' a göre erozyon oluşması için ne kadar yağmur gereklidir sorusu çok önemlidir. Hudson(1981), Zimbabwe'de yaptığı incelemelere dayanarak $25mmh^{-1}$ rakamını verir. Bu rakam (Rapp ve ark. 1972) tarafından Tanzanya'da yapılan çalışmalar sırasında bulunan değere de uygundur. Bu değer Batı Avrupa için çok yüksektir. 1.0 - 10.6 mmh^{-1} eşik değeri İngiltere'de (Morgan 1980), Almanya'da (Richter & Negendank 1977) ve Belçika'da (Bollinne 1977) kullanılmaktadır.

Bir yağışın aşındırıcı etkisi yağış yoğunluğu, süresi, yağmur damlasının kütlesi, çapı ve hızının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Varyasyonların yarattığı zorluklara rağmen, kinetik enerji ve yağış yoğunluğu arasında genel ilişkiler elde etmek mümkündür. Bu ilişki Laws and Parsons (1943), Wishmeier ve Smith (1958) tarafından,

$$KE = 11.87 + 8.73\log10\, I \qquad (2.1)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada I yağış yoğunluğu (mm/ha), *KE* kinetik enerji ($J/m^2/mm$) dir.

Tropikal yağmurlar için Hudson (1965) Zimbabwe'de yaptığı incelemelere dayanarak,

$$KE = 2.98 - (127.5 / I) \quad (2.2)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada I yağış yoğunluğu (mm/ha), *KE* kinetik enerji ($J/m^2/mm$) dir.

Bazı araştırmacılar bu eşitliği kendi bölgelerine uyarlamıştır. Nitekim Zanchi ve Torri, İtalya için (Akdeniz iklim tipi);

$$KE = 9.81 + 11.25 \log_{10} I \quad (2.3)$$

Coutinhoi ve Tomas, Portekiz için (Batı Akdeniz iklimi);

$$KE = 35.9(1-0.56\, e^{-0\,034I}) \quad (2.4)$$

Onaga ve ark., Japonya için (Doğu Asya iklimi);

$$KE = 9.81 + 10.60 \log_{10} I \quad (2.5)$$

olarak düzenlemişlerdir (Morgan, 2001)(Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 Kinetik enerji *KE* (MJ/m^2/mm) ve yağış yoğunluğu / (mm/ha) arasındaki ilişki (Morgan,2005).

Denklem	**Kaynağı**
$E = 0.0119 + 0.0873\log10$	Universal Soil Loss Equation Wischmeier & Smith (1978);
$E = 0.29(1 - 0.72e\text{-}I/20)$	Revised Universal Soil Loss Equation; Brown ve Foster (1987)
$E = 0.0895 + 0.0844\log10$	Marshall ve Palmer (1948)
$E = 0.0981 + 0.1125\log10$	Zanchi ve Torri (1980), Toscana, Italya için
$E = 0.359(1 – 0.56e\text{-}0.034I)$	Coutinho ve Tomás (1995) Portekiz için
$E = 0.0981 + 0.106\log10$	Onaga ve ark. (1988) Okinawa, Japonya için
$E = 0.298(1 - 4.29/I)$	Hudson (1965) Zimbabwe için
$E = 0.29(1 - 0.6e\text{-}0.04I)$	Rosewell (1986) New South Wales, Avustralya için
$E = 0.26(1 - 0.7e\text{-}0.035I)$	Rosewell (1986) Southern Queensland, Australya için
$E = 0.1132 + 0.0055I – 0.005 \times 10^{-2} I^2 + 0.00126 \times 10^{-4} I^3$	Güney ve Orta A.B.D için
$E = 0.384(1 - 0.54e\text{-}0.029I)$	Cerro ve ark. (1998) Barcelona, İspanya için
$E = 0.369(1 – 0.69e\text{-}0.038I)$	Jayawardena ve Rezaur (2000) Hong Kong için
$E = 0.283(1 - 0.52e\text{-}0.042I)$	van Dijk ve ark . (2002)

Türkiye'nin çeşitli bölgeleri için de *KE* değerleri belirlenmiştir. Türkiye'de yer alan 60 rasat istasyonunun 25 yıllık (1957-1982 yılları arası) verilere göre yağış erozyon indeksleri, aylık dağılımları, yıllık eklenik verileri Doğan (1987) tarafından yapılan bir çalışmada belirlenmiştir. Bu çalışmada yağışların birim kinetik enerjileri;

$$E_u = 210.3 + 89\ log_{10} I \quad (2.6)$$

yağışların toplam kinetik enerjileri;

$$E = Eu\ x\ h \quad (2.7)$$

uniform yoğunluktaki yağışların kinetik enerjileri;

$$I = hx60/t \quad (2.8)$$

yağışın erozyon indeksi;

$$ExI = ExI/100 \quad (2.9)$$

eşitliklerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Burada verilen değişkenlerden;

E= Toplam kinetik enerji (ton-m/ha)
Eu=Birim kinetik enerji (ton-m/ha/cm)
h=Yağış miktarı (cm)
I=Yağış yoğunluğu(cm/ h)
t=Yağış süresi (dakika)

olarak kullanılmıştır.

Havza bazında büyük alanlar için, bazı araştırmacılar erozyon tahminleri yaparken yıllık yağış yoğunluğunu kullanmaktadırlar. Drake ve ark. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, erozyonla oluşan toprak kayıplarını belirlemek üzere hazırlanan matematiksel bir denklemde yağış katsayısı yıllık toplam yağışın yağışlı günlere bölümünden hesaplanmıştır.

Nanna (1996)'ya göre erozyona sebep olan yağış, özellikle yarım saatte düşen yağışın enerjisi ve yağış yoğunluğu gibi özelliklere bağlıdır. Bu özellikler yağmur damlalarının toprak parçacıklarını sökme yeteneğini ve olası yüzey akışı belirler. Bu

durum yerinden sökülen toprak parçacıklarının taşınması ve depolanmasıyla sonuçlanır. Yağış miktarı yüzey akışa yol açan genel su dengesi ve nispi oranı etkiler (Hagos 1998).

Yağış parametrelerinden biri olan yağmur damlalarının büyüklüğü ve hızları, onların küçüklükleri ile kıyaslanamayacak derecede erozyon oluşumunda etkilidir. Bir yağmur damlasının toprak yüzeyine çarpması ile parçalanan toprak parçacıkları 60 cm dikey ve 150 cm yatay mesafede harekete geçebilmektedir. Başka bir deyişle, şiddetli bir yağış altında 1 hektar araziden 250 ton toprak yer değiştirmektedir. Bu olay neticesinde ufalanan ve aşınan topraklar, toprak yüzeyinde ve gövdesinde bulunan su taşıyıcı gözenekler tıkanmakta, yağmur ve/veya sulama suları toprak içerisine kolayca sızamamakta ve böylece yüzey akışı ve akabinde de erozyon başlamaktadır (Sarı, 1997).

Fox ve Bryan (1999), Kanada Güney Ontario'nun Gri Kahverengi Luvisollerini (% 50 kum, % 20 silt ve % 28 kil) kullanarak 100 x 40 x 10 cm'lik yapay alanlarda yağış denemeleri yapmışlar ve yağış özellikleri ile toprak kayıpları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Yapılan çalışmada Fluvisollerin A horizonundan alınan topraklar 2 cm kalınlığında ve yoğunluğu 1.29 gr/cm^3 olacak şekilde kolonlara yerleştirilmiştir. Yağış yoğunluğu 38.2-56.3 mm/saat arasında olmak üzere ortalama 49.1 mm'lik yapay yağış uygulanmıştır. Çalışma sonunda yağışla oluşan toprak kayıplarının parçalanma oranı ile sınırlandığı belirlenmiş, toprak kaybının yağışın çarpma etkisiyle oluşan parçalanmayı geçmediği ve elde edilen eşitliğin de bu kurala göre hazırlanması gerekliliği belirtilmiştir.

Römkens ve ark. (2001) yaptıkları laboratuar çalışmasında, farklı yağış yoğunluğunun çeşitli eğimlerde toprak kaybına olan etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla laboratuar simulasyonunda 3.7 x 0.61 x 0.23 m'lik deneme blokları kullanılmıştır. Çalışmada % 18 kil, % 80 silt ve % 2 kum içeren Grenada siltli tınının Ap horizonundan alınan topraklar kullanılmıştır ve kolonları % 2, % 8 ve % 17 eğimde yerleştirilmiş, 15, 30,45 ve 60 mm/h yoğunlukta fırtına oluşturacak yağış uygulanmıştır. Çalışma sonunda toplam sediment miktarının tüm yağış uygulamalarında ve tüm eğimlerde artış gösterdiği belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2001), RUSLE-R aşındırıcı faktörünün jeoistatistik metodlar yardımıyla belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma Amerika'nın

bir çok eyaletinde Gaussian similasyon modeli ile yürütülmüştür. Toplam 247 iklim istasyonuna ait 26 yıllık verilerin kullanılarak yapılan çalışmada yağış eneıjisini belirlemek için Wishmeier (1978) denkleminden yararlanılmıştır. ***R*** faktörünün belirlenmesi için ise ***N*** yıllık dönem içerisinde oluşan fırtınalı yağışlar için elde edilen ***E30*** değerleri toplamının ortalaması olarak düşünülmüş ve aşağıdaki gibi formüllendirilmiştir.

$$R=\sum_{i}^{j}(EI30/N) \qquad (2.10)$$

R=***K*** faktörü

N=Yıllar toplamı

2.2.2. Toprak Özellikleri ve Ana Materyal Etkisi

Morgan (2005)' göre toprağın erozyon üzerindeki etkisi, toprak erodibilite faktörü olarak tanımlanan toprağın ayrılmaya ve taşınmaya karşı koyması ile ifade edilir . Yüksek erodibilite indeksine sahip topraklar düşük erodibilite indeksine sahip topraklara göre erozyona daha fazla hassastırlar. Toprak erodibilitesi (K-faktör) tekstür, hacim yoğunluğu, kırılma kuvveti, organik madde içeriği, agregat dayanıklılığı (stabilite), infiltrasyon kapasitesi, kimyasal özellikler ve gevşemiş toprak parçacıklarının taşınma yeteneği gibi toprak özelliklerine göre değişir (Mkhonta 2000). Bir toprağın agregat stabilitesi, toprak parçacıklarının nasıl kolay bir şekilde ayrılabileceğini belirler. Taşınma yeteneği ise bu gevşemiş, yerinden ayrılmış toprak parçacıklarının nasıl kolay bir şekilde yıkanıp uzaklaşabileceğini belirlemektedir (Özsoy, 2007).

Tane büyüklüğü toprak erodibilitesinde önemli unsurlardan biridir. Büyük parçalar taşınmaya karşı daha dirençlidir. Bununla birlikte, tane büyüklüğü 0,06 mm'den az olan topraklarda erodibilite, parçacıkların birbirine yapışmasından dolayı kısıtlanmıştır. Bu durum tane büyüklüğü ile kıyaslandığında ters bir ilişkidir. Erozyona az direnç gösteren parçacıklar bu nedenle silt ve ince kum'dur (Petter,

1992). Büyük parçalar taşınmaya, küçük parçalar ise parçalanmaya karşı dirençlidir. (Başayiğit, 2002). Richter ve Negendank (1977) yaptıkları çalışmada % 40-60 arasında silt içeren toprakların en fazla aşınabilir topraklar olduğunu ortaya koymuştur. Evans (1980), kil içeriği ile aşınabilirlik arasında ilişki kurmuştur. Ancak kil içeriğinin aşınabilirlik ile ilişkisi organik maddenin varlığı nedeni ile teorik olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte organik madde miktarı % 2'den az olan toprakların aşınabilir olarak düşünülebileceği vurgulanmıştır. Yer yüzündeki toprakların çoğu % 15'den daha az organik madde içermektedir. Bir genelleme ile kumlu ve kumlu tın tekstürlü topraklar % 2'den daha az organik madde içerirler. Voroney van Veen ve Paul (1981)'a göre % 10'dan fazla organik madde içeren topraklarda organik maddedeki artışa paralel olarak aşınabilirlik doğrusal olarak azalmaktadır (Lal, 1994).

Taysun ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada yüzeydeki taş örtüsü ile yüzey akış ve toprak kayıplan arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla 7.3 x 1.7 m'lik 43 farklı parsele yılın farklı zamanlarında yapay yağış uygulanmıştır. Çalışma sonucunda yüzeyde bulunan taş örtüsündeki artışın toprak kayıplarında bir azalmaya neden olduğu belirlenmiş ve çeşitli modellere göre bu ilişkilerin denklemleri hazırlanmıştır.

Figueiredo ve Poesen (1998), toprak yüzeyinde bulunan taşların erozyon oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 612 cm^2'lik metal bloklar ile yaptıkları çalışmada toprak yüzeyini % 17, % 30 ve % 66 oranında kum taşları ile örtmüşlerdir. Bu blokları % 10 eğimde ve 240 mm'lik doğal yağış altında bırakmışlardır. Çalışma sonunda yüzey taşlılığı ile infiltrasyon arasında pozitif ilişki, yüzey akışı ve akışla taşınma arasında negatif ilişki belirlenmiştir. Bu sonuçlarla yüzeyde yer alan taşların yağmurun çarpma etkisini ve yüzey akış oranını engellediği belirlenmiştir.

Urfa ve civarında Özdemir ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, toprak ana materyalinin erozyona duyarlılığı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda erozyona duyarlılık bakımından en hassas olan kireçtaşı ana materyali olduğu ve bunu marn, aluviyal ve bazaltların takip ettiği ortaya konulmuştur. Cerda (1999)'un toprak ana materyalinin erozyona olan etkisinin

araştırdığı bir diğer çalışmada, marn, kil, kireçtaşı ve kumtaşı ana materyali üzerinde oluşmuş topraklann % 20'den az, % 40- 60 ve % 80-100 oranında bitki örtüsüne sahip olduğu şartlarda aşınabilirliğini kontrol etmiştir. Araştırmacı bu çalışmayı bir simülatör ile gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda vejetasyon oranındaki artışın infiltrasyonu artırdığı ve yüzey akışla taşınan toprak miktarının azalttığı belirtilmiştir. Çıplak topraklarda oluşan infiltrasyonun 3-55 mm/ha ve oluşan toprak kaybı 0-3720 gr/m^2/ha, vejetasyon örtüsüne sahip topraklarda bu oranlar 53-55 mm ve 0-6 gr/m^2/ha olarak bulunmuştur. Ana materyal ile erozyon arasında ise belirgin bir ilişki belirlenmiştir. Buna göre; erozyonun en fazla marn ana materyali üzerinde oluşan topraklarda meydan geldiği, bunu sırayla kil, kireçtaşı ve kumtaşı ana materyali üzerinde oluşan toprakların izlediği belirtilmiştir. Ana materyale bağlı olarak oluşan toprak kayıplan ise marn için 0-3720 gr/m^2/ha, kil ve kireçtaşı için 0-131 gr/m^2/ha ve kumtaşı için 0-29 gr/m /ha olarak belirtilmiştir.

Kosmas ve ark. (2000), Yunanistan'ın Lesvos bölgesinde, ana materyal ile toprak kayıplan arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir diğer çalışmayı yürütmüşlerdir.

Bu çalışmada volkanik, piroklastik, şist ve şeyl ana materyali üzerinde oluşmuş 106 farklı toprak serisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda 40-45 yıldır tarım yapılmayan bu toprakların ana materyal çeşidine bağlı olarak organik madde ve agregat stabilitesinin arttığı, böylece erozyona karşı duyarlılığın azaldığı belirlenmiştir. Bu ana materyaller içerisinde erozyona karşı duyarlılığı en az olanın ise piroklastik olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, bu gibi alanlarda toprak derinliğinin 25-30 cm olması halinde oluşan doğal bitki örtüsü ile erozyona karşı korunabildiği ancak derinliğin 10 cm'nin altına düşmesi halinde ise geri dönüşümün mümkün olmadığı, toprakların kısa sürede aşınarak yok olduğu ve ana materyale bağlı olarak aşınmanın devam ettiği vurgulanmıştır.

Veihe ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, toprak yüzeyinde bulunan taşların ve kayaların varlığının erozyona olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada Monte Carlo simulasyonu kullanarak EUROSEM modelini uygulamışlardır. Çalışma sonunda yüzeyde bulunan taş ve kaya parçalarının toplam yüzey akışı, pik akış oranı, toplam toprak kaybı ve pik sediment oluşumu üzerine etkili olduğu, ayrıca yüzeyde yer alan kaya parçalarının özellikle dere yollarında çok etkili olduğu ortaya

konulmuştur.

Duiker ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada, farklı topraklarda oluşan erozyon oranlarını incelemişlerdir. Bu amaçla farklı ana materyal üzerinde oluşmuş ve Akdeniz iklim kuşağının yaygın toprakları olan Calcic Palexeralf (Chromic Luvisol), Aquic Palexeralf (Eutric Planosol), Fluventic Xerochrept (Eutric Cambisol), Calcixerollic Xerochrept (Calcaric Cambisol) *ve* Typic Haploxerert (Calcaric Vertisol) toprakları kullanarak bir kolon denemesi yapmışlardır. Çalışma sonunda hem kurak dönem hem de yağışlı dönem simülasyonlarmda en fazla erozyona uğrayan toprakların Fluventler olduğu saptanmıştır. Bu durumun infiltrasyon oranı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Vertisollerin yüzeylerinde yer alan çatlakların infiltrasyon oranım artırdığı ve bu nedenle Vertisollerde en az erozyona uğrayan topraklar olarak belirlenmiştir. Ancak arazi şartlarında yağışlı dönem için Vertisollerin burada belirlendiğinden daha fazla erozyona uğrayabileceği işaret edilmiştir. Inceptisoller ve Alfisollerin benzer erozyon etkisine sahip olduğu ve Vertisollere göre daha fazla toprak kaybına uğradığı belirtilmiştir.

2.2.3. Topoğrafya Etkisi

Erozyon oluşumu, eğim uzunluğu, eğim büyüklüğü, rölyef-mikro rölyef ve yüzey pürüzlülüğü ile ilişkili bir olaydır. Ancak bu özelliklerden eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğu erozyon oluşumu için temel etken olmaktadır. Eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğundaki artış yüzey akışa geçen su miktarını ve akışa geçen suyun hızını artırmaktadır. Sonuçta erozyon oluşumunda da bir artış oluşmaktadır (Başayiğit, 2002).

Erozyon ve eğim arasındaki ilişki;

$$E \propto tan^{m} \theta L^{n} \qquad (2.11)$$

eşitliği ile ifade edilmiştir. Burada θ eğim açısı, L eğim uzunluğunu belirtmektedir. Bu eşitlikte yer alan m ve n katsayılarını belirlemek üzere birçok alan çalışması ve laboratuar denemeleri yapılmıştır.

Zingg (1940), beş deney istasyonundan elde ettiği veriler ile erozyon ve eğim arasındaki ilişkiyi;

$$E \propto tan^{1,4}\,\theta L^{0,6} \tag{2.12}$$

eşitliği ile ifade etmiştir.

Hudson ve Jackson (1959), Zimbabwe'de deney istasyonlarından elde ettiği verilerle yağışın fazla olduğu tropik iklimlerde eğim etkisinin daha güçlü olduğunu belirterek, m değerinin 2.0'a yakın bir değer olması gerektiğini belirlemiştir.

Farklı arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğuna göre çeşitli *m* ve *n* katsayı değerleri belirlenmiştir (Morgan, 2005).

Eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğu arasındaki ilişki Wishmeier ve Smith (1978) tarafından USLE eşitliği için;

$$LS = (1/22.13)^{m}.\frac{(0{,}043.x^{2} + 0{,}3.x + 0{,}43)}{6{,}613} \tag{2.13}$$

olarak belirlemiştir.

Bu eşitlikte yer alan *m* katsayısı *%* 1 den daha az eğimler için 0.2, % 1-3 eğim için 0.3, % 3-5 eğim için 0.4 ve % 5'den daha büyük eğimler için ise 0.5 olarak kullanılmaktadır (Başayiğit, 2002).

Fox ve Bryan (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğunun toprak kayıplarına olan etkisi araştırılmıştır. Yapılan blok denemelerinde, yapay yağışlar altında eğim büyüklüğüne bağlı olarak toprak kaybındaki artışın yalnızca eğim büyüklüğüne bağlı değerlendirilemeyeceği, eğimdeki artışla yüzey akışta da artış olduğu ve bunun doğrusal ilişki gösterdiği ancak bu doğrusallığın toprak kayıplarına yansımadığı ve özellikle % 11.5 eğimden sonra toprak kaybının toprak özelliklerine bağlı olarak arttığı saptanmıştır. İlk pik yağışta oluşan toprak kayıplarının eğimle çok etkilendiği, büyük eğimlerde çok fazla olduğu ancak sonraki yağışlarda eğimin etkisinin azaldığı ve toprak özelliklerinin daha baskın faktör olarak bulunduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar eğim uzunluğunun

yüzey akış hızının, suyun taşıma gücünü ve dolayısıyla toprak kayıplarını etkilediği belirtilmiştir.

Çin'in Lös platolarında yapılan bir başka çalışmada Kang ve ark. (2001), iki farklı havzada sediment kaybı ve yüzey akışa geçen yağış miktarı ile arazi kullanımı arasındaki değişim üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 1995-1997 yılları arasında doğal yağışlar altmda arazi kullanımı, bitkisel üretim tipi ve yağış ile yüzey akış ve sediment kaybı arasındaki ilişkiler araştınlmıştır. Bu çalışma sonucunda yüzey akış ve sediment kaybmda en etkili faktör olarak arazi eğimi bulunmuştur. Yağış yoğunluğunun 58.8 mm/h'den fazla yada 2.4 mm/h'den az olduğu şartlarda sediment kaybında eğim etkisinin çok az olduğu, işlenen topraklarda eğimin yüzey akış ve sediment kaybına olan etkisinin doğal bitki örtüsü ve orman alanlarına göre daha fazla gerçekleştiği bulunmuştur. Bu çalışmada, eğim uzunluğunun yüzey akış ve sediment kaybına olan etkisinin eğim büyüklüğünde olduğu gibi gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yu ve Rosewell (2001) tarafından yapılan bir çalışmada Avustralya'nın Gunnedah bölgesinde yüzey akış miktarının ve toprak kayıplarının tahmin edilmesinde WEPP modelinin geçerliliği araştırılmıştır. Çalışma 1980-1987 yıllan arasında buğday anızının yakıldığı ve yakılmadan malçlama ile ekim yapıldığı 3 farklı alanda yürütülmüştür. Çalışmada eğimi % 8-9 arasında ve eğim uzunluğu 21-60 m. arasında değişen bir arazi kullanılmıştır. Bu çalışmada sature olmuş kondaktivite ve aşmabilirlik parametreleri toprak özelliklerine bağlı olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerden hiç birinin kalibrasyonu yapılmadan kullanılmıştır. Çalışmada WEPP modelinde eğim uzunluğu değeri kullanılarak sediment konsantrasyonunun ve toprak kaybının belirlenmesinde uygulanabilir bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

2.2.4. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı Etkisi

Bitki örtüsü toprak kaybının azaltılmasında çok önemli bir faktördür. Genel olarak, koruyucu arazi örtüsü arttığında erozyon tehlikesi azalır (Mkhonta 2000). Toprağı düşen yağmur damlalarının etkisinden korur, infiltrasyon derecesini arttırır,

toprak yüzeyinin engebeliliğini korur, yüzey akışın hızını düşürür, toprağı bir arada tutar, üst toprak tabakalarında mikro-iklim iniş çıkışlarını azaltır ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirir (Petter 1992). Bitki örtüsü çeşidi ve yoğunluğu hem yağmur damlasının çarpma etkisini hem de yüzey akışta toprak zerrelerinin taşınmasını kontrol etmektedir. Arazi kullanım türü ise bitki örtüsünü yönlendiren etkendir. Erozyon çalışmalarında bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanım türü yağmurun çarpma etkisi, yüzey akışa geçen su miktarı ve bu miktarın toprak zerrelerini taşıma etkisi özellikleriyle değerlendirilmektedir. Bir genelleme ile erozyon modellerinde yağış ve topografya parametreleri baskın faktörler olarak kullanılmaktadır. Ancak bitki örtüsü üzerine temellendirilen modelleme çalışmaları da yapılmaktadır (Başayiğit, 2002).

Taysun (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, doğal yağış altında gerçekleştirilen bir denemede bitki örtüsü ile korunmuş yüzeyde 10 yılda toplam olarak 9,4 ton ha^{-1} toprak kaybı meydana gelirken, yağmur damlalarının serbest düşmesine açık bir yüzeyde 10 yılda toplam olarak 1265,7 ton ha^{-1} toprak kaybı meydana gelmiştir. Bu iki durum karşılaştırıldığında, bitki örtüsünden yoksun arazide kaydedilen toprak kaybı, bitki örtüsüyle kaplı arazideki toprak kaybının 135 katıdır.

Kosmas ve ark. (1997) tarafından yapılan ve arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğunun yüzey akışa ve toprak kaybına olan etkisinin araştırıldığı çalışmada. Portekiz, Fransa, İspanya, İtalya ve Yunanistan'ı kapsayan Akdeniz ülkelerinden test alanları seçilmiş ve çalışma sonunda, toprak yüzeyinin bitkilerden yoksun olduğu dönemlerde yıllık yağışa bağlı olarak toprak kaybının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki örtüsünün olmadığı dönemlerde yıllık yağışı 200 mm'den az olan bölgeler için toprak kaybının tehlike oluşturmadığı ancak, yağışın 700 mm'ye ulaştığı bölgelerde toprak kaybının 15-90 ton/km olduğu belirlenmiştir. Zeytin gibi yarı-doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerin yetiştirildiği alanlarda toprak kaybının en az (0.8 ton/km^2/yıl) olduğu, çalı ve fundalıkların bulunduğu alanlarda oluşan toprak kayıplarının 6.7 ton/km^2/yıl, bağ ve okaliptüs yetiştirilen alanlarda oluşan toprak kayıplarının ise 142.8 ve 23.8 ton/km^2/yıl olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, bağ ve okaliptüs yetiştirilen

alanlar için belirlenen toprak kayıplarının buğday ekim alanları için belirlenenden (17.6 ton/km^2/yıl) daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Doğan ve Sevinç (1998) tarafından yapılan çalışmada doğal bitki örtüsünün erozyona olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, Çayboğazı havzasında yapılan sediment ölçümleri sonucu sağlanan bilgiler Dalaman ve Eşen havzalarında yapılan çalışmalar ile elde edilen bilgilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Akdeniz bölgesinde yer alan havzaların kapalılık oranı yüksek doğal bitki örtülerine sahip olması nedeniyle bu bölgelerde belirlenen toprak kayıplarının Türkiye ortalamasının altında oluştuğu ortaya konmuştur.

Oğuz ve Durak (1998)'in Çekerek havzasında yaptığı çalışmada, havzanın erozyona duyarlılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada aşınmaya duyarlılık yönünden tarla topraklarının en çok aşınabilir topraklar olduğu belirlenmiş, bunu mera ve orman alanlarında yer alan toprakların izlediği belirtilmiştir.

Köse ve ark. (2001) Orta Gediz Havzasında yaptıkları ve insanların arazileri kullanımında seçtikleri yöntem ve bitki örtüsü etkisinin birlikte incelendiği çalışmada, kontur sürümün erozyon oluşumunu azalttığını ve özellikle bu alanlarda bitki örtüsünün yoğunluğunun artması ile toprak kayıplarının azaldığını saptamışlardır

2.3. Toprak Erozyon Modellemesi

Toprak erozyonunu ölçmek için birçok metot geliştirilmiştir. Geleneksel metotlar toprak erozyonunu deneme parsellerinden hesaplama yoludur. Deneme parselleri toprak kaybı ve yüzey akış hakkında doğru veriler sağlar. Fakat uygulanmalarını kısıtlayan pratik dezavantajları vardır. Pahalıdırlar, çok zaman alırlar ve belki de sadece uygulandığı alana ait noktasal veri sağlarlar(Harmsen 1996).

Toprak erozyon tehlikesini ülkesel, bölgesel ve havza düzeyinde niteliksel veya niceliksel olarak değerlendirmede kullanılan birçok matematiksel model vardır (Foster ve ark. 1977, Morgan ve ark. 1984, Nearing ve ark. 1989, Peter 1992, Morgan 1995, Nanna 1996, De Jong ve ark. 1998).

Bugüne kadar farklı modeller geliştirilmiştir ve birçok yenileri de geliştirilme aşamasındadır. Erozyon modellerinin temel sınıflandırılması deneysel (emprical), fiziksel (physic-based), tesadüfi (stochastic), melez (hybrid) ve cetvel esaslıdır. Erozyon modellerinin çoğu deneyseldir. Stochastic modeller; modelin kapsadığı değişkenlerden herhangi birinin olasılık dağılımları içeren gelişigüzel değişkenler olarak ele alındığı modeldir. Eğer tüm değişkenler rastgele varyasyonlardan bağımsız olarak ele alınırsa, model kararlı (deterministik) olarak kabul edilir (De Roo 1993).

Merrit ve ark.(2003)'e göre ise erozyon modelleri; deneysel (emprical), fiziksel (physic-based) ve kavramsal (conceptual) olarak üçe ayrılmaktadır.

Morgan (1991)'a göre erozyon modelleri üç ana grupta altında yer alır. Bunlardan birincisi, fiziksel temelli modellerdir. Bu modellerde seçilen detaya bağlı olarak laboratuarda yapılan ve erozyon oluşum faktörlerinin yapay olarak oluşturulduğu modellerdir. İkincisi ise analog modellerdir. Bu modeller su akışının simüle edildiği mekanik yada elektrik sistemli modellerdir. Bu modeller bir matematiksel eşitlik ile yapılan kütle enerji ilişkilerinin modellendiği fiziksel temelli sayısal modeller, kısa periyotlu ölçümler için uygulanabilir olan sentetik yapılı modeller ve erozyon oluşturan faktörler arasındaki ilişkilerin istatistik sonuçlarına göre kurulan denklem modelleri olarak ayrılmaktadır.

USLE, MUSLE, MUSLT, EUSLE, RUSLE, G2, revize G2, WEPP, AOF, MEDALUS, ANSWERS, EUROSEM, LİSEM, CREAMS, STREAMS, AGNPS, AGNPSm, TOPOG, SEMMED, CEP-EROS, CEP-TOPER, MEDRUSH, GLEAMS, EPIC, EGEM, GAMES, SWRRB, GUEST, SWAT, EMSS ve daha birçok erozyon modeli bulunmaktadır.

Bunlar içerisinde doktora tez çalışmasında kullanılacak olan modellerin temel yaklaşımları başlıklar halinde özetlenmiştir.

2.3.1. RUSLE (Revize Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini Denklemi) Modeli

Üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (USLE) erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir. Denklem 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım

arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972'de de mera ve orman sahaları için kullanımları ilave edilmiştir. 1978 yılında yayınlanan Agricultural Handbook 578'den sonrada çalışmalar durmamış ve 1985 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığının ve diğer erozyon ile ilgili araştırıcıların yapmış olduğu toplantı sonucunda USLE'nin ilave araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. Revizyon çalışmaları 1987 de başlamış ve yeni teknoloji RUSLE olarak adlandırılmıştır (Lal,1994).

USLE denklemi esas itibariyle Kuzey Amerika için geliştirilmiş olup, diğer yerlerde özellikle yağış faktörü (R) ve ürün amenajman faktörü(C) için kontroller yapılmalıdır. Bunun yanında özellikle % 20'nin üstündeki eğimler ve 150 metreden daha fazla eğim uzunlukları için dikkat etmek gerekir. Çünkü bu sınırların üzerindeki çözüm için deneyimler fazla değildir.

Denklem aşağıda belirtilen faktörlerin çarpımından ibarettir.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \qquad (2.14)$$

Bu denklemde;

A: Faktör değerlerinin çarpımından ibaret olan birim sahadan toprak kaybıdır (ton/ha^{-1}).

R: Yağış faktörü; hesaplama yapılan dönem için erozyon indeksi (EI) sayısıdır. Erozyon indeksi belirli yağışların erozif kuvvetlerinin bir ölçüsüdür.

K: Toprak erozyon duyarlılığı faktörü; 22,l metre uzunlukta ve % 9 eğimli devamlı nadas yapılan bir araziden birim erozyon indeksine karşılık erozyon oranıdır.

L: Eğim uzunluğu faktörü; herhangi uzunluktaki bir araziden oluşan toprak kaybının, aynı toprak tipi ve eğimde 22,1 m uzunluktaki araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

S: Eğim dikliği faktörü; herhangi bir eğim dikliğine sahip bir araziden oluşan toprak kaybının, % 9 eğim dikliği ve aynı toprak tipi ile eğim uzunluğuna sahip bir araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

C: Ürün amenajman faktörü; belirli bir ürün yetiştirme ve amenajmana sahip bir araziden oluşan toprak kaybının K faktörünün değerlendirildiği nadas koşullarındaki araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

P: Erozyon kontrol uygulamaları faktörü; düzeç eğrilerine paralel tarım, şeritvari ekim veya teraslama yapılan bir araziden oluşan toprak kaybının, eğim aşağı sürüm yapılan arazideki toprak kaybına oranıdır.

RUSLE modeli, USLE modelinin revize edilmiş halidir. USLE modeli ile aynı denklemi kullanır. RUSLE modeli faktörleri USLE ile aynıdır.

2.3.2. Morgan-Morgan-Finney Modeli

Morgan ve ark. (1984) tarafından geliştirilen fiziksel temelli sayısal bir modeldir. Model jeomorfolog ve ziraatçilerin yaptıkları araştırma sonuçlarına göre hazırlanmıştır. Model iki fazlı bir sisteme sahiptir. Bunlardan birincisi su fazı, İkincisi ise sediment fazıdır. Modelin 15 giriş verisi bulunmakta ve 6 eşitlikten oluşmaktadır(Başayiğit, 2002). Modeli oluşturan sediment fazı Meyer ve Wishmeier (1969) yaklaşımını temel alır. Sediment fazı, toprak erozyonunun yağış etkisiyle toprakların parçalanması ve yüzey akışla taşınması olmak üzere iki olayın birleşmesiyle oluştuğu varsayımından oluşmaktadır. Bu aşamada yağmur damlasının çarpması ile toprak zerrelerinin sıçraması ve yüzey akış etkisiyle oluşan parçalanma önemsenmemiştir. Bu nedenle sediment fazı iki eşitlikten oluşmaktadır. Bunlardan birincisi çarpma etkisi ile parçalanma, İkincisi ise yüzey akışla taşınmadır. Yağış enerjisi ve yüzey akış hacmi için gerekli olan eşitlikler su fazından elde edilmiştir. Su fazı için kullanılan temel veriler yıllık ortalama yağış (R;mm) ve yağış yoğunluğudur (I;mm/h). Yağış enerjisi;

$$KE\text{-}R(11.9+8.7 \log I) \qquad (2.15)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Yüzey akışın yıllık hacmi Carson ve Kirkby (1972) eşitliğine göre yıllık yağış değerlerinden belirlenmiştir. Bu eşitlik;

$$Q=Rexp(-Rc/Ro) \quad (2.16)$$

şeklindedir. *Ro* değişkeni;

$$Ro=R/Rn \quad (2.17)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Burada *Ro* (mm) yıllık ortalama yağışın (*R;*mm) yıl içindeki yağışlı günlere *(Rn)* oranıdır.

Rc değişkeni, Withers ve Vipond (1974) eşitliğinin Kirkby (1976) tarafından uyarlanmasıyla elde edilmiştir. Oluşturulan eşitlik;

$$Rc=1000xMSxBDxEHD(Et/Eo)^{0.5} \quad (2.18)$$

ve eşitlikte kullanılan değişkenler:

MS=Tarla kapasitesinde toprağın nem içeriği (%w/w),
BD=Toprağın kütle yoğunluğu (gr/cm^3),
EHD=Toprağın etkili hidrolojik derinliği (m),
Et/Eo=Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranıdır.

Sediment fazı yağışla oluşan parçalanma ve yüzey akışla taşınma olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Parçalanma yağış enerjisinin oluşturduğu gücün bir etkisi olarak *a* ve *b* katsayıları ve toprağın parçalanma katsayısı *K* ile ilişkilendirilmesinden hesaplanmıştır. Bu ifade;

$$F=Kx(KE\ e^{-aA})^{b}x10^{-3} \quad (2.19)$$

eşitliği ile değerlendirilmiştir.

Yüzey akışın taşıma kapasitesi; yüzey akış hacmi, eğim ve ürün örtüsünün etkisi ile ilişkilendirilen Kirkby, (1976) eşitliğine göre yapılmıştır. Burada kullanılan *C* faktörü USLE-C faktörü ile aynıdır. Yüzey akışın taşıma kapasitesi;

$$G=C\,Qd\,\mathrm{Sin(S)}\,10^{-3} \qquad (2.20)$$

eşitliğinden belirlenmektedir. Bu aşamada toprak koruma pratiklerinin kullanılarak eşitlik içerisinde değerlendirilmeye alınması uygun olmaktadır.

Bu hesaplamalar sonucunda yağışla olan parçalanma yüzey akışla oluşan taşınma karşılaştırılmaktadır. İki değerden küçük olanı yıllık toprak kaybı olarak kullanılmaktadır. Böylece parçalanma veya taşınmanın fazla olması sınırsız değerler hesaplanması engellenmiş olmaktadır (Başayiğit, 2002).

Bu modelde kullanılan *a* değerinin 0.05 olarak kullanılması (Laflen ve Colvin, 1981), *b* değerinin 1 alınması (Meyer, 1981) ve *d* değerinin 2 olarak kullanılması çeşitli araştırmalar ile belirlenmiştir (Başayiğit, 2002).

2.3.3. Modifiye Edilmiş Morgan-Morgan-Finney Metodu (mMMF)

Morgan (2001) tarafından geliştirilmiş bu model, Morgan-Morgan-Finney modelinden uyarlanmıştır. Model önceki versiyonuna göre daha az giriş verisi ile kullanılabilir olması avantajına sahiptir. Modelde yaklaşım parçalanan ve taşınan zerrelerin miktarlarının belirlenerek bu iki değerin birbirleri ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Basit bir mantıkla; eğer bir alanda parçalanan toprak zerresi için belirlenen değer, taşınma için belirlenen değerden daha az ise yıllık toprak kaybı parçalanma için bulunan değer olarak kullanılmaktadır. Bu ifadenin tersi olarak eğer bir alanda taşınma için belirlenen değer, parçalanma için belirlenen değerden daha az ise yıllık toprak kaybı taşınma için bulunan değerden oluşmaktadır (Başayiğit, 2002).

Modelde yağış enerjisinin hesaplanmasında yağış süresince oluşan parçalanma ve yapraktan damlama ile oluşan enerjiden yararlanılmıştır. Etkili yağış

(ER), toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) ile yağış sonrası yüzeyde kalan kısmın (A;0-1 arasında katsayı) çarpımından elde edilmiştir. Bu ifade;

$$ER=R(1-A) \quad (2.21)$$

eşitliği ile tanımlanmıştır. Eşitlikte kullanılan A değeri arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmektedir. Bu eşitlik Morgan (2001) literatüründekinden farklıdır. Başayiğit(2002) konu ile ilgili çalışmasında, Roy. P. C. Morgan'la yaptığı görüşmeler sonucu, Roy. P. C. Morgan tarafından literatürde yazım hatası olduğu gerekçesi ile formüle düzeltme yaptırılmıştır.

Daha sonra etkili yağış, doğrudan yüzeye ulaşan kısmı (DT) ve leaf drenajı (LD) olmak üzere ikiye bölünmüştür. Bu bölünme bitki örtüsünün (CC) bir fonksiyonu olarak düşünülmüştür. Yapılan bölünme aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmıştır (Başayiğit, 2002).

$$LD=ER \times CC \quad (2.22)$$

$$DT=ER-LD \quad (2.23)$$

Doğrudan yüzeye ulaşan yağışın kinetik enerjisi (KE(DT);J/m^2), iklim bölgesinin erosif yağış için tipik değerlerin kullanımıyla bulunmuş, yağış yoğunluğunun (I;mm/h) fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşımda Wischmeier ve Smith, (1978) eşitliğine göre belirlenmiştir. Kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Başayiğit, 2002).

$$KE(DT)=DT(11.9+8.7 \log I) \quad (2.24)$$

Yapraktan damlama ile oluşan kinetik enerjinin (KE(LD);J/m2) belirlenmesinde ise Brandt (1990) tarafından geliştirilen bitki örtüsü yüksekliği (PH;m) değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenlerle oluşturulan ilişki;

$$KE(LD) = (l\ 5.8 \times PH^{0.5}) - 5,87 \quad (2.25)$$

eşitliği ile belirlenmiştir.

Bu eşitlikte bulunan değer negatif sayı çıkarsa sonuç 0 alınır.

Etkili yağışın toplam kinetik enerjisi (KE;J/m^2);

$$KE=KE(DT)+KE(LD) \quad (2.26)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Yıllık yüzey akışı (Q;mm) belirlemek üzere hazırlanan eşitlik MMF modelindeki ile aynıdır. Bu eşitlik Kirkby (1976) metoduna dayanmaktadır. Bu eşitlikte oluşan günlük yağışın toprağın nem depolama kapasitesinin (Rc;mm) üzerinde gerçekleştiği şartlarda oluştuğu kabul edilir. Günlük yağış miktarı yaklaşık olarak üslü katsayı olarak dağılıma karşılık gelmektedir. Yıllık yüzey akış;

$$Q=Rexp(-Rc/Ro) \quad (2.27)$$

eşitliği ile, eşitlikte yer alan Ro değeri ise;

$$Ro=R/Rn \quad (2.28)$$

eşitliğine göre hesaplanmaktadır.

Burada Ro (mm) yıllık ortalama yağışın, (R;mm) yıl içindeki yağışlı günlere (Rn) oranı olarak tanımlanmıştır.

Toprağın nem depolama kapasitesi;

$$Rc = 1000xMSxBDxEHD(Et/Eo)^{0.5} \quad (2.29)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Eşitliği oluşturan değişkenler;

MS=Tarla kapasitesinde toprağın nem içeriği (%w/w),

BD=Toprağın kütle yoğunluğu (gr/cm^3),

EHD=Toprağın etkili hidrolojik derinliği (m),

Et/Eo=Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranıdır.

Burada kullanılan EHD terimi orijinal modelde kullanılan ve yüzey akışın genelleştirildiği kesitte belirlenen su tutma kapasitesindeki toprak derinliğini niteleyen köklenme derinliğine (RD;m) karşılık gelmektedir. Bu terim bitki örtüsünün kök yoğunluğu ve derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan bu değer 0.1 m'den daha küçük bir sayıdır (Başayiğit, 2002).

Morgan tarafından geliştirilen mMMF modelinde yağmur damlasının çarpma etkisiyle toprağın parçalanma oranı yağış enerjisinin kullanımı ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlik;

$$F=KxKEx\ 10^{-3} \tag{2.30}$$

şeklinde basitleştirilmiştir. Eşitlikte, K toprağın aşınabilirliği (gr/J), F yağmur damlası etkisiyle toprağın parçalanabilirliğini (kg/m^2) göstermektedir.

mMMF modeli yüzey akışla-oluşan parçalanabilirliği belirlemede orijinal modele göre farklı bir yöntem kullanmaktadır. Deneysel çalışmalar (Quansah, 1982) yüzey akışla oluşan parçalanmanın (Q), eğim büyüklüğü (S), ve toprağın direncinin bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir(Başayiğit, 2002). Bu nedenle parçalanma (H;kg/m^2);

$$H=ZxQ^{1.5}\ sinS(l\ -GC)x\ 10^{-3} \tag{2.31}$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada GC yüzeyin örtülme oranı olarak tanımlanmıştır. Eşitlik yüzey akışla oluşan toprak zerrelerinin parçalanmasını yalnızca yüzey örtüsüyle oluşan korunmanın var olmadığım kabul etmektedir. Morgan'a göre bu ilk yaklaşımda makul görünmektedir. Çünkü vejetasyon örtüsünün bulunduğu yerlerde yüzey akış hızı bitkilerce etkilenmektedir (Başayiğit, 2002).

Kayıplar için kohezif olmayan topraklarda Z= 1 dir. Kohezif topraklarda ise erozyona karşı direnç;

$$Z = 1 / (0.5COOH) \quad (2.32)$$

eşitliği ile (Rauws ve Govers, 1988'den sadeleştirilmiş) belirlenmektedir.

Yüzey akışın taşıma kapasitesini (TC;kg/m^2) belirlemede kullanılan yöntem MMF de kullanılan yöntem ile aynıdır. Bu eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$TC=CxQ^2xsinSx\ 10^{-3} \quad (2.33)$$

Eşitliği oluşturan değişkenlerden bitki örtü faktörü (C) USLE'nin C ve P faktörleri için hazırlandığı gibidir. S ise eğim açışım belirtmektedir. C faktörü farklı toprak işleme teknikleri, korumalı tarım ya da bitki artıklı tarıma göre uyarlanabilir özellikte hazırlanmıştır.

Yağmur damlası etkisiyle ve yüzey akışla oluşan parçalanma miktarlarının toplamı toplam yıllık parçalanma oranım vermektedir. Bu değer yıllık taşıma kapasitesi ile karşılaştırılır. İki değerden küçük olanı yıllık toprak kaybı olarak kabul edilmiştir (Meyer ve Wischmeier, 1969).

2.3.4. G2 Modeli

G2 Metodu, Üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (USLE) ile benzerlik gösteren bir metottur. Geoland2 adlı proje esnasında üretilmiştir. Uzun vadede yağışa bağlı erozyon miktarını (t/ha cinsinden) tahmin etmektedir. Birikme ya da sedimentasyon bu model ile değerlendirilemez (Panagos ve Ark, 2012.)
G2 modelinde kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$E= (R*V)*(S*T)*I \quad (2.34)$$

R: Yağışın erozyon yaratma faktörü (USLE'dekine benzer bir şekilde)

V:Vejetasyon koruma (USLE'deki C faktörüne tekabül eden)

S:Toprak Erodibilitesi (USLE'dekine benzer bir şekilde)

T: Topoğrafik etki (USLE'deki LS faktörüne tekabül eden)

I: Eğim uzunluğu (USLE'deki P faktörüne tekabül eden)

Formüldeki parantezler giriş parametrelerinin statik ve dinamik olarak önemini vurgulamaktadır. R: Yağışın erozyon yaratma faktörü ve V:Vejetasyon koruma dinamik parametreler olarak mülahaza edilmiştir ki tanımlanan zaman aralıklarında hızlıca değişebilmektedirler. T: Topoğrafik etki ve S:Toprak Erodibilitesi, her ne kadar literatürde toprak erodibilitesine etki eden, toprak parametrelerinde değişimler olduğu belirtilse de orta ve uzun vadede statik parametreler olarak dikkate alınmıştır.

2.3.5. Revize G2 Modeli

Panagos ve Ark,(2013.) Girit'te yaptıkları bir çalışmada daha önce Geoland2 projesi kapsamında ürettikleri G2 modelini revize etmişlerdir. Bu revize sayesinde G2 modeli hem USLE modelinin hem de Gavrilovic (1988) modelinin ampirik arka planını kullanma avantajına ulaşmıştır.

Revize G2 modelinde kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$E = \left(\frac{R}{V}\right) * S * \left(\frac{T}{I}\right) \qquad (2.35)$$

R: Yağışın erozyon yaratma faktörü (G2'deki R faktörüne tekabül eden

V:Vejetasyon koruma (G2'deki V faktörüne tekabül eden)

S:Toprak Erodibilitesi (G2'deki S faktörüne tekabül eden)

T: Topoğrafik etki (G2'deki T faktörüne tekabül eden

I: Eğim uzunluğu (G2'deki I faktörüne tekabül eden)

2.4. Erozyon Çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanımı

Uzaya gönderilen uydulara yerleştirilmiş platformlarca toplanan sayısal veriler ve bu tür konumsal verilerin işlenmesi ve yorumlanmasında yeni olanaklar sunan coğrafi bilgi sistemleri (CBS), günümüzde doğa bilimleri konusunda çalışan araştırmacılara yeni olanaklar sunmaktadır. Bu olanaklar, Türkiye'de ve yurt dışında yapılmakta olan toprak etüd haritalama, arazi değerlendirme, kent ve kırsal alan bilgi sistemleri, arazi kullanımı ve arazi kullanım planlaması ve erozyon çalışmalarında giderek artan yoğunlukta kullanılmaya başlanmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), coğrafi bilgileri depolamak ve amaca uygun olarak kullanmak için geliştirilmiş bilgisayar destekli sistemlerdir. Bu sistemler 1970'li yıllardan başlayarak hızla gelişmiş ve coğrafi bilgilerin kullanılmasında en etkin teknoloji haline gelmiştir (Aronoff 1989).

UA ve CBS erozyonun modellenmesinde önemli birer araç olmuştur. Özellikle CBS'ndeki gelişmeler toprak erozyonunun modellenmesinde farklı yöntemlerin ortaya çıkmasına hatta erozyon tiplerinin bile ayrılarak her birinin bağımsız olarak modellenmesine olanak sağlamıştır. UA ile elde edilen verilerin çözünürlüklerinin 1 m'den daha küçük olması, kısa zamanda çok fazla ve tekrarlı bilgiler sağlamaya olanak vermesi araştırmacıların tercihlerini uydu verilerinden yana kullanmalarına neden olmuştur. Bu gün erozyon modellerinin çoğunda bitki örtüsüne ait faktörler UA metodolojisi ile sağlanmakta, modelleri oluşturan veriler CBS ile değerlendirilmektir (Başayiğit,2002).

Coğrafi bilgi sistemleri, coğrafik olarak tanımlanmış özellikler hakkında bilgi paylaşırlar. Genel olarak coğrafi bilgi sistemi teknikleri erozyon modellemesinde aşağıdaki avantajları sunar;

1)- Hızlı ve ekonomiktir,
2)- Büyük alanların araştırılmasına olanak tanır,
3)- Bu tip alanların devamlı gözlenmesine büyük olanak tanır,

4)- Toprak erozyon modelinin kaba ölçekten kesin yöresel ölçeğe kadar değişebilen gerekli çıktı ölçekleri ile sadeleşmesine olanak tanır (Özsoy,2007).

Erozyonu haritalamada hava fotoğrafları çok önemli yer tutsa da teknolojinin gelişmesiyle uydu görüntüler faal olarak kullanılmaya başlanmıştır. Langran (1983)'a göre Landsat ve SPOT uydusunun yersel çözünürlükleri, büyük ve orta boyutlu havzalar için çok uygundur. Vrieling ve Rodrigues (2004) Orta Brezilya'da yaptıkları çalışmada, çalışma alanındaki derelerin şeklini, çalışma alanına ait ASTER uydusu görüntüsü ve ENVISAT ASAR uydusu ile incelediklerinde, ASTER uydu görüntüsünün derenin şeklini daha iyi tespit ettiğini belirlemişlerdir. Vrieling (2005)'e göre, günümüzde IKONOS ve QuickBird gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak erozyon çalışmalarında küçük ölçekli özellikleri de bulmak ve kontrol etme çalışmaları artmıştır ama literatüre girmeye başlamamıştır.

Forsyth (1994), Tayland'da toprak bozulmasının boyutlarını belirlemek ve toprak fiziksel özelliklerindeki değişikliklerin çiftçiler tarafından anlaşılması ve çiftçilerin görüşlerini almak için yürüttüğü bir araştırmada arazi sınıflandırması ve işlenen alanların dağılımını belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), toprak erozyon ölçümleri için ise 137 Cs tekniğini kullanmıştır. 1963–1991 yıllarında dik eğimli alanlarda erozyonla her yıl 28–64 ton ha^{-1} toprak kaybının meydana geldiğini belirlemiştir.

Lee (1989) tarafından yapılan bir CBS uygulamasında, Ilinois nehir havzasında sediment verimi ve depozitleşme miktarı CBS ile tahmin etmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları üç farklı yer istasyonundan elde edilen verilerle karşılaştırılmış, çalışma sonunda bu tip çalışmaların bölgesel olarak kullanılabileceği belirtilmiştir

Fabri (1991) yaptığı çalışmada, UA verileriyle CBS'ni birlikte kullanıp Bolivya'da meydana gelen yıllık toprak kayıplarını tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda UA ve CBS ile yapılan değerlendirmeleri diğer bölgeler için de uygulanabileceği vurgulanmıştır.

Gemalmaz ve ark. (1993), Konya Karapınar bölgesinde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) gibi yeni tekniklerin kullanılması sonucu erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesinde uygulanabilirliğinin ortaya konulmasını araştırmışlar ve Landsat TM uydu görüntüsü ile erozyon riski taşıyan alanları tespit etmişlerdir.

Çullu (1993), coğrafi bilgi sistemi verilerinin üst üste bindirme özelliğini kullanarak, yağmurun erozyon üzerindeki etkisi, toprağın erozyona uğrayabilirliği ve eğim özelliği gibi faktörleri sınıflandırdığı Landsat TM görüntülerinden elde ettiği vejetasyon örtü faktörü ile birleştirmiştir. Böylelikle tarım yapılan ve yapılmayan bölgelerin erozyon riski tayini yapmıştır.

İtalya'nın Tiber vadisinde yapılan bir çalışmada 1700 ha alan için erozyon durumu belirlenmiştir. Çalışmada alana ait toprak, topoğrafık, iklim ve bitki örtüsüne ait verilere ait bir veri tabanı hazırlanmıştır. Veri tabanında USLE modeli için gerekli olan veriler üretilmiştir. Bu veri tabanında toprak çeşitleri, arazi kullanımı ve morfoloji gibi yer bilgilerini birleştirilerek potansiyel toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Çalışmada toprak kayıpları yerine erozyon potansiyeli belirlenmiştir (Conese ve Ark., 1993).

Öztürk (1995) yaptığı araştırmada Landsat 5 TM uydu verilerinin stereoskopik görüşe uygun olmaması dezavantajının 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalardan CBS teknikleri ile elde edilen sayısal yükseklik modeli ve eğim haritalarının kullanılması ile giderilebildiğini, sayısal yükseklik modeli, eğim haritaları ve kontrolsüz (unsupervised) sınıflandırma metodunun birlikte kullanılmasıyla daha doğru taslak toprak haritaları elde edilebildiğini belirtmiştir.

Çullu ve ark. (1995), sayısal uydu verileri ve coğrafik bilgi sistemlerini GAP bölgesi topraklarının haritalanmasında kullanarak söz konusu yeni teknolojilerin çalışmanın doğruluğu ve maliyeti açısından yararlı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Paracchini ve ark. (1997) tarafından Sicilya'nın kuzeydoğusunda yer alan 100 $km^{2,}$lik Timeto nehir havzasında yapılan bir çalışmada Morgan ve Finney tarafından hazırlanan fiziksel temelli sayısal modeller üzerine kurulmuş olan SEMMED modeline göre toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Çalışmada 1:25.000 ve 1:50.000 ölçekli topoğrafık haritalar kullanarak oluşturulan sayısal yükseklik modelinden

eğime ait bilgileri sağlamış, Landsat TM uydu verisinden C faktörünü bulmuştur. 1:250.000 ölçekli toprak haritasından ise toprak kütle yoğunluğu, A horizon kalınlığı, tarla kapasitesindeki nem içeriği, sature edilmiş iletkenlik ve toprakların parçalanabilirliğine ait bilgileri sağlamıştır.

Evans ve Seamon (1997), gerçekleştirdikleri bir projede sediment taşınım oranları ve iç havzada depolanan miktarın hesaplanabilmesi için CBS tabanlı bir erozyon modeli geliştirmişlerdir. Daha sonra drenaj havzasının özelliklerini tanımlayabilmek için bir sediment takip modeli (sediment routing model) geliştirmişlerdir. Çalışılan 69,5 km^2 drenaj havzası 120 metre gridlerle bölünerek 4843 poligon (her biri 1,44 ha.) oluşturulmuştur. Her bir poligon için toprak erozyonu USLE ile CBS tabanında hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca USLE modelindeki LS faktörü SYM (sayısal yükseklik modeli) kullanılarak modifiye edilmiştir. USLE modeline ait tüm faktörler kullanılmış ancak rüzgar etkisi hesaba katılmamıştır. Ayrıca bu çalışma depolanmanın oluştuğu iç havzadaki erozyonu göstermemektedir.

Najmoddini (2003) Batı Azerbaycan, İran'da yürüttüğü bir çalışmada eğim dikliği ve arazi kullanımını UA ve CBS kullanarak başarıyla belirlemiş ve farklı erozyon modellerinde test etmiştir. Arazi çalışmalarıyla desteklenen çalışmada uzaktan algılanmış veriler ulaşılamayan dağlık kesimlerde vejetasyon farklılığının belirlenmesinde büyük kolaylık sağlamıştır.

Yu ve Rosewell (1996) yağış erositivitesini tahminlemek için günlük yağış miktarı verileri kullanan bir modeli Yeni Güney Galler, Avustralya'da 29 ayrı bölgede test etmişlerdir. Gerçek ve tahmini mevsimsel dağılımlar arasındaki ortalama farklılık % 3'den fazla bulunmamıştır.

Ferro ve ark. (1999), Sicilya/İtalya ve Avustralya'da yağış yoğunluk verileri kullanarak USLE'de yer alan yağış aşındırıcı faktörünün farklı tahminlerle karşılaştırılmasını yapmışlardır (modifiye fournier indeks F, FF indeks). MFI ile ortalama yıllık yağış arasındaki ilişki P teorik olarak türetilmiştir.

Ahamed ve ark. (2000) tarafından Hindistan'ın Kalyanakere-Kamataka bölgesinde 2250 ha'lık bir alanda yapılan erozyon tahmin çalışmasında USLE yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada gerekli parametrelerden eğime ait olanları 5 m'lik

sayısal yükseklik modelinden elde edilmiş, toprağa ait parametreleri ise 1:8.000 ölçekli toprak haritasından sağlanmıştır. Toprak kayıplarını belirlemek amacıyla 14.5x14.5 m'lik gridler oluşturulmuş ve her bir grid hücresinde USLE modeli uygulanmıştır. Gridlemede oluşan detaylardaki veri kayıplarını engellemek amacıyla Fuzzy sınıflama metodu kullanılmıştır. Çalışma sonunda Fuzzy sınıflama yaklaşımının uygulandığı ve uygulanmadığı iki metodu karşılaştırılmış, iki uygulamanın bir birine çok benzediği belirlenmiştir

Van der Knijff ve ark. (2000), USLE kriterlerine göre CBS içinde sayısal yükseklik modeli kullanarak Avrupa Birliği üye ülkelerini kapsayan Avrupa Erozyon Haritası oluşturmuşlardır. Bu haritada Türkiye yer almamaktadır.

Yüzey akış ve toprak erozyonunun modellendiği ve karakterizasyonu üzerine CBS ve UA uygulamalarının tartışıldığı bir başka araştırma Hindistan'da kurak bir su toplama havzasında uygulanmıştır. Çalışmada IRS (1A/1B II sensör) uydu görüntüleri kullanılarak 1988–1996 yılları arasındaki arazi kullanım/örtü değişimleri de incelenmiştir. Havzanın yüzey akış ve toprak erozyonu durumu ArcInfo-CBS kullanılarak ETKE modeline göre hesaplanmıştır. Düşen yağışın ortalama % 20-30'unun yüzey akışa geçtiği belirlenmiştir. Araştırıcılar UA ve CBS uygulamalarının özellikle büyük ve ulaşılması güç olan alanlarda bu tip çalışmalar için büyük kolaylıklar sağladığını bildirmişlerdir (Chakraborty ve ark. 2005).

Özşahin ve Ark. (2014) yaptığı çalışmada İskenderun Kuseyr Platosundaki arazi kullanımı ve arazi örtüsünün erozyon üzerindeki etkilerini Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile incelenmiştir. RUSLE 3D modelini Kuseyr Platosuna uygulayarak 1987 ve 2010 yılı erozyon haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırma sonucu platoda C faktörünün 1987 yılından 2010 yılına değiştiği görülmüştür. Yüksek ve çok yüksek erozyon oluşumu görülen yerlerin dik eğimli çıplak topraklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişiklikler ve geliştirmeler yıllık erozyon yoğunluğu ve miktarını azaltmıştır.

Çalışmada kullanılacak olan revize G2 modeli, 2011 yılında Selanik Aristo Üniversitesinin Geoland 2 (G2) projesi çerçevesinde geliştirdiği G2 modelinin revize edilmiş halidir. G2 modeli Strymonas nehrine uygulanmıştır. Bu çalışma aylık erozyon haritalamasının erozyon için kritik ayları tanımlamış ve erozyonun arazi

kullanımına olan etkisinin teyit etmiştir(Anonim 2012d). Panagos ve ark.(2012) G2 metodu ile yapılan bu çalışmayla 14,500 km ^{2}, lik bir alanda aylık yağış datası ve uzaktan algılama yoluyla edilen biyofiziksel zaman serileri dataları kullanarak, aylık erozyonu haritalamış ve erozyon haritalama çalışmalarında mevsimselliğin önemini vurgulamıştır. Karydas ve ark (2012)'ın 82 erozyon modelini tanımlayıp 8 kategoride sınıflandırdıkları çalışmada G2 yöntemine de yer vererek bu yöntemi diğer erozyon modelleri ile karşılaştırmışlardır.

Panagos ve ark.(2013), revize G2 modelini Girit adasına uygulayarak, Girit yıllık ortalama erozyon oranını 8.123 t / ha^{-1} olarak bulmuştur. Ekim - Ocak (Girit yağışlı sezonu) için adada oluşan erozyon, yıllık erozyonun %80'i olduğu bulunmuştur. Girit'teki yüksek yıllık erozyon rakamları(14.023 t / ha^{-1}), geçmiş yıllarda artan hayvancılık ve otlatma yoğunlaşması nedeniyle, doğal çayır ve çalılıklarda tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılacak olan MMF modeli ile yapılan başlıca çalışmalardan birinde, Behera ve Ark. (2005), Hindistan'ın Batı Dun Bölgesindeki Jakhan Rao alt havzasında, IRS 1 C LISS III uydu verileri ve MMF modelini kullanarak erozyon riskini saptamıştır. Her ne kadar MMF modelinin kolay uygulanabilir olduğu, makul yıllık akış ve erozyon değerleri elde edilebilceği düşünülse de bazı parametreler (EHD: Toprağın etkili hidrolojik derinliği) zor belirlenmiş bu durum a modelin uygulanırlığını zorlaştırmıştır.

Vigiak ve Ark.(2005) Hindistan'ın Batı Afrika'daki 2 küçük havzada(Kwalei,Tanzanya- Gikuuri, Kenya), MMF modelini kullanarak erozyon riskini saptamıştır. MMF modeli ile oluşturulan erozyon risk haritalarının arazi kontrolleri yapılmış MMF modelinin erozyon tahmin performansı Kwalei de kabul edilebilir bulunurken, Gikuuri de ise zayıf bulunmuştur. Modelin çok eğimli kısımlarda erozyon tahmini zayıf olarak görülürken, vadi tabanlarında ise iyi sonuç vermiştir.

Vigiak ve Ark.(2006) MMF modelini Batı Usambara Dağlarında (Kwalei Havzası, Tanzanya) bulunan küçük bir havzada test etmiştir. Sıçrama kaplarıyla ölçülen toprak sökülebilirlik oranları (0.48- 1.116 gJ^{-1}) model simulasyonuna (0.30-0.35 gJ^{-1}) yakın olarak elde edilmiştir. Gerloch Trough'da ölçülen net erozyon

miktarı (0.01- 1.05 kg/m^2 olay başına) sediment taşıma kapasitesini kalibre etmek için kullanılmıştır. Model ile elde edilen erozyon miktarı (-4 +2 kg/m^2) bulunmuştur. MMF modeli ile elde edilen erozyon tahminlerinin % 75 arazi doğruluğunda olduğu tespit edilmiştir.

Morgan ve Duzant (2008) mMMF modeline modifikasyonlar yaparak, vejetasyon örtüsünün ölçülebilir bitki parametrelerine etkilerini arttırmak için çalışmışlardır. Bu modifikasyonlar Bedfordshire ve Cambridgeshire, UK için denenmiş ve arazi parametrelerine yapılan testler sonucu yıllık ortalama toprak kaybı tahmin miktarları iyi elde edilmiştir.

Ande ve Ark.(2009) yaptıkları çalışmada, Güneybatı Nijerya'da bulunan Ekiti tarım bölgesindeki erozyonu tahmin etmek için MMF modelini kulanmıştır. Sonuçlar MMF modelinin Ekiti bölgesinde erozyon riskini etkili olarak belirlediğini göstermiştir. Erozyon yer şekline rağmen bölgede düşük bulunmuştur.

Li ve Ark. (2010), Çin'in Lös platolarındaki ekolojik restorasyonun toprak üzerindeki etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada MMF modelini kullanmıştır. Yapılan çalışma sonucu 0.67 doğruluk oranı ile, 1997-2006 yılları arasındaki toprak bitki örtüsündeki artışın, toprak erozyonunu % 38.8 azalttığı gözlemlenmiştir. Aynı periyotta yağış deseninin toprak erozyonunu % 13.1 ± 4.3 arttırdığı görülmüştür.

Bayramov ve Ark. (2013) yaptıkları çalışmada MMF ve USLE erozyon modellerini kullanarak akaryakıt ve doğalgaz boru hatlarındaki toprak kayıplarını araştırmış ve iki modeli karşılaştırmıştır. MMF ve USLE modellerinin arazinin morfometrik elementlerine duyarlılığı da değerlendirilmiştir. Eğim erozyonun kontrol faktörlerinden biri olmasına rağmen, yapılan çalışmada toprak kayıp oranlarını kontrol etmemiştir. Eğim yönleri MMF ve USLE modelleri için herhangi bir duyarlılık ortaya koymamıştır. Yükseklik incelendiğinde ise MMF modeli USLE modeline göre yüksek eğimli kısımlarda daha fazla toprak kaybı miktarı belirlemiştir.

2.5. Değişim Analizi

Değişim Analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Genel olarak değişim analizi farklı zamanlara ait olan veri setlerinde, meydana gelen değişimlerin nitel ve nicel olarak tespitini hedefleyen bir takım uygulamaları içerir. Tekrar edilmiş verilerin elde edilmesi ve bilgisayar uygulamalarını mümkün kılan dijital format sayesinde, Thematic Mapper (TM), Satellite Pour 1'Observation de la Tere (SPOT), Advanced very High Resolution Radiometer AVHRR verileri geçmiş yıllar boyunca değişim analizlerinde kullanılan başlıca uydu uzaktan algılama verileri olmuştur (Akın,2007).

Uzaktan Algılama ile elde edilen veriler değişim analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok değişim analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar göstermiştir ki, görüntü çıkarma, temel bileşenler analizi, sınıflama sonrası karşılaştırma çalışmaları değişim analizi çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerdir. Son yıllarda da yersel karışım analizleri, yapay sinir ağları ve coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılanmış verilerin entegrasyonu değişim analizleri uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı değişim analizi yöntemlerinin kendilerine ait farklı değerlendirme yöntemleri vardır ve tek bir yaklaşımın tüm durumlarda uygulanması mümkün olmamaktadır. Pratik olarak, doğru bir uygulama için farklı algoritmalar sürekli olarak karşılaştırılmakta ve değişim analiz sonuçları için en uygun olanı seçmeye çalışılmaktadır. Değişim analizleri için yöntem belirleme çalışmaları hala önemini koruyan bir konudur ve gittikçe artan veri çeşitliliği ve değişimlerin hızlanarak artış gösteren doğası yeni yöntemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir (Lu ve ark., 2004).

Lu ve ark., 2004'e göre uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, alan kullanımı ve arazi örtüsü değişim analizi uygulamalarının yaygın olarak yapıldığı alanlar şunlardır :

- Orman vejetasyonu değişimi
- Orman kayıpları,
- Orman üretkenliği, yenilenebilme (rejenerasyon),

- Orman yangınları,
- Sulak alanların değişimi,
- Topografya alanlarındaki değişimler,
- Yerleşim alanlarındaki değişimler,
- Tarımsal ürün desenindeki değişimler (Akın, 2007).

Geçmişten günümüze çok çeşitli değişim analiz teknikleri geliştirilmiştir. Değişim analiz tekniklerinin geliştirilmesi hala aktif bir konudur ve yeni teknikler durmadan geliştirilmektedir. Yersel karışım analizleri, Li-Strahler Kanopi Modeli, Chisquare dönüşümleri, yapay sinir ağları (ANN) ve çok kaynaklı verilerin entegrasyonu değişim analizleri uygulamalarında kullanılmaktadır (Lu ve ark., 2004).

Akın(2007)'ye göre iyi bir değişim analizi araştırması aşağıdaki bilgileri sağlamalıdır:

1. Çok zamanlı veriler arasında kesin geometrik kayıt,
2. Çok zamanlı veriler arasında kalibrasyon ve normalizasyon,
3. Çalışma alanı peyzajının heteronijesi,
4. Kullanılan değişim analizi metotları ve algoritmaları,
5. Sınıflama ve değişim analizi planlaması,
6. Doğruluk analizleri,
7. Çalışma alanına ait önbilgi ve araştırma hedefleri,
8. Zaman ve maliyet kısıtları.

Birçok karmaşık faktörün etkisinden araştırmalar hangi değişim analizi tekniğinin en uygun olduğu konusunda zaman zaman karşılaştırmalı tartışmalar yapmaktadır. Pratikte, bir değişim analizi uygulamasında en doğru algoritmanın seçilmesi çok kolay bir işlem değildir. Bu nedenle geçmiş yıllara ait değişim analizi tekniklerinin ve uygulamalarının yeniden gözden geçirilmesi özel bir problem karşısında hangi tekniği kullanmanın en iyi sonuç vereceği konusunda yararlı olmaktadır (Akın,2007).

2.5.1. Deşişim Analizi Çalışmalarında Başlıca Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Macleod ve Colgalton (1998), doğal kaynakların izlenmesi için yapılan değişim analizi uygulamalarına 4 farklı bakış açısı getirmiştir. Bunlar; (i) bir değişim oluştuğunda tespiti, (ii) değişimin doğasının tanımlanması, (iii) değişimin alansal yayılışının ölçülmesi, (iv) değişimin yersel örneklerinin değerinin belirlenmesidir. Lambin ve Strahler (1994), arazi örtüsündeki değişimleri belirleyen beş kategoriyi şu şekilde tanımlamıştır: (1) iklim koşullarında uzun dönemde meydana gelen doğal değişimler, (2) erozyon gibi jeomorfolojik ve ekolojik süreçler, (3) ormansızlaşma ve degredasyon gibi vejetasyon örtüsünde ve peyzajda insan etkisi sonucu oluşan değişimler, (4) yıllık iklim farklılıkları ve (5) insan aktiviteleri sonucu oluşan sera etkisi (Akın,2007).

Değişim analizi uygulamalarında kullanılan uzaktan algılama verileri çevresel özelliklerin belirlenmesi ve görüntü işlenme konularında önemli kolaylıklar sağlar. Uzaktan algılanmış verilerin yersel, radyometrik, zamansal ve yansıma çözünürlükleri uzaktan algılama ve değişim analizinin birlikte kullanıldığı başarılı projeler üzerinde, önemli etkiye sahiptir. Önemli çevresel faktörler ise atmosferik özellikler, toprak nem durumunu ve diğer olağan dış çevre koşullarını içermektedir (Jensen 1996, Weber 2001). Değişim analizinde ihtiyaç duyulan önemli uygulamalar kısaca; çok zamanlı görüntü kaydı, geometrik ve atmosferik düzeltmelerdir. Çok zamanlı yersel verinin doğru bir şekilde kayıt edilmesi çok önemlidir, aksi durumda güvenirliliği düşük sonuçlar ortaya çıkacaktır. (Townshend ve ark., 1992; Dai ve Khorram, 1998; Stow 1999, Verbyla ve Boles, 2000; Carvalho ve ark., 2001, Stow ve Chen, 2002; Akın,2007).

Piksel parlaklık değerinin (DN) yüzey yansıma değerlerine dönüştürülmesi çok zamanlı verilerin nitel analizleri için gereklidir. Göreceli radyometrik düzeltme, koyu obje çıkarımı, ve görüntünün tekrar simülasyonu gibi çeşitli metodlar radyometrik ve atmosferik düzeltme yada kalibrasyon için geliştirilmiştir (Markham ve Barker, 1987; Gilabert ve ark., 1994; Chavez, 1996; Stefan ve Itten, 1997;

Vermote ve ark., 1997; Tokola ve ark., 1999; Heo ve FitzHugh, 2000; Yang ve Lo, 2000; Song ve ark., 2001; Du ve ark., 2002; McGovern ve ark., 2002; Akın,2007).

Bir değişim analizi uygulamasından önce şu koşullar mutlaka sağlanmalıdır: (1) çok zamanlı verilerin doğru bir şekilde kayıt edilmesi, (2) çok zamanlı görüntüler arasında doğru atmosferik ve radyometrik düzeltme ve ya normalizasyonun yapılması (3) çok zamanlı görüntüler arasındaki benzer durumlar (4) eğer mümkünse görüntülerin aynı yersel ve spektral çözünürlüğe getirilmesi (Akın,2007).

Landsat Multi-Spectral Scanner (MSS), TM, SPOT, AVHRR, radar ve hava fotoğrafları en çok kullanılmakta olan veri kaynaklarıdır. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometre (MODIS), Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) gibi yeni veri kaynakları da giderek önem kazanmaktadır. Değişim analizi uygulaması için bir uzaktan algılama verisi seçilirken, güneşin açısı, mevsimsel ve durumsal farklılıklar gibi dış kaynaklı etkilerin ortadan kaldırılabilmesi için, yıl dönümlü verilerin ya da çok yakın tarihli verilerin elde edilmesi ile birlikte aynı algılayıcının, aynı radyometrik ve yersel çözünürlüğün kullanılması önemlidir (Lu ve ark., 2004, Akın,2007).

Uygun bir değişim analizi tekniğinin seçilmesinde değişimin yönünün tanımlanması çok önemlidir. Sınıflama sonrası (Post-classification) gibi bazı teknikler değişimin yönüyle ilgili tam bir matris sağlarken görüntü çıkarma gibi bazı teknikler sadece değişimin olduğu ya da olmadığı öğeler hakkında bilgi verir. Uzaktan algılanmış veri ve çalışma alanı tanımlandığında uygun bir değişim analizi metodunun seçilmesi, yüksek nitelikte değişim analizi ürünü elde etmede dikkate değer bir önem taşımaktadır (Lu ve ark., 2004).

2.5.2. Deşişim Analizi Çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanımı

Uzaktan algılamada değişim belirleme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar detaylı olarak incelendiğinde genellikle yapılan araştırmalarda birden çok metodun kullanıldığı ve bu metodlardan elde edilen sonuçların değerlendirildiği

anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara ait örnekler sırasıyla yer verilmiştir.

CBS'ye bağlı değişim analizi kategorisinde, CBS ve uzaktan algılama metodu ve CBS'nin entegrasyonu yer almaktadır. CBS'yi kullanmanın avantajı, farklı kaynak verilerini değişim analizi uygulamalarında birleştirebilme özelliğinin olmasıdır. Bununla birlikte farklı kaynaklarla birleştirilen bu veriler değişim sonuçlarını çoğunlukla etkilemektedir (Akın, 2007).

Ingebritsen ve Lyon (1985), biyolojik ve jeolojik olarak farklı iki alana ait çok zamanlı Landsat MSS görüntülerine temel bileşen analizi yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada korelasyon matrisi kullanılarak elde edilen "eigenvalue" ve "eigenvector" değerleri, iki farklı yıl ve iki farklı alan için bulunmuştur. Farklı iki yıla ait dört bantlı görüntüler birleştirilerek elde edilen sekiz bantlı yeni görüntülere uygulanan bu yöntem sonucunda, 1. ve 2. temel bileşenin durağan olduğu, değişimlerin 3. ve 4. temel bileşenlerin varyanslarını artırdığı belirtilmiştir. İkincil parlaklık değeri olarak ifade ettikleri temel bileşenin, fark görüntüsünün parlaklık derecesini temsil ettiğini, ikincil vejetasyon (yeşillik) bileşeni olarak belirttikleri temel bileşenin ise bitki örtüsündeki değişimler hakkında bilgiler verdiğini açıklamışlardır.

Singh (1989), çalışmasında uzaktan algılamada kullanılan çok sayıda değişim belirleme yöntemini tanıtmış ve Landsat MSS uydu verileri üzerindeki uygulamalarını değerlendirmiştir. Bununla birlikte, yaptığı literatür incelemesinde değişim belirlemede kullanılan yöntemlerin sonuçlarının sayısal değerlendirmelerinin çoğunlukla yapılmadığını vurgulamıştır. Çalışma sonucunda Landsat MSS 2. bandına uygulanan regresyon yönteminin %74.43 ile en yüksek değişim belirleme doğruluğunu verdiğini, görüntü farkı ve görüntü oranlama yöntemlerinin sonuçlarının bunu takip ettiğini, en düşük doğruluğun ise çok bantlı sınıflandırma sonrası karşılaştırma sonucunda bulunduğunu bildirmiştir. Ayrıca, uygulanması daha basit olan görüntü farkı yönteminin, temel bileşen analizi gibi karmaşık dönüşümlerin yapıldığı yöntemlerden daha verimli olduğunu da belirtmiştir.

Lo ve Shipman (1990), CBS yaklaşımı alan kullanımına ait çok zamanlı hava fotoğrafları verisini kullanarak Hong Kong'ta yeni bir kasaba gelişiminin etkilerini araştırmışlar ve görüntü çakıştırma ve ikili maske tekniklerinin her bir alan kullanım kategorisindeki değişim dinamiğinin ortaya çıkarılmasında yararlı olduğunu görmüşlerdir. Son zamanlarda çok kaynaklı verilerin birleştirilmesi (hava fotoğrafları, TM, SPOT ve geçmişe ait tematik haritalar) alan kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) değişim tespiti çalışmalarında özellikle aralarında uzun zaman periyotları olan birleştirilmiş farklı kaynak, format ve çok ölçekli arazi örtüsü değişimi analizi çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır (Mouat ve Lancaster, 1996; Salami, 1999; Salami ve ark., 1996; Reid ve ark., 2000; Petit ve Lambin, 2001; Chen, 2002; Weng, 2002). Weng 2002, Çin'de Zhujiang Delta'sında alan kullanımı değişimini tespit etmek için uzaktan algılama, CBS ve stokastik modelin entegrasyonunu kullanmış ve böyle bir birleşimin yönü, oranı ve alan kullanım değişiminin yersel örneğini analiz etmede çok verimli bir yöntem olduğunu tespit etmiştir.

Eklundh ve Singh (1993), yaptıkları çalışmada kovaryans matrislerinin kullanıldığı standart olmayan temel bileşenler ile korelasyon matrisleri kullanılarak hesaplanan standart temel bileşenleri NOAA-NDVI, NOAA-LAC, Landsat TM ve SPOT XS uydu verilerini kullanarak elde etmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, uzaktan algılama uygulamalarında standart temel bileşen analizinin kullanımının daha iyi olacağını belirtmişlerdir.

Henebry (1993), yaptığı çalışmada çayırlık bir alanda oluşan değişimi tespit için TM verisiyle yersel bağımlılığı ölçmüştür. Bu çalışma Konza Prairie doğal alanında yapılmıştır. Çalışma alanına ait dokuz yıllık TM verisi kullanılmış ve çalışma alanının bitki örtüsündeki bizon etkisi araştırılmıştır.

Jha ve Unni (1994) Hindistan'da kurak tropikal orman alanlarında orman örtüsündeki değişimleri bulmak için yaptıkları çalışmada 1982 Landsat-4 MSS ve 1989 Landsat-5 MSS görüntülerini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada, iki farklı yılın aynı bantlarına görüntü farkı yöntemi uygulanarak fark görüntüleri elde edilmiştir. Bu fark görüntüleri birleştirilerek elde edilen dört bantlı görüntüye temel bileşen analizi yöntemi uygulanmıştır. Sonuçta bulunan birinci temel bileşenin

"parlaklık", ikinci temel bileşenin de "yeşillik" değerlerini verdiğini, bu nedenle özellikle ikinci temel bileşenin bitki örtüsü ile ilgili ayrıntıları en iyi şekilde zenginleştirdiğini belirtmişlerdir. Değişimlerin belirlenmesi amacıyla ikinci temel bileşen bandında seviye dilimleme yöntemi ile değişim sınıfları belirlenmiş ve toplam %74.8 genel doğruluğa ulaşılmıştır.

Ekstrand (1994), yaptığı çalışmada 1985 ve 1989 yıllarına ait Landsat TM görüntülerini kullanarak değişik orman meşcere özelliklerinde (yaş, kapalılık, ağaç türü karışımı) orman zararlarının değerlendirilmesini incelemiştir. Çalışmada farklı oran görüntüleri ve NDVI görüntüsü elde edilmiş ve regresyon analizleri yapılmıştır. Kullanılan oran görüntülerinin ve NDVI görüntüsünün sararma ve yaprak dökümlerinin birlikte görüldüğü alanlar için kullanımının uygun olabileceğini, yalnızca yaprak dökümlerinin yaşandığı alanlarda ise TM 4. bandın tek başına değerlendirilmesinin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Lambin ve Strahler (1994), yaptıkları çalışmada AVHHR verisi kullanarak Batı Afrika'da arazi örtüsü değişimini tespit etmek için vejetasyon indisleri, arazi yüzey sıcaklığı ve yersel yapı olarak 3 indis kullanmıştır

Guirguis ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada görüntü oranlama, görüntü farkı ve temel bileşen analizi yöntemlerini kullanarak Brullus (Mısır) gölündeki değişimleri Landsat MSS görüntüleri ile incelemişlerdir. Bu çalışmada, MSS görüntülerinin 4. bantlarından elde edilen oran ve fark görüntülerinde eşik değeri olarak 1 standart sapma değeri kullanılmıştır. Görüntü farkı ve oranlama yöntemlerinin uygun eşik değeri ile keskin değişimleri yansıttığını bildirmişlerdir. Ayrıca kovaryans ve korelasyon matrislerinin kullanıldığı temel bileşen analizlerinin sonuçları detaylı olarak irdelenmiş ve korelasyon matrisinin kullanıldığı standart temel bileşen analizinin değişimleri belirlemede daha iyi bir performans gösterdiği belirtilmiştir.

Sunar (1998) İstanbul'da yaptığı çalışmada, iki farklı yıla ait Landsat TM verilerine görüntü çakıştırma, görüntü farkı, temel bileşen analizi ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma değişim belirleme yöntemlerini uygulamıştır. Elde edilen bulgulara göre, görüntü çakıştırma ve görüntü farkı yöntemlerinin oldukça bilinen yöntemler olduğunu, sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve kovaryans matrisinin

kullanıldığı temel bileşen analizi yönteminin ise açıkça nitelenebilir farklılıkları vurguladığı belirtilmiştir. Ayrıca her yöntemin uygulama kolaylığı, bilgi içeriği ve yorumlanabilirlik açısından bazı değerlere sahip olduğu açıklanmıştır.

Mas (1999) Meksika'da yaptığı çalışmasında standart temel bileşen analizi, çok zamanlı kontrolsüz sınıflandırma, sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma sonrası karşılaştırmanın kombinasyonu yöntemlerinin yanı sıra görüntü farkı yöntemini, Landsat MSS 2. ve 4. bantlara uygulamış ayrıca vejetasyon indekslerinin (NDVI) farkını da kullanmıştır. Değişen ve değişmeyen alanlar düzeyinde sonuçlar irdelendiğinde, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile %86.87 oranıyla en yüksek genel doğruluğa ve 0.6191 kappa değerine ulaşıldığı belirtilmektedir. Ayrıca bu yöntemin değişimlerin yönü hakkında bilgi vermesi üstünlüğüne sahip olduğu da vurgulanmıştır. Çalışmada en düşük genel doğruluk %73.20 oranla 4. banda uygulanan standart temel bileşen analizi yöntemi ile elde edilmiştir.

Fung ve Siu (2000) yaptıkları çalışmada SPOT HRV uydu verilerinden normalleştirilmiş fark vejetasyon indekslerini (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) oluşturduktan sonra bunlara görüntü farkı yöntemini uygulamışlardır. Ayrıca 1987, 1991, 1993 ve 1995 yıllarına ait NDVI bantlarının bileşimine temel bileşen analizi yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçların tutarlı olduğu, her iki yöntemin de bitki örtüsündeki keskin değişimleri etkin olarak belirleyebildiği bildirilmiştir. Ayrıca NDVI verilerinin bitki örtüsü tipleri ile yüksek ilişkisi belirtilerek, hızlı değişen Hong Kong şartlarında arazi örtüsündeki değişimleri izlemede uzaktan algılama yöntemlerinin verimli bir araç olduğu açıklanmıştır.

Petit ve ark. (2001) Zambiya'da seçilen çalışma alanında arazi örtüsündeki değişimleri belirlemek amacıyla sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve görüntü farkı yöntemlerini üç farklı yıla ait SPOT çok bantlı görüntülerine uygulamışlardır. İki yöntemin kombine bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Özellikle doğal bitki örtüsünün tarım alanlarına ve yerleşim alanlarına değişiminin vurgulandığı çalışmada arazi örtü sınıfları arasındaki değişimlerin büyüklüğü ve yönü dönemler halinde incelenmiştir.

Sader ve ark. (2001) Kuzey Guatemala'daki Maya Biyosfer Rezervleri (MBR) olarak bilinen tropikal bölgede orman alanlarındaki azalmayı ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Çalışmada 5 farklı tarihli Landsat TM görüntüsü kullanılmış ve bu görüntülerden 4 zaman serisi oluşturulmuştur (1986-1990, 1990-1993, 1993-1995, 1995-1997). Zaman serilerinde değişim belirlemede her tarihe ait görüntü için NDVI oluşturulmuş ve kontrolsüz sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi CBS destekli yapılmıştır. Üç yıla ait RGB-NDVI sınıflandırma yönteminin temel bileşen analizi ve NDVI farkı yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ormanların yok olduğu alanların belirlenmesinde %86.5 genel doğruluğa ve 0.82 kappa değerine ulaşılmıştır. Bununla birlikte dönemler arasında belirlenen değişimler de verilmiştir.

Loveland (2002), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki arazi örtüsü değişimi ve değişim oranını tespit etmek için çözünürlüğü iyi olan veriler yardımı ile (MSS, TM, ETM+) örneklenmiş proje ile görsel analizi entegre etmiştir. Ayrıca çok zamanlı verilerin renklendirilmiş kompozisyonları arazi örtüsü değişimini niteliksel olarak değerlendirebilmek için iyi bir araçtır (Lu ve ark., 2004).

Maktav ve ark. (2002) İstanbul Terkos gölü ve Karadeniz arasında kalan sınır bölgede 14 yılda oluşan aşınmayı izlemek için iki farklı yıla ait Landsat TM görüntülerini ve SPOT Pankromatik uydu görüntüsünü kullanmışlardır. Landsat TM uydu görüntülerine uygulanan sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile arazi örtüsü sınıflarındaki değişimler belirlenmiştir. Ayrıca deniz kıyısındaki kum alanda değişimi izlemek amacıyla SPOT pankromatik görüntüsünden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre göl ve deniz arasındaki sınır alanda aşırı daralmanın olduğu belirlenmiş ve gelecekte yaşanacak içilebilir su sıkıntısına dikkat çekilmiştir.

Yang ve Lo (2002), eğitimsiz sınıflama yaklaşımını, CBS temelli görüntü sınıflaması ve sınıflama sonrası karşılaştırmalarını Georgia, Atlanta'daki kentsel alan kullanımı arazi örtüsü değişimindeki yersel dinamiği haritalamak için CBS ortamında çakıştırmıştır. CBS yaklaşımı çok verili kaynak analizinde birçok geleneksel değişim analizi tekniklerine kıyasla çok daha avantajlı bir yaklaşımdır. CBS yaklaşımına ait geçmişte yapılan birçok çalışma genellikle kentsel alanlarda yoğunlaşmaktaydı. Bunun sebebi muhtemelen geleneksel değişim analizi

tekniklerinin karmaşık bir peyzaja sahip olan kentsel alanlarda zayıf sonuçlar üretmesidir. Böylece güçlü CBS yaklaşımı çok kaynaklı veri işlemede ve çok kaynaklı veri kullanımında değişim analizi teknikleri uygulamalarında yararlı bir araç olmaktadır.

Lu ve ark. (2004) ve Coppin ve ark. (2004) değişim belirleme yöntemlerinin detaylı literatür incelemesini sunmuşlardır. Coppin ve ark. (2004) ekosistem değişimlerinin izlenmesi perspektifinde, ön işlem adımlarını belirterek değişim belirleme yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Lu ve ark. (2004) değişim belirleme araştırmalarında elde edilmesi gereken bilgileri, temel uygulama aşamalarını ve bu çalışmaların doğruluklarının bağlı olduğu etkenleri vurgulamışlardır.

2.5.2.1. Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

Yener ve Koç (2006), Landsat5 TM ve IRS-1C/LISS-III uydu verilerini kullanarak 1994 ve 2000 yıllarında İstanbul'daki orman alanlarında ve diğer arazi kullanım şekillerinde oluşan değişimleri izlemişlerdir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamasının yapıldığı çalışmada, %90 ve %91 gibi yüksek genel doğrulukla elde edilen sınıflandırılmış raster görüntüler, Arc/INFO yazılımında vektör biçimine dönüştürülmüştür. Bu ortamda yapılan değişim analizi ile arazi kullanım sınıflarının değişimleri irdelenmiş ve değişimler alansal olarak değerlendirilmiştir.

Çoban (2006), yaptığı doktora tez çalışmasında iki farklı yıla ait Landsat uydu verileri kullanarak orman alanlarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesini incelemiştir. Çalışmada kullanılan sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü farkı, görüntü oranlama, NDVI farkı ve temel bileşen analizi değişim belirleme yöntemleri incelenmiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde harita ve uydu görüntülerine uygulanan ön işlemlerin yanında görüntülerin sınıflandırılması ve sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi işlemlerinin sonuçları verilmiştir. Değişim belirleme yöntemlerinin uygulanması ile ulaşılan sonuçlar yapılan doğruluk değerlendirmeleri ile birlikte sunulmuştur. Belirlenen değişimler alansal ve mekânsal olarak irdelenmiştir. Son bölümde değişim belirleme analizlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre, sınıflandırma sonrası karşılaştırma

yönteminin ormancılık çalışmalarının gereksinimlerini daha iyi karşılayacak bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim matrisindeki değişen ve değişmeyen alanların diğer değişim belirleme yöntemleriyle belirlenmesinde ulaşılan en yüksek doğruluk seviyesi %74.95 ile 4/3 bant oranından elde edilen değişim görüntüsünde belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Landsat uydu verileri ile çalışmada ele alınan orman alanlarında gerçekleşen zamansal değişimlerin sınırlı detayda ve yüksek doğrulukla belirlenebildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca ülkemiz orman alanlarındaki değişimlerin belirlenmesinde ve izlenmesinde uzaktan algılama veri ve tekniklerinin kullanımının önemi ortaya konulmuştur.

Koç (2006), 1975 ve 2000 yılları arasında İstanbul'daki hızlı şehirleşmenin yol açtığı ormansızlaşmayı belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında Landsat MSS ve Landsat ETM+ verilerini kullanmıştır. Sınıflandırma öncesinde MSS ve TM bantlarına oluşturulan vejetasyon indeksi bantları eklenmiştir. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin kullanıldığı çalışmada, CBS işlemlerinden yararlanılarak değişim matrisi oluşturulmuş ve her iki sınıflandırılmış görüntüde de %90'ın üzerinde genel doğruluğa ulaşılmıştır. Orman alanlarında oluşan değişimler alansal ve mekansal dağılımları ile birlikte sunulmuştur.

Kadıoğulları ve Başkent (2006), yaptıkları çalışmada İnegöl Orman İşletmesine bağlı İnayet ve Yenice Orman İşletme Şeflikleri'nde (32 660 ha), orman kaynaklarının değişimi zamansal ve konumsal olarak incelemiştir. Çalışma kapsamında, alanın 1987-2001 yılı Landsat uydu görüntüleri sınıflandırılmış ve 1972, 1993, 2004 yılı mescere tipleri haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile sayısallaştırılarak konumsal analizleri yapılmıştır. Ayrıca, orman kaynaklarının konumsal yapısındaki (orman parçalarının sayı ve konumsal dağılımları) değişimi FRAGSTATS programı ile belirlenmiştir. Ormanlık alanlarda amenajman planları meşcere haritasına göre 1972 ve 1993 yılları arasında %3.61; 1987 ve 2001 yılları arasında da %4.74, 1993 ve 2004 yılları arasında %3.37; 1972 ve 2004 yılları arasında %7.10 oranında artış olmuştur. Ormanlık alanların kapalılığı artması nedeniyle kalitesi artmış ve "c, cd" çağ sınıfındaki alan artışı sebebiyle ise orta yaşlı bir yapıya doğru ilerlemiştir. Konumsal yapı bakımından incelendiğinde; doğal

gençleştirme, ağaçlandırma çalışmaları, yoğun orman kullanımı, yasadışı kullanım, yerleşim alanlarının artması ve düz alanlardaki altyapısal gelişmeler nedeniyle ortalama orman parça alanı (MPS) ve en büyük parça indeksi (LPI) azalmış, parça sayısı (NP) ve ormanların parçalılığı genel olarak artmıştır. Ayrıca, 1972 ve 2001 döneminde arazi kullanımı demografik dinamiklere rağmen ve uygun ormancılık faaliyetlerine bağlı olarak ormancılık lehine gelişme göstermiştir.

Ün (2006), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, İstanbul ili içerisinde bulunan Orman İşletme Şefliklerindeki orman amenajman planlarına bağlı olarak 1971 ve 2002 yılları arasında ormanlarda ve diğer arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimler zamansal ve konumsal olarak incelenmiştir. Bunun için, orman amenajman planlarındaki 1/25000 ölçekli meşcere tipleri haritalarından yararlanılarak konumsal veri tabanları kurulmuştur. Veri yoğunluğundan dolayı analiz ve sorgulamalar Avrupa yakası ve Anadolu yakası olmak üzere ikiye ayrılarak yapılmıştır. Buna göre, İstanbul ilinin toplam alanı 546805.9 ha'dır. İstanbul ili genelinde, 1971 yılında %43.25'i verimli orman, %5.46'sı bozuk orman, %1.13'ü OT, %43.18'ı ziraat, %3.82'si iskan iken; 2002 yılına, %40.96'sı verimli orman, %3.07'si bozuk orman, %5.98'ü OT, %31.10'u ziraat, %14.87'si iskan ve %4.03'ü de diğer alanlardan oluşmaktadır. Bu durumda İstanbul ili genelinde 1971-2002 yılları arasında verimli orman alanlarında %2.11 azalma, bozuk orman alanlarında %2.37 azalma, OT alanlarında %4.85 artış, ziraat alanlarında %11.90 azalma, iskan alanlarında %11.07, diğer alanlarda ise %0.88 artış olmuştur. İstanbul ilinde 1971 yılından 2002 yılına kadar en fazla artısı iskan alanları gösterirken, OT alanları da artmıştır. Ancak bozuk orman, verimli orman ve tarım alanlarında da azalma meydana gelmiştir.

Özdemir ve Bahadır (2010), yaptıkları çalışmada, uzaktan algılama tekniklerine yönelik kontrollü sınıflandırma ile Acıgöl Havzası'nda arazi kullanımının zamansal değişimi analiz edilmiştir. Sınıflandırma 5 sınıf üzerinden yapılmış, orman, mera, tarım, su yüzeyi ve göl alanlarının değişimi irdelenmiştir. Orman alanları 1975'te 52599 hektar iken 1987'de 37212'ha.'a düşmüş, 2000'de 49377 ha'a 2002'de ise 51420 ha.'a yükselmiştir. Orman alanları 2005'te ise bir önceki döneme oranla yaklaşık 1000 hektarlık bir azalma ile 50392 ha.'a gerilemiştir.

Mera alanları 1975'te 56821 hektar ile en geniş alanı kaplarken, 1987'de 21919 ha.'a, 2000'de 16704'ha.'a gerilemiştir. Mera alanlarında bu hızlı azalış, 2002 yılında kısmi bir artış göstererek 16867 ha.'a, 2005 yılında ise 29675 ha.'a yükselmiştir. Tarım arazileri 1975 yılında 14221 hektar iken, 12 yıllık dönemde hızlı bir şekilde artarak 1987 yılında 67407 hektara ulaşmıştır. Bu tarihten sonra tarım arazilerinde genel anlamda bir azalma olmuş, 2000 yılında 60942 ha., 2002'de 58131 ha., 2005'te ise 45663 ha.'a gerilemiştir. Su yüzeylerinde ve göl alanında genelde azalma meydana gelmiştir. Su yüzeyleri 1975'te 20179 hektar iken 1987'de 17282 ha.'a 2000'de 16797 ha.'a gerilemiştir. Göl alanı ise 1975'te 5104 hektar iken 1987'de 5002'ha.'a, 2000'de ise 3101 hektara gerilemiştir. Bu tarihten sonra gerek su yüzeylerinde gerekse göl alanında küçük artışlar olmuştur. Su yüzeyleri 2002'de 17402 ha.'a, 2005'te ise 18090 ha.'a genişlemiştir. Göl alanı 2002'de 3125 ha.'a, 2005'te 3179 ha.'a yükselmiştir.

Özşahin (2010) yaptığı çalışmada İskenderun Akaçlama Havzasındaki arazi örtüsünün zamansal değişimi (1985-2007) Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile incelenmiş, değişimin nedenleri ve sonuçları coğrafi bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. İskenderun Akaçlama Havzasında arazi örtüsünün 1985–2007 yılları arası 22 yıllık süre zarfındaki değişimin coğrafi bir bakış açısıyla değerlendirildiği bu çalışmada; özellikle yerleşim alanlarındaki artış çok dikkat çekicidir. Arazi örtüsünün zamansal değişimin değerlendirilmesi, havza genelinde arazi kullanımındaki değişimin daha doğru bir şekilde açıklanmasında daha büyük kolaylık sağlamaktadır. Yapılan çalışmada 1985-1987 arasındaki değişim, 1987–2000 arasındaki değişim, 2000–2007 yılları arasındaki değişim incelenerek, yerleşim alanı, tarım alanı, orman alanı ve açık alandaki değişimler bulunmuş ve birbiriyle olan ilişkisi değerlendirilmiştir.

Özyavuz (2011), yaptığı çalışmada Tekirdağ kentinin kentsel gelişimi izlemek için, 2000 ve 2010 yıllarına ait Landsat TM uydu görüntüleri ve yardımcı veriler kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tekirdağ Kentinin yıllık ortalama % 6,3'lük bir oranla geliştiğini göstermektedir. Yapılan sınıflama ve değerlendirme sonucunda, 2000-2010 yılları arasında 580,57 ha. alanın kentsel alana dönüştüğü belirlenmiştir.

Kadıoğulları (2012), yaptığı çalışmada, Tunceli ilinin (780 807 ha) arazi örtüsünün değişimi zamansal ve konumsal olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında, alanın 1987-2010 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri sınıflandırılmış ve 1973 yılı meşcere tipleri haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile sayısallaştırılarak uydu görüntüsü sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Ayrıca, orman kaynaklarının konumsal yapısındaki (orman parçalarının sayı ve konumsal dağılımları) değişimi FRAGSTATS programı ile belirlenmiştir. Çalışma alanında, kırsal nüfusun çok hızlı azalması nedeniyle orman alanları üzerindeki baskının azalmış ve buna paralel olarak ormanlık alanlarda 1987 ve 2010 yılları arasında tüm alanda %5.73 oranında artış tespit edilmiştir. Yıllık ormanlaşma oranı ise %1.52 oranında gerçekleşmiştir. Konumsal yapı bakımından incelendiğinde; her ne kadar parça sayısı (NP) ve alan ağırlıklı ortalama şekil indeksi (AWMSI) değerleri artsa da, ormanlık alandaki artışa bağlı olarak ortalama parça büyüklüğünün (MPS) artması orman ekosisteminin 1987 ve 2010 yılları arasında daha dayanıklı bir yapıya doğru gittiğini göstermektedir.

Topaloğlu ve Ekercin (2013) yaptıkları çalışmada Konya Kapalı Havzası'nda arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişimlerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama entegrasyonu ile belirlenmesi amaçlamıştır. Bu amaçla; 1984 ve 2011 yıllarında elde edilmiş LANDSAT sayısal uydu görüntülerinden faydalanmıştır. Bu görüntüler ARCGIS ve ERDAS yazılımlarında işlenmiştir. Arazi örtüsündeki ve kullanımındaki değişimi görebilmek amacıyla görüntü zenginleştirme, geometrik, radyometrik düzeltme, görsel yorumlama yapmak için sınıflandırma, değişim analiz tablosu oluşturulması ve yorumlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Konya Kapalı Havzası'nda amaca ulaşabilmek adına genel anlamda 5 sınıf oluşturulmuş ve bu sınıflar çerçevesinde 1984 yılından 2011 yılına kadar açığa çıkan değişimler analiz edilmiştir.

Gülersoy (2013) yaptığı çalışmada Marmara Gölü yakın çevresindeki arazi kullanım faaliyetlerinin zamansal değişimi, bu faaliyetlerin göl ekosistemine etkileri uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sahasının % 64,3'ünü tarım, % 23,3'ünü orman, % 8,8'ini mera, % 2,8'ini su, % 0,4'ünü yerleşim, % 0,4'ünü sucul bitki alanları oluşturduğu belirlenmiştir. Sahada 1986-

2011 yılları arasında arazi kullanımındaki en büyük değişim, % 173 oranında (598 ha) artışla yerleşim alanlarında yaşanmıştır. Buna karşın sucul bitki (% 21, 230 ha) ve mera alanlarındaki (% 18, 4508 ha) azalış dikkat çekmektedir. 1975-2011 yılları arasında % 6 oranında (369 ha) küçülen göl tarımsal gübre-pestisitlerin göl haznesinde birikmesiyle son 20 yıl içerisinde ötrofik göl konumundan hipertrofik konuma geçtiği belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde çalışma alanının konumundan, fiziksel özelliklerinden, çalışma yönteminden, zamansal değişim analizi, çalışma alanlarının 1990 ve 2010 yıllarına ait erozyon durumu ve toprak kayıpları haritalarının oluşturulması ve bu haritalarla oluşturulan veri tabanları yardımıyla toprak kayıplarının tahmin edilmesi için kullanılan 3 farklı toprak kayıp yönteminden (USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) detaylı bir şekilde bahsedilmektedir. Çalışmada kullanılan 3 farklı toprak kayıp yönteminden modelleme yaklaşımlarının farklı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Çakıt havzasında seçilen 10 kmx10 km.'lik 2 adet alanda yürütülmüştür(Şekil 3.1.). Çalışma alanının genel sınırları güneyde 34° 30^{I} (Akdeniz), kuzeyde 37° 50^{I} (Pozantı Dağını kapsayan) kuzey enlemleri ile, batıda 34° 15^{I} (Ulukışla batısı), doğuda 35° 20^{I} (Adana doğusu) doğu boylamlarını kapsamaktadır. Son 50 yıldan bu yana doğal bitki örtüsü tahrip edilerek tarıma açılma bu bölgede tipik bir özellik olarak görülmektedir. Çukurova, eski adıyla Kilikya; Adana, Mersin, Osmaniye ve Hatay illerini içine alan Güney Anadolu'daki coğrafi, ekonomik ve kültürel bir bölgedir. Çukurova batıda Anamur'dan başlamakta olup Akdeniz boyunca doğuya doğru uzanmakta, en kuzeyde Tufanbeyli'ye kadar genişlemekte, İskenderun Körfezi'ni kuşatmakta, güneyde Erzin'e dönmekte ve son olarak da Suriye sınırındaki Yayladağı'nda son bulmaktadır. Çekirdek alanı ise batıda Mersin'i, kuzeyde Kozan'ı, doğuda Osmaniye'yi ve güneyde Akdeniz'i kaplayan Çukurova düzlüğüdür (Anonim,2012b).

Karaisalı ilçe merkezi Torosların eteklerinde kurulmuştur. Adana'nın kuzeyinde ve şehre 47 km. uzaklıkta olan Karaisalı'nın yüzölçümü 1.775 km^{2}'dir. Denize uzaklığı 93 km. olup ilçe merkezinin denizden yüksekliği 241

m'dir(Anonim,2012b). 1990 sayımına göre toplam nüfusu 37.584 olup, 7.235'i ilçe merkezinde 30.349'u köylerde yaşamaktadır. Merkez bucağına bağlı 5l, Çatalan bucağına bağlı 22 köyü vardır (Anonim,2012c). Karaisalı İlçe topraklarının kuzeyinde Aladağlar, orta kesiminde hafif engebeli alanlar, güneyinde Çukurova yer alır. İlçenin başlıca akarsuları Seyhan Nehri, Çakıt Suyu, Körkün ve Eğlence çaylarıdır. Seyhan baraj gölünün bir bölümü ilçe toprakları içinde yer almaktadır (Anonim,2012b).



Şekil 3.1. Çalışma alanı (Google Earth)

Karaisalı, engebeli arazinin bittiği Toros dağlarının başladığı yerde kurulmuş, sırtını Toroslara dayamış, ovayı tepeden süzen, engebeyle dağ arasında köprü vazifesi gören bir yerleşim birimidir.

3.1.2. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

3.1.2.1. Jeoloji

Çukurova Bölgesi jeolojisi incelendiğinde bölgenin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle Çukurova bölgesi jeolojisini iki ana grupta incelemek olasıdır. Birinci grupta değişik yaşlı kireçtaşları, konglomera, marn ve benzeri materyalden oluşan yüksek araziler , ikinci grupta ise yakın zamanda depolanmış (Holosen) aluviyal materyaller yer almaktadır (Dinç ve ark.,1989).

Çukurova Bölgesinde stratigrafi, kaya türü, metamorfizma ve yapısal özellikleri açısından birbirinden farklı kaya birimleri yer alır. Farklı havza koşullarında oluşmuş, her biri farklı özellikler sunan kaya birimleri, batıdan doğuya doğru, Aladağlar, Doğu Toros Otoktonu, Adana baseni ve Misis-Andırın baseninden oluşur. Birbirleriyle tektonik ilişkili olan bu kaya birimi toplulukları Kambriyen-Kuvaterner zamanlarında oluşumunu tamamlamıştır. Yine bu zaman dilimi içinde bölgede değişik tektonik olaylar (kıvrımlar, faylar) gelişmiştir (Akın, 2011).

Karaisalı'da bulunan çalışma alanı, Çukurova bölgesinin batısında bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzeyindeki Toros dağları eşiklerinde yer alan yüksek araziler, farklı jeolojik yapıları birlikte içermektedir. Bu araziler pleistosende oluşmuş ve farklı derecelerde kristalizasyona sahip kireç taşları ve ile çeşitli oranda kireçle çimentolaşmış konglomeralardan ibaret eski deniz terasları ve yamaçları şeklinde tanımlanmaktadır(Özbek ve ark.1974). Bununla birlikte aynı yörede kuvaterner yaşlı konglomeralara da rastlanmaktadır(Gürbüz,1984). Ayrıca Kaliş formasyonları bu alanda önemli miktarlara ulaşmaktadır(Çavuşgil,1985). Alanın güneyindeki aluviyal ovanın bazı yörelerinde lokalize olmuş bir grup yüksek arazide dikkatleri çekmektedir. Bunlardan Akdeniz'e komşu Karataş tepeleri Eosen-Oligosen yaşlı kireçtaşları, kumtaşları. Kil taşları ve marn jeolojik materyallerin bir arada bulunmasıyla oluşmuştur (Schmidt, 1961).

3.1.2.2. Toprak

1 numaralı çalışma alanı Karaisalı ilçesi ve çevresinde bulunan Arapali köyü, Çakallı köyü, Güvenç köyü, Aktaş köyü, Başkıf köyünü kapsamaktadır (Şekil 3.2.). 1 numaralı çalışma alanında koluvyal topraklar ve kahverengi orman toprakları bulunmaktadır (Şekil 3.7.).

2 numaralı çalışma alanı Yanıkkışla köyü, Koçmarlı köyü, Durak köyü, Kelebek köyü, Çavuşlu köyü, Murtçukuru köyü, Çokak köyü, Kozoluk Köyü, Demirci köyü ve Bucak köyünü kapsamaktadır (Şekil 3.2.). 2 numaralı çalışma alanında koluvyal topraklar ve kahverengi orman topraklarının yanı sıra kırmızı Akdeniz toprakları da bulunmaktadır (Şekil 3.8).

Kırmızı Akdeniz Topraklarının doğal örtüsü Akdeniz iklimine öz çalı-maki topluluğudur. Kıyıdan uzaklaştıkça meşe yaygınlaşır. Bu örtü içinde incir, dut, zeytin serpilmiştir (DAHT,1974).

Kırmızı Akdeniz Toprakları, komşu bulunduğu Kahverengi Orman Toprağı ve Rendzinalardan, kırmızı renk özelliğiyle belirli şekilde ayrılır. Kahverengi Orman Toprağı ve Rendzinalarda renk koyu gri-gri kahverengidir. Üst toprak organik maddece zengin, daha yumuşak kıvamda ve kuvvetli taneli yapıdadır.

Kırmızı Akdeniz Toprakları sığ ve çok sığdır; derinlik en çok 50-60 cm.'ye ulaşır. Bünye genellikle killi tın ve kildir. Altta kil artışı olabilir. Yapı üstte taneli ve blok, altta bloktur. Kıvam sert ve sıkıdır; alta doğru sertlik artar. Organik madde üst toprakta % 1 – 1.5'tir, derinlikle düzenli olarak azalır. Yüzey ve profil kalker çakıllıdır, kaya çıkışları yaygındır (DAHT,1974).

Kırmızı Akdeniz Topraklarında pH nötr ve hafif baziktir. Organik maddenin düşüklüğü ve kil fraksiyonu içinde yüksek oranda Fe-oksitlerinin bulunması nedeniyle su ve besin tutma sıgaları ortadır. Değişen katyonlar içerisinde Ca + Mg baskındır. Na ve K derinlikle birlikte azalır (DAHT,1974).

Çalışma alanında bulunan Kuşçular Köyü ve Karaisalı İlçesi civarında Büyük Toprak Grubu olarak Kahverengi Orman Toprakları bulunmaktadır. Havzadaki dağlık arazilerde, değişik yaşlı kireç ana madde üzerinde, organik maddece zengin, koyu A1 horizonu bulunur (SHT,1974).

Kahverengi Orman Toprakları oluşumunda organik maddenin üst toprağa katılması, hafif kireç yıkanımı, renk ve yapı farklılaşmasıyla zayıf B oluşumu işlemleri etkindir (SHT,1974).

Kahverengi Orman Toprakları, değişik yaşlı parçalı kireçtaşı, killi şistler ve marn üzerinde oluşmuştur. Pozantı doğusunda ve Çamardı yakınındaki kireçtaşı Jura- Kretase yaşlıdır. Karaisalı çizgisinin doğusundaki geniş kesimse Orta Miosen yaşlıdır. Orman içinde açıklıklar, pırnal ve meşe çalılıkları ve kaya yüzeyleri geniş yer tutar. Kızılçam örtüde baskındır. Arada ardıç görülür. Örtü yüzeyin % 50 - 60'ını kaplar (SHT,1974).

Kahverengi Orman Topraklarının yayılım alanında dik, çok dik, sarp eğimler baskındır. Bu eğimler arasında hafif ve orta eğimler de önemli yer tutar. Yükselti 250 – 1250 metre arasındadır. Yüzel akış hızlı, drenaj iyi ve aşırıdır (SHT,1974).

Kahverengi Orman Toprakları, komşu ve bir arada bulunduğu Kireçsiz Kahverengi Ormanlardan, daha koyu renkli üst toprak ve profilde serbest kireç bulunuşuyla ayrılır. Rendzinalarda ise gövde çok daha koyu ve kromalar düşüktür. Gövde yada ana madde yüksek oranda kireç kapsar (SHT,1974).

ABC profilli tipik Kahverengi Orman Toprakları 40 -60 cm. derinliktedir. Fakat çoğu yerde gövde bundan daha sığdır. Litolojik birimler ve kaya çıkışları geniş alanları kapsar. Renk üstte koyu kahve ve koyu grimsi kahve arasındadır. Altta net kahve renklidir. Üst toprak taneli yapıda, dağılgan kıvamlı ve organik maddece zengindir. Varsa B daha sıkı kıvamlı ve blok yapılıdır. Bütün profil serbest kireç kapsar. Bünyeler ortadır. Sert kireçtaşı üzerinde oluşanlar daha ağır bünyeli ve B daha kırmızı renktedir. Yerel olarak B'de kil birikimi olabilir (SHT,1974).

Kahverengi Orman Topraklarında pH nötr ve hafif baziktir. Katyon değişim kapasitesi orta ve kolloidler bazlarca doygundur. Değişken katyonlardan Ca baskındır ve K+Na derinlikte azalır. Yarayışlı fosfor orta – düşük, potasyum yüksektir (SHT,1974).

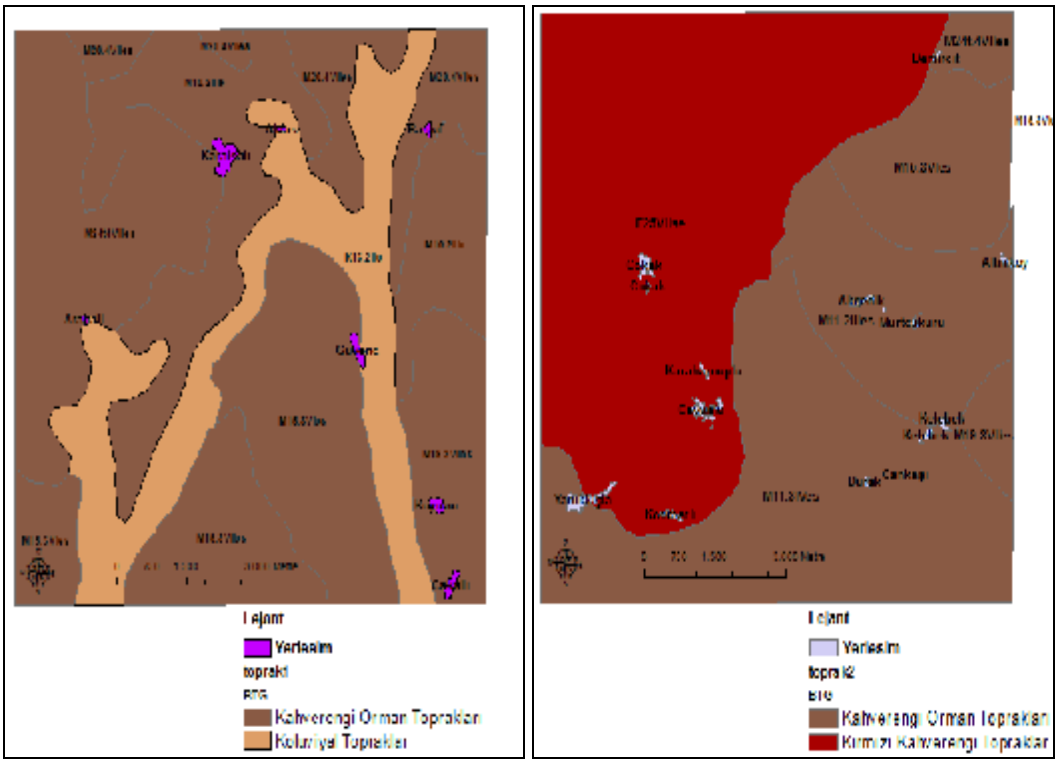
Kahverengi Orman Toprakları Adana kuzeyindeki eteklerden, Torosları 1000-1250 metre yükseltilere kadar olan güney yamaçlarını kaplar. Dağların sırtlarından sonra, kuzey yamaçları da Kahverengi Orman Topraklarının yayılım

alanıdır. Burası genellikle seyrek orman örtüsü altındadır. Güney yamaçlarda ve yükseltilerde orman örtüsü daha sıktır (SHT,1974).

Çalışma alanında yer alan Çakıt deresi ve Üçürge deresinin belirli kısımlarını çevreleyen toprakların Koluvyal topraklar olduğu belirlenmiştir. Yerçekimi ve küçük akıntılarla yamaçlardan taşınmış olup zerre büyüklüğüne göre yatay sıralanma göstermeyen yığıntılar koluvyal toprak materyalidir. Bu yığıntılar bulundukları kuşağın toprak oluşumunu göstermiyorsa Koluvyal olarak adlandırılır (SHT,1974).

Serbest kireç derinlikle artar. Organik madde de aynı şekilde derinlikle düzenli olarak azalır (SHT,1974).

Koluvyal topraklarda eğim % 1 – 6 arasındadır. Bazen bu sınırları aşar. Drenaj iyidir. Koluvyal toprak materyali çok çeşit orjinlidir. Genellikle çakıllı fakat kil oranı yüksektir. Bu toprağa her kuşakta, değişik iklim ve örtü koşullarında rastlanır (SHT,1974).



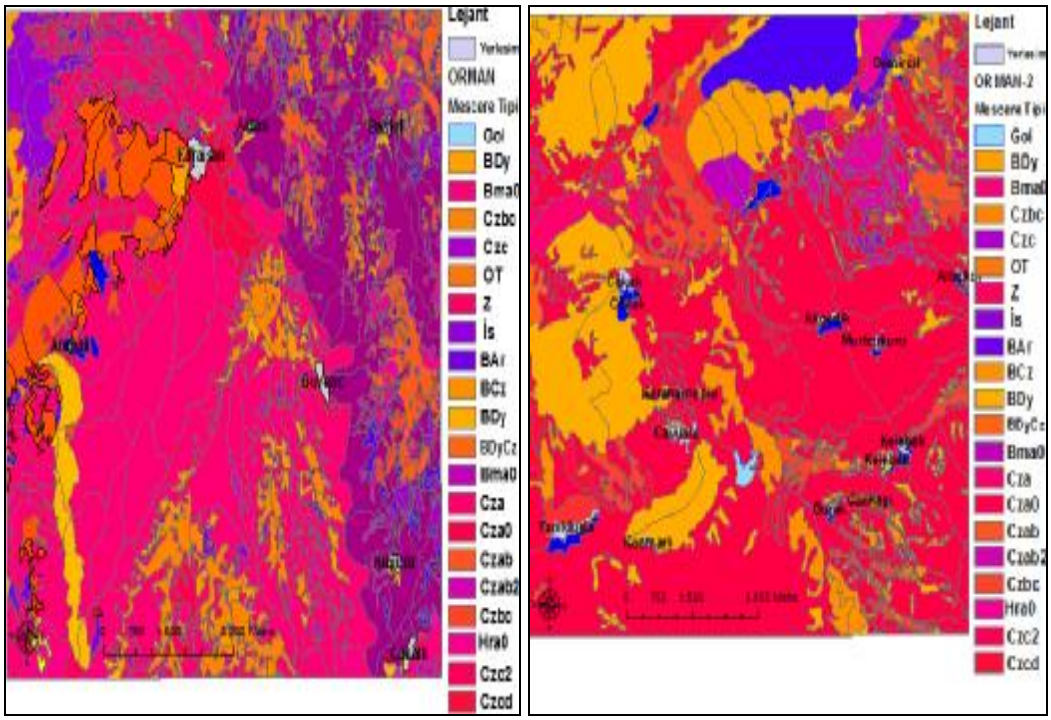
Şekil 3.2. Çalışma alanlarına ait Büyük Toprak Grupları Haritaları

3.1.2.3. İklim

Adana ilinde iki farklı iklim tipi görülür. Bunlardan birincisi, kıyı ve ovalardaki Akdeniz iklimi, ikincisi ise yüksek yerlerdeki karasal iklimdir. Akdeniz ikliminin karakteri yazlar sıcak ve kurak, kışların ılık ve yağışlı olmasıdır. Adana ilinin kuzey bölgeleri yüksek dağlarla çevrilmiş olması nedeniyle kuzey rüzgarlarına karşı kapalı oluşu yaz aylarının çok sıcak geçmesine neden olmaktadır. Yağışların yarısı kış aylarında diğer yarısı da ilkbahar ve sonbaharda görülmektedir.

Adana iline yaz aylarında yaklaşık 2-3 ay yağış düşmemektedir. Ayrıca kar yağışları da görülmemektedir. Ancak uzun dönemler içinde nadiren sulu kar görülmüştür. Günlük sıcaklığın 25°C'ye veya bu derecenin üstüne çıktığı yaz günü sayısı 179 gündür. Yaz sıcakları genellikle Mart ayında başlamakta Kasımda son bulmaktadır. Adana'da sıcaklığın 30 °C yi geçtiği tropik gün sayısı da 102'dir. Don olayı da az görülmektedir. 10 yılda bir beklenen en düşük sıcaklık -6.2 °C 'dir. Toprak içi sıcaklıklar sıfırın altına düşmemektedir. En fazla güneşlenme Temmuz, en az Aralık ve Ocak aylarında olmaktadır. Nispi nem ortalaması yaklaşık %65'dir. (Anonim, 2002).

Karaisalı, Akdeniz ikliminin özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Bölgede meydana gelen yağışlar, genellikle yamaç yağışları ve gezici hava kütlelerinin karşılaşması ile oluşur(Anonim,2012b). Karaisalı'ya ait T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1970-2012 verileri incelendiğinde en çok ortalama toplam yağış Aralık Ayında (142.9 mm.) görülmektedir. En az ortalama toplam yağış ise Ağustos Ayında (14.4 mm.) görülmektedir. Karaisalı toplam yağış ortalaması 849.5mm'dir. Özellikle yaz döneminde nem yüklü sıcak bir hava görülür.



Şekil 3.3. Çalışma alanlarına ait Orman Meşcere Haritaları

Karaisalı'da 43 yıllık ortalama sıcaklık 18.4^0 C'dir. En soğuk ay Ocak (9.0^0 C), en sıcak ay ise Ağustos (27.9^0 C)'tur. Yine 43yıllık verilere göre ortalama yüksek sıcaklık 24.1^0 C, ortalama düşük sıcaklık 13.9^0 C'dir.

3.1.2.4. Bitki Örtüsü

Adana ilinin potansiyel doğal bitki örtüsü güneyde Akdeniz kıyılarından başlayarak kuzeyde ve güneydoğudaki yükseltilere kadar farklı formasyonlarla temsil edilmektedir. Bu formasyonlar içerisinde Akdeniz Herdemyeşil Orman Kuşağı Formasyonu, Akdeniz Kıyı Formasyonu, Sub-Mediterran Meşe ve Çam Kuşağı Formasyonu, Sub-humit Akdeniz Kuşağı ve Göknar–Sedir Kuşağı Formasyonu bulunmaktadır (Akın,2011). Bölgenin karakteristik bitkisi ***Pinus brutia*** olup, deniz kıyısında 1200 m yüksekliğe kadar yayılış gösterir. Kızılçam ormanlarının tahrip edildiği yerlerde ikincil maki yaygındır (Şekil 3.3.) 'Primer Maki' olarak tanımlanan 'Potansiyel Doğal Bitki Örtüsü'nün niteliğini yitirmesiyle, Sekonder Maki ve Frigana formasyonlarının alana yerleşmesi Adana İli'ndeki Aktüel Bitki Örtüsü

içindeki ağaç türlerinin oluşumunu ve yayılımını önemli derecede etkilemiştir (Gültekin, 1974). Adana ili yakın çevresinde korunmuş alanlarda sekonder maki içindeki en yaygın türler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Adana İli Yakın Çevresi Bitki türleri(Akın,2011).

Arbutus andrachne	Myrtus communis
Laurus nobilis	Olea europa var. Sylvestris
Phillyrea latifolia	Pistacia terebinthus
Pistacia lentiscus	Erica manipuliflora
Ceretonia siliqua	Cistus salviifolius
Spartium Junceum	Pallirius spina-christii
Sytrax officinalis	Fontanesia phillyreoides
Vitex agnus-castus	Nerium oleander

Karaisalı'nın bitki örtüsü de Akdeniz iklimi özellikleri taşır. Yüksekliğin az olduğu yerlerde bodur ağaçlardan oluşan makiler görülür. Yüksekliğin fazla olduğu yerlerde ise ormanlar meşe, kızılçam, ardıç, göknar, sedir gibi ağaçlardan oluşur. Maki toplulukları, tahrip edilen ormanlık alanlarda görülür. Yaz mevsiminin kuraklığı ve uzunluğu bitki örtüsündeki çeşitliliği azaltır (Anonim,2012a).

3.1.2.5. Fauna

Tektonik yapıya göre oluşan iklim farklılıkları ile uyum sağlayan bitki dokusunun yayılımını göstermesinin ardından aynı yerlere yaban hayatı da yerleşmektedir. Seyhan Havzası'nın büyük bir bölümü Adana ili çevresinde kalmaktadır. Seyhan Irmağı'nın kolları Çakıt, Körkün, Eğlence, Zamantı Göksu kolları, Ceyhan Nehri ve deniz kıyısından göçer yaban hayatının her yıl geliş gidişi izlenebilmektedir (Akın,2011).

3.1.2.6. Hidroloji

Seyhan Nehri ve Baraj Gölü ile Ceyhan Nehri en önemli su kaynaklarıdır. Rejimleri diğer akarsular gibi düzensizdir. Seyhan Nehri (560 km), kuzeyde Toros

Dağlarından Zamantı Suyu adıyla çıkar, çeşitli kollardan sonra Göksu ile birleşerek Seyhan adını alır ve batıda İçel sınırında Deli Burnu'nda denize dökülür. Ceyhan Nehri (509 km.) Adana ve Akdeniz Bölgesi'nin ikinci büyük nehridir. Yeraltı suyu beslenim alanı Seyhan Baraj Gölü ve 2. DSİ sulama kanalı olduğundan, yeraltı suyu buralara atılan veya akıtılan katı ve sıvı atıkların kirletici etkisiyle kirlenmektedir (Akın,2011).

Karaisalı, akarsular bakımından zengin sayılabilecek düzeydedir. Seyhan Nehri ilçenin doğu sınırını oluşturur. Eğlence, Körkün ve Çakıt Çayları ile Üçürge Deresi her mevsim su bulunan akarsulardan olup Seyhan Nehrine dökülmektedir. Ayrıca yörede Çatalan ve Nergizlik Barajları mevcuttur. Çatalan Barajı Adana'nın içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır (Anonim,2012a).

3.1.2.7. Sosyo-Ekonomik Yapı

Çukurova Bölgesi tarih boyu doğal kaynakların zenginliği, sosyo-ekonomik yapının çeşitliliği nedeni ile sürekli istenilen ve yaşam yeri olarak seçilen bir bölgedir. Gerek ticaret kervanlarının, gerekse orduların geçiş yolları üzerinde olması Çukurova ve özellikle Adana yöresinin çeşitli kavimleri ile zengin medeniyetlere sahne olmasına yol açmıştır.

Yeni ve yakın çağ Adana tarihi incelendiğinde 19. Yüzyıl'ın ortalarına gelinceye kadar Adana'daki sosyal-ekonomik hayatta büyük değişimlerin olmadığı görülmektedir. 19. Yüzyıl'ın ortalarından itibaren Adana ve çevresinde pamuk üretiminin gelişmesi, bu durağanlığı bozmuştur. Avrupa ülkelerinin pamuk ticaretini yürütmek üzere kurmuş olduğu ulaşım ağı ve sanayileşme sosyo-ekonomik yapıda hızlı değişimlere neden olmuştur (AGBV, 1999).

Karaisalı'nın ekonomisi tarıma dayalıdır. Başlıca tarım ürünleri buğday, soya, arpa, pamuk, üzüm, portakal ve zeytindir. Ayrıca az miktarda mandalina ve yerfıstığı yetiştirilir. Dağlık bölgelerde hayvancılık ve ormancılık yapılır. Yaylacılık yöntemiyle küçükbaş hayvan besiciliği yaygındır (Anonim,2012b).

3.1.3. Temel Veri Ve Yazılımlar

Çalışmada, alana ait sayısal uydu veri seti, standart topoğrafık haritalar, jeolojik haritalar, iklim verileri, orman amenajman haritaları, il arazi varlıkları ve çeşitli kamu kuruluşlarından sağlanan bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada materyal olarak çalışma alanı, alana ait haritalar, uydu veri setleri, çalışma alanından alınan toprak örnekleri analiz sonuçları, raporlar kullanılmıştır. Ayrıca haritaları sayısallaştırmada A_0 sayısallaştırıcı ve ARCGIS 10 yazılımı, uydu verilerinin işlenmesinde ve erozyon modellemesine altlık oluşturmada ERDAS 8.6 görüntü işleme yazılımı, verilerin çakıştırılması sorgulanması ve erozyon modellenmesinde ARCGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. Farklı veri formatlarının birbirlerine dönüştürülmesinde ARCGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanındaki arazi örtüsü/kullanımı zamansal değişimlerinin belirlenmesi için IDRISI görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır.

3.1.3.1. Uydu Verileri

Çalışma alanına ait Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat 4-5 ve Landsat 7 ETM+ uydu verileri full frame olarak kullanılmıştır.

Tüm Landsat uydularındaki MSS'lerin ayırma gücü (gördüğü en küçük alan) 76 x 59 m , ETM'nin ayırma gücü ise (6. Bant hariç) 30 x 30 m'dir. Termal bantın (6. Bant) ayırma gücü 60 x 60 m'dir (Doğan, 2008).

Farklı Landsat uydularına ait özellikler çizelge 3.2.'de ve Landsat görüntülerine ait spektral bilgiler çizelge 3.3.'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı Landsat Uydularına ait Özellikler (Doğan, 2008)

ALGILAYICILAR	LANDSAT 4-5 MSS	LANDSAT 4-5 TM	LANDSAT 7
MEKÂNSAL ÇÖZÜMLEME	PAN: 30 m.- MS: 79 m	28.5 m	PAN: 15m– MS: 30-60m
SPEKTRAL ÇÖZÜMLEME	0.50 – 1.10	0.45 – 12.50	0.45 – 12.50
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME	6 Bit	8 Bit	8 Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME	16 Gün	16 Gün	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ	185 X 170 Km	185 X 170 Km	185 Km

Çizelge 3.3. Landsat görüntülerine ait spektral bilgiler (Doğan, 2008)

BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (µm)	KULLANIM ALANLARI
LANDSAT 4-5 MSS		
Bant1: Yeşil	0.50-0.60	Sağlıklı bitki ve su havzalarını belirleme
Bant2: Kırmızı	0.60-0.70	Bitki ayırma, toprak ve jeolojik sınırları kararlaştırma
Bant3: Yakın IR	0.70-0.80	Ürün rekolte tahmini ve toprak/ürün ve arazi/su ayrımı
Bant4: Yakın IR	0.80-1.10	Bitki gözleme ve pusa nüfuz etme
LANDSAT 4-5 TM		
Bant1: Mavi	0.45-0.52	Toprak/bitki ayırımı, Batimetri/sahil haritacılığı
Bant2: Yeşil	0.52-0.60	Yeşil bitkileri haritalama, kültürel iskan özellikleri
Bant3: Kırmızı	0.63-0.69	Bitki türlerinin ve toprak/ürün ve arazi/su gibi alanların ayrılması
Bant4: Yakın IR	0.76-0.90	Canlı ve sağlıklı bitki alanı, toprak/ürün ve arazi/su gibi
Bant5: Orta IR	1.55-1.75	Bitki ve toprak nem, kar, buz ve bulut sahalarını ayırma
Bant6: Termal IR	10.40-12.50	Bitki ve sağlıksız ürünleri ayırma, termal kirlenme
Bant7: Orta IR	2.08-2.35	Jeolojik kaya tiplerini ve toprak sınırlarını ayırmak
LANDSAT 7		
Bant1: Mavi	0.45-0.52	Landsat 4 ve 5 kapsamındaki MSS ve TM bantlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.
Bant2: Yeşil	0.52-0.60	
Bant3: Kırmızı	0.63-0.69	
Bant4: Yakın IR	0.76-0.90	
Bant5: Orta IR	1.55-1.75	
Bant6: Termal IR	10.40-12.50	
Bant7: Orta IR	2.08-2.35	
PAN	0.52-0.90	

3.1.3.2. Standart Topoğrafik Haritalar

Çalışma alanına ait, sayısal topoğrafik haritanın oluşturulmasında, toplam 6 paftadan oluşan 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılmıştır. Bu paftalar N34a4, N34d1, N34d4, N33b3, N33c2 ve N33c3 isimli paftalardır. Topoğrafik haritalarda yer alan eşyükselti eğrileri, karayolları, demir yolları ve yerleşim alanları, çalışma alanında yer alan su hatları (dere ve kuru dereler) tanımlanarak sayısallaştırılmıştır (ESRI, 1994). Sayısallaştırmada eşyükseltiler, karayolları, demir yolları dere ve kuru

dereler çizgi, yerleşim alanları poligon olarak tanımlanmıştır. Böylece koordinat sistemine sahip ölçekli sayısal topoğrafik harita hazırlanmıştır. Sayısal topoğrafik harita sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasında, uydu verilerinin arazi kontrollerinde ve sonuç haritalarının basımında altlık olarak kullanılmıştır.

3.1.3.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

Sayısal yükseklik modelinin oluşturulması için 6 pafta topoğrafik haritadan oluşturulan sayısal topoğrafik haritada bulunan 10 m'de bir geçen eşyükselti eğrileri kullanılmıştır. Bu veriler ARCGIS 10 yazılımının 3D Analyst Modülü içindeki Raster Interpolation menüsü altında bulunan Topo to Raster yardımıyla alanın sayısal yükseklik modeli hazırlanmıştır. Oluşturulan sayısal yükseklik modeli RUSLE modelinde LS faktörü oluşturulmasında, G2 modelinde T faktörü oluşturulmasında ve mMMF modelinde H ve TC'nin hesaplanmasında kullanılmıştır.

3.1.3.4. Havza Raporları ve Toprak Haritaları

Çalışma alanını kapsayan, Topraksu Genel Müdürlüğünce 1974 yılında basılan Seyhan Havzası Toprakları Raporu ve Topraksu Genel Müdürlüğünce 1974 yılında basılan Doğu Akdeniz Havzası Toprakları Raporu, ve bu raporlara ait 1:200.000 ölçekli Toprak Haritaları (Topraksu işleri Gen. Müd. 1970) yapılan çalışmada kullanılmıştır.

3.1.3.5. Jeolojik Haritalar

Çalışmada, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünce hazırlanan, çalışma alanına ait 1:25.000 ölçekli jeolojik haritalar kullanılmıştır. Bunlar N34a, N34d ve N33c2 pafta numaralı jeoloji haritalarıdır.

3.1.3.6. Orman Meşcere Haritaları

Çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı Orman Genel Müdürlüğünce hazırlanan, çalışma alanına ait 1:5.000 ölçekli orman kadastro haritaları ve 1:25.000 ölçekli orman meşcere haritaları kullanılmıştır.

3.1.3.7. Diğer Çalışma Raporları ve Araştırma Sonuçları

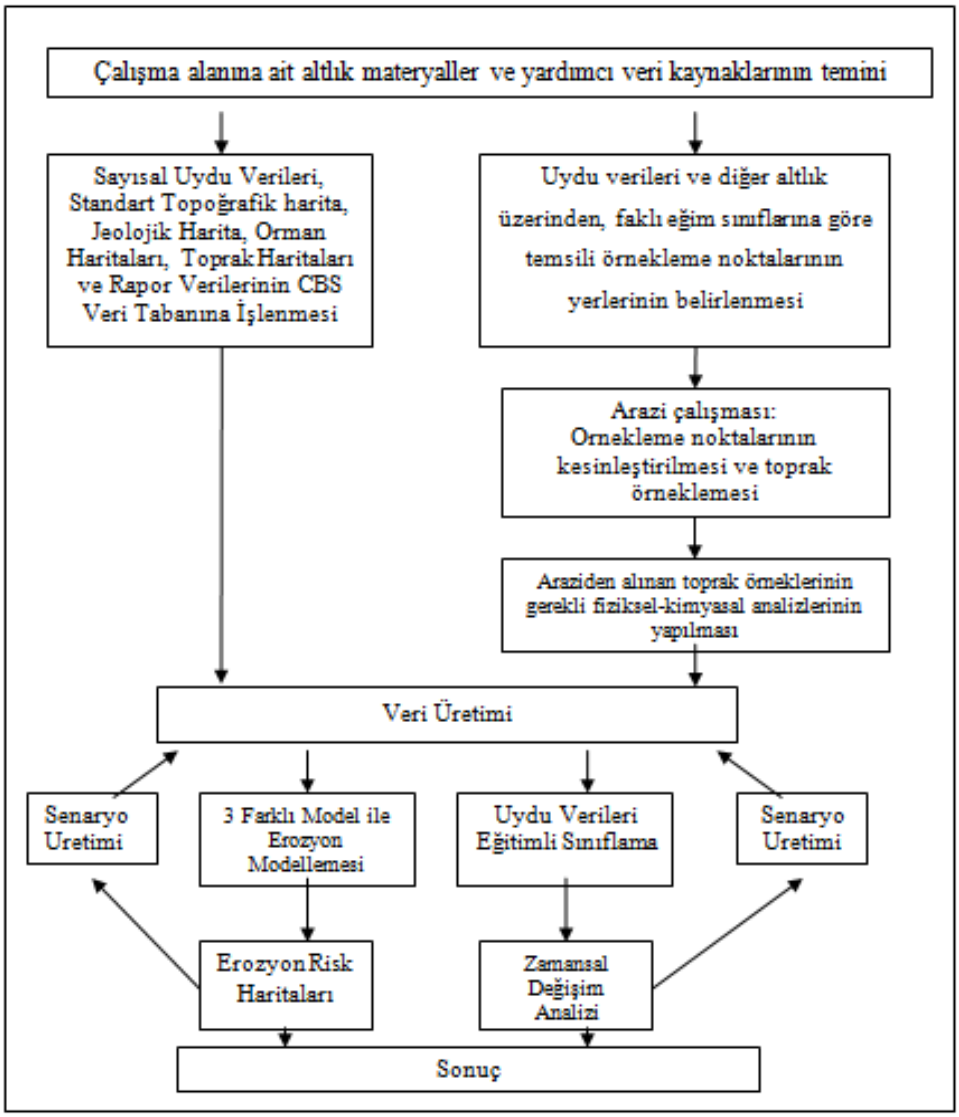
Çalışma alanı bölgesine ait, çeşitli kamu kurumlarının bölge, il veya ilçe müdürlüklerince ve üniversitelerin igili bölümlerince çalışma alanıyla ilgili hazırlanan jeolojik, hidrolojik, istatistik çalışmalar, bu çalışmalara ait raporlar, çalışma alanında yapılmış araştırma sonuçları incelenmiş ve kullanılmıştır.

3.2. Metod

Bu araştırma, uydu verileri, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak Çakıt Havzasında seçilen alanlarda, çalışma alanından belli başlı sınıflarla eğitimli sınıflama yaparak zamansal değişim analizleri yapmak, 3 farklı toprak kayıp yöntemi kullanarak (USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) çalışma alanlarına ait 1990 ve 2010 yıllarına ait erozyon durumu haritalarının oluşturulması , 3 farklı toprak kayıp yöntemi kullanarak (USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) elde edilen verileri karşılaştırarak, Çakıt Havzasında ve benzeri havzalarda en uygulanabilir olan erozyon modelini belirlemek ve literatürde yeni sunulan revize G2 modelini test edebilmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalışmanın akış şeması şekil 3.4'de verilmiştir.

Çalışma iki temel yaklaşım üzerine kuruludur. Bunlardan birincisi çalışma alanı arazi örtüsü zamansal değişim analizleri, ikincisi ise toprak kayıplarının 3 faklı erozyon modeli kullanarak geçmişten günümüze tahminidir. Çalışma alanı için kullanılacak harita projeksiyonu UTM ve datumu WGS 84 olarak seçilmiş ve çalışma alanına ait tüm haritalar ve veriler seçilen bu formatta bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan haritalarda yer alan her bir özellik için veri tabanı hazırlanmıştır. Bu sayısal haritalar ve veri tabanları kullanılarak

kullanılan 3 erozyon farklı toprak kayıp yönteminin (USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney, revize G2) risklerini model parametreleri üretilmiş ve üretilen harita katmanları CBS ortamında modelin metodolojisine uygun olarak ilişkilendirilmiştir. Böylece her 3 modelde geçmişten günümüze erozyon durumu belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Çalışmada izlenen işlem ve metotların akış diyagramı

Erozyon modellerinde bulunan toprak faktörlerinin oluşturulmasında (RUSLE - K faktörü, revize G2 – S faktörü ve mMMF - K değeri) kullanılmak üzere,

belirlenen 2 çalışma alanında, mevcut uydu verileri ve diğer altlık üzerinden farklı arazi kullanımı, toprak çeşitleri ve eğim sınıflarına göre homojen dağılımlı, 88 adet temsili örnekleme noktaları belirlenmiştir. Arazi çalışmaları yapılarak örnekleme noktalarının kesin yerleri belirlenmiş ve örneklenmesi uygun görülen 56 noktadan 0-20 cm. derinliği temsilen toprak örnekleri alınmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin gerekli fiziksel-kimyasal analizleri olan organik madde ve tekstür analizleri, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuarlarında yapılmıştır.

Farklı bitki örtüsü ve arazi kullanımı, yapılan arazi çalışmaları ile belirlemiş ve, kontrollü (eğitimli) sınıflandırmada kullanılacak olan sınıflar tespit edilmiştir.

3.2.1. Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri

Sayısal görüntü işleme, bilgisayar ortamında çeşitli matematik algoritmaları kullanarak istenilen amaca uygun uzaktan algılama verilerini yorumlanabilir hale getirmek için yapılmaktadır. Bu yöntemler sırasıyla; görüntü düzeltme, görüntü zenginleştirme, görüntü sınıflandırma ve veri entegrasyonudur (Ün, 2006).

3.2.1.1. Görüntü Düzeltme

Uzaktan algılamada uydu görüntüleri üzerinde çalışma yapmak için uydu görüntüsü bazı işlemlerden geçirilmektedir. Genellikle uydu platformu ve dünyanın eğikliğinden kaynaklanan hatalar görüntü alımı sırasında giderilmektedirler. Ayrıca, uydu görüntüsünü yeryüzünün coğrafi koordinat düzlemine yerleştirmek için de geometrik düzeltme yapılmaktadır.

3.2.1.2. Geometrik Düzeltme

Uzaktan algılama verilerinin sağlıklı olarak kullanılması için yapılması gereken en can alıcı işlem geometrik düzeltme işlemidir. Yapılan hassas bir geometrik düzeltme, üretilecek yeni altlıkların güvenirliliğiyle aynı oranda

orantılıdır. Algılayıcı platformun duruşu ve yüksekliğinden kaynaklanan hatalar sistematik olmayan hatalar ve diğer hatalar ise sistematik hatalardır. Sistematik hatalar, hata kaynağına göre yapılan bir takım düzenlemelerle giderilmektedir. Sistematik olmayan hatalar, görüntüdeki pikseller ve bu piksellere karşılık gelen noktaların topoğrafik haritalardaki koordinatları veya arazide GPS ile saptanan nokta koordinatları arasında bir takım matematiksel ilişkiler kurularak giderilmektedir. Geometrik düzeltme işlemi, sayısal ortamda bulunan uydu görüntülerinin eğilme ve bükülmelerini gidererek elde edilen uydu görüntüsünü harita formunda kullanma için gerçekleştirilir. Dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenir. Bunun için yer kontrol noktalarına (YKN) ihtiyaç duyulmaktadır (Jensen, 1996). Geometrik dönüşümde kullanılan yer kontrol noktalarında aranan temel özellik, kolayca belirlenebilmeleri ve yüksek konum doğruluğuna sahip olmalarıdır. Geometrik düzeltme yapılması için YKN'nın yeri, görüntü ve harita üzerinde kolaylıkla bulunabilecek doğal (dere-dere kesişim, dere-yol kesişim) ve yapay (köprü, binalar, vb.) belirgin hatlardan seçilmelidir. Hangi boyuta sahip olursa olsun, yer kontrol noktası olarak seçilecek nesnenin zamanla konumunun ve şeklinin değişmediğinden emin olunması gereklidir. Bu nedenle Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaların koordinatlandırılmış veriler birincil koordinat veri kaynağı olarak kabul edilmiştir. Coğrafi dönüşüm matrisi olarak aşağıdaki denklemlerden yararlanılmaktadır. Burada; x_0 ve y_0 dönüşüm sonrası nokta koordinatları, x ve y dönüşüm öncesi nokta koordinatları, a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2 dönüşüm matrisi katsayılarıdır. Dönüşüm sonrası referans veri ile düzeltilmiş görüntü koordinatları arasındaki dönüşüm hatası, her bir kontrol noktasının karesel ortalama hatası ile belirlenir ve aşağıdaki formülle hesaplanır (ERDAS, 2002; Ün, 2006; Doğan, 1998).

$$X_0 = a_0 + a_1 x + a_2 y \quad (3.1)$$

$$Y_0 = b_0 + b_1 x + b_2 y \quad (3.2)$$

$$RMS = \sqrt{(x_0 - xorj)^2 + (y_0 - yorj)^2} \quad (3.3)$$

Denklemde, x_0 ve y_0 dönüşüm sonrası nokta koordinatlarını, xorj ve yorj ise dönüşüm öncesi orijinal nokta koordinatlarını göstermektedir. Görüntünün geometrik olarak düzeltilmesi işleminden sonra, görüntünün piksel değerleri yeniden hesaplanır. Yeniden örnekleme adı verilen bu işlem üç adımda yapılır. İlk olarak görüntü üzerinde koordinatları tarafımızca bilinen kontrol noktaları belirlenir. Bu koordinatlar, genellikle sayısal veya kağıt altlıklarda bulunan topoğrafik haritalardan ya da GPS ile elde edilir. Kontrol noktaları belirlendikten sonra, bu koordinatlar yardımı ile görüntü, belirlediğimiz bir dönüşüm yöntemi ile lokal koordinat sistemine dönüştürülür. Son olarak dönüştürülmüş görüntüdeki piksellerin sayısal değerleri (Digital Number-DN) tekrar hesaplanır. Bu aşamada görüntünün konumsal çözünürlük değeri değistirilebilir. Bunların gerçekleştirilmesi aşağıda açıklanan üç yöntemle yapılabilir. Bunlar; en yakın komşuluk yöntemi, bilineer entepolasyon yöntemi ve kübik katlama yöntemidir. Burada, hangi geometrik düzeltme yöntemi kullanılırsa kullanılsın atılacak yer kontrol noktaların görüntü üzerine homojen dağıtılması gereklidir (Campbell, 1996; Ün, 2006). Çalışmada görüntülerin geometrik doğrulanmasında en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır.

En Yakın Komşuluk Yöntemi: Bu yöntemde piksellerin parlaklık değerleri değişmez ve dönüşüm süresi kısadır. Geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri, girdi görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir. Campbell (1996)'a göre en yakın komşuluk yöntemi, üç yöntem içinde hesaplama açısından en hızlı ve en verimli olanıdır (Campbell, 1996; Ün, 2006).

3.2.1.3. Uydu Görüntülerinin Kontrollü(Eğitimli) Sınıflandırılması

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kontrolsüz (eğitimsiz) ve kontrollü (eğitimli) sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Arazide, sınıfı bilinen yeterince örnek piksel, ya da bunlarla ilgili olasılık dağılım bilgisi bulunduğu için çalışmada kontrollü (eğitimli) sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada, çalışma alanına ait Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat 4-5 ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerine kontrollü (eğitimli) sınıflandırma yapılmıştır.

Kontrollü (eğitimli) sınıflandırmada, görüntü üzerinde benzer bölgeleri sınıflar (signature) halinde birleştirme işlemi yapılmaktadır. Sırasıyla; alanda sınıf eğitim kontrol alanları belirlenir, sınıflandırma yapılır, yapılan sınıflamanın başarısı denetlenir ve yeterli başarı oranı sağlanırsa raster halden vektör hale dönüşüm yapılır (Hall, 1994). Çalışmada, yapılan sınıflamalar raster halde kullanılmıştır.

Sınıf kontrol alanları, tüm görüntüde sınıflandırma işlemine ait istatistik bağlantıları kontrol etmek ve sınıflandırma işlemini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Oluşturulan algoritmadaki sınıf kontrol verileri uzaktan algılamadaki eşik değerini ifade etmektedir. Bilgi sınıfları veya arazi örtüsü sınıfları oluşacak tematik haritadaki katmanlardır (Çoban, 2006). Sınıf kontrol alanlarına ait veriler, mümkün oldukça uydu görüntüsünün kaydedildiği tarihe yakın bir zaman dilimde arazide toplanmalıdır. Doğru bir sınıflandırmanın yapılabilmesi, sınıf kontrol alanlarının arazide homojen şekilde belirlenmesi ve yeterli sayı ile büyüklükte tanımlanması ile mümkündür (Lillesand ve Kiefer, 2000).

Landsat uydu görüntüleri sınıflandırılırken, uydu görüntüsünde öncelikle çok sayıda sınıf belirlenmiş, yapılan arazi çalışmaları ışığında uydu görüntüsünde belirlenen sınıflar arazide doğrulanmış ve tüm çalışma alanını temsil eden baskın sınıf sayısı 6 sınıf olarak belirlenmiştir. Kullanılan uydu görüntüleri (Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat uydu görüntüleri) için bu belirlenen 6 sınıf kullanılmıştır.

Yapılan Kontrollü (eğitimli) sınıflandırmada, her bir uydu görüntüsü (Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat uydu görüntüleri) için ayrı ayrı, önce görüntü üzerinde benzer bölgeleri sınıflar (signature) halinde birleştirme işlemi yapılmıştır. Her bir uydu görüntüsü için oluşturulan signature dosyaları ile o yıla ait uydu görüntüsü yapılan Kontrollü (eğitimli) sınıflandırmada, En Yüksek Benzerlik (Maksimum – Likelihood) algoritması seçilmiştir.

En Yüksek Benzerlik (Maksimum – Likelihood) yönteminde öncelikle arazi sınıflarına ilişkin sınıf kontrol alanlarına ait istatistiksel değerler hesaplanır. Daha sonra görüntü üzerinde bilinmeyen her bir pikselin en çok benzer olduğu sınıfa ataması yapılır (Ün, 2006).

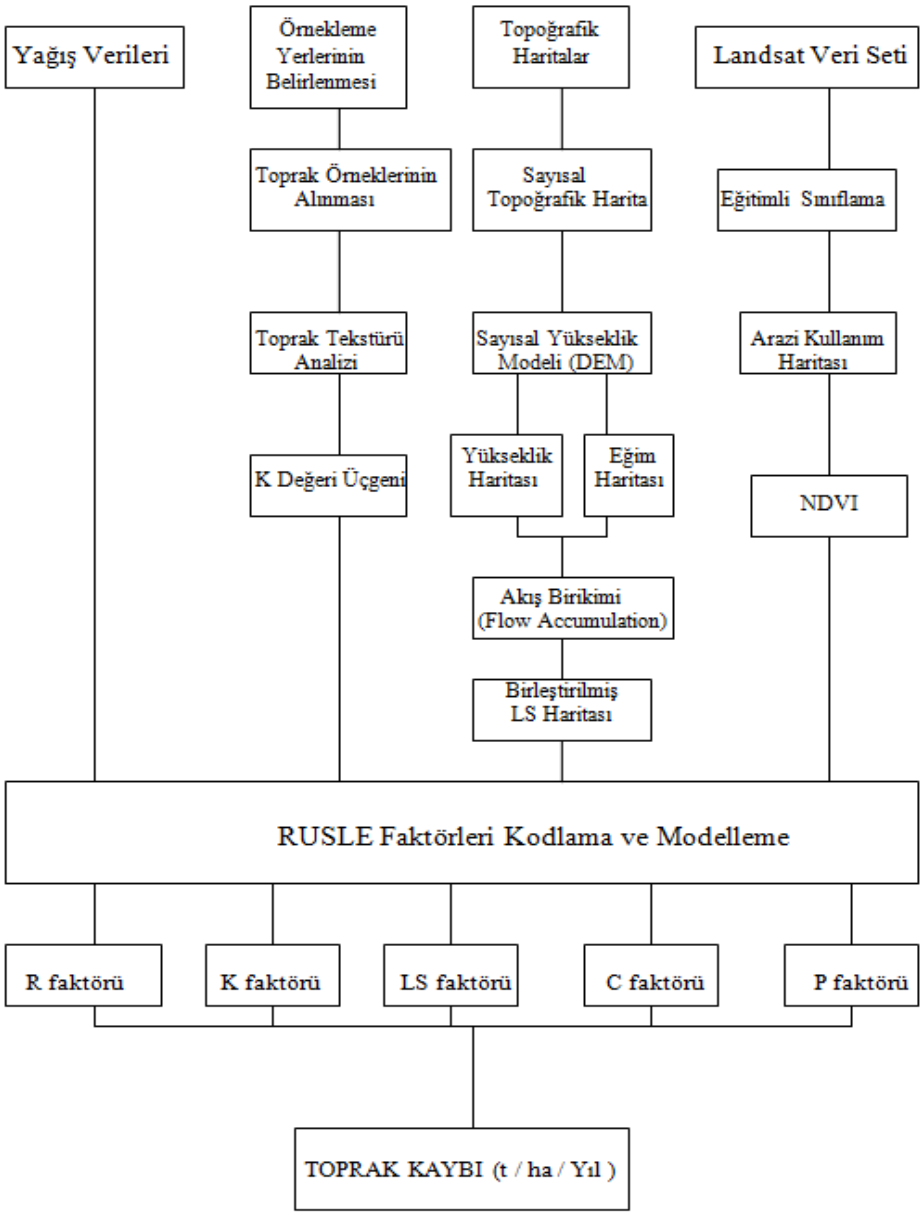
Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yıllarına ait eğitimli sınıflandırılmış Landsat uydu görüntüleri, Erdas 8.6 uydu verisi görüntüleme ve işleme yazılımının Interpreter menüsü altındaki GIS Analyses alt menüsü içinde bulunan Recode komutu kullanarak, IDRISI yazılımında yapılacak olan Çapraz Snınflama (Crosstab) Analizlerinde kullanılmak üzere recode edilmiş ve 1984, 1990, 1999 ve 2010 yılına ait recode görüntüler raster olarak elde edilmiştir.

1984, 1990, 1999 ve 2010 yılına ait raster formatındaki recode görüntülerin formatı IDRISI yazılımı formatına dönüştülmüş ve IDRISI yazılımında Çapraz Sınıflama (Crosstab) Analizleri yapılmış ve belirlenen sınıfların 1984 – 1990, 1990 -1999, 1999 – 2010 yıllarına ait zamansal değişimleri tespit edilmiştir.

3.2.2. Erozyon Modellemesi

3.2.2.1. RUSLE (Revize Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini Denklemi) Modeli

Çalışmada RUSLE modeli kapsamındaki faktörlerin hesaplanmasında kullanılacak veriler bu verilen kaynakları ve temel aşamalar Şekil 3.5.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. RUSLE Modeli Akış Diyagramı

Revize Üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (RUSLE) erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir.

Denklem aşağıda belirtilen faktörlerin çarpımından ibarettir:

$$A = R . K . L . S . C . P \quad (3.4)$$

Bu denklem her iki çalışma alanı için; 1990 ve 2010 yılı verileri kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmış ve 2 alanın 1990 ve 2010 yılı RUSLE erozyon değerleri elde edilmiştir.

Formülde bulunan P faktörü literatürdeki RUSLE uygulamalarında genellikle 1 alınmaktadır. Prasannakumar ve ark.(2011) yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanım / arazi örtüsü için 0-1 aralığında P faktör değerleri belirlemiştir.

Yapılan çalışmada P faktörü hem 1 hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri kullanılarak 2 çalışma alanının 1990 ve 2010 yılı RUSLE erozyon değerleri elde edilmiş ve P=1 ile elde edilen her 2 alanın 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P değerleri ile elde edilen 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri karşılaştırılmıştır.

3.2.2.1.(1). Yağış Faktörü (R)

Yağış (R) faktörü yağışın akışa dönüşmesiyle oluşturduğu toprağı taşıma etkisidir. RUSLE diğer faktörler sabit kalması koşulunda yağmur şiddeti ve toprak kaybı arasında doğru orantı olduğunu kabulünü benimsemektedir. Yağmur aşındırma faktörü, yağış şiddeti (E) ve maksimum 30 dakika yağış derinliğinin (I30) yıl boyunca olan tüm yağışlar için toplanmasıyla elde edilir. Bu işlemde yağmur damlalarının düşmesi ve akışı sırasında oluşan hareket ettirme etkisi hesaplanır (Wishmeier ve Smith, 1978; Erdoğan, 2012). Fakat gelişmekte olan birçok ülkede gözlem istasyonlarınca yağmur şiddeti ölçülmemektedir. Bu nedenle yağmur şiddeti verisi bulundurmayan çalışma alanları için bu ilişkiyi yıllık ortalama yağışı kullanarak tahmin eden eşitlikler kullanılmaktadır.

Bu eşitliklerden en yaygın olarak kullanılanlarından biri Arnoldus (1980)'ye ait eşitliktir:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1,735 \; x \; 10^{\frac{1,5 \log p_i^2}{P - 0,8188}} \qquad (3.5)$$

Burada;

p_i : Aylık ortalama yağış,

P : Yıllık ortalama yağıştır.

Bir diğer yaygın olarak kullanılan eşitlik ise Harper (1987)'ya ait eşitliktir. Bu eşitlik El- Swaify ve ark. (1985), Funnpheng ve ark. (1991), Bahadur (2008) ve buna benzer birçok çalışmada kullanılmıştır:

$$R = 38,5 + 0,35r \qquad (3.6)$$

Burada;

r : Yıllık ortalama yağıştır (mm. Cinsinden)

Yapılan çalışmada Harper (1987)'ya ait eşitlik kullanılmıştır. Seçilen çalışma alanları için 1990 yılı ve 2010 yılı R değerleri 3.6 formülünden hesaplanmıştır. Çalışma Alanı 1 için 1990 yılı R değeri = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Çalışma Alanı 1 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1} hesaplanmıştır. Çalışma Alanı 2 için 1990 yılı R değeri = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Çalışma Alanı 2 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1} hesaplanmıştır. Çalışma alanını kapsayan 1 meteoroloji istasyonu bulunduğundan elde edilen R değerleri tüm çalışma alanlarına uygulanmış, interpolasyon yapılmamıştır.

3.2.2.1.(2). Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K)

Toprağın aşınmaya duyarlılık faktörü, standart USLE'de devamlı nadas altındaki parsellerde (22.13 m. uzunluğunda ve % 9 eğime sahip) toprağın doğal aşınımını ölçer(Renard ve ark. 1997). Toprağın aşınmaya duyarlılık faktörü (K) bir toprak karakteristiği olarak, toprağın erozyon güçleri tarafından ayrılma ve taşınmasına olan hassasiyetinin bir ölçüsüdür. Bu faktör mevsimlere ve toprağın çeşidine göre değişmektedir. Bu faktör, yağmur damlalarının etkisi ile toprak koparılma ve taşınması, topoğrafya ve toprak işleme sonucu yüzey pürüzlülüğünden dolayı yerinde depolanma ile toprak profiline yağmur suyunun infiltrasyonunu içermektedir (Özsoy, 2007).

K faktörü ile diğer USLE faktörleri arasında karşılıklı bazı bağımlılıklar bulunmaktadır. K değerlerini etkileyen toprak fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri ve bunların karşılıklı etkileşimleri çok sayıda ve farklıdır. Doğada birçok erozyon faktörü aynı zamanda faaliyet göstermektedir ve bunların her biri belli bir toprak özelliğine bağlı bulunmaktadır. Bu nedenle, her bir toprak için K değerlerinin doğru bir biçimde tanımlanması mümkün değildir. Önceki toprak suyu ve toprak yüzeyi koşullarından ve toprak özelliklerindeki mevsimsel değişmelerden dolayı K değerlerinin tahmini zordur. Dolayısıyla toprak kaybı tahminlerinde mevsimlik K değerlerinin hataları azaltabileceği düşünülmektedir (Özsoy, 2007)

Standart koşullar, eğim oranının % 9 ve eğim uzunluğunun 22,13 m olduğu, devamlı nadas uygulanan ve eğim boyunca sürüm yapılan koşullardır. Bu koşullarda L=S=C=P=1'dir(Wischmeier ve Smith 1978). Türkiye'de bu faktörün kesin olarak saptanması ile ilgili denemeler sürdürülmeye devam etmektedir, fakat henüz yeterli sonuç alınabilmiş değildir.

Wischmeier ve Smith'in (1978) geliştirdiği matematiksel yaklaşım K değerinin deneysel olarak belirlenemediği yerlerde kullanılabilen ve toprağın organik madde, tekstür, strüktür ve geçirgenlik değerlerine göre belirlenen bir eşitliktir. Toprağın aşınmaya duyarlılık faktörünün (K) hesaplanmasında kullanılan bu denklem 3.7 :

$$100 \times K = (2{,}1 \times 10^{-4}) \times (12\text{-}OM) \times M^{1{,}14} + 3{,}25 \times (S\text{-}2) + 2{,}5 \times (P\text{-}3) / d \quad (3.7)$$

Burada;

K : Toprağın erozyona duyarlılık faktörü.

OM : % organik madde.

S : Toprak strüktür sınıfı (1-6).

P : Toprak su geçirgenliği kodu (permeabilite).

M : Zerre irilik parametresi.

d : Metrik sisteme dönüştürme katsayısıdır (d = 7,59).

Eşitlikte yer alan M parametresi aşağıda verilen Denklem 3.8 yardımıyla belirlenmektedir.

$$M = (\%\ silt + \%\ çok\ ince\ kum) \times (100 - \%\ kil) \quad (3.8)$$

Renard ve ark. (1997) tarafından geliştirilen sadece toprağın tekstür (kil, silt ve kum oranları) verisini kullanarak K faktörünü hesaplayan eşitlikler de RUSLE yöntemi kapsamında tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (3.8, 3.9).

$$K = 0{,}0034 + 0{,}045 \cdot \exp\left[-0{,}5\left(\frac{\log D_g + 1{,}659}{0{,}7101}\right)^2\right] \quad (3.9)$$

$$D_g = \exp\left(\sum f_i \ln\left(\frac{d_i + d_{i\text{-}1}}{2}\right)\right) \quad (3.10)$$

Burada;

K : Toprağın erozyona duyarlılık faktörü.

Dg : Kil, silt ve kum sınıfları için parça çaplarının geometrik ortalaması,

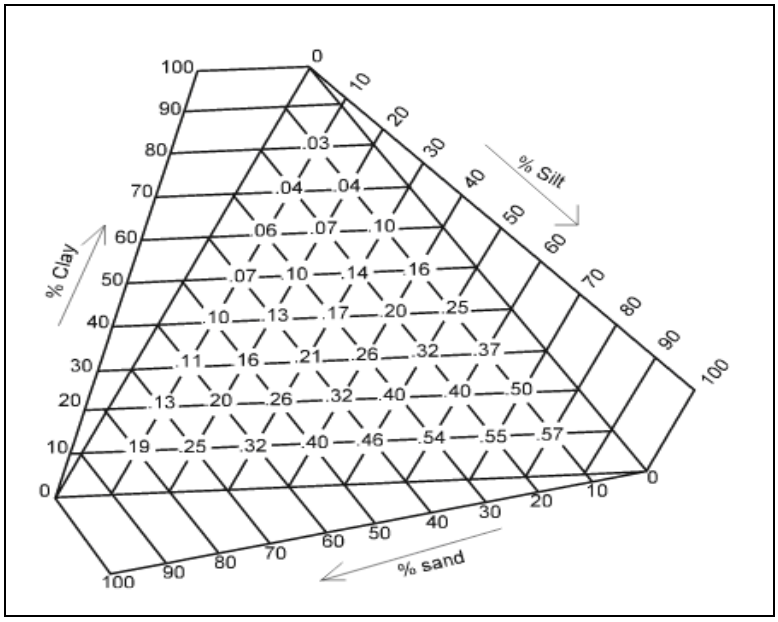
di : her sınıf için maksimum çap,

di-1 : her sınıf için minimum çap,

fi : her sınıf için yüzde parça boyutudur.

Ayrıca birçok ülkede yapılan çalışmalarda, K faktörü genellikle toprak nomograflarının kullanılmasıyla değerlendirilir. Bununla birlikte, silt fraksiyonunun % 70'i geçmediği topraklar için Wischmeier ve Smith'in (1978) geliştirdiği matematiksel yaklaşım tavsiye edilmektedir.

Yapılan çalışmada Monchareonm (1982) tarafından tavsiye edilen toprak tekstürü baz alınarak oluşturulmuş K değer üçgeni kullanılmıştır (Şekil 3.6).

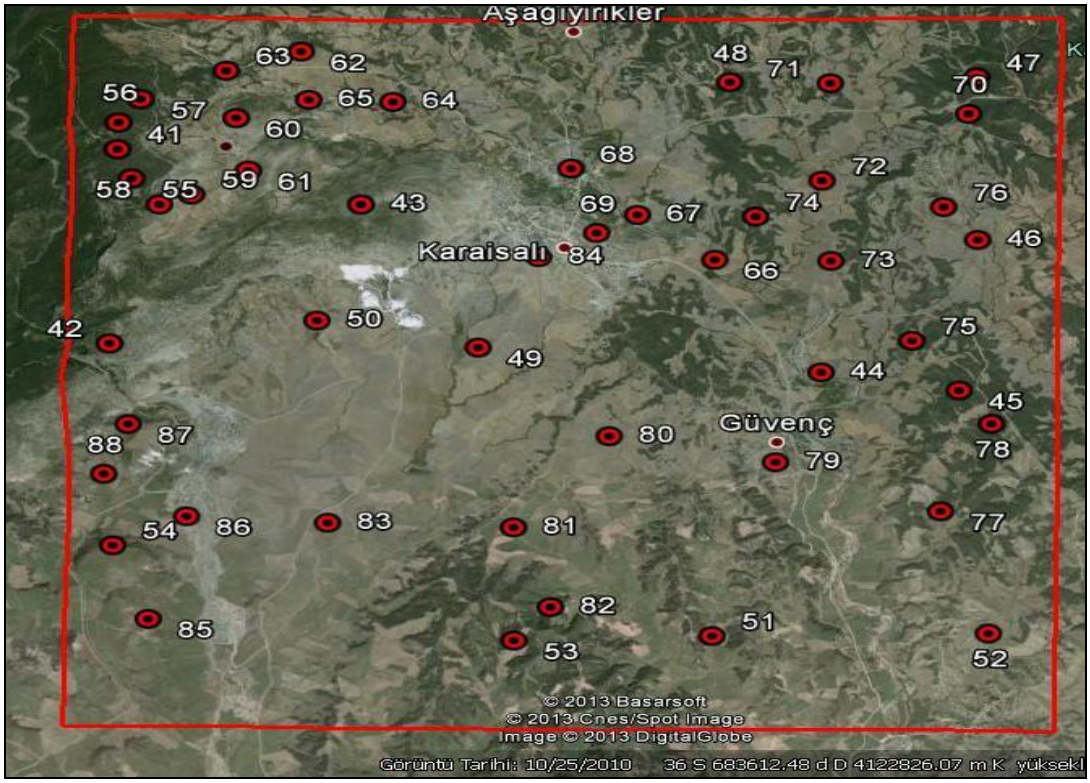


Şekil 3.6. K değeri üçgeni (Monchareonm, 1982)

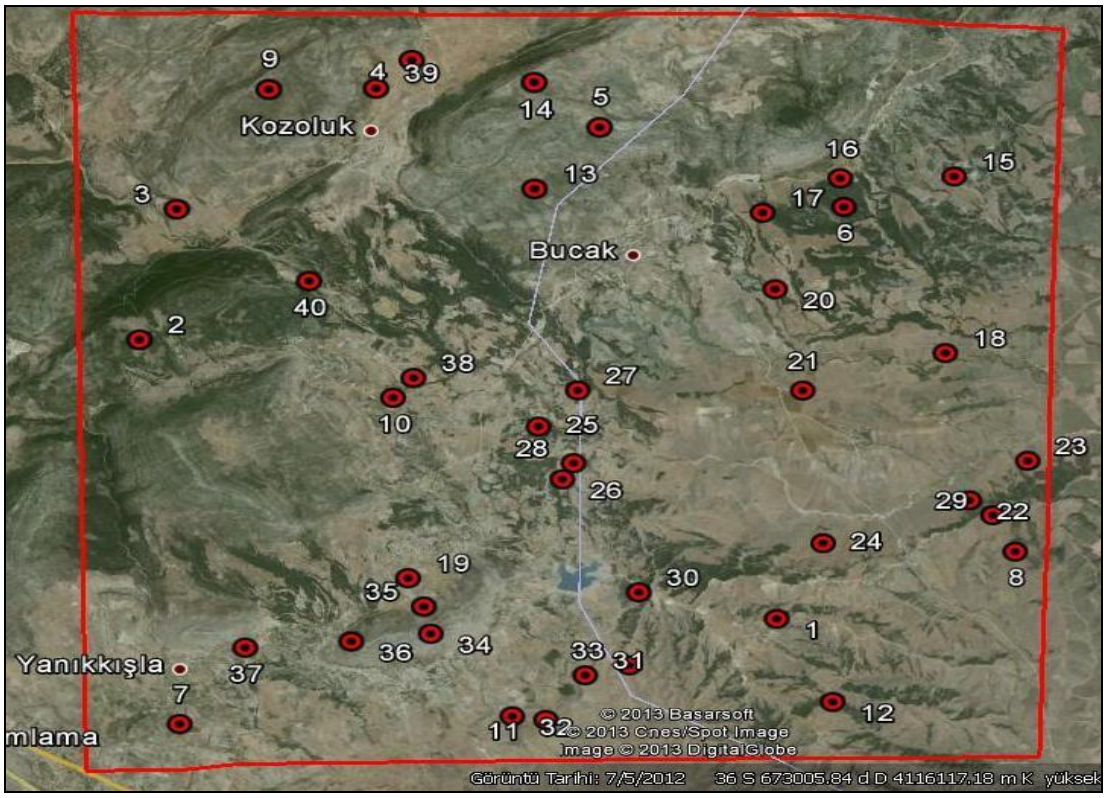
Seçilen çalışma alanlarında K faktörü hesaplamak için belirlenen 2 çalışma alanında (Şekil 3.7, Şekil 3.8), elimizdeki uydu verileri ve diğer altlık değerlendirilmiş ve farklı eğim sınıflarına göre homojen – homojene yakın dağılımlı, 88 adet temsili örnekleme noktası belirlenmiştir. Yapılan birçok arazi çalışması ile örnekleme noktalarının kesin yerleri belirlenmiş ve belirlenen noktalardan örneklemeye gerek duyulan ve örnek alınabilen 56 adetinin toprak örneklemesi yapılmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin gerekli fiziksel-kimyasal analizleri Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

laboratuarlarında yapılmıştır. RUSLE K faktörü için alınan toprak örneklerinin tekstür analizi yapılmıştır. Tekstür analizinde, Hidrometre yöntemine göre toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları belirlenerek (Bouyoucos, 1951), elde edilen sonuçlar tekstür üçgenine uygulanarak, toprağın tekstür sınıfları belirlenmiştir (Black,1957).

Yapılan tekstür analizi, revize G2 – S faktörü ve mMMF – K, COH, MS, BD değeri için de kullanılmıştır. Ayrıca revize G2 – S faktörü ve mMMF - K değeri hesabında kullanılmak üzere alınan toprak örneklerine Organik Madde analizi de Modifiye Walkley-Black yöntemine göre belirlenerek, sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black, 1957)



Şekil 3.7. Çalışma alanı 1 toprak örnekleme noktaları



Şekil 3.8. Çalışma alanı 2 toprak örnekleme noktaları

K faktör değerleri, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, Monchareonm K değer üçgeni yardımıyla örnekleme noktaları için bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal K faktörü değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için K faktörü elde edilmiştir.

3.2.2.1.(3). Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS)

RUSLE modelinde L faktörü eğim uzunluğu ve S faktörü eğim derecesini ifade eder. Birçok araştırmacı L ve S faktörünü birleştirerek LS olarak kullanmaktadır. Eğim faktörü (LS) eğim derecesi ve eğim uzunluğu gibi topoğrafik etkiyi temsil etmektedir. Eğim uzunluğu (L), yüzey akışın oluştuğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzey akışın bir kanala (bu drenaj şebekesinin bir parçası olabilir) veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş

bir kanala kadar olan yatay mesafesi olarak tanımlanır (Wischmeier ve Smith 1978). LS faktörü, diğer koşulların aynı olduğu, 22,13 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir. LS değerleri mutlak değerler değildir fakat 22,13 m uzunluğunda ve % 9 eğime sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir (Wischmeier ve Smith 1978).

LS faktörü için yaygın kullanılan eşitliklerden biri Moore ve Burch (1986a, b)'dir. Bu eşitlik :

LS = (Akış birikimi(flow accumulation) x hücre boyu / 22.13)$^{0.4}$ x (sineğim/0.0896)$^{1.3}$ 'dir. (3.11)

LS faktörü için yaygın kullanılan eşitliklerden diğeri ise Sims ve ark.(2003)'e aittir. Bu eşitlik:

T = (A /22.13)$^{1.6}$ x (Sin B/0.0896)$^{1.3}$ şeklinde ifade edilir. (3.12)

Bu çalışmada birleştirilmiş LS faktörü Sims ve ark.(2003)'e göre hesaplanmıştır. ArcGIS 10 yazılımında bulunan Map Algebra kullanılarak LS faktörü hesaplanmıştır. Bu işlemi Map Algebra ile yaptırmak için formül aşağıdaki şekilde yazılmalıdır:

LS = Pow(|flow accumulation| x hücre boyu / 22.13, 0.06)*Pow (sin(|DEM'in eğimi|*0.01745 / 0.0896, 1.3) (3.13)

Formüldeki flow accumulation, ArcGIS 10 yazılımının Spatial Analyst Tools menüsünün içindeki Hydrology Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir. DEM verisi ilk olarak fill edilmiştir. Daha sonra fill edilmiş DEM verisi ile flow direction (akış yönü) bulunmuş ve bulunan flow direction (akış yönü) yardımıyla flow accumulation (akış birikimi) her iki çalışma alanı için ayrı ayrı elde edilmiştir Formüldeki hücre boyu 30 alınmıştır. Formüldeki eğimi bulmak için DEM verisi

gerekmektedir. Eğim, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir.

LS faktörünü hesaplarken kullanılan çalışma alanlarına ait DEM verisi ise, ARCGIS 10 yazılımının 3D Analyst Modülü içindeki Raster Interpolation menüsü altında bulunan Topo to Raster yardımıyla hazırlanmıştır.

3.2.2.1.(4). Bitki yönetim faktörü (C)

Bitki yönetim faktörü (C), ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon oranları üzerindeki etkisini yansıtmak için hem USLE hem de RUSLE içinde kullanılmaktadır (Renard ve ark. 1997). RUSLE modeli içersindeki çoğu faktörde olduğu gibi C faktörü de bir standart sapma kavramına dayanmaktadır. Buradaki standart iyi işlenmiş sürekli nadas koşullarıdır. Çoğu durumlarda faktörün değeri yıl boyunca sabit kalmamaktadır. Denklemde her ne kadar bu faktör bağımsız olarak işlem görse de bu faktörün gerçek değeri erozyon denklemindeki diğer faktörlere bağımlıdır. Zayıf veya iyi bitki örtüsü mevsimlere ve bölgelere göre değişiklik gösterir. Ayrıca her bölgede ürün yetiştirme alışkanlığı, yıllık yağış durumu, bitkinin gelişme evresi aynı değildir. Bu nedenle birçok durumda C faktörü değerinin deneysel olarak bulunması gerekmektedir. Bitki örtüsünün toprak erozyonuna etkisi yıl içinde aşamalı olarak değişim gösterir (Özsoy, 2007).

C faktörü olarak formülde yer alan bitki yönetim faktörü (arazi örtüsü ve alan kullanımları faktörü) özellikle tarımsal faaliyetlerin ve doğal bitki örtüsünün erozyon üzerine etkilerini dikkate almaktadır. C faktörünün hesaplanması bir dizi alt faktörün (toprak kaybı oranı, öncül alan kullanım değeri, örtülülük oranı, yüzey örtüsü ve yüzey pürüzlülüğü) her birinin farklı eşitlilik ile hesaplanıp birbiriyle çarpılmasıyla elde edilir. Fakat her bir alt faktörün hesaplanması için kullanılan eşitliklerde elde edilmesi gereken değişkenlere ait verilerin tespit edilmesi birçok çalışmada büyük iş ve ekonomik zorluğa neden olmaktadır. Bu durumdan kaçınmak için Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI) olarak bilinen ve yeryüzünde örtülülük gösteren bitki örtüsünün varlığını niceliksel olarak veren uzaktan algılama

verisi baz alınarak C faktörü tahmin edilebilmektedir (Van der Knijff ve ark., 2000; Van Leeuwen and Sammons, 2004, Erdoğan, 2012).

Birçok araştırmacı C faktörü için araştırmalar yapmıştır. C faktörü için yaygın kullanılan eşitliklerden biri (Van der Knijff ve ark., 2000; Van Leeuwen and Sammons, 2004; Orr ve ark., 2007; Gitas ve ark., 2009; Erdoğan, 2012; Parveen ve Kumar, 2012) ve daha birçok araştırmacının kullandığı eşitliktir:

$$C = e^{(-\alpha (NDVI / (\beta - NDVI)))} \quad (3.14)$$

Burada; α ve β, NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreler. Van der Knijff ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çeşitli denemeler sonunda α ve β için en uygun değerleri sırasıyla 2 ve 1 olarak bulmuşlardır.

C faktörü için kullanılan eşitliklerden bir diğeri ise Suriyaprasit ve Shrestha (2008)'e ait eşitliktir:

$$C = 0{,}227\ e^{(-7{,}337 .NDVI)} \quad (3.15)$$

Suriyaprasita ve Shrestha (2008) bu eşitliği araziden aldıkları 138 C faktörü örneğini kullanarak oluşturmuşlardır.

Karaburun (2010), yaptığı bir çalışmada C faktörünü:

$$C = 1.02 - 1.21 * NDVI \quad (3.16)$$

şeklinde kullanmıştır.

Yapılan çalışmada Van der Knijff ve ark., (2000)'e ait eşitlik kullanılmıştır. Eşitlikteki α ve β değerleri Van der Knijff ve ark. (2000)' de olduğu gibi sırasıyla 2 ve 1 olarak alınmıştır. Berberoğlu ve ark. (2011) Çukurova bölgesinde yaptıkları bir çalışmada kullanılan tüm NDVI değerini ağustos ayı uydu verileri ile elde etmiştir. Bu nedenle yapılan çalışmada NDVI değerleri, Berberoğlu ve ark. (2011)'a göre elde edilmiştir.

3.2.2.1.(5). Toprak koruma önlemleri faktörü (P)

RUSLE modelindeki toprak koruma önlemleri faktörü (P) veya destek uygulama faktörü tanımı; özel bir destek uygulaması ile toprak kaybının eğim doğrultusunda toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranıdır(Renard ve Foster 1983). Sıfır toprak işleme ve diğer toprak işleme sistemleri, çim temelli ürün rotasyonu, gübreleme ve malç uygulamaları gibi geliştirilmiş toprak koruma uygulamaları P faktöründe hesaba katılmaz(Foster ve ark. 1996). Arazide toprak koruma önlemleri alınmıyorsa P=1.0 alınır (Wischmeier 1975, Wischmeier ve Smith 1978).

Çalışma alanında, Türkiye genelinde olduğu gibi toprak korunumuna yönelik uygulamalar ya kısıtlı seviyelerde ya da hiç bulunmamaktadır. USLE modelinde P faktörü eğer toprak korunumuna yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier 1975, Wischmeier ve Smith 1978,).

Jones ve ark. (1996), Fu ve ark. (2005), Sims (2005), Wachal ve ark., (2007), Smulyan (2010) ve daha birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini tüm alanlar için 1 olarak almışlardır.

Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini 1 değerinden farklı olarak kullanmışlardır. Prasannakumar ve ark.(2011) yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanım / arazi örtüsü için 0-1 aralığında P faktör değerleri belirlemiştir.

Yapılan çalışmada P faktörü hem 1 hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri kullanılarak 2 çalışma alanının 1990 ve 2010 yılı RUSLE erozyon değerleri elde edilmiş ve P=1 ile elde edilen her 2 çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği (Çizelge 3.4.) P değerleri ile elde edilen 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.4. Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile P değerleri ilişkisi (Prasannakumar ve ark.(2011)

Arazi kullanımı / arazi örtüsü sınıfları	**P Değeri**
Meskûn arazi	0
Çayır	1
Boş arazi	1
Kuru tarım	0.5
Sulu tarım	0.8
Orman (plantasyonlar)	0.7
Orman (yaprak döken)	1
Orman (yaprak dökmeyen)	0.1
Su yüzeyi	0

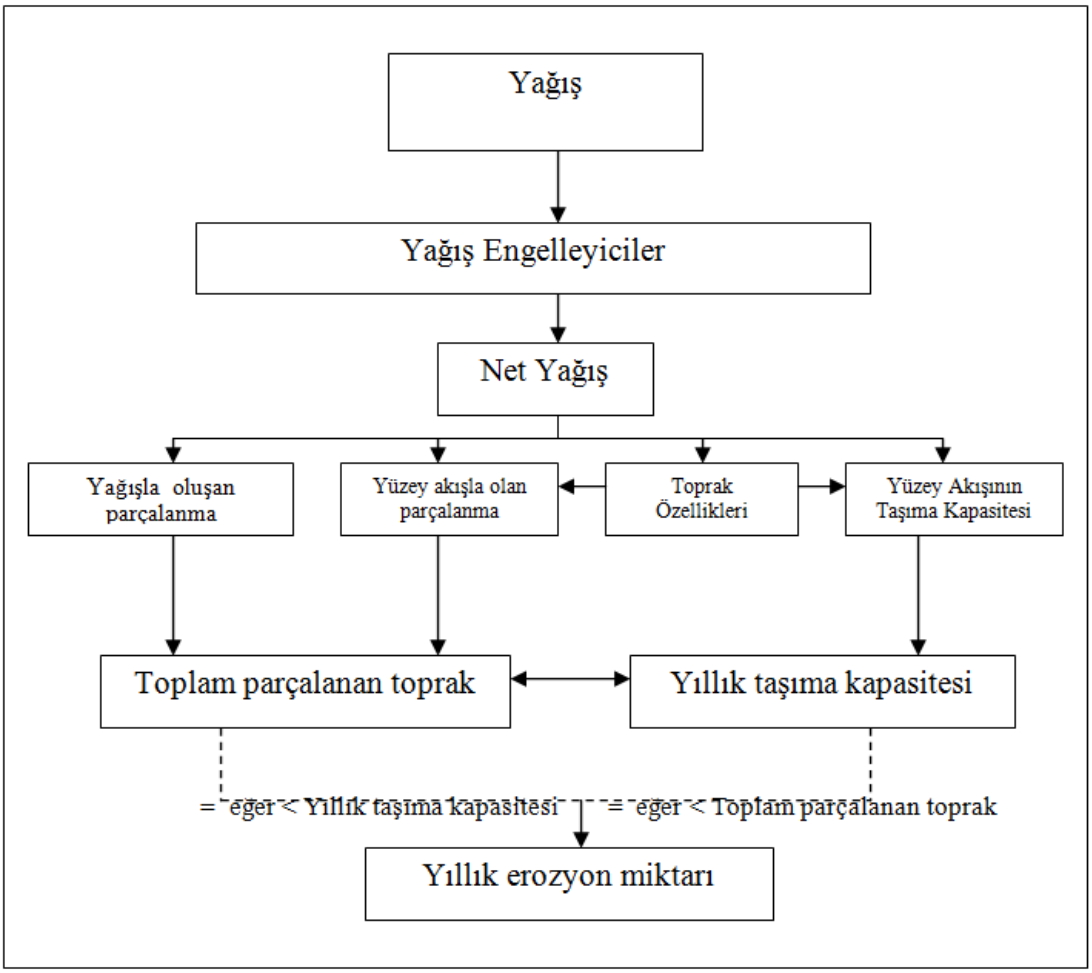
3.2.2.2. Modifiye Morgan-Morgan-Finney Modeli

Çalışmada toprak kayıplarını tahmin etmek için 2. erozyon modeli olarak Morgan ve ark.(1984) tarafından geliştirilen (MMF) ve daha sonra Morgan tarafından yeniden düzenlenen modifiye edilmiş Morgan-Morgan-Finney (mMMF) Metodu (2001) kullanılmıştır. Şekil 3.9. ’da mMMF modelinin çalışma prensibini gösteren akış şeması verilmiştir.

mMMF modeli su fazı ve sediment fazı olmak üzere iki fazdan oluşmaktadır. Su fazı, toprak kütlesi ve yüzey akış hacminden toprak zerrelerinin parçalanmasında yağış enerjisinin etkisinin belirlendiği fazdır. Sediment fazı ise, yağış ve yüzey akışa geçen suyun etkisi ile toprak kütlesinden parçalanan zerrelerin yüzey akışa geçen suyun taşıma kapasitesine göre taşınmasından oluşmuştur(Başayiğit, 2002).

Modelde yaklaşım parçalanan ve taşınan zerrelerin miktarlarının belirlenerek bu iki değerin birbirleri ile karşılaştırılmasına dayanır. Basit bir mantıkla; eğer bir alanda parçalanan toprak zerresi için belirlenen değer taşınma için belirlenen değerden daha az ise yıllık toprak kaybı parçalanma için bulunan değerdir. Bu ifadenin tersi olarak eğer bir alanda taşınma için belirlenen değer parçalanma için belirlenen değerden daha az ise yıllık toprak kaybı taşınma için bulunan değerdir.

mMMF modelinde giriş verileri dört ana gurupta toplanmıştır.



Şekil 3.9. mMMF modeli akış şeması (Başayiğit, 2002)

Bu guruplar; yağış özellikleri, toprak özellikleri, arazi yapısı ve arazi örtüsüdür. Bu dört gurupta toplanan giriş verileri ve veri birimleri çizelge 3.5'de yer almaktadır.

mMMF modeli ile her iki çalışma alanı için; 1990 ve 2010 yılı verileri kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmış ve 2 alanın 1990 ve 2010 yılı mMMF erozyon değerleri elde edilmiştir.

mMMF modelinde ilk aşama yağış enerjisinin hesaplanmasıdır.

Çizelge 3.5. mMMF modelinin giriş verileri ve veri birimleri (Morgan, 2001)

Yağış	***R***	Yıllık yada ortalama yıllık yağış (mm)
	Rn	Yıl içindeki yağışlı günlerin sayısı toplamı (gün)
	/	Erozif yağış yoğunluğu (mm/h)
Toprak	***MS***	Tarla kapasitesindeki nem miktarı (% w/w)
	BD	Üst toprak katmanının kütle yoğunluğu (gr/cm^3)
	EHD	Toprağın etkili hidrolojik derinliği
	K	Toprağın parçalanma indisi (gr/j)
	COH	Sature edilmiş koşullarda yüzey toprağın kohezyonu (kPa)
Arazi yapısı	***S***	Eğim açısı (°)
Arazi Örtüsü	***A***	Kalan yağış miktarı indisi (0-1 arasında katsayı)
	Et/Eo	Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranı
	C	USLE'de kullanılan C ve P faktörlerinin birleştirildiği örtü faktörü
	CC	Ürün örtü faktörü (0-1 arasında katsayı)
	GC	Yüzey örtü faktörü (0-1 arasında katsayı)
	PH	Bitki yüksekliği (m)

3.2.2.2.(1).Yağış enerjisinin hesaplanması

Modelde yağış enerjisinin hesaplanmasında yağış süresince oluşan parçalanma ve leaf drenajının enerjisinden yararlanılmıştır. Yağış enerjisinin hesaplanmasında yıllık yağış miktarı ve yağış sonrası toprak yüzeyinde kalan miktar kullanılmıştır. Etkili yağış (ER), toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) ile yağış sonrası yüzeyde kalan kısmın (A;0-l arasında katsayı) çarpımından elde edilmiştir.

$$ER=R(1-A) \quad (3.17)$$

A değeri uydu verilerinin sınıflandırılması ve arazi kontrolleri ile doğrulanması sonucu belirlenen arazi kullanımı türüne bağlı olarak Morgan (1984;1991) 'a göre belirlenmiştir. A katsayısına ait değerler çizelge 3.7'de verilmiştir. Çizelge 3.7.'den alınan A değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri A katsayısına ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çalışma alanı meteoroloji verileri incelenerek, toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) 1990 yılı için 590.5 mm. ve toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) 2010 yılı için 890.4 mm. olarak bulunmuştur.

Daha sonra etkili yağış doğrudan yüzeye ulaşan kısmı (DT) ve leaf drenajı (LD) olmak üzere ikiye bölünmüştür. Bu bölünme bitki örtüsünün (CC) bir fonksiyonu olarak düşünülmüştür.

Etkili yağışın belirlenmesinde;

$$LD=ER \times CC \tag{3.18}$$

$$DT=ER-LD \tag{3.19}$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Bitki örtüsü (CC) değerleri; çalışma alanına ait uydu verilerinden sağlanan NDVI'lere göre belirlenmiştir. 1990 ve 2010 yılı Landsat uydu görüntülerinin NDVI'leri oluşturulmuş ve oluşturulan 1990 ve 2010 yılı NDVI'leri, 0-1 aralığına normalize edilerek 1990 ve 2010 yılı CC değerleri oluşturulmuştur. (3.18) ve (3.19) denklemleri kullanılarak 1990 ve 2010 yılı DT değerleri elde edilmiştir.

Doğrudan yüzeye ulaşan yağışın kinetik eneıjisi (KE(DT);J/m^2), iklim bölgesinin aşındırıcı yağış için tipik değerlerin kullanımıyla bulunmuş, yağış yoğunluğunun (I;mm/h) fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşımda Zanchi ve Torri, (1980) yaklaşımına göre belirlenmiştir.

$$KE = 9.81 + 11.25\ log_{10}I \tag{3.20}$$

Çalışma alanı için Yağış yoğunluğu (I) 30 mm/h olarak alınmıştır.

Leaf drenajının kinetik enerjisinin (KE(LD);J/m^2) belirlenmesinde ise Brandt (1990) tarafından geliştirilen bitki örtüsü yüksekliği (PH;m) kullanılmıştır. Bu ilişki;

$$KE(LD) = (15.8x\ PH^{0,5})-5.87 \quad (3.21)$$

eşitliğiyle belirlenmiştir.

Çizelge 3.6. Arazi Kullanım Tipi, PH ilişkisi(Vigiak,2006)

Arazi Kullanım Tipi	**PH(m)**
Muz ve mısır	1,31
Çalı/ nadas	1,20
Manyok	0,60
Kahve ve muz	1,50
Orman	3,93
Otlak	0,08
Mısır ve fasulye	0,67
Şekerkamışı	0,91
Çay	0,50
Sebzeler	0,43
Akasya	1,55
Kesimlik orman	8,00

Bu eşitlikte bulunan değer negatif sayı çıkarsa 0 alınır. PH katsayıları, Vigiak (2006)'dan hareketle(Çizelge 3.6.), arazi çalışmaları sonucu elde edilmiştir. PH değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri PH katsayılarına ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Eşitlikteki Etkili yağışın kinetik enerjisi (KE;J/m2) toplam enerjisi;

$$KE=KE(DT)+KE(LD) \quad (3.22)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Çalışmada KE değeri 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Çizelge 3.7. mMMF modeli A, Et/Eo ve C değerleri (Morgan, 1984;1991)

Bitki Örtüsü	A (%)	Et/Eo	C
Çeltik	-	1.35	0.1-0.2
Buğday (kışlık)	43	0.59-0.61	0.1-0.2
Buğday (yazlık)	43	0.59-0.61	0.2-0.4
Mısır	25	0.67-0.70	0.2
Arpa	30	0.56-0.60	0.1-0.2
Dan	-	0.62	0.4-0.9
Manyok kökü	-	-	0.2-0.8
Patates	12	0.70-0.80	0.2-0.3
Bezelye	20-25	0.62-0.69	0.2-0.4
Fındık	25	0.50-0.87	0.2-0.8
Lahana	17	0.45-0.70	
Muz	-	0.70-0.77	
Çay	-	0.85-1.00	0.1-0.3
Kahve	-	0.50-1.00	0.1-0.3
Kakao	-	1.00	0.1-0.3
Şeker kamışı	-	0.68-0.80	
Şeker pancarı	12-22	0.73-0.75	0.2-0.3
Kauçuk	20-30	0.90	0.2
Palmiye	30	1.20	0.1-0.3
Pamuk	-	0.63-0.69	0.3-0.7
Kültüre alınmış mera	-	0.85-0.87	0.004-0.01
Doğal mera	25-40	0.80-0.95	0.01-0.1
Orman/ağaçlandırma	25-35	0.90-1.00	0.001-0.002
Çıplak toprak	0	0.05	1.00

3.2.2.2.(2).Yüzey akışının hesaplanması

Yıllık yüzey akışı (Q;mm) belirlemek üzere hazırlanan eşitlik MMF modelindeki ile aynıdır. Bu eşitlik Kirkby (1976) metoduna dayanmaktadır. Bu eşitlikte oluşan günlük yağışın toprağın nem depolama kapasitesinin (Rc;mm)

üzerinde gerçekleştiği şartlarda oluştuğu kabul edilir. Bu günlük yağış miktarı yaklaşık olarak üslü katsayı olarak dağılıma karşılık gelmektedir.

Yıllık yüzey akış;

$$Q=Rexp(-Rc/Ro) \quad (3.23)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Ro değeri ise;

$$Ro=R/Rn \quad (3.24)$$

Eşitliğine göre hesaplanmaktadır. Burada Ro (mm) yıllık ortalama yağışın (R;mm) yıl içindeki yağışlı günlere (Rn) oranıdır. Ro değeri çalışma alanında yer alan 1 yağış istasyonundan elde edilen yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı değerlerine göre 1990 yılı için 8,81 mm. ve 2010 yılı için 10,73 mm. olarak hesaplanmıştır.
Toprak nem depolama kapasitesi;

$$Rc=l000xMSxBDxEHD(Et/Eo)^{0,5} \quad (3.25)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Eşitlikte kullanılan değişkenler:

MS=Tarla kapasitesinde toprağın nem içeriği (% w/w)
BD=Toprağın kütle yoğunluğu (gr/cm^3)
EHD=Toprağın etkili hidrolojik derinliği (m)
Et/Eo=Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranıdır.

Burada kullanılan EHD terimi orijinal modelde kullanılan ve yüzey akışın genelleştirildiği kesitte belirlenen su tutma kapasitesindeki toprak derinliğini niteleyen köklenme derinliğine (RD;m) karşılık gelmektedir. Kullanılan bu değer 0.1 m'den daha küçük bir sayıdır.

Çalışmada MS ve BD değerleri toprak tekstürüne göre değerlendirilmiştir. Morgan (1984;1991) 'a göre MS ve BD değerleri çizelge 3.8'de yer almaktadır.

Çizelge 3.8. mMMF modeli MS ve BD değerleri (Morgan, 1984; 1991)

Toprak Tekstürü	**MS**	**BD**
Kil	0,45	1,1
Killi Tın	0,40	1,3
Siltli Kil	0,30	1,25
Kumlu Tın	0,28	1,2
Siltli Tın	0,25	1,3
Tın	0,20	1,3
İnce Kum	0,15	1,4
Kum	0,08	1,5

MS, BD değerleri, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.8 'deki değerler kullanılarak örnekleme noktaları için bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal MS, BD değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için MS, BD değerleri elde edilmiştir. Morgan (1984; 1991) MS ve BD değerleri çizelgesi (çizelge 3.8.), siltli kil için BD değeri içermemektedir. Çizelge 3.8'deki siltli Kil BD değeri (1,25) bu değerin killi tın ile kumlu tın arası bir değer olması gerektiği nedeniyle 1,25 belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

Formülde bulunan EHD değeri için, çizelge 3.9.'da bulunan EHD değerleri kullanılmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında, toprak örneği alınan noktalarda ve değişik arazi kullanım türlerinde toprak derinliği kayıt edildiği için çizelge 3.9.'daki katsayılar kullanılabilmiştir. Çizelge 3.9.'dan çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan EHD değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri EHD ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çizelge 3.9'daki su yüzeyi EHD değeri orijinal çizelgede olmayıp, su yüzeyinde EHD değeri tüm derinliklerde 0 belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

Formülde bulunan Et/Eo değeri için Çizelge 3.11.'den alınan Et/Eo değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri Et/Eo katsayısına ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. . Çizelge 3.11'deki su yüzeyi Et/Eo değeri orijinal çizelgede olmayıp, su yüzeyi için 0 olarak belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

Çizelge 3.9 mMMF Toprak Kayıpları Modeli EHD değerleri(Başayiğit,2002)

Arazi Kullanım Türü	**Derinlik (cm.)**				
	0-10	**10-20**	**20-50**	**50-90**	**90+**
Orman Örtüsü	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
Maki	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
Sulu Tarım	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Kuru Tarım	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
Çıplak alanlar	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Su yüzeyi	0				

3.2.2.2.(3). Yağış etkisiyle toprak zerrelerinin parçalanabilirliği

mMMF modelinde yağmur damlasının çarpma etkisiyle toprağın parçalanma oranı yağış enerjisinin kullanımı ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlik;

$$F = KxKEx\ 10^{-3} \tag{3.26}$$

şeklinde basitleştirilmiştir. Formülde K toprağın aşınabilirliği (gr/J), F yağmur damlası etkisiyle toprağın parçalanabilirliğini (kg/m^2) göstermektedir. Çalışma alanında yer alan toprakların K değerleri Morgan (2001) 'a göre toprak tekstürüne bağlı olarak alınmıştır. Çizelge 3.10'da toprak tekstürüne göre belirlenmiş K değerleri yer almaktadır. Çalışmada, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.10'daki değerler kullanılarak, örnekleme noktaları için K değerleri bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal

K değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek tüm çalışma alanı için K değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 3.10. mMMF modeli K ve COH değerleri (Morgan,1984; 1991;2001)

Toprak Tekstürü	**K**	**COH**
Kum	1,2	2
Tınlı Kum	0,3	2
Kumlu Tın	0,7	2
Tın	0,8	3
Silt	1,0	-
Siltli Tın	0,9	3
Kumlu Killi Tın	0,1	3
Killi Tın	0,7	10
Siltli Killi Tın	0,8	9
Kumlu Kil	0,3	-
Siltli Kil	0,5	10
Kil	0,05	12

3.2.2.2.(4). Yüzey akışla toprak zerrelerinin parçalanabilirliği

mMMF modeli yüzey akışla oluşan parçalanabilirliği belirlemede orijinal modele göre farklı bir yöntem kullanmaktadır. Deneysel çalışmalar (Quansah, 1982) yüzey akışla oluşan parçalanmanın (*Q*), eğim büyüklüğü *(S),* ve toprağın direncinin bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Bu nedenle parçalanma *(H;*kg/m^2);

$$H = Z.\ Q^{1.5}.\sin S.\ (1\text{-}GC).\ 10^{-3} \qquad (3.27)$$

formülünden hesaplanmıştır. Burada *GC* yüzeyin örtülme oranı olarak tanımlanmıştır. Eşitlik yüzey akışla oluşan toprak zerrelerinin parçalanmasını yalnızca yüzey örtüsüyle oluşan korunmanın var olmadığını kabul etmektedir.

Kayıplar için kohezif olmayan topraklarda *Z*= 1 dir. Kohezif topraklarda ise

erozyona karşı direnç;

$$Z = 1/ (0{,}5\ COH) \quad (3.28)$$

formülü ile (Rauvvs ve Govers, 1988'den sadeleştirilmiş) belirlenmektedir.

Model içerisinde kullanılan GC değerleri Çizelge 3.11'den alınmıştır. Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan GC değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri GC'ye ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çizelge 3.11'deki su yüzeyi GC değeri orijinal çizelgede olmayıp, bu değer 1 olarak belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

Çizelge 3.11 mMMF toprak kayıp modeli Et/Eo ve GC değerleri (Başayiğit, 2002)

Arazi Kullanım Türü	**Et/Eo**	**GC**
Orman Örtüsü	0.95	0.400
Maki	0.85	0.300
Sulu Tarım	0.60	0.200
Kuru Tarım	0.75	0.125
Çıplak alanlar	0.05	0.025
Su yüzeyi	0	1

Çalışma alanında yer alan toprakların COH değerleri Morgan (2001) 'a göre toprak tekstürüne bağlı olarak alınmıştır. Çizelge 3.10'da toprak tekstürüne göre belirlenmiş COH değerleri yer almaktadır. Çalışmada, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.10'daki değerler kullanılarak, örnekleme noktaları için COH değerleri bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal COH değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek tüm çalışma alanı için COH değerleri elde edilmiştir

S değeri ise eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir.

3.2.2.2.(5). Yüzey akışın taşıma kapasitesi

Yüzey akışın taşıma kapasitesini (TC; kg/m^2**)** belirlemede kullanılan yöntem MMF de kullanılan yöntem ile aynıdır. Bu formül aşağıda verilmiştir.

$$TC = C.Q^2.\sin S.\ 10^{-3} \qquad (3.29)$$

Burada; bitki örtü faktörü (C), RUSLE modelinin C ve P faktörlerinin çarpımına eşittir. RUSLE erozyon modeli için oluşturulan C ve P faktörleri çarpılarak, her 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı C değerleri oluşturulmuştur.

S ise eğim açısını belirtmektedir. Formüldeki S, DEM verisi kullanılarak, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile elde edilmiştir.

3.2.2.2.(6). Toprak kayıplarının saptanması

Erozyonla oluşan toprak kayıplarının saptanmasında denklemlerden hesaplanan iki değer göz önüne alınarak kabul edilen bir varsayım kullanılmıştır. Bu varsayım; toprak kaybının yüzey akışa geçen suyun taşıma kapasitesinden daha fazla olamayacağını, yağışla parçalanan toprak miktarının yüzey akışa geçen suyun taşıyabileceğinden az olduğu durumlarda ise toprak kaybının parçalanma miktarı kadar olabileceğini kabul etmektedir (Başayiğit, 2002).

mMMF modelinde yağmur damlası etkisiyle ve yüzey akışıyla oluşan parçalanma miktarlarının toplamı, toplam yıllık parçalanma oranı olarak belirlenmiştir. Bu değer yıllık taşıma kapasitesi ile karşılaştırılmış ve iki değerden küçük olanı yıllık toprak kaybı olarak kabul edilmiştir. Böylece varsayıma uygun olarak toprak kaybı belirlenmiştir.

3.2.2.3. Revize G2 Modeli

G2 Modeli, Panagos ve Ark., (2011) tarafından oluşturulmuş, üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (USLE) ile benzerlik gösteren ampirik bir modeldir. G2 modeli, RUSLE modelinde olduğu gibi, sadece uzun vadede yağışa bağlı erozyon miktarını (t/ha cinsinden) tahmin etmekte, birikme ya da sedimentasyon bu model ile değerlendirmemektedir (Panagos ve Ark., 2011.)

G2 modelinde kullanılan genel formül aşağıdaki gibidir.

$$E= (R*V)*(S*T)*I \quad (3.30)$$

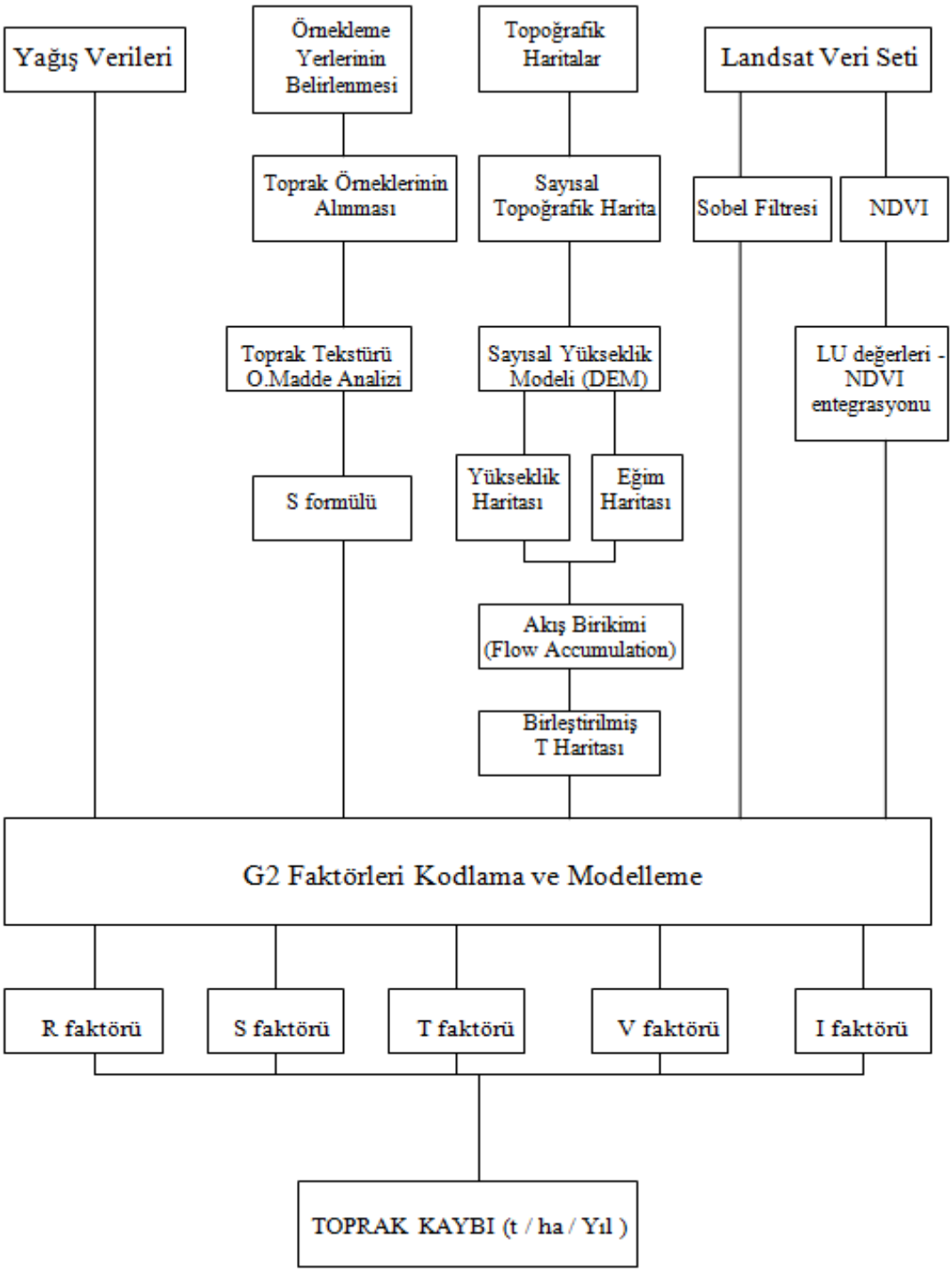
R: Yağışın erozyon yaratma faktörü (USLE'dekine benzer bir şekilde)
V:Vejetasyon koruma (USLE'deki C faktörüne tekabül eden)
S:Toprak Erodibilitesi (USLE'dekine benzer bir şekilde)
T: Topoğrafik etki (USLE'deki LS faktörüne tekabül eden)
I: Eğim uzunluğu (USLE'deki P faktörüne tekabül eden)

Revize G2 modeli, Panagos ve Ark., (2013.) Girit'te yaptıkları bir çalışmada, daha önce Geoland2 projesi kapsamında ürettikleri G2 modelini revize ederek oluşturulmuştur. Bu revize sayesinde revize G2 modeli hem USLE modelinin hem de Gavrilovic modelinin ampirik arka planını kullanma avantajına ulaşmıştır. Şekil 3.10.'da Revize G2 modelinin çalışma prensibini gösteren akış şeması verilmiştir.

Revize G2 modelinde kullanılan genel formül aşağıdaki gibidir:

$$E= \left(\frac{R}{V}\right)* S* \left(\frac{T}{I}\right) \quad (3.31)$$

R: Yağışın erozyon yaratma faktörü (G2'deki R faktörüne tekabül eden)
V:Vejetasyon koruma (G2'deki V faktörüne tekabül eden)
S:Toprak Erodibilitesi (G2'deki S faktörüne tekabül eden)
T: Topoğrafik etki (G2'deki T faktörüne tekabül eden
I: Eğim uzunluğu (G2'deki I faktörüne tekabül eden)



Şekil 3.10. Revize G2 modeli akış diyagramı

3.2.2.3.(1). Yağışın erozyon yaratma faktörü (R)

Revize G2 modelinde R faktörü tahminleri modelinde orijinal RUSLE R faktörü denklemi kullanılmıştır. Brown ve Foster(1987)'ye göre R faktörü bir yağış olayının kinetik enerjisinin bir faktörüdür ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{mj} (EI_{30})_k \qquad (3.32)$$

Formülde:

R: Ortalama aylık yağmur erosivitesi ($Mjmmha^{-1}(y/12)^{-1}$)

n: Kayıt olan yıl sayısı

mj: j ayındaki erosif olay sayısı

EI_{30} : Erosivite olayıdır. ($Mjmmha^{-1}$)

$$EI = EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^{0} e_r v_r \right) I_{30} \qquad (3.33)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Formülde:

e_r: Birim yağmur enerjisi ($Mjmmha^{-1}$)

v_r: r zaman periyodundaki yağış hacmi (mm)

I_{30} : Maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti'dir .($mm\ h^{-1}$).

Ve birim yağmur enerjisi e_r aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$e_r = 0{,}29\left[1 - 0{,}72 \exp(-0{,}05 i_r)\right] \qquad (3.34)$$

G2 modelinde, Revize G2 modelinden farklı olarak R faktörü tahminleri için, orijinal USLE formülünün aşağıda verildiği şekilde değiştirilmiş formunu kullanmaktadır:

$$R = 210 + 89*\log[s*P/8d*h)] \quad (3.35)$$

Formülde:

R: Spesifik bir aya ait yağışın erozyon yaratma faktörü (MJ cm/ha h),
s: Ampirik aylık şimşek faktörü (Imax30'a tekabül eden),
P: Aylık yağış hacmi (cm),
d: yağışlı günler aylık ortalaması
h: yağışlı günlerdeki yağış saatlerinin aylık ortalaması'dır.

Pratik uygulamalarda, formülde bulunan s ve h değerleri zor elde edilen değerler olduğu için yapılan çalışmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Revize G2 modelinde R faktörü formülü yapılacak uygulamalar için daha makuldür.

Yapılan çalışmada RUSLE modelinde elde ettiğimiz R faktörü değerleri, revize G2 modelindeki R faktörü için de kullanılmıştır. Seçilen çalışma alanları için 1990 yılı ve 2010 yılı RUSLE için hesaplanan R değerleri, Alan 1 için 1990 yılı R = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Alan 1 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}'dır. Alan 2 için 1990 yılı R değeri = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Alan 2 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}'dır.

Çalışma alanını kapsayan 1 meteoroloji istasyonu bulunduğundan elde edilen R değerleri tüm çalışma alanlarına uygulanmış, interpolasyon yapılmamıştır.

3.2.2.3.(2). Vejetasyon koruma (V)

G2 modelinde vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü (USLE'de belirtilen C-faktörü) belirli bir bitki yönetim sistemi altındaki arazideki sürekli nadas altında oluşan toprak kaybı şeklinde ifade edilmektedir.

Revize G2 modelinde vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü, G2 modelindeki vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü ile aynıdır fakat aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$V = e^{(LU+Fcover)} \quad (3.36)$$

V: Vejetasyon koruma (birimsiz ve normalize edilmiş)

F_{cover} : 0-1 aralığına normalize edilmiş vegetasyon katmanı

LU: 1-10 aralığında ampirik arazi kullanım parametresi

Çalışmada (3.36)'daki F_{cover} değerleri mMMF modelinde kullanılan CC değerine eşittir. Bitki örtüsü (CC) değerleri; çalışma alanına ait uydu verilerinden sağlanan NDVI'lere göre belirlenmiştir. 1990 ve 2010 yılı Landsat uydu görüntülerinin NDVI'leri oluşturulmuş ve oluşturulan 1990 ve 2010 yılı NDVI'leri, 0-1 aralığına normalize edilerek 1990 ve 2010 yılı CC değerleri oluşturulmuştur. mMMF modeli için oluşturulan 1990 ve 2010 yılı CC değerleri, 1990 ve 2010 yılı F_{cover} değerleri olarak kullanılmıştır.

LU değerleri CORINE arazi kullanım veri tabanı değerleridir ve Gavrilovic tablolarından alınmaktadır(Panagos ve Ark., 2013). Gavrilovic tablolarında bulunmayan arazi kullanım değerleri ise uzmanlarca yapılan arazi çalışmalarından elde edilir.

Çalışmada LU değerleri Çizelge 3.12'den alınmıştır. Bu çizelgede bulunmayan LU değerleri için Panagos ve Ark. (2013) için yaptığı çalışmada, uzmanlarca yapılan arazi çalışmaları sonucu LU değerleri elde etmiştir.

Panagos ve Ark. (2013) yaptıkları arazi çalışmaları sonucu, LU değerleri, Gavrilovic tablolarında değeri olmayan birçok yapay yüzey için maksimum LU değeri olan 10.00'ı atamışlardır. Bunu nedeni bu alanların erozif olmadığının düşünülmesidir. Gavrilovic tablolarında değeri olmayan madenler, çöplükler, inşaat alanlarına buralardaki topraklar hayli bozuk olduğundan LU değeri olarak 1.00'ı vermişlerdir. Gavrilovic tablolarında değeri olmayan kumsallar, kumullar, plajlar, çıplak kayalara maksimum LU değeri olan 10.00 verilmiştir. Gavrilovic tablolarında değeri olmayan sulak alanlara ve su yüzeylerine de maksimum LU değeri olan 10.00 verilmiştir. Tarımsal ormancılık alanlarına LU değeri olarak 8.5 verilmiştir. Naturel vejetasyonlu tarım alanlarına LU değeri olarak 8.0 verilmiştir. Yıllık ve kalıcı ekin,

karışık ekim örneklerine LU değeri olarak 7.5 verilmiştir. Seyrek ekili alanlara LU değeri olarak 4.0 verilmiştir. Yanmış arazilere ise LU değeri olarak 3.0 verilmiştir.

Bu LU değerleri incelenmiş ve çalışma için seçilen arazi kullanım sınıflarına uygun olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle çizelgede bulunmayan LU değerleri Panagos (2013)'ten alınmıştır.

Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan LU değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri, LU'ya ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Çizelge 3.12. Doğal ve Tarım Arazileri için Gavrilovic Parametre değerleri(Panagos ve ark., 2013)

Gavrilovic Arazi kullanım Kategorileri	**LU parametreleri**
Verimsiz işlenmemiş toprak	-
Eğim yukarı ve aşağı sürülmüş tarla	-
Az vejetasyonlu meyvelik ve bağ	-
Bozulmuş orman ve çalı altındaki erozyona uğramış toprak	5.00
Dağ çayırları	5.00
Çimenler ve benzeri uzun ömürlü bitkiler	-
Eğimli arazilerdeki ormanlar	9.00
Düz arazilerdeki ormanlar	-
Kontur tarım	-
Malçlamalı Kontur tarım	-
Ürün rotasyonuyla kontur şerit yetiştirme	6.50
Kontur meyvelik ve bağ	7.85
Sürülmüş arazi terasları, teraslar, bozulmuş teraslar	7.50
Otlak ve çayırlar	8.00
Orta yoğunlukta kontur açım	-
Ağaçlandırma	9.00
Ağaçlandırma ve sınıflandırma	-

Çalışma alanındaki 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı F_{cover} değerleri, çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı LU değerleri ile birlikte değerlendirilmiş ve 1990 ve 2010 yılı V değerleri bulunmuştur.

3.2.2.3.(3). Toprak Erodibilitesi (S)

G2 modeli S faktörünü elde etmek için USLE literatürü iyi bilinmelidir. G2 modelinde kullanılan S faktörü, USLE Modelindeki K faktörüdür. USLE ve G2 modeli literatürüne göre toprak erodibilite faktörü (K), belirli koşullar altındaki bir birim arsa üzerinde ölçülen R birimi başına toprak kaybı oranı olarak tanımlanır(Wischmeier parseli). Fırtına olayları sırasındaki toprak özelliklerinin toprak kaybına olan etkisi için K hesaplanır(Renard ve Ark. 1997). USLE (K) (Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) ve G2 modeli (S) faktörünü aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

$$100 *K= \ 10^{-4} * 2.71 *M^{1.14} *(12 – a)+ 4.2 *(b-2)+ 3.23 *(c-3) \qquad (3.37)$$

K: toprak erodibilitesi (t m^2 h ha^{-1} hJ^{-1} cm^{-1}),

M: Toprak yüzeyinin ilk 15 cm'deki tekstür = [(100-Ac)*(L_Armf)]

Ac: kil yüzdesi (<0.002 mm.),

L: silt yüzdesi (0.002-0.05 mm.),

Armf: Çok ince kum (0.05-0.1 mm.)

a: Organik Madde içeriği yüzdesi, b: Toprak Strüktürü (çok ince granüler: 1-2 mm; ince granüler: 2-5 mm; orta ya da kaba granüler: 5-10 mm; bloklu, levhamsı ya da masif : N10 mm)

c permeabilite (c=1, çok hızlı, c=2, ortadan hızlıya, c=3, orta, c=4, yavaştan ortaya., c=5, yavaş, c =6, çok yavaş).

Revize G2 modeli ise S faktörünü Renard ve ark. (1997)'ye göre hesaplamaktadır:

$$S=K=\left[\frac{2{,}1.10^{-4}.M^{1{,}14}.(12-OM)+3{,}25.(s-2)+2{,}5.(p-3)}{100}\right].0{,}1317 \qquad (3.38)$$

M: Tekstürel faktör (100-kil fraksiyonu % olarak)

OM: Organik madde miktarı (% olarak)

s: Toprak strüktürü sınıfı

p: permeabilite sınıfıdır.

Seçilen çalışma alanlarında S faktörü hesaplamak için belirlenen 2 alandan toprak örnekleri alınmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin gerekli fiziksel-kimyasal analizleri Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuarlarında yapılmıştır. Ayrıca K formülünde kullanılan toprak strüktürleri ise arazide belirlenerek daha sonra sınıflandırılmıştır. Revize G2 modeli K faktörü için alınan toprak örneklerinin önce tekstür analizi yapılmıştır. Tekstür (bünye) analizinde, Hidrometre yöntemine göre toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları belirlenerek (Bouyoucos, 1951), elde edilen sonuçlar tekstür (bünye) üçgenine uygulanarak, toprağın bünye sınıfları belirlenmiştir (Black,1957). S formülündeki OM, organik madde miktarıdır (% olarak). Daha sonra organik madde miktarını % olarak belirlemek için analiz yapılmıştır. Analiz, Modifiye Walkley-Black yöntemine göre yapılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black, 1957).

Çalışmada kullanılan toprak strüktür sınıfları (s), arazide belirlenen toprak strüktürleri yardımıyla, çizelge 3.13. kullanılarak örnekleme noktaları için elde edilmiştir.

Çizelge 3.13. Toprak Strüktürü, Toprak Strüktürü sınıfı ilişkisi (Panagos ve ark., 2013)

Toprak Strüktürü	**Toprak Strüktürü sınıfı (s)**
Çok ince granüler	1
İnce granüler	2
Orta- Kaba granüler	3
Blokumsu, levhamsı veya masif	4

Çalışmada kullanılan permeabilite sınıflarını (p) elde etmek için FAO permeabilite sınıfları kullanılmıştır (çizelge 3.14). Tekstür (bünye) üçgenine uygulanarak elde edilen örnekleme noktalarındaki toprakların bünye sınıfları kullanılarak, örnekleme noktalarındaki permeabilite sınıfları elde edilmiştir.

Belirlenen M, OM, p ve s değerleri kullanılarak örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal S faktörü değerleri elde edilmiştir.

Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal S faktörü değerleri, Ordinary Kriging yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için S faktörü elde edilmiştir. Bu yöntemin seçim nedeni, Panagos ve ark. (2013) tarafından S faktörü oluşturulurken kullanılmasıdır.

Çizelge 3.14 Toprak bünye sınıfı, permeabilite sınıfı ilişkisi (FAO, 1990)

Toprak Bünye Sınıfı	**Permeabilite Sınıfı (p)**
Kum	1
Kumlu Tın	2
Tın	3
Killi Tın	4
Siltli Kil	5
Kil	6

3.2.2.3.(4). Topoğrafik Etki (T)

G2 modelinde topografik etki (T), RUSLE literatürüne dayalı olarak hesaplanmıştır.

RUSLE modelinde topoğrafik faktör LS olarak gösterilir. Revize G2 modelinde ise topoğrafik faktör T adını almaktadır.

Revize G2 modeli, G2 modelinde olduğu gibi T faktörünü, Moore ve Burch (1986), Desmet ve Govers(1997) tarafından geliştirilen formülle hesaplamaktadır. Formül aşağıda verilmiştir:

$$T = LS = (A_s/22{:}13)^{0.4} * (\sin \beta / 0.0896)^{1.3} \quad (3.39)$$

Burada

L: Eğim uzunluğu faktörü,

A_s: Akış birikimi (m),

S: Eğim diklik faktörü

b: Eğim dikliği (rad)dir.

Görülmektedir ki 3.39 eşitliği eğim uzunluğunun sadece 100 metreden az olduğu zamanlarda (λ<100 m.) ve eğim açıları 14^0'den küçük olduğu zamanlarda (β< 14^0) orijinal eşitlik ile tutarlıdır (Moore ve Wilson 1992).

ArcGIS 10 yazılımında bulunan Map Algebra kullanılarak LS faktörü hesaplanmıştır. Bu işlemi Map Algebra ile yaptırmak için formül aşağıdaki şekilde yazılmalıdır:

T = LS = Pow(|flow accumulation| x hücre boyu / 22.13, 0.4)*Pow (sin(|DEM'in eğimi|*0.01745 / 0.0896, 1.3) (3.40)

Formüldeki flow accumulation, ArcGIS 10 yazılımının Spatial Analyst Tools menüsünün içindeki Hydrology Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir. DEM verisi ilk olarak fill edilmiştir. Daha sonra fill edilmiş DEM verisi ile flow direction (akış yönü) bulunmuş ve bulunan flow direction (akış yönü) yardımıyla flow accumulation (akış birikimi) her iki çalışma alanı için ayrı ayrı elde edilmiştir Formüldeki hücre boyu 30 alınmıştır. Formüldeki eğimi bulmak için DEM verisi gerekmektedir. Eğim, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir.

LS faktörünü hesaplarken kullanılan çalışma alanlarına ait DEM verisi ise, ARCGIS 10 yazılımının 3D Analyst Modülü içindeki Raster Interpolation menüsü altında bulunan Topo to Raster yardımıyla hazırlanmıştır.

3.2.2.3.(5). Eğim Uzunluğu (I)

G2 modeli uygulamasında, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin koruma faktörü yaklaşımı oluşturulmasında kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu değerler, basit bir şekilde tarım uygulamaları ile bağlantılı değildir ancak bölgenin alternatif arazi modelini kastedebilir. Bu ima, tüm anti-erozyon önlemleri yağış akışını hedefler gerçeğine dayanır ama) T (veya LS) faktörü tarafından bu ölçekte tek başına değerlendirilemez.

Revize G2 modeli I faktörünü kullanılacak uydu görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak elde etmektedir. I faktörü Revize G2 modelinde, G2 modelinden farklı olarak aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$$I = 1 + \sqrt{\frac{S_f}{255}} \tag{3.41}$$

S_f : (0,255) değer aralığındaki Sobel filtresi

Panagos ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada I faktörünü elde etmek için, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü olmadığından, elde bulunan Landsat görüntülerinden yararlanılmıştır. 1990 yılı ve 2010 yılı Landsat görüntülerine Erdas Imagine programı yardımıyla sobel filtresi uygulanmıştır. Sobel filtresi uygulanan 1990 yılı ve 2010 yılı Landsat görüntüleri, formül 3.41.'de yerine konularak, 1990 yılı ve 2010 yılına ait I faktörü değerleri elde edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucu elde edilen bulgular, temel haritalar, 3 farklı erozyon modeli ile oluşturulan erozyon haritaları ve zamansal değişim bulguları olmak üzere üç ana gurupta toplanmıştır. Temel haritalar bölümünde giriş verilerinden erozyon oluşumunda etkili olan özelliklere ait hazırlanan haritalar yer almaktadır. Erozyon haritaları konusunda, çalışmada kullanılan RUSLE, mMMF ve revize G2 erozyon modelleri ile çalışma alanına ait erozyon haritaları ve farklı modellerle oluşturulan bu erozyon haritalarının birbirleri ile ilişkilendirilmesiyle yapılan karşılaştırmalar anlatılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki arazi değişimi, 4 farklı yıla ait uydu görüntülerinin karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Çalışma alanında yapılan eğitimli sınıflama sonucu oluşturulmuş 6 arazi kullanım sınıfının, 1984-1990, 1990-1999, 1999-2010 ve 1984-2010 yılları arasında çeşitli etkenlerle açığa çıkan değişimler ve yüzdelikleri gösterilmiştir.

4.1. Temel Haritalar

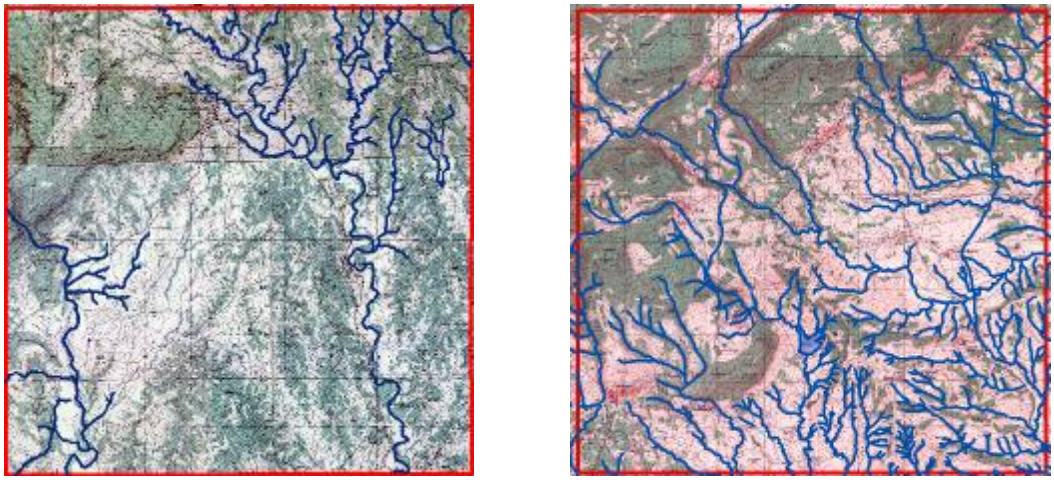
Çalışmada giriş verilerinin bilgisayar ortamına aktarılarak, noktasal veriler ve uydu verilerinin işlenmesi ve arazi kontrolleri sonucu birçok farklı harita üretilmiştir. Bu haritalar, çalışma alanının erozyon oluşum faktörlerinin etkisini gösteren temel özellikleri içermektedir.

4.1.1. Sayısal Topoğrafik Harita

Çalışma alanı incelendiğinde, seçilen 1 numaralı çalışma alanında bulunan iki büyük dereyi besleyen toplam 15 su toplama kanalı ve bu kanalları besleyen küçük havzalar belirlenmiştir. Belirlenen su kanalları, özellikle havzanın dik eğimli yüksek yamaçlarında toplanan suyun iki büyük dereye ulaştıran kanalları oluşturmaktadır. Seyhan Baraj gölüne kadar uzanan iki ana dere dışında göle komşu olan ve dik yamaçlarda bulunan kanallardan bazıları da doğrudan göle ulaşmaktadır.

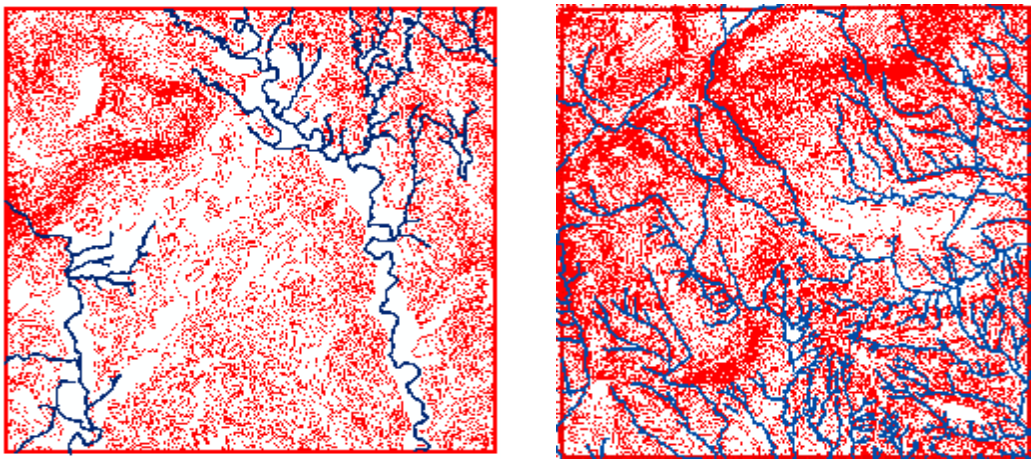
Seçilen 2 numaralı çalışma alanı incelendiğinde, çalışma alanı içinde irili

ufaklı çok sayıda dere ve su toplama kanalları belirlenmiştir. Bunların büyük bir kısmı, havzanın kuzey ve kuzey batısında yer alan yükseltilerden topladıkları suyu havzanın ortasındaki daha az eğimli alanlara ve alanın merkezine yakın bir kısımda yer alan Çavuşlu Göletine taşımaktadır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Çalışma alanlarına ait sayısal topoğrafik haritalar

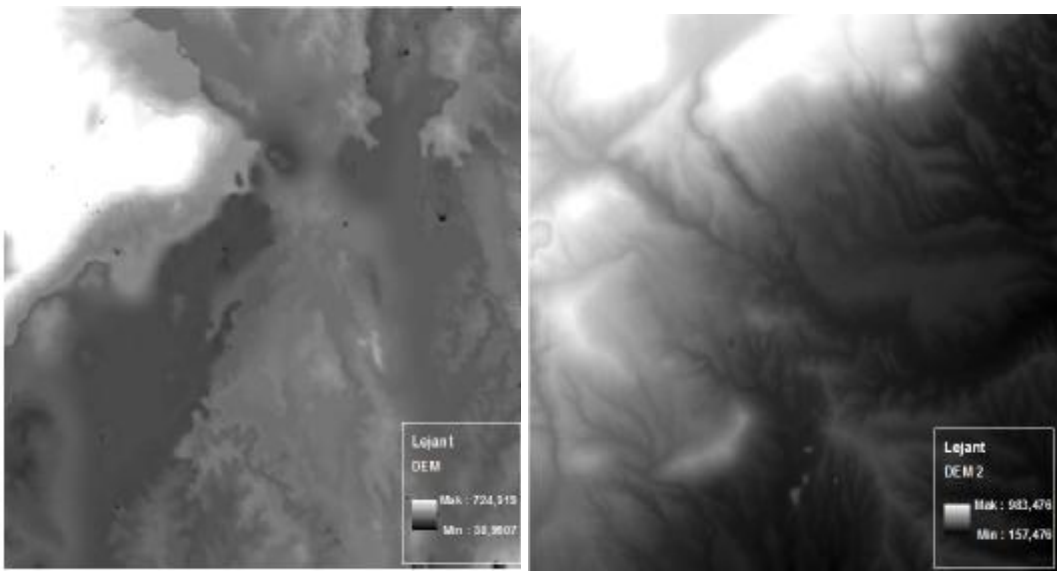
Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modellerini (DEM) oluşturmak için çalışma alanında kullanılan topoğrafik haritalarda 10 m.'de bir geçen eşyükseklik eğrileri sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Çalışma alanlarına ait sayısallaştırılmış eşyükselti eğrileri

4.1.2. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

Sayısal yükseklik modelleri araziye çıkmadan önce çalışma alanları hakkında bilgi sağlayan verilerdir. Çalışma alanı için hazırlanan sayısal yükseklik modeli ile uydu görüntüleri birlikte değerlendirilmiş ve çalışma alanının topoğrafyası hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Ayrıca çalışma alanları için oluşturulan sayısal yükseklik modelleri kullanılarak RUSLE modelinde LS faktörü, mMMF modelinde S değeri ve revize G2 modelinde T faktörü hesaplatılmıştır. Çalışma alanlarına ait DEM verileri şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Çalışma alanlarına ait DEM verileri

4.2. Erozyon Modellemeleri

4.2.1 RUSLE Modeli

4.2.1.1. Yağış Faktörü (R)

Çalışma alanında bulunan 2 çalışma alanına, 1990 yılı ve 2010 yılı için RUSLE Modeli uygulanmıştır. 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı R değerleri bu

modellemede kullanılmıştır. Çalışma alanını kapsayan 1 meteoroloji istasyonu bulunduğundan elde edilen R değerleri tüm çalışma alanlarına uygulanmış, interpolasyon yapılmamıştır. Çalışma alanlarına ait R değerleri Harper (1987)'ye ait $R = 38,5 + 0,35r$ eşitliğinden hesaplanmıştır. Çalışma alanlarına ait R değerleri çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanlarına ait R değerleri

	R Değeri (MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1})	
Çalışma Alanı	**1990**	**2010**
1	669	774
2	669	774

4.2.1.2. Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K)

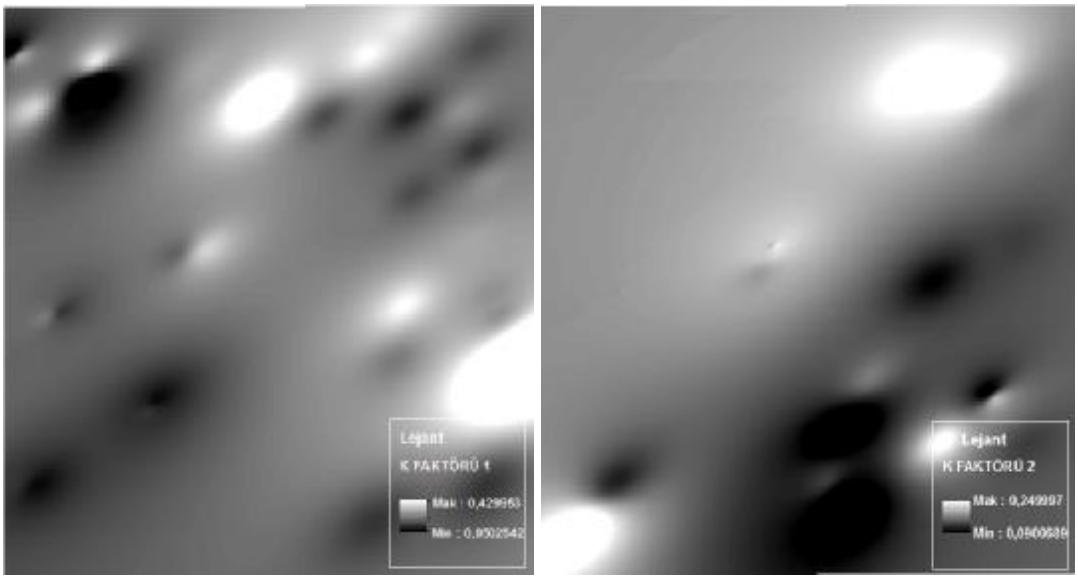
Çalışmada kullanılan K faktör değerleri, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, Monchareonm K değer üçgeni yardımıyla örnekleme noktaları için bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Çalışmada bulunan her iki çalışma alanı için oluşturulan büyük toprak grupları haritası incelenmiş ve aynı büyük toprak grubu içinde alınan farklı örnekleme noktalarının K faktörü değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir büyük toprak grubu için tek bir K faktör değeri kullanılmamış ve çalışma alanları için interpolasyon yapılmıştır.

Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal K faktörü değerleri, önce ArcMAP 10 ile X, Y datası olarak mevcut projeye eklenmiş daha sonra, K faktör değerleri, Inverse Distance Weighting interpolasyon yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için K faktörü elde edilmiştir (Şekil 4.4).

Çizelge 4.2. Örnekleme noktaları K değerleri

No	X	Y	K Değeri	No	X	Y	K Değeri
22	675472	4114056	**0.19**	78	687321	4122626	**0.19**
79	685358	4121788	**0.18**	21	674316	4116165	**0.13**
64	681870	4126886	**0.20**	44	685544	4122758	**0.24**
60	679611	4126520	**0.05**	16	674993	4119665	**0.23**
61	679556	4126065	**0.13**	25	671354	4116763	**0.21**
17	674026	4119665	**0.23**	48	684855	4127136	**0.24**
30	672673	4113564	**0.09**	8	676073	4113301	**0.15**
15	676048	4119073	**0.17**	37	668405	4112664	**0.14**
76	686921	4125476	**0.15**	11	672751	4112040	**0.10**
24	675310	4114212	**0.12**	72	685631	4126090	**0.14**
91	678139	4127221	**0.11**	66	684602	4124248	**0.18**
80	680897	4121119	**0.13**	1	674460	4113326	**0.22**
87	678755	4122551	**0.18**	93	686661	4126165	**0.19**
50	681188	4123661	**0.17**	47	687029	4127283	**0.16**
45	687194	4122971	**0.19**	12	673121	4114495	**0.17**
62	680481	4127363	**0.29**	31	672271	4112654	**0.15**
77	687789	4121794	**0.43**	38	671280	4116761	**0.19**
71	685448	4127689	**0.23**	83	680691	4120886	**0.15**
88	678512	4121734	**0.17**	51	684996	4118967	**0.15**
92	682826	4126285	**0.29**	46	687163	4124878	**0.19**
7	667660	4111752	**0.25**	42	679097	4122655	**0.15**
52	687094	4119589	**0.15**	73	685738	4124727	**0.16**
54	678099	4119627	**0.15**	63	679726	4127035	**0.23**
49	681842	4123734	**0.22**	33	672516	4112352	**0.12**
41	678530	4126186	**0.22**	68	684061	4126044	**0.16**
75	686799	4123813	**0.20**	18	675784	4116820	**0.15**
56	678311	4127088	**0.20**	85	678647	4119627	**0.13**
26	671020	4116250	**0.18**				



Şekil 4.4. Çalışma alanlarına ait K faktör değerleri

4.2.1.3. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS)

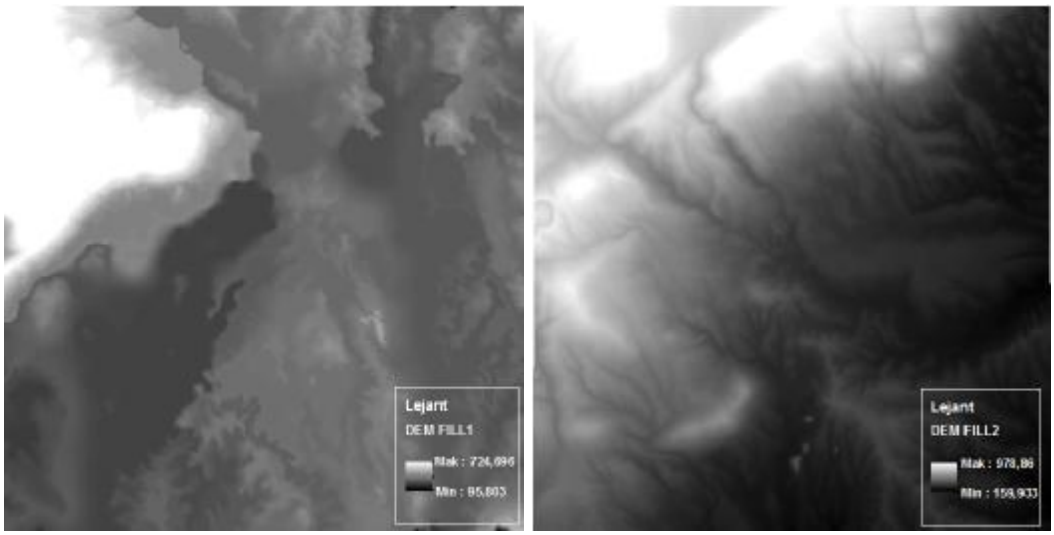
RUSLE modelinde L faktörü eğim uzunluğu ve S faktörü eğim derecesini ifade eder. Birçok araştırmacı L ve S faktörünü birleştirerek LS olarak kullanmaktadır. Yapılan çalışmada L ve S faktörü birleştirilerek LS olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada birleştirilmiş LS faktörü Sims (2003)'e göre hesaplanmıştır.

LS = Pow(|flow accumulation| x hücre boyu / 22.13, 0.06)*Pow (sin(|DEM'in eğimi|*0.01745 / 0.0896, 1.3) (4.1)

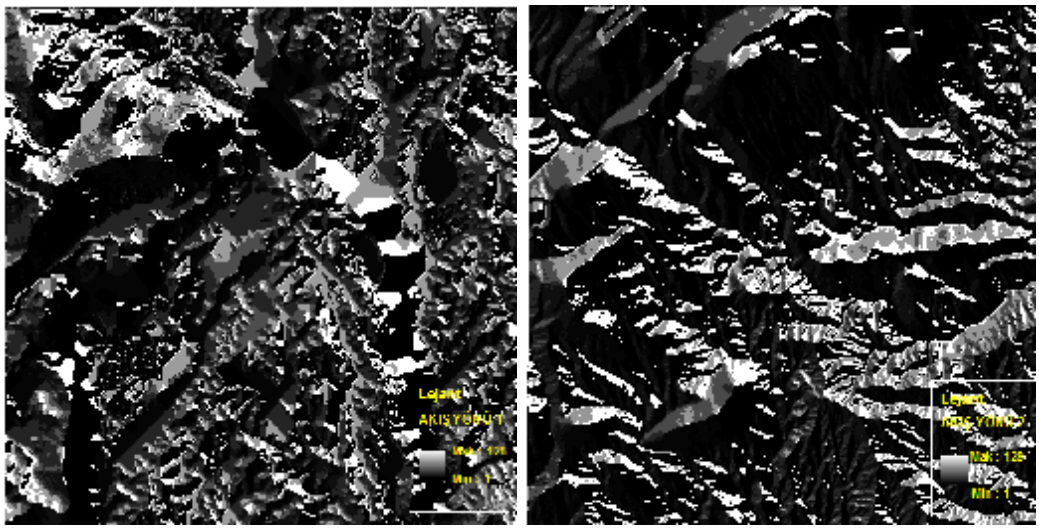
ArcGIS 10 yazılımında bulunan Map Algebra'da LS faktörünü hesaplamak için formül (4.1)'deki şekilde yazılmıştır.

Formüldeki flow accumulation, ArcGIS 10 yazılımının Spatial Analyst Tools menüsünün içindeki Hydrology Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir. DEM verisi ilk olarak fill edilmiştir(Şekil 4.5).

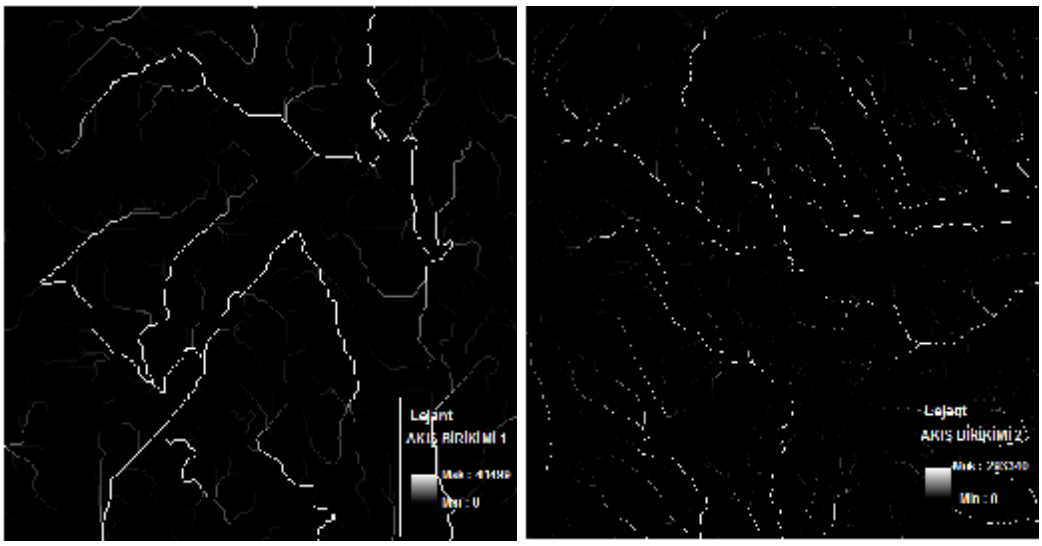


Şekil 4.5. Çalışma alanlarına ait fill edilmiş DEM verileri

Daha sonra fill edilmiş DEM verisi ile flow direction (akış yönü) bulunmuş (Şekil 4.6) ve bulunan flow direction (akış yönü) yardımıyla flow accumulation (akış birikimi) her iki çalışma alanı için ayrı ayrı elde edilmiştir (Şekil 4.7).

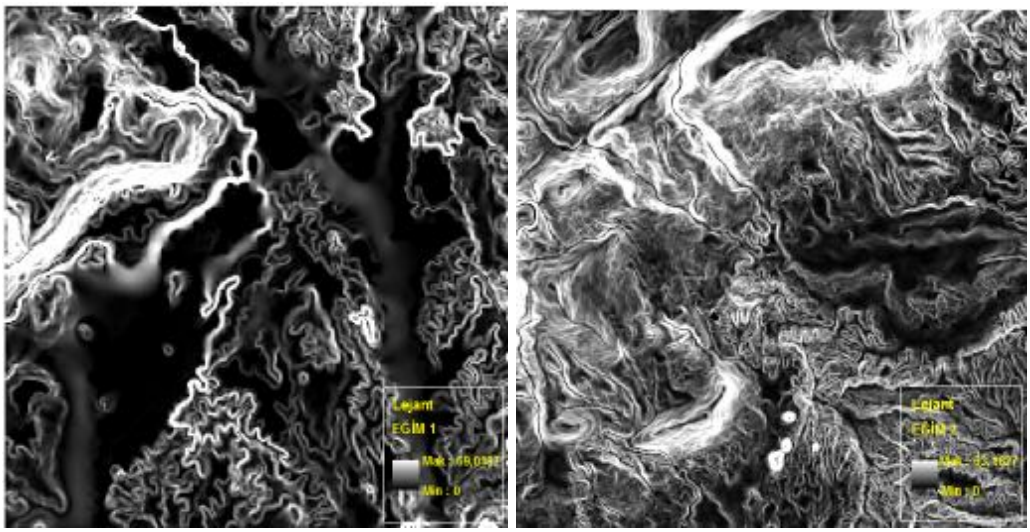


Şekil 4.6. Çalışma alanlarına ait flow direction (akış yönü) verileri



Şekil 4.7. Çalışma alanlarına ait flow accumulation (akış birikimi) verileri

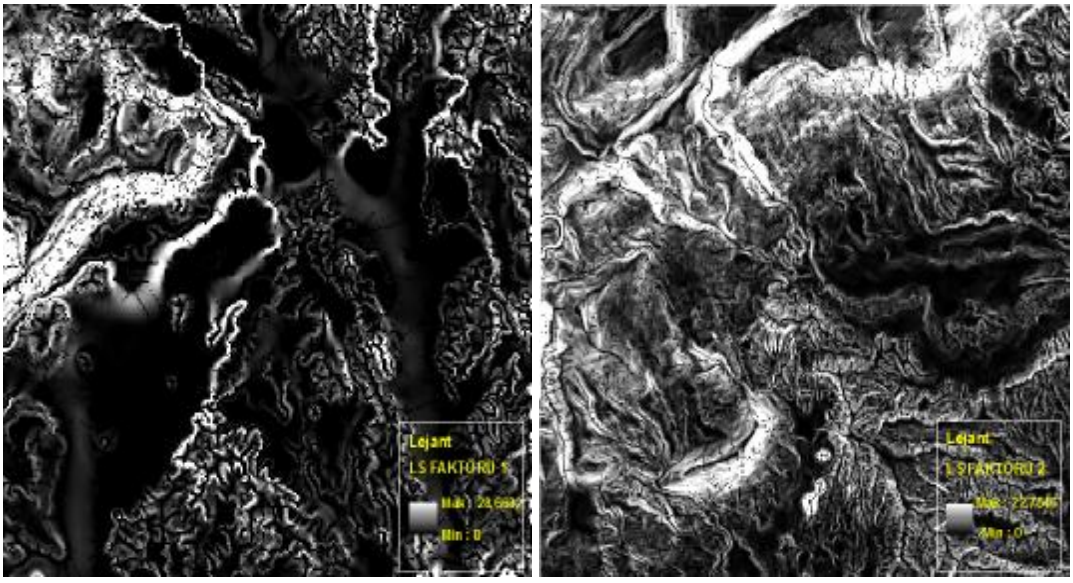
Formüldeki hücre boyu 30 alınmıştır. Formüldeki eğimi bulmak için DEM verisi gerekmektedir. Eğim, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Çalışma alanlarına ait eğim verileri

LS faktörünü hesaplarken kullanılan çalışma alanlarına ait DEM verisi ise, ARCGIS 10 yazılımının 3D Analyst Modülü içindeki Raster Interpolation menüsü altında bulunan Topo to Raster yardımıyla hazırlanmıştır (Şekil 4.3).

Yukarıda belirtilen veriler kullanılarak, birleştirilmiş LS faktörü her iki çalışma alanı için hesaplanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çalışma alanları için oluşturulan birleştirilmiş LS faktörü

4.2.1.4. Bitki yönetim faktörü (C)

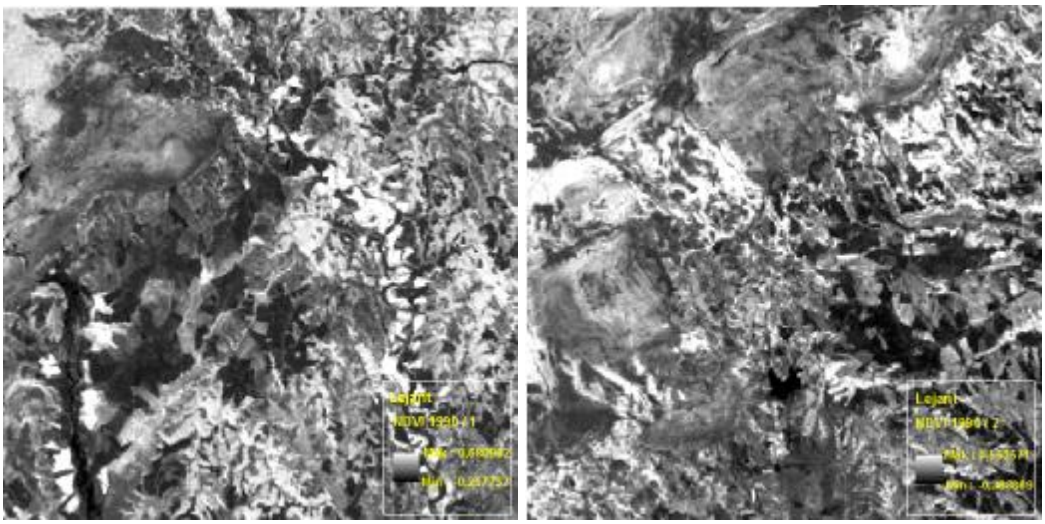
Birçok araştırmacı C faktörünün değerini belirlemek için araştırmalar yapmıştır. Bu nedenle literatürde RUSLE uygulamalarında birkaç farklı C faktörü eşitliği bulunmaktadır. C faktörü için yaygın kullanılan eşitliklerden biri olan, Van der Knijff ve ark., (2000)'e ait olan eşitliktir:

$$C = e^{(-\alpha (NDVI / (\beta - NDVI)))} \quad (4.2)$$

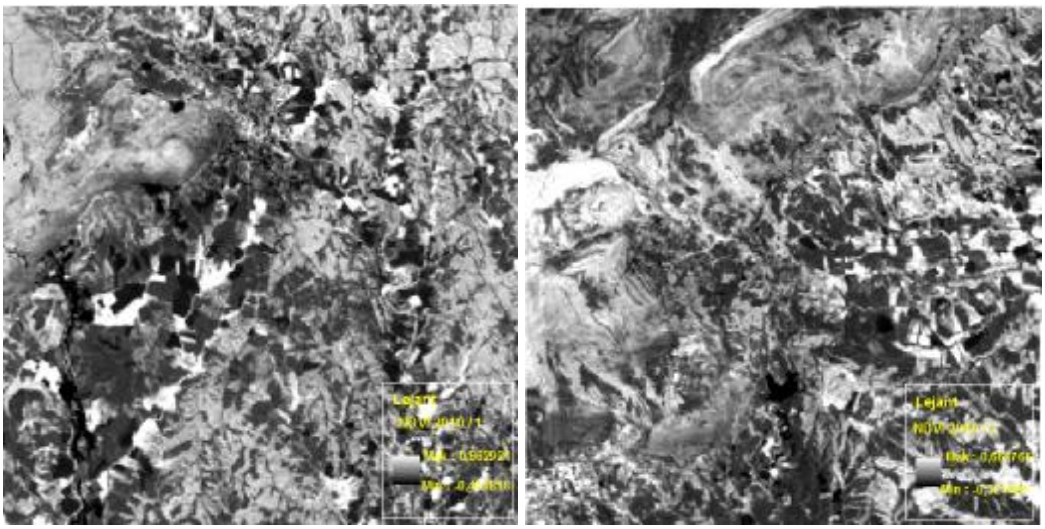
Bu eşitlikte; α ve β, NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreler. Van der Knijff ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çeşitli denemeler sonunda α ve β için en uygun değerleri sırasıyla 2 ve 1 olarak bulmuşlardır.

Erozyon modelleri, her üç model içinde 1990 ve 2010 yılları için yapılacağından C faktörü her iki çalışma alanı içinde 1990 ve 2010 yılı için hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, Van der Knijff ve ark., (2000)'e ait olan eşitlik kullanılmıştır. Eşitlikten görüldüğü üzere; C faktörünü hesaplamak için öncelikle

çalışma alanlarına ait NDVI değerlerinin bulunması gerekmektedir. C faktörünü hesaplarken çalışma alanlarının 1990 ve 2010 yılı NDVI değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.10., Şekil 4.11.).



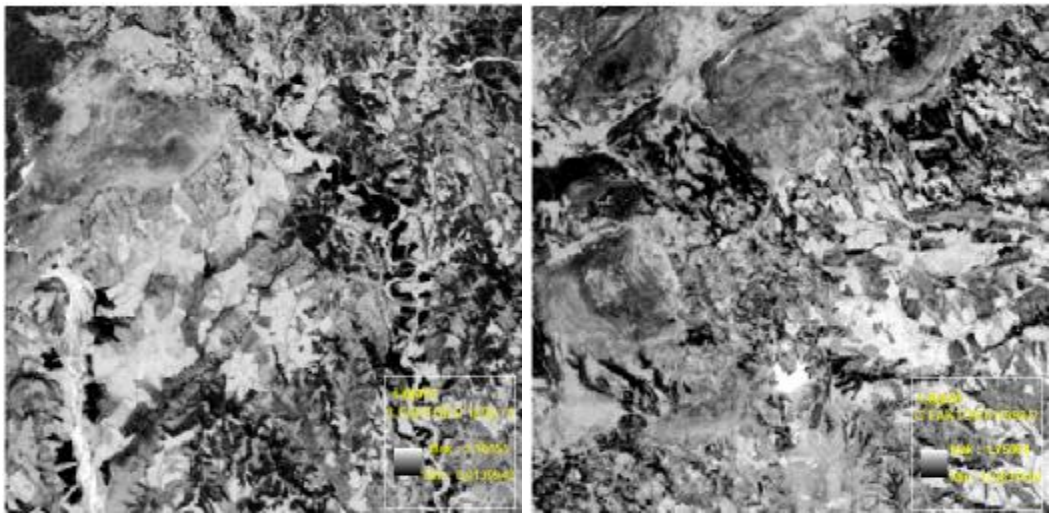
Şekil 4.10. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı NDVI değerleri



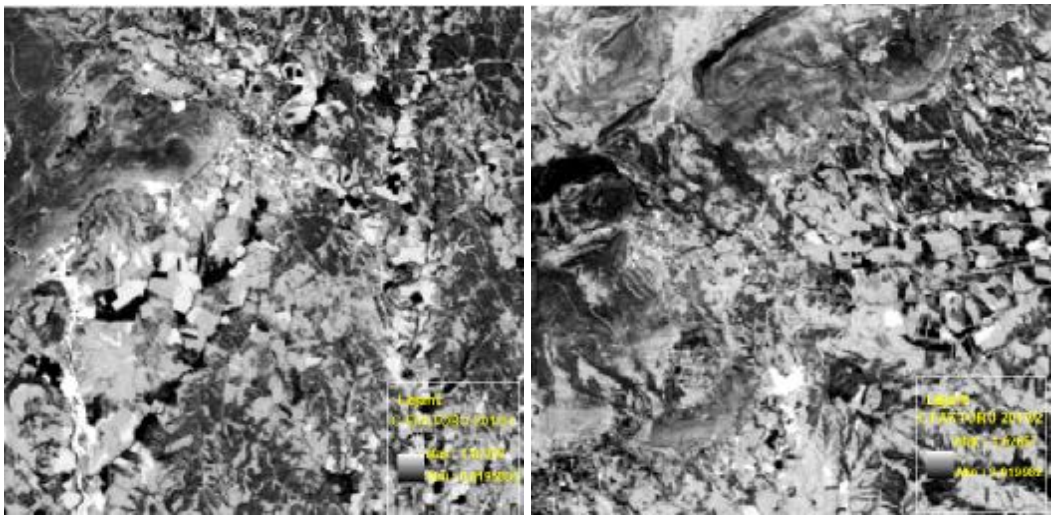
Şekil 4.11. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı NDVI değerleri

Bu NDVI değerleri kullanılarak Erdas Programında bulunan Model Maker menüsü yardımıyla, çalışma alanları için 1990 ve 2010 yılı C Faktör değerleri hesaplanmıştır.

Kullanılan eşitlikte; α ve β, (NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreler), Van der Knijff ve arkadaşları (2000)'nın çalışmalarına sadık kalınarak, α için 2 ve β için 1 olarak alınmışlardır (Şekil 4.12., Şekil 4.13.).



Şekil 4.12. Çalışma alanları için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan 1990 yılı C Faktörü

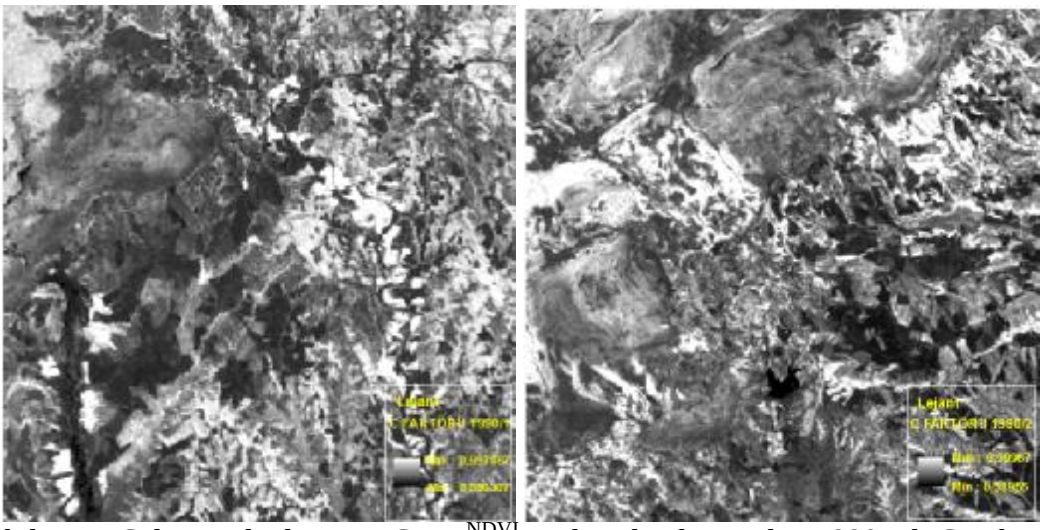


Şekil 4.13. Çalışma alanları için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan 2010 yılı C Faktörü

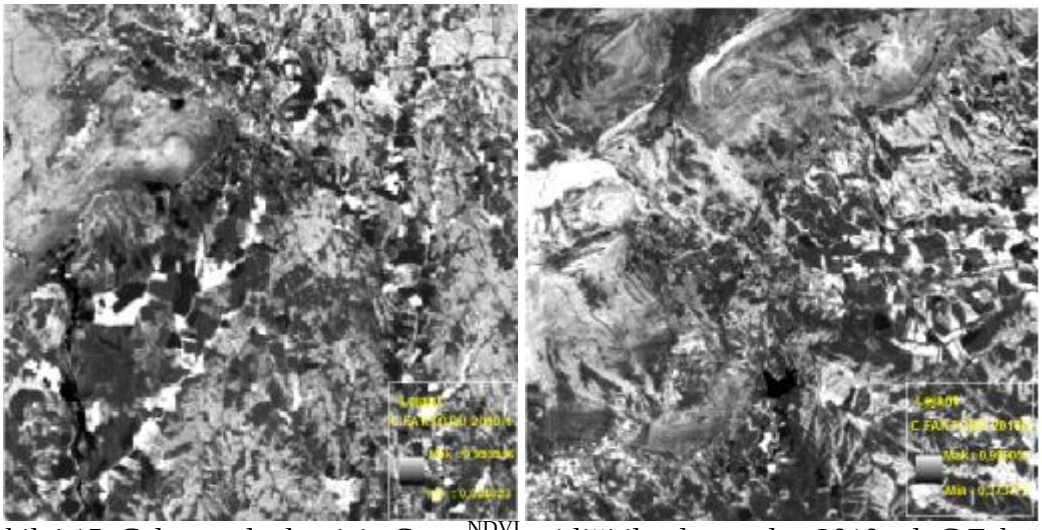
Ayrıca bazı yayınlarda görülen bir C faktör eşitliği olan:

$$C = e^{NDVI} \quad (4.3)$$

eşitliği de kullanılarak, her çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı C Faktör değerleri, yukarıda belirtilen NDVI değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.14, Şekil 4.15.).



Şekil 4.14. Çalışma alanları için $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan 1990 yılı C Faktörü



Şekil 4.15. Çalışma alanları için $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan 2010 yılı C Faktörü

Her iki C faktörü kullanılarak yapılan RUSLE modellemeleri ile farklı eşitliklerle hesaplanan C faktörlerinin RUSLE modeline etkileri araştırılmıştır.

4.2.1.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P)

RUSLE modelinde P faktörü, eğer toprak korunumuna yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier 1975, Wischmeier ve Smith 1978,). Çalışma alanı incelendiğinde, Türkiye genelinde olduğu gibi toprak korunumuna yönelik uygulamalar ya kısıtlı seviyelerde ya da hiç bulunmadığı gözlemlenmiştir. RUSLE modeli literatür çalışması esnasında, birçok araştırmacının yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini tüm alanlar için 1 olarak aldıkları görülmüştür.

Bazı araştırmacılar ise yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini, arazi kullanımı / arazi örtüsü sınıflarını kullanarak 0-1 değeri aralığında değerlendirmişlerdir. Prasannakumar ve ark.(2011) yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanım / arazi örtüsü için 0-1 aralığında P faktör değerleri belirlemiştir (Çizelge 3.4.).

Yapılan çalışmada P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri kullanılarak 2 çalışma alanının 1990 ve 2010 yılı RUSLE erozyon değerleri elde edilmiştir.

Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntülerinde kullanılmıştır. Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri Prasannakumar ve ark.(2011) P faktör değerlerine göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için P faktör değerleri ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile P değerleri ilişkisi (Prasannakumar ve ark.(2011)

Arazi kullanımı / arazi örtüsü sınıfları	**P Değeri**
Orman1 (Orman, yaprak dökmeyen)	0.1
Orman2 (Maki - bozuk orman)	0.8
Tarım1 (Kuru tarım)	0.5
Tarım2 (Sulu tarım)	0.8
Çıplak Arazi	1
Su yüzeyi	0

P=1 kabul ederek elde edilen ve her 2 çalışma alanı için bulunan, 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği (Çizelge 4.3.) P değerleri ile elde edilen 1990 ve 2010 yılı RUSLE değerleri karşılaştırılmıştır.

4.2.2. mMMF Modeli

4.2.2.1. Yağış enerjisinin hesaplanması

mMMF Modelinde yağış enerjisinin hesaplanmasında, yağış süresince oluşan parçalanma ve leaf drenajının enerjisinden yararlanılmıştır. Yağış enerjisinin hesaplanmasında yıllık yağış miktarı ve yağış sonrası toprak yüzeyinde kalan miktar kullanılmıştır. Etkili yağış (ER), toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) ile yağış sonrası yüzeyde kalan kısmın (A;0-l arasında katsayı) çarpımına eşittir.

$$ER=R(1-A) \quad (4.4.)$$

Formüldeki A değeri uydu verilerinin sınıflandırılması ve arazi kontrolleri ile doğrulanması sonucu belirlenen arazi kullanımı türüne bağlı olarak Morgan (1984;1991) 'a göre belirlenmiştir.

A katsayısına ait değerler çizelge 3.7'de verilmişti. Çizelge 3.7.ye göre belirlenen A değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri ile birlikte kullanılmıştır. Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri A katsayısına ait değerlere (Çizelge 4.4.) göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur (Şekil 4.16.)

Çizelge 4.4. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile A değerleri ilişkisi (Morgan 1984;1991)

Arazi Kullanım Türü	**A**
Orman Örtüsü	0,35
Maki	0,25
Sulu Tarım	0,43
Kuru Tarım	0,30
Çıplak alanlar	0
Su yüzeyi	1

Çalışma alanı meteoroloji verileri incelenerek, toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) 1990 yılı için 590.5 mm. ve toplam yıllık yağış miktarı (R;mm) 2010 yılı için 890.4 mm. olarak bulunmuştur.

Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 yılı Landsat uydu görüntüsü ile 2 çalışma alanı için elde edilen 1990 yılı A katsayısı değerleri, 1990 yılı için 590.5 mm olan toplam yıllık yağış miktarı (R;mm), formül 4.4'e göre hesaplanmıştır. Bu hesap, Erdas Programında bulunan Model Maker menüsü yardımıyla, her iki çalışma alanı için 1990 yılı ER değerleri hesaplanmıştır.

Eğitimli sınıflama yapılmış 2010 yılı Landsat uydu görüntüsü ile 2 çalışma alanı için elde edilen 2010 yılı A katsayısı değerleri, 2010 yılı için 890.4 mm. olan toplam yıllık yağış miktarı (R;mm), formül 4.4'e göre hesaplanmıştır. Bu hesap, Erdas Programında bulunan Model Maker menüsü yardımıyla, her iki çalışma alanı için 2010 yılı ER değerleri hesaplanmıştır.

Denklem 4.5 ve formül 4.6'da da belirtildiği üzere etkili yağış; doğrudan yüzeye ulaşan kısmı (DT) ve leaf drenajı (LD) olmak üzere ikiye bölünmüştür. Bu bölünme bitki örtüsünün (CC) bir fonksiyonu olarak düşünülmüştür. Leaf drenajı (LD), etkili yağışın(ER), bitki örtüsü (CC) değerleri ile çarpımına eşittir. Doğrudan yüzeye ulaşan kısım (DT), etkili yağışın(ER) leaf drenajının (LD) çıkarılmasıyla elde edilmektedir.

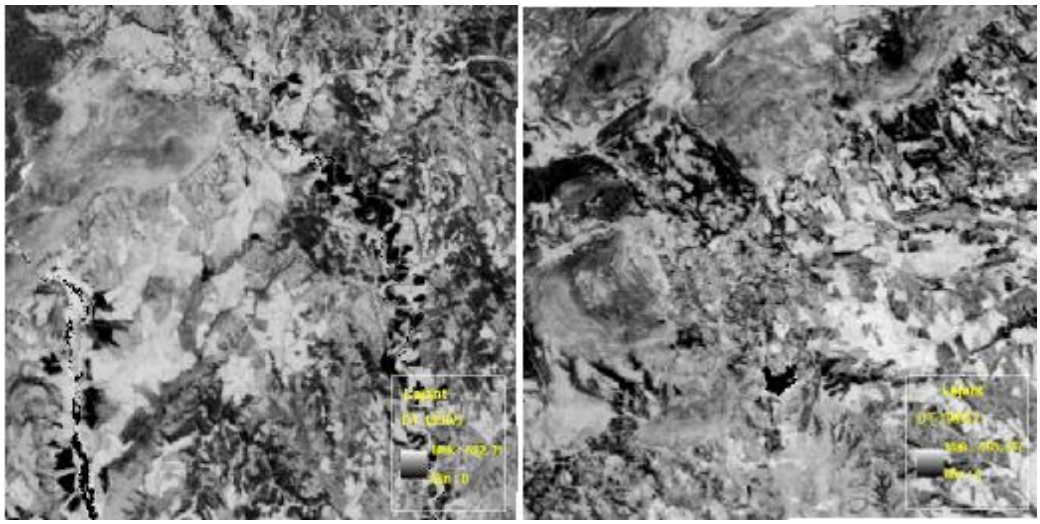
Etkili yağışın belirlenmesinde;

$$LD=ER \times CC \quad (4.5)$$

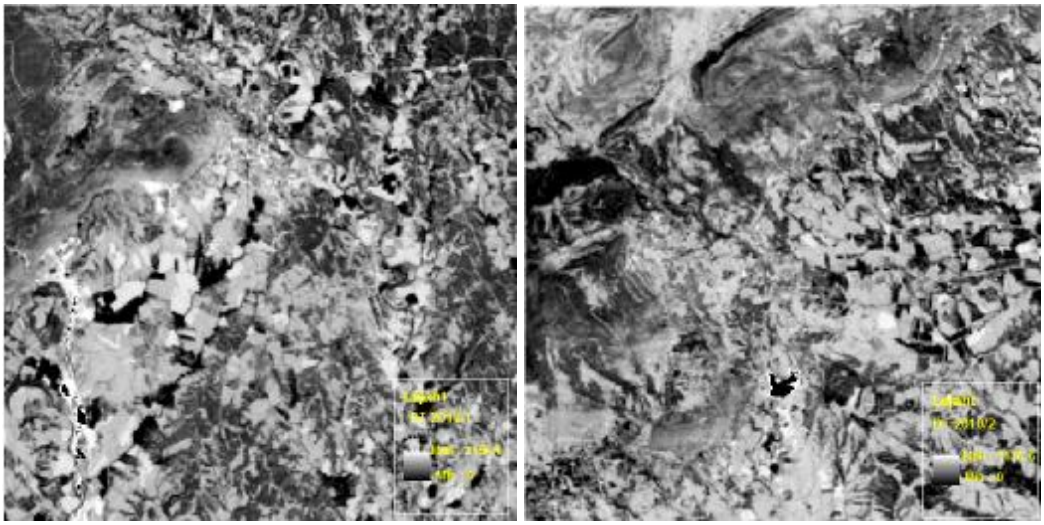
$$DT=ER-LD \quad (4.6)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

Denklemde bulunan bitki örtüsü (CC) değerleri; çalışma alanına ait uydu verilerinden sağlanan NDVI'lere göre belirlenmiştir. 1990 ve 2010 yılı Landsat uydu görüntülerinin NDVI'leri oluşturulmuştur. 1990 yılı NDVI görüntüsündeki piksel değerleri, -0.3 – 0.7 arası değerlerdir. 2010 yılı NDVI görüntüsündeki piksel değerleri, -0.27 – 0.7 arası değerlerdir. Oluşturulan 1990 ve 2010 yılı NDVI'leri, 0-1 aralığına normalize edilerek 1990 ve 2010 yılı CC değerleri oluşturulmuştur. (4.5) ve (4.6) denklemleri kullanılarak 1990 ve 2010 yılı DT değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.16., Şekil 4.17.).



Şekil 4.16. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı DT değerleri



Şekil 4.17. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı DT değerleri

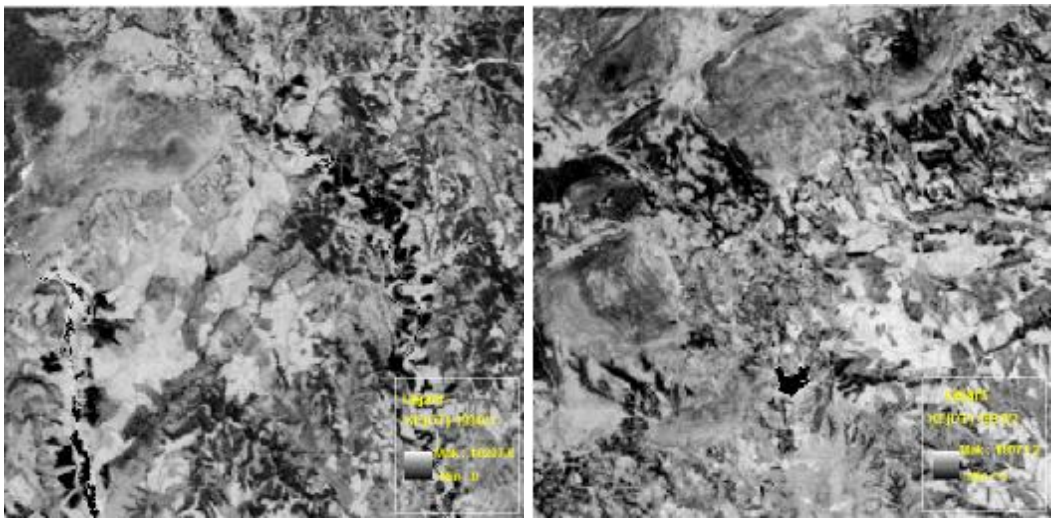
Çalışma alanı için hesaplanan doğrudan yüzeye ulaşan yağışın kinetik enerjisi (KE(DT);J/m^2), iklim bölgesinin aşındırıcı yağış için tipik değerlerin kullanımıyla bulunmuş, yağış yoğunluğunun (I;mm/h) fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Kinetik enerji yağış ilişkisi için bilim adamları tarafından oluşturulmuş birçok yaklaşım bulunmaktadır. Çalışma alanı Akdeniz iklim tipinde olduğu için Akdeniz iklim tipine uygun bir yaklaşım aranmıştır. Çalışma alanı için bu yaklaşım Zanchi ve Torri, (1980) yaklaşımına göre belirlenmiştir.

$$KE = 9.81 + 11.25\ log_{10}I \tag{4.7}$$

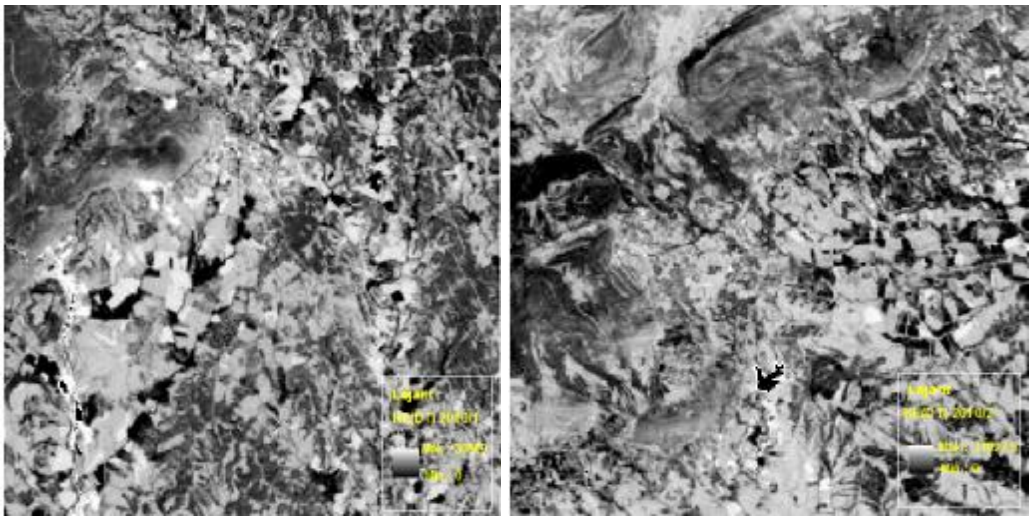
Çalışma alanı için Yağış yoğunluğu (I) 30 mm/h olarak alınarak KE denklem 4.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$KE(DT) = DTx(9.81 + 11.25\ log_{10}I) \tag{4.8}$$

Doğrudan yüzeye ulaşan yağışın kinetik enerjisi (KE(DT);J/m^2) denklem 4.8 kullanılarak 1990 ve 2010 yılı KE(DT) değerleri, her iki çalışma alanı için elde edilmiştir(Şekil 4.18., Şekil 4.19.).



Şekil 4.18. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE(DT) değerleri



Şekil 4.19. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE(DT) değerleri

Leaf drenajının kinetik enerjisinin (KE(LD);J/m^2) belirlenmesinde ise Brandt (1990) tarafından geliştirilen bitki örtüsü yüksekliği (PH;m) kullanılmıştır. Bu ilişki;

$$KE(LD) = (15.8x\ PH^{0,5})-5.87 \quad (4.9)$$

eşitliğiyle belirlenmiştir. Bu eşitlikte bulunan değer negatif sayı çıkarsa 0 alınmıştır.

Yapılan çalışmada PH katsayıları, Vigiak (2006)'dan hareketle(Çizelge 3.6.), arazi çalışmaları sonucu elde edilmiştir. Arazi çalışmalarında, eğitimli sınıflama

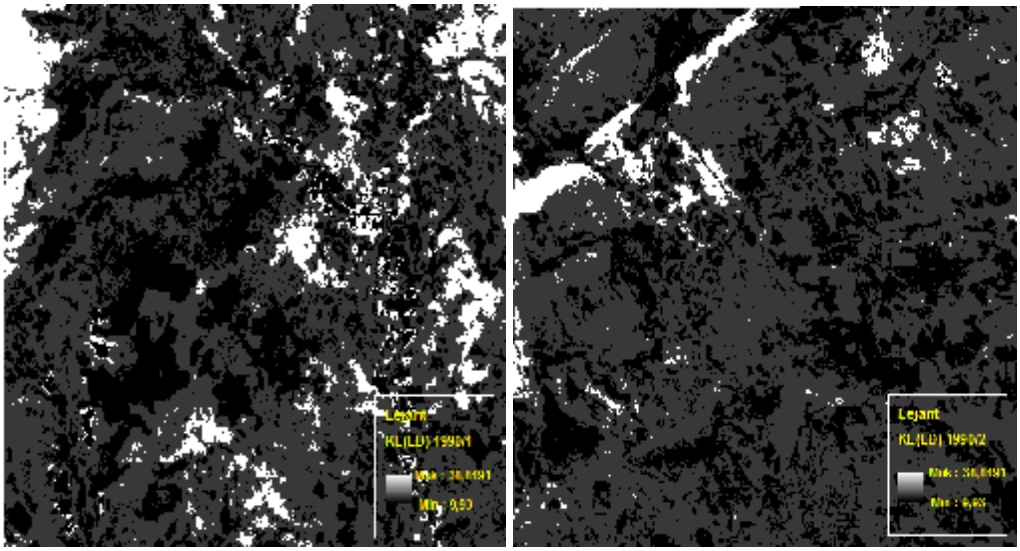
esnasında farklı sınıflarda olacağı tespit edilen yerlerde PH değerleri araziden alınmıştır. Araziden elde edilen PH değerlerinin ortalaması alınarak arazi kullanım tipine göre PH değerleri elde edilmiştir(Çizelge 4.5). Bu PH değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri PH katsayılarına ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Çizelge 4.5. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile PH değerleri ilişkisi

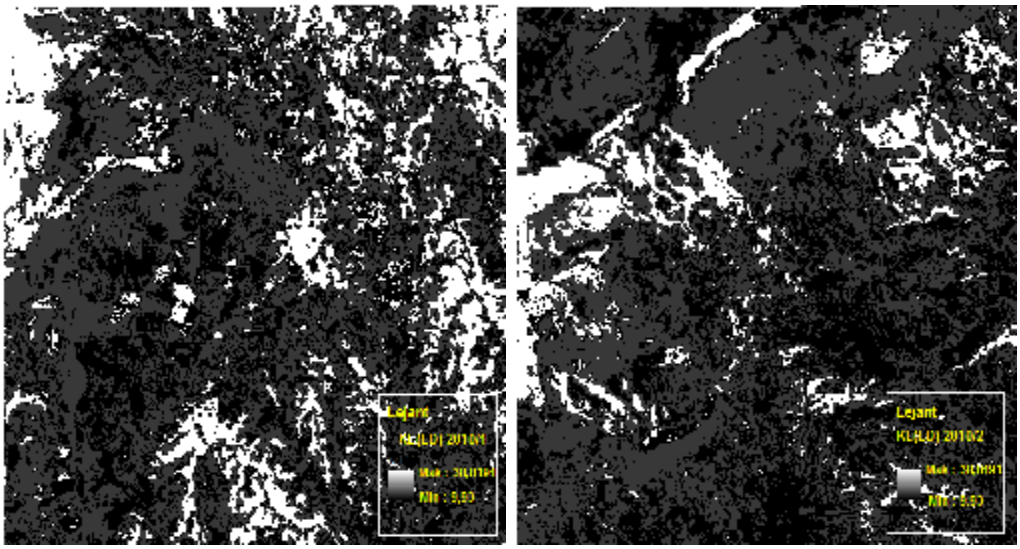
Arazi Kullanım Türü	**PH**
Orman Örtüsü	8
Maki	2
Sulu Tarım	1.5
Kuru Tarım	0.5
Çıplak alanlar	0
Su yüzeyi	0

Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 yılı Landsat uydu görüntüsü ile 2 çalışma alanı için elde edilen 1990 yılı PH katsayısı değerleri, denklem 4.8.'de yerine konarak, Leaf drenajının kinetik enerjisini (KE(LD);J/m^2) her iki çalışma alanı için hesaplanmıştır.

Eğitimli sınıflama yapılmış 2010 yılı Landsat uydu görüntüsü ile 2 çalışma alanı için elde edilen 2010 yılı PH katsayısı değerleri, denklem 4.8.'de yerine konarak, Leaf drenajının kinetik enerjisini (KE(LD);J/m^2) her iki çalışma alanı için hesaplanmıştır(Şekil 4.20., Şekil 4.21.).



Şekil 4.20. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE(LD) değerleri



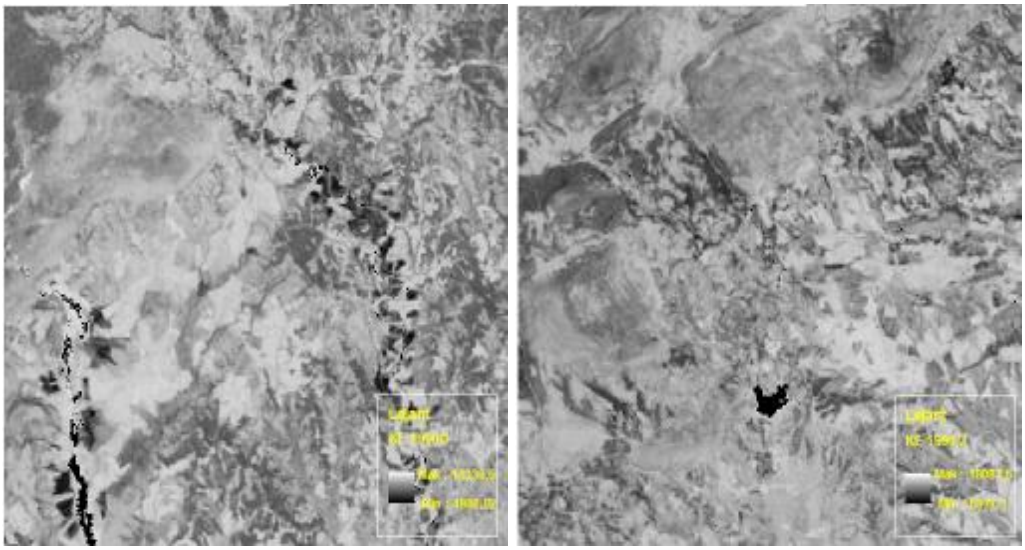
Şekil 4.21. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE(LD) değerleri

Hesaplanan KE(LD) değeri negatif olamaz. Bu nedenle hesaplanan KE(LD) değeri negatif çıkan piksellerde 0 alınması gerekmektedir. Her iki yıla ait (1990, 2010) uydu görüntüleri incelendiğinde bazı piksellere ait değerlerin negatif olduğu belirlenmiştir. Erdas programı kullanılarak negatif olan piksellerin değeri 0 olarak atanmıştır. Bu işlem sonrası oluşturulan 1990 ve 2010 yılına ait KE(LD) değerleri her iki çalışma alanına göre kesilerek, her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılına ait KE(LD) değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.22, Şekil 4.23..).

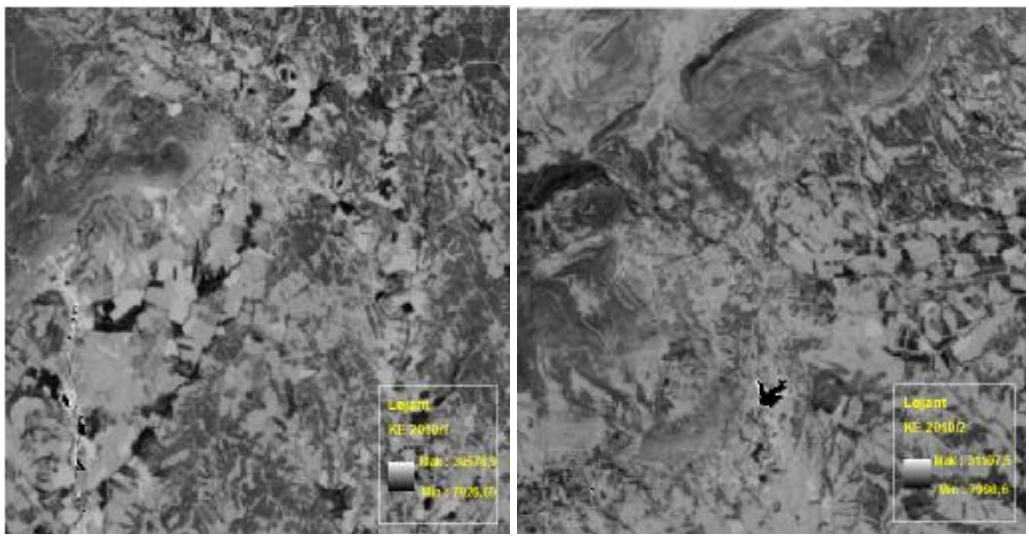
Eşitlikteki etkili yağışın kinetik enerjisi (KE;J/m2) toplam enerjisi;

$$KE=KE(DT)+KE(LD) \quad (4.10)$$

olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4.22. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı KE değerleri



Şekil 4.23. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı KE değerleri

Çalışmada her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı etkili yağışın kinetik enerjisi (KE;J/m2), 4.10. eşitliği kullanılarak elde edilmiştir.

4.2.2.2. Yüzey akışının hesaplanması

mMMF modelinde, yıllık yüzey akışını (Q;mm) belirlemek üzere kullanılan eşitlik MMF modelindeki ile aynıdır. Yıllık yüzey akışını (Q;mm) Kirkby (1976) metoduna dayanmaktadır. Bu eşitlikte oluşan günlük yağışın, toprağın nem depolama kapasitesinin (Rc;mm) üzerinde gerçekleştiği şartlarda oluştuğu kabul edilmektedir. Bu günlük yağış miktarı yaklaşık olarak üslü katsayı olarak dağılıma karşılık gelmektedir.

Yıllık yüzey akış;

$$Q=Rexp(-Rc/Ro) \quad (4.11.)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır.

4.11 denkleminde bulunan Ro değeri ise;

$$Ro=R/Rn \quad (4.12.)$$

Eşitliğine göre hesaplanmaktadır. 4.12 denkleminde bulunan Ro (mm), yıllık ortalama yağışın (R;mm) yıl içindeki yağışlı günlere (Rn) oranıdır.

Çalışmada kullanılan Ro değeri, çalışma alanında bir yağış istasyonu bulunduğundan, çalışma alanında yer alan 1 yağış istasyonundan elde edilen yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı değerlerine hesaplanmıştır. 4.12. denklemine göre hesaplanan Ro değeri, 1990 yılı için 8,81 mm. ve 2010 yılı için 10,73 mm. olarak hesaplanmıştır.

mMMF modelinde toprak nem depolama kapasitesi;

$$Rc=l000xMSxBDxEHD(Et/Eo)^{0,5} \quad (4.13.)$$

denklemiyle hesaplanmaktadır. Denklemde kullanılan değişkenlerden:

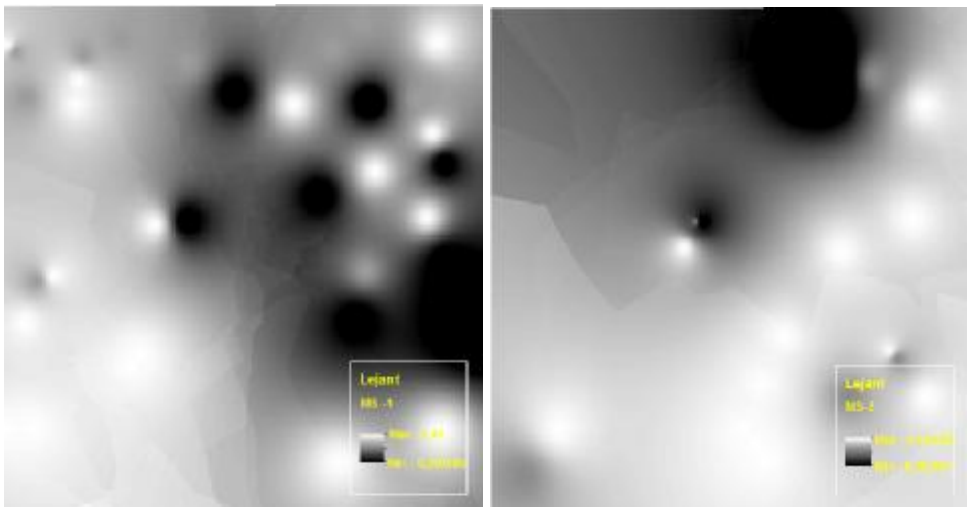
MS=Tarla kapasitesinde toprağın nem içeriğidir. (% w/w)

Çalışma alanı için MS değerleri, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.8 'deki değerler yardımıyla örnekleme noktaları için bulunmuştur (Çizelge 4.6.).

Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal MS değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için MS değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.24.).

Çizelge 4.6. Örnekleme noktaları MS değerleri

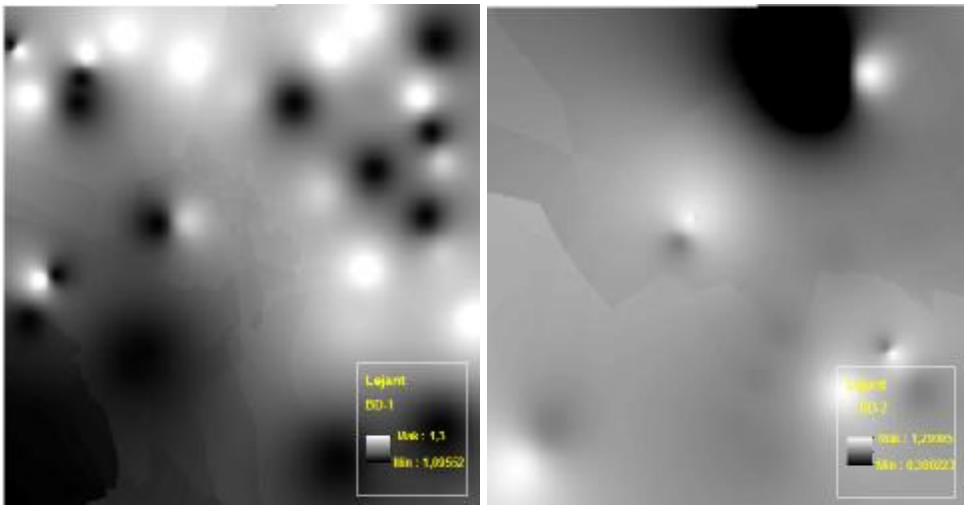
No	X	Y	MS	No	X	Y	MS
22	675472	4114056	0,4	78	687321	4122626	0,3
79	685358	4121788	0,3	21	674316	4116165	0,45
64	681870	4126886	0,4	44	685544	4122758	0,4
60	679611	4126520	0,45	16	674993	4119665	0,4
61	679556	4126065	0,45	25	671354	4116763	0,3
17	674026	4119665	0,2	48	684855	4127136	0,4
30	672673	4113564	0,45	8	676073	4113301	0,45
15	676048	4119073	0,45	37	668405	4112664	0,45
76	686921	4125476	0,45	11	672751	4112040	0,45
24	675310	4114212	0,45	72	685631	4126090	0,28
91	678139	4127221	0,45	66	684602	4124248	0,3
80	680897	4121119	0,45	1	674460	4113326	0,4
87	678755	4122551	0,4	93	686661	4126165	0,4
50	681188	4123661	0,45	47	687029	4127283	0,45
45	687194	4122971	0,3	12	673121	4114495	0,45
62	680481	4127363	0,4	31	672271	4112654	0,45
77	687789	4121794	0,2	38	671280	4116761	0,4
71	685448	4127689	0,4	83	680691	4120886	0,45
88	678512	4121734	0,45	51	684996	4118967	0,45
92	682826	4126285	0,3	46	687163	4124878	0,3
7	667660	4111752	0,4	42	679097	4122655	0,45
52	687094	4119589	0,45	73	685738	4124727	0,45
54	678099	4119627	0,45	63	679726	4127035	0,4
49	681842	4123734	0,3	33	672516	4112352	0,45
41	678530	4126186	0,4	68	684061	4126044	0,45
75	686799	4123813	0,45	18	675784	4116820	0,45
56	678311	4127088	0,4	85	678647	4119627	0,45
26	671020	4116250	0,45				



Şekil 4.24. Çalışma alanları için oluşturulan MS değerleri

BD=Toprağın kütle yoğunluğudur. (gr/cm^3)

Çalışma alanı için BD değerleri, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.8.'deki değerler kullanılarak örnekleme noktaları için bulunmuştur (Çizelge 4.7., Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Çalışma alanları için oluşturulan BD değerleri

Çizelge 4.7. Örnekleme noktaları BD değerleri

No	X	Y	BD	No	X	Y	BD
22	675472	4114056	1,3	78	687321	4122626	1,25
79	685358	4121788	1,25	21	674316	4116165	1,1
64	681870	4126886	1,3	44	685544	4122758	1,3
60	679611	4126520	1,1	16	674993	4119665	1,3
61	679556	4126065	1,1	25	671354	4116763	1,25
17	674026	4119665	0,3	48	684855	4127136	1,3
30	672673	4113564	1,1	8	676073	4113301	1,1
15	676048	4119073	1,1	37	668405	4112664	1,1
76	686921	4125476	1,1	11	672751	4112040	1,1
24	675310	4114212	1,1	72	685631	4126090	1,2
91	678139	4127221	1,1	66	684602	4124248	1,25
80	680897	4121119	1,1	1	674460	4113326	1,3
87	678755	4122551	1,3	93	686661	4126165	1,3
50	681188	4123661	1,1	47	687029	4127283	1,1
45	687194	4122971	1,25	12	673121	4114495	1,1
62	680481	4127363	1,3	31	672271	4112654	1,1
77	687789	4121794	1,3	38	671280	4116761	1,3
71	685448	4127689	1,3	83	680691	4120886	1,1
88	678512	4121734	1,1	51	684996	4118967	1,1
92	682826	4126285	1,25	46	687163	4124878	1,25
7	667660	4111752	1,3	42	679097	4122655	1,1
52	687094	4119589	1,1	73	685738	4124727	1,1
54	678099	4119627	1,1	63	679726	4127035	1,3
49	681842	4123734	1,25	33	672516	4112352	1,1
41	678530	4126186	1,3	68	684061	4126044	1,1
75	686799	4123813	1,1	18	675784	4116820	1,1
56	678311	4127088	1,3	85	678647	4119627	1,1
26	671020	4116250	1,1				

Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal BD değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için BD değerleri elde edilmiştir. Çalışmada bulunan her iki çalışma alanı için oluşturulan büyük toprak grupları haritası incelenmiş ve aynı büyük toprak grubu içinde alınan farklı örnekleme noktalarının BD faktörü değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir büyük toprak grubu için tek bir BD faktör değeri kullanılmamış ve çalışma alanları için interpolasyon yapılmıştır.

EHD=Toprağın etkili hidrolojik derinliğidir. (m)

mMMF modelinde kullanılan EHD terimi, orijinal modelde kullanılan ve yüzey akışın genelleştirildiği kesitte belirlenen su tutma kapasitesindeki toprak derinliğini niteleyen köklenme derinliğine (RD;m) karşılık gelmektedir. Kullanılan bu değer 0.1 m'den daha küçük bir sayıdır.

Denklem 4.13'de bulunan EHD değeri için, çizelge 3.9.'da bulunan EHD değerleri kullanılmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında, toprak örneği alınan noktalarda ve değişik arazi kullanım türlerinde toprak derinliği kayıt edildiği için çizelge 3.9.'daki değerler çalışma alanına uyarlanabilmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile EHD değerleri ilişkisi

Arazi Kullanım Türü	**EHD**
Orman Örtüsü	0.19
Maki	0.16
Sulu Tarım	0.14
Kuru Tarım	0.11
Çıplak alanlar	0.03
Su yüzeyi	0

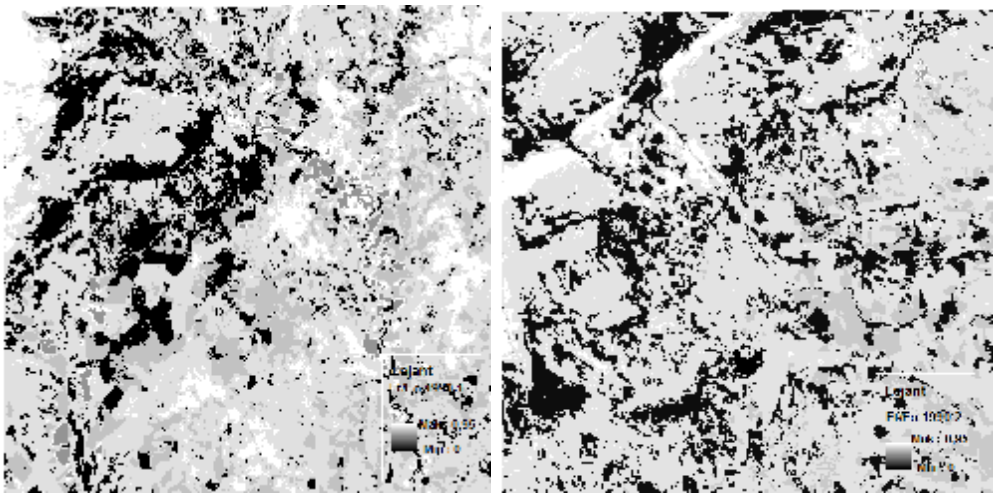
Çizelge 4.8.'den çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan EHD değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri EHD ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.
Et/Eo=Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranıdır.

Formülde bulunan Et/Eo değeri için çizelge 3.11.'den alınan Et/Eo değerleri çalışma alanına uyarlanmıştır (Çizelge 4.8.).

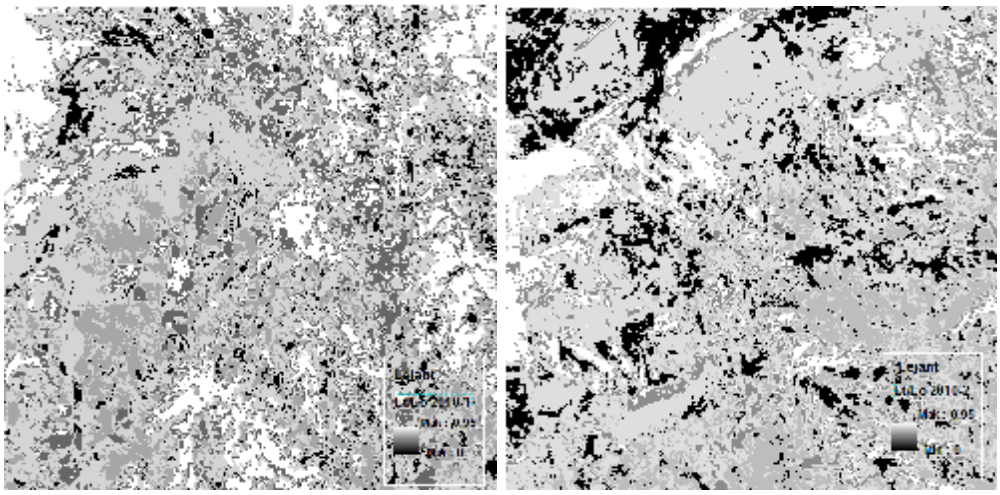
Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri, çalışma alanına uyarlanan Et/Eo katsayısına ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur(Şekil 4.26., Şekil 4.27.). Çizelge 4.9'daki su yüzeyi Et/Eo değeri orijinal çizelgede olmayıp, su yüzeyi için 0 değeri belirlenerek, çizelgelere (Çizelge 3.7., çizelge 4.9.) eklenmiştir.

Çizelge 4.9. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile Et / Eo değerleri ilişkisi

Arazi Kullanım Türü	**Et / Eo**
Orman Örtüsü	0.95
Maki	0.85
Sulu Tarım	0.60
Kuru Tarım	0.75
Çıplak alanlar	0.05
Su yüzeyi	0



Şekil 4.26. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı Et / Eo değerleri



Şekil 4.27. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı Et / Eo değerleri

4.2.2.3. Yağış etkisiyle toprak zerrelerinin parçalanabilirliği

mMMF modelinde yağmur damlasının çarpma etkisiyle toprağın parçalanma oranı, etkili yağışın kinetik enerjisi (J/m^2) ile toprağın aşınabilirliğinin (gr/J) çarpımına eşittir (Denklem 4.14).

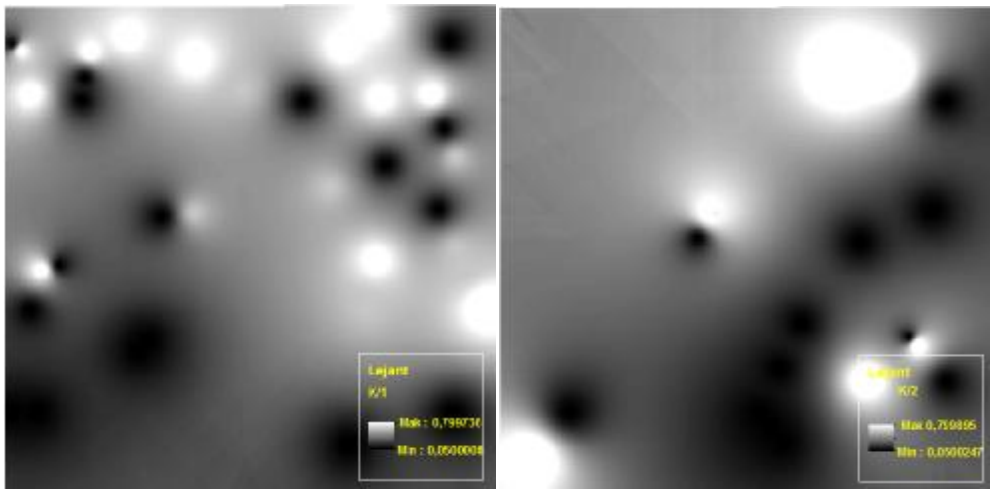
Çizelge 4.10. Örnekleme noktaları K değerleri

No	X	Y	K	No	X	Y	K
22	675472	4114056	0,7	78	687321	4122626	0,5
79	685358	4121788	0,5	21	674316	4116165	0,05
64	681870	4126886	0,7	44	685544	4122758	0,7
60	679611	4126520	0,05	16	674993	4119665	0,7
61	679556	4126065	0,05	25	671354	4116763	0,5
17	674026	4119665	0,8	48	684855	4127136	0,7
30	672673	4113564	0,05	8	676073	4113301	0,05
15	676048	4119073	0,05	37	668405	4112664	0,05
76	686921	4125476	0,05	11	672751	4112040	0,05
24	675310	4114212	0,05	72	685631	4126090	0,7
91	678139	4127221	0,05	66	684602	4124248	0,5
80	680897	4121119	0,05	1	674460	4113326	0,7
87	678755	4122551	0,7	93	686661	4126165	0,7
50	681188	4123661	0,05	47	687029	4127283	0,05
45	687194	4122971	0,5	12	673121	4114495	0,05
62	680481	4127363	0,7	31	672271	4112654	0,05
77	687789	4121794	0,8	38	671280	4116761	0,7
71	685448	4127689	0,7	83	680691	4120886	0,05
88	678512	4121734	0,05	51	684996	4118967	0,05
92	682826	4126285	0,5	46	687163	4124878	0,5
7	667660	4111752	0,7	42	679097	4122655	0,05
52	687094	4119589	0,05	73	685738	4124727	0,05
54	678099	4119627	0,05	63	679726	4127035	0,7
49	681842	4123734	0,5	33	672516	4112352	0,05
41	678530	4126186	0,7	68	684061	4126044	0,05
75	686799	4123813	0,05	18	675784	4116820	0,05
56	678311	4127088	0,7	85	678647	4119627	0,05
26	671020	4116250	0,05				

$$F = KxKEx\ 10^{-3} \quad (4.14)$$

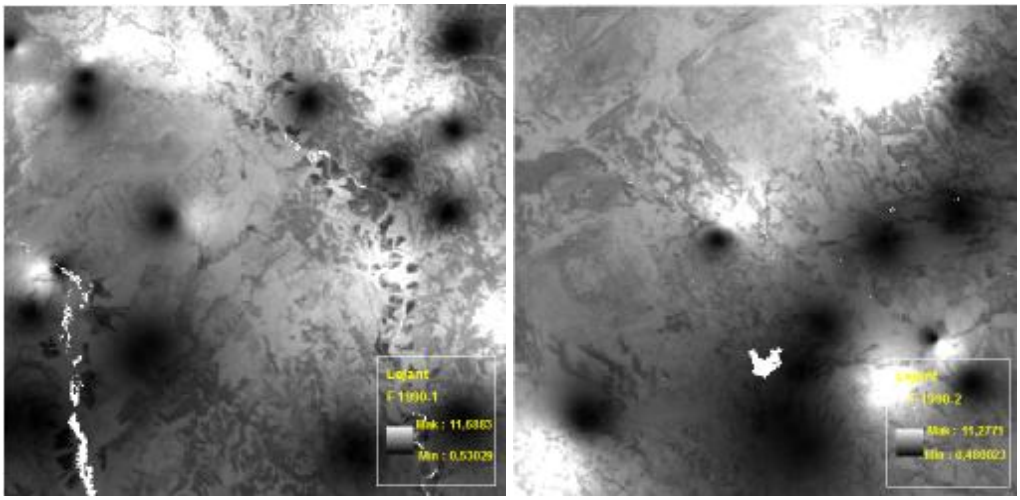
Formülde F yağmur damlası etkisiyle toprağın parçalanabilirliğini (kg/m^2), K toprağın aşınabilirliği (gr/J) ve KE etkili yağışın kinetik enerjisini (J/m2) göstermektedir.

Çalışma alanında yer alan toprakların K değerleri Morgan (2001) 'a göre toprak tekstürü değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları yardımıyla, çizelge 3.10'da toprak tekstürüne göre belirlenmiş K değerleri kullanılarak örnekleme noktaları için K değerleri bulunmuştur(Çizelge 4.10). Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal K değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek tüm çalışma alanı için K değerleri elde edilmiştir(Şekil 4.28.). Çalışmada bulunan her iki çalışma alanı için oluşturulan büyük toprak grupları haritası incelenmiş ve aynı büyük toprak grubu içinde alınan farklı örnekleme noktalarının K değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir büyük toprak grubu için tek bir K faktör değeri kullanılmamış ve çalışma alanları için interpolasyon yapılmıştır.

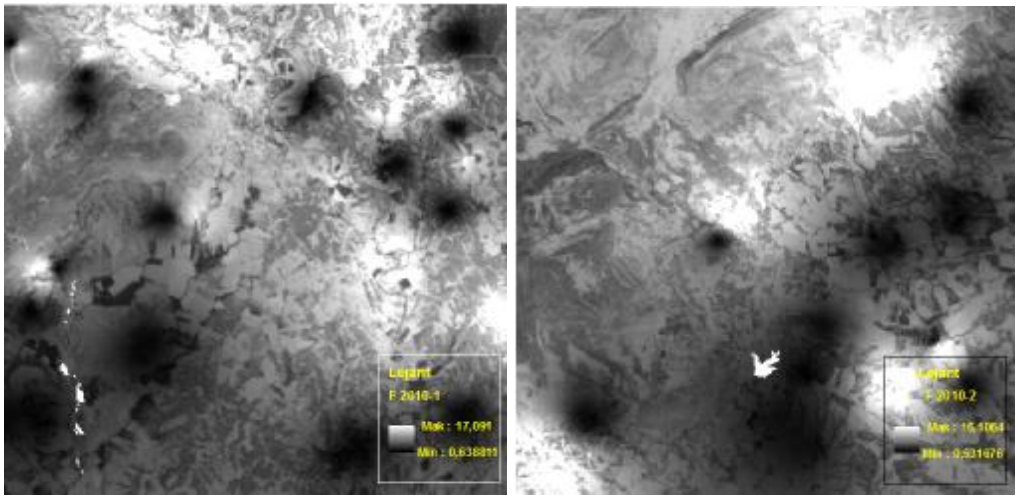


Şekil 4.28. Çalışma alanları için oluşturulan K değerleri

Çalışma alanının yağmur damlası etkisiyle toprağın parçalanabilirliği (*F)*, denklem 4.14 ile bulunmuştur. Çalışmada her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı etkili yağışın kinetik enerjisi (KE) daha önce bulunmuştu. Her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı etkili yağışın kinetik enerjisi (KE) değerleri, 2 farklı çalışma alanı için oluşturulan K değerleri ile çarpılarak, her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı toprağın parçalanabilirliği (*F)* değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.29., Şekil 4.30.).



Şekil 4.29. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı F değerleri



Şekil 4.30. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı F değerleri

4.2.2.4. Yüzey akışla toprak zerrelerinin parçalanabilirliği

mMMF modelinde yüzey akışıyla oluşan parçalanabilirliği belirlemede kullanılan yöntem, orijinal modelde kullanılan yönteme göre farklıdır. Konu ile ilgili Quansah (1982) tarafından belirtilen deneysel çalışmalar yüzey akışla oluşan parçalanmanın (*Q*), eğim büyüklüğü *(S),* ve toprağın direncinin *(Z)* bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Bu nedenle parçalanma *(H;*kg/m^2);

$$H = Z.\ Q^{1.5}.\sin S.\ (1\text{-}GC).\ 10^{-3} \qquad (4.15)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.14'teki *GC,* yüzeyin örtülme oranı olarak tanımlanmıştır. Eşitlik 4.15 yüzey akışla oluşan toprak zerrelerinin parçalanmasını yalnızca yüzey örtüsüyle oluşan korunmanın var olmadığını kabul etmektedir.

Model içerisinde kullanılan GC değerleri Çizelge 3.11'den alınmıştır. Çizelge 3.11.'den alınan GC değerleri çalışma alanına uyarlanmıştır (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile GC değerleri ilişkisi

Arazi Kullanım Türü	**GC**
Orman Örtüsü	0.400
Maki	0.300
Sulu Tarım	0.200
Kuru Tarım	0.125
Çıplak alanlar	0.001
Su yüzeyi	1

Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan GC değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri GC'ye ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çizelge 3.11 ve çizelge 4.11'deki su yüzeyi GC değeri orijinal çizelgede olmayıp, bu değer 1 olarak belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

Eşitlik 4.15'te bulunan toprağın direnci (Z) incelendiğinde; kayıplar için kohezif olmayan topraklarda $Z = 1$ dir. Kohezif topraklarda ise erozyona karşı direnç;

$$Z = 1/ (0{,}5\ COH) \qquad (4.16)$$

eşitliği ile (Rauvvs ve Govers, 1988'den sadeleştirilmiş) belirlenmektedir.

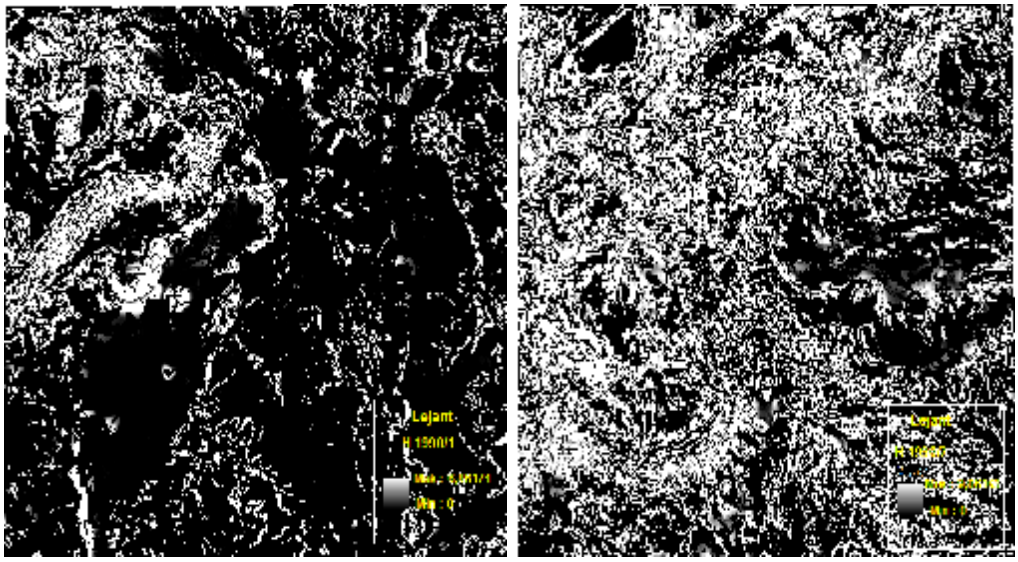
Çizelge 4.12. Örnekleme noktaları COH değerleri

No	X	Y	COH	No	X	Y	COH
22	675472	4114056	10	78	687321	4122626	10
79	685358	4121788	10	21	674316	4116165	12
64	681870	4126886	10	44	685544	4122758	10
60	679611	4126520	12	16	674993	4119665	10
61	679556	4126065	12	25	671354	4116763	10
17	674026	4119665	3	48	684855	4127136	10
30	672673	4113564	12	8	676073	4113301	12
15	676048	4119073	12	37	668405	4112664	12
76	686921	4125476	12	11	672751	4112040	12
24	675310	4114212	12	72	685631	4126090	2
91	678139	4127221	12	66	684602	4124248	10
80	680897	4121119	12	1	674460	4113326	10
87	678755	4122551	10	93	686661	4126165	10
50	681188	4123661	12	47	687029	4127283	12
45	687194	4122971	10	12	673121	4114495	12
62	680481	4127363	10	31	672271	4112654	12
77	687789	4121794	3	38	671280	4116761	10
71	685448	4127689	10	83	680691	4120886	12
88	678512	4121734	12	51	684996	4118967	12
92	682826	4126285	10	46	687163	4124878	10
7	667660	4111752	10	42	679097	4122655	12
52	687094	4119589	12	73	685738	4124727	12
54	678099	4119627	12	63	679726	4127035	10
49	681842	4123734	10	33	672516	4112352	12
41	678530	4126186	10	68	684061	4126044	12
75	686799	4123813	12	18	675784	4116820	12
56	678311	4127088	10	85	678647	4119627	12
26	671020	4116250	12				

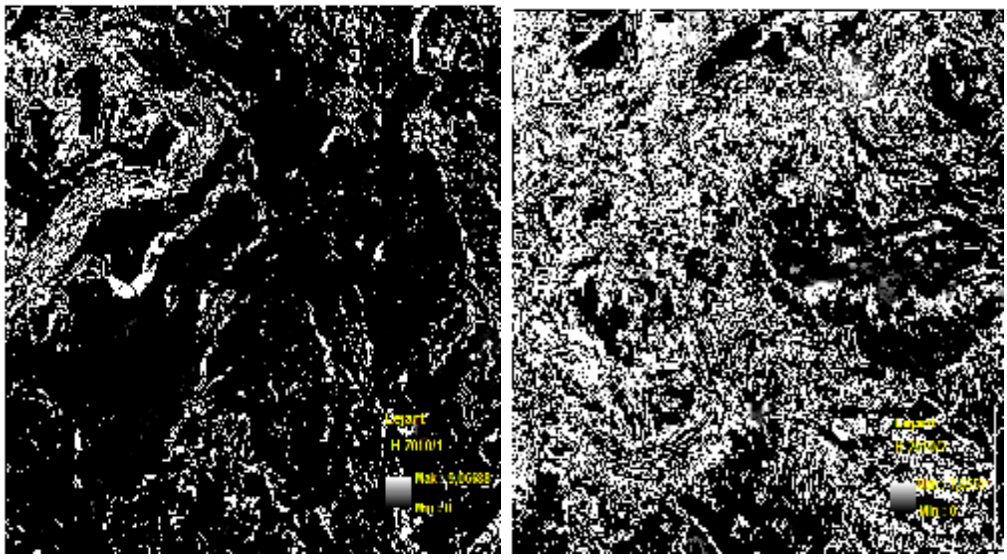
4.16 eşitliği incelendiğinde çalışma alanında yer alan toprakların COH değerine ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan toprakların COH değerleri Morgan (2001) 'a göre toprak tekstürüne bağlı olarak alınmıştır. Çizelge 3.10'da toprak tekstürüne göre belirlenmiş COH değerleri yapılan çalışmada kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, 2 çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, çizelge 3.10'daki değerler kullanılarak, örnekleme noktaları için COH değerleri bulunmuştur (Çizelge 4.12). Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal COH değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek tüm çalışma alanı için COH değerleri elde edilmiştir. Çalışmada bulunan her iki çalışma alanı için oluşturulan büyük toprak grupları haritası incelenmiş ve aynı büyük toprak grubu içinde alınan farklı örnekleme noktalarının COH değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir büyük toprak grubu için tek bir COH değeri kullanılmamış ve çalışma alanları için interpolasyon yapılmıştır.

Eşitlik 4.15'te bulunan S değeri ise eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. mMMF modelindeki S değeri, RUSLE modelinde bulunan LS faktörü ile aynıdır. Bu nedenle çalışma alanındaki iki çalışma alanı için oluşturulan LS faktör değeri, S değeri olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanının, parçalanma *(H*) değerleri 4.15 eşitliği ile elde edilmiştir. Her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı parçalanma *(H*) değerleri, denklemde bulunan Z, Q, S ve GC değerlerinin 4.15 eşitliğindeki gibi çarpılması sonucu elde edilmiştir(Şekil 4.31, Şekil 4.32).



Şekil 4.31. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı H değerleri



Şekil 4.32. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı H değerleri

4.2.2.5. Yüzey akışın taşıma kapasitesi

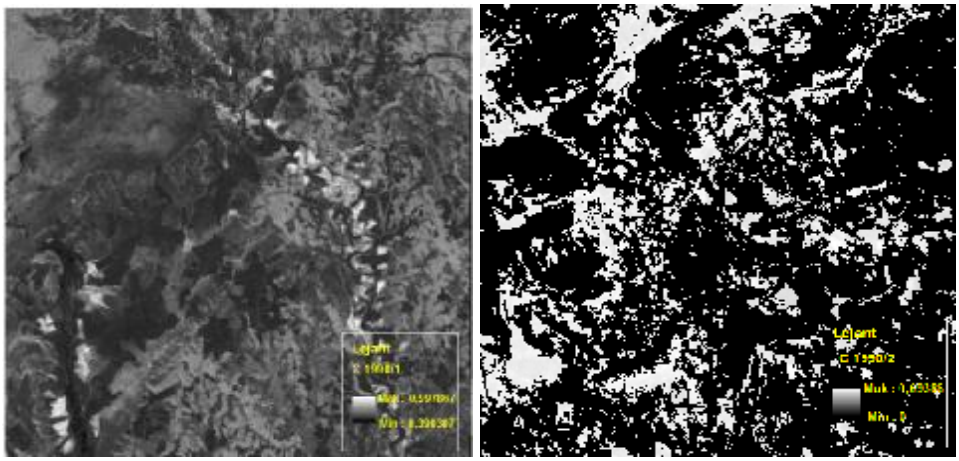
mMMF'de yüzey akışın taşıma kapasitesini (TC; kg/m^2**)** belirlemede kullanılan yöntem, MMF'de kullanılan yöntem ile aynıdır. Yüzey akışın taşıma kapasitesini (TC) ifade eden formül denklem 4.17'de ifade edilmektedir.

$$TC = C.Q^2.\sin S.\ 10^{-3} \qquad (4.17)$$

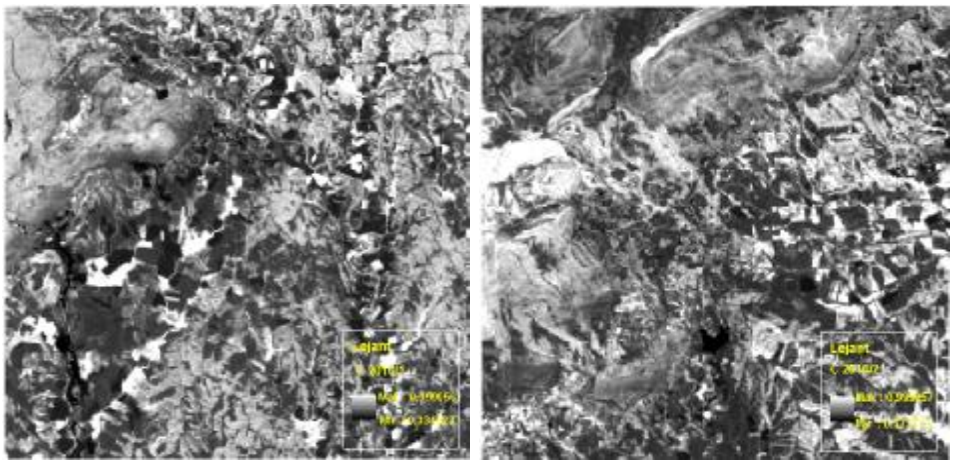
Denklem 4.17'de bulunan bitki örtü faktörü (C), RUSLE erozyon modeli için oluşturulan C ve P faktörleri çarpımına eşittir. Yapılan çalışmada daha önce RUSLE erozyon modeli için hesaplanan C ve P faktörleri birbirleri ile çarpılmış ve her 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı mMMF modeli C değerleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada RUSLE modeli için P faktör değeri hesaplanırken, P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri kullanılarak 2 çalışma alanının 1990 ve 2010 yılı RUSLE erozyon değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.33., Şekil 4.34., Şekil 4.35., Şekil 4.36.).

mMMF modelinin C değerlerini hesaplarken, P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri alınarak, RUSLE C faktörü ile çarpılmış ve her 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı mMMF modeli C değerleri ayrı ayrı oluşturulmuştur (Şekil 4.33, Şekil4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36).

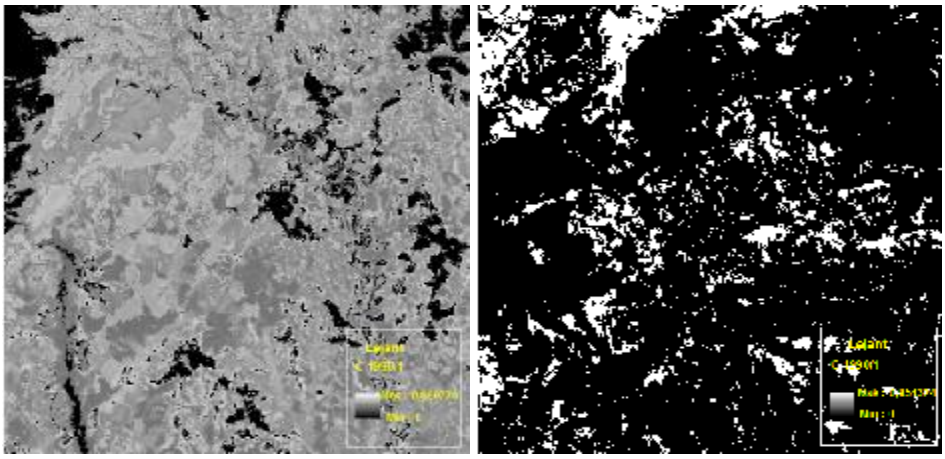
Denklem 4.17'de bulunan *S* ise eğim açısını belirtmektedir. Formüldeki S, DEM verisi kullanılarak, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile elde edilmiştir. RUSLE modeli birleştirilmiş LS faktörü hesabında kullanılan eğim değeri ile aynıdır(Şekil 4.8).



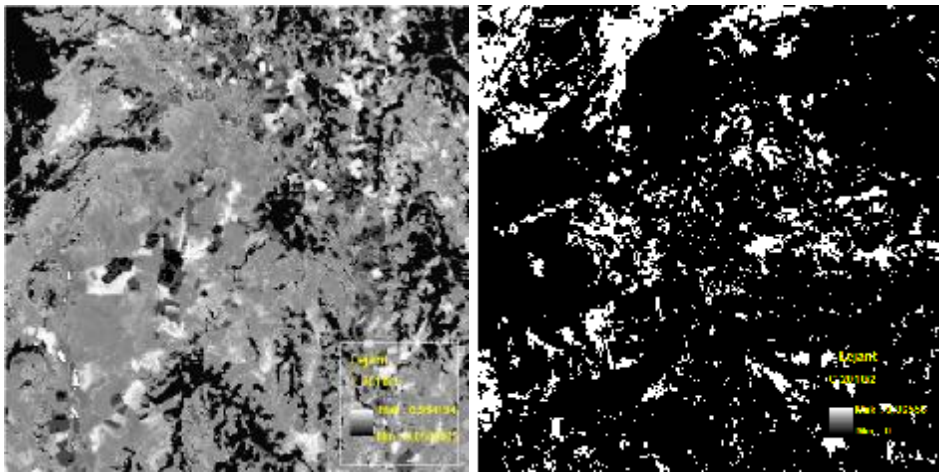
Şekil 4.33. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan 1990 yılı C değerleri



Şekil 4.34. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan 2010 yılı C değerleri



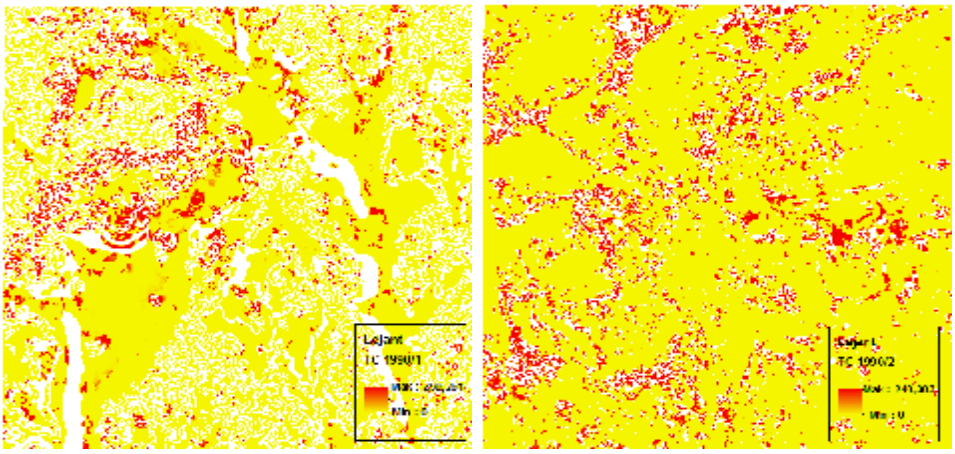
Şekil 4.35. Çalışma alanları için Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri alınarak oluşturulan 1990 yılı C değerleri



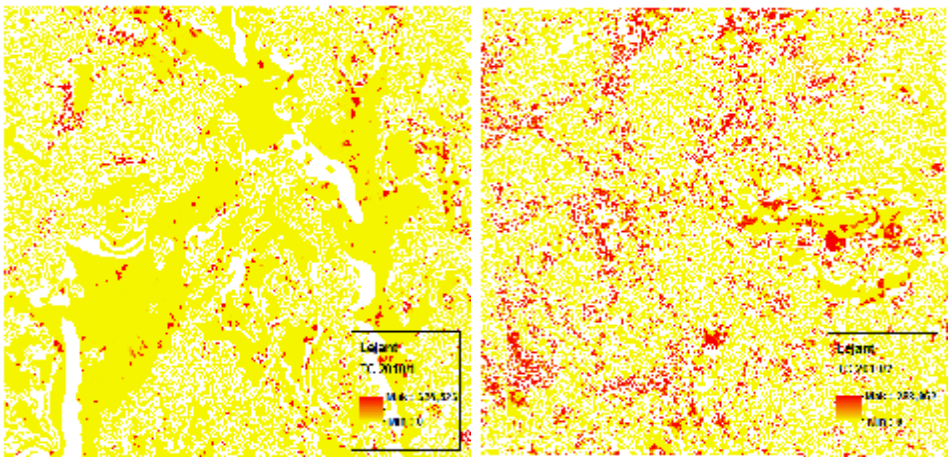
Şekil 4.36. Çalışma alanları için Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri alınarak oluşturulan 2010 yılı C değerleri

Denklem 4.17'de bulunan Q, yüzey akışla oluşan parçalanmayı belirtmektedir. Q değerinin nasıl hesaplandığı materyal ve metod bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

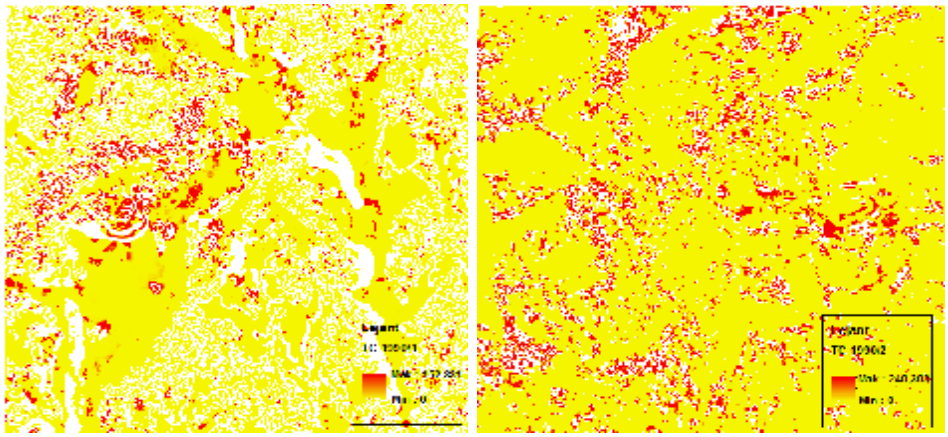
Çalışma alanının, yüzey akışın taşıma kapasitesi (TC) değerleri 4.16 eşitliği ile elde edilmiştir. Her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı yüzey akışın taşıma kapasitesi (TC) değerleri, P=1 durumu ve Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak hesaplanan C değerleri ayrı ayrı kullanılarak; denklemde bulunan C, Q, S değerlerinin 4.16 eşitliğindeki gibi çarpılması sonucu elde edilmiştir (Şekil 4.37, Şekil 4.38, Şekil 4.39., Şekil 4.40.).



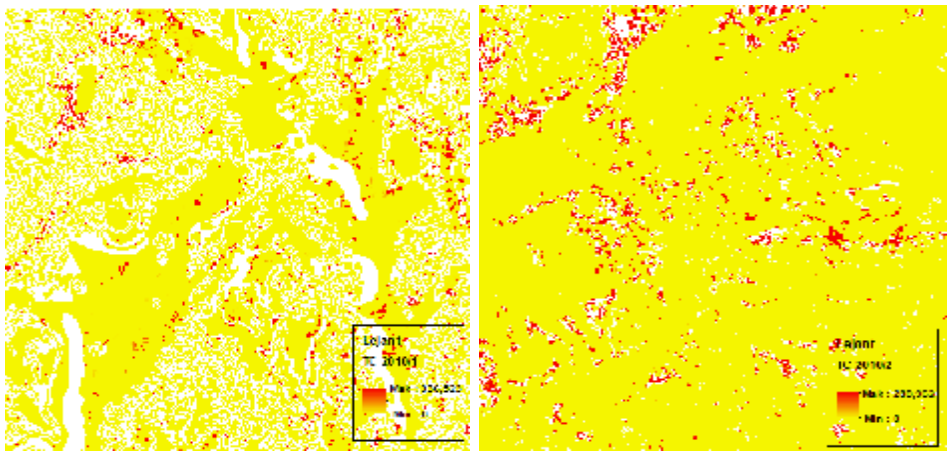
Şekil 4.37. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 1990 yılı TC değerleri



Şekil 4.38. Çalışma alanları için P=1 alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 2010 yılı TC değerleri



Şekil 4.39. Çalışma alanları Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 1990 yılı TC değerleri



Şekil 4.40. Çalışma alanları Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak alınarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen 2010 yılı TC değerleri

4.2.2.6. mMMF Modeli ile Toprak Kayıplarının Saptanması

mMMF Modelinde erozyonla oluşan toprak kayıplarının saptanmasında denklemlerden hesaplanan iki değer göz önüne alınarak kabul edilen bir varsayım kullanılmıştır. Bu varsayım; toprak kaybının yüzey akışa geçen suyun taşıma kapasitesinden (TC) daha fazla olamayacağını, yağışla parçalanan toprak miktarının yüzey akışa geçen suyun taşıyabileceğinden az olduğu durumlarda ise toprak kaybının parçalanma miktarı kadar olabileceğini kabul etmektedir (Başayiğit, 2002).

mMMF modelinde yağmur damlası etkisiyle (F) ve yüzey akışıyla oluşan parçalanma (H) miktarlarının toplamı, toplam yıllık parçalanma oranı (F+H) olarak belirlenmiştir. Bu değer yıllık taşıma kapasitesi (TC) ile karşılaştırılmış ve iki

değerden küçük olanı yıllık toprak kaybı olarak kabul edilmiştir. Böylece varsayıma uygun olarak toprak kaybı belirlenmiştir.

Yukarıda verilen varsayıma uygun, olarak çalışma alanında bulunan iki adet çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı için oluşturulan F ve H değerleri, Arcmap programı Raster Calculator modülü ile toplanarak, iki adet çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı F+H değerleri elde edilmiştir. Elde edilen F+H değerleri, her iki çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılı yüzey akışın taşıma kapasitesi (TC) değerleri karşılaştırılabilir hale gelmiştir. İki çalışma alanında ilgili yıla ait F+H ve TC değerlerinden küçük olan değer, yıllık toprak kaybıdır.

4.2.3. Revize G2 Modeli

Çalışma alanını kapsayan 1 meteoroloji istasyonu bulunduğundan elde edilen R değerleri tüm çalışma alanlarına uygulanmış, interpolasyon yapılmamıştır.

4.2.3.1. Yağışın erozyon yaratma faktörü (R)

Çalışma alanında bulunan 2 çalışma alanına, 1990 yılı ve 2010 yılı için G2 Modeli uygulanmıştır. 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı R değerleri bu modellemede kullanılmıştır. Yapılan çalışmada daha önce RUSLE modeli için elde ettiğimiz R faktörü değerleri, revize G2 modelindeki R faktörü için de kullanılmıştır. Seçilen çalışma alanları için 1990 yılı ve 2010 yılı RUSLE için hesaplanan R değerleri, Çalışma Alanı 1 için 1990 yılı R = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Çalışma Alanı 1 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}'dır. Çalışma Alanı 2 için 1990 yılı R değeri = 669 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}, Çalışma Alanı 2 için 2010 yılı R değeri = 774 MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1}'dır.

Çalışma alanlarına ait R değerleri Harper (1987)'ye ait R = 38,5 + 0,35r eşitliğinden hesaplanmıştır. Çalışma alanlarına ait revize G2 modelinde kullanılan R değerleri çizelge 4.13 de verilmiştir. Çalışma alanını kapsayan 1 meteoroloji istasyonu bulunduğundan elde edilen R değerleri tüm çalışma alanlarına uygulanmış, interpolasyon yapılmamıştır.

Çizelge 4.13. Çalışma alanlarına ait G2 Modeli R değerleri

	Revize G2 R Değerleri (MJ.mm.ha^{-1} h^{-1} yr^{-1})	
Çalışma Alanı	**1990**	**2010**
1	669	774
2	669	774

4.2.3.2. Vejetasyon koruma (V)

Daha öncede belirtildiği üzere, revize G2 modelinde vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü (USLE'de belirtilen C-faktörü) belirli bir bitki yönetim sistemi altındaki arazideki sürekli nadas altında oluşan toprak kaybı şeklinde ifade edilmektedir.

Revize G2 modelinde vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü, G2 modelindeki vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü ile aynıdır fakat denklem 4.17'deki şekilde formüle edilmiştir:

$$V = e^{(LU+Fcover)} \quad (4.18)$$

V: Vejetasyon koruma (birimsiz ve normalize edilmiş)

F_{cover} : 0-1 aralığına normalize edilmiş vegetasyon katmanı

LU: 1-10 aralığında ampirik arazi kullanım parametresi

(4.18)'deki F_{cover} değerleri mMMF modelinde kullanılan CC değerine eşit olduğu için, yapılan çalışmada mMMF modelinde kullanılan CC değerleri, F_{cover} değerleri olarak kullanılmıştır. Daha öncede belirtildiği üzere, mMMF modelindeki bitki örtüsü (CC) değerleri; çalışma alanına ait uydu verilerinden sağlanan NDVI'lere göre belirlenmişti. 1990 ve 2010 yılı Landsat uydu görüntülerinin NDVI'leri oluşturulmuş ve oluşturulan 1990 ve 2010 yılı NDVI'leri, 0-1 aralığına normalize edilerek 1990 ve 2010 yılı CC değerleri oluşturulmuştu. mMMF modeli

için oluşturulan 1990 ve 2010 yılı CC değerleri aynen alınarak, revize G2 modeli 1990 ve 2010 yılı F_{cover} değerleri olarak kullanılmıştır.

Çalışmada LU değerlerinin birkaçı çizelge 3.12'den alınmıştır. Bu çizelgede bulunmayan LU değerleri için Panagos ve Ark. (2013) için yaptıkları çalışmada, uzmanlarca yapılan arazi çalışmaları sonucu elde ettiği LU değerleri kullanılmıştır.

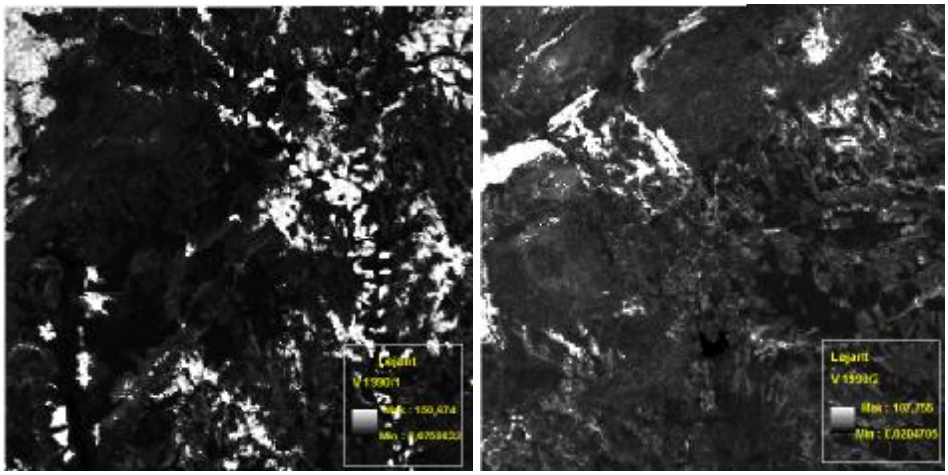
Panagos ve Ark. (2013) yaptıkları arazi çalışmaları sonucu Gavrilovic tablolarında olmayan LU değerleri için atadıkları LU değerleri incelenmiş ve çalışma için seçilen arazi kullanım sınıflarına uygun olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle çizelgede bulunmayan LU değerleri Panagos (2013)'ten alınmıştır. Tüm bu veriler ışığında çalışma alanı arazi kullanımı / arazi örtüsü için LU değerleri çizelge 4.14'de belirtildiği gibi atanmıştır.

Çizelge 4.14. Çalışma Alanı Arazi kullanımı / arazi örtüsü ile LU değerleri ilişkisi

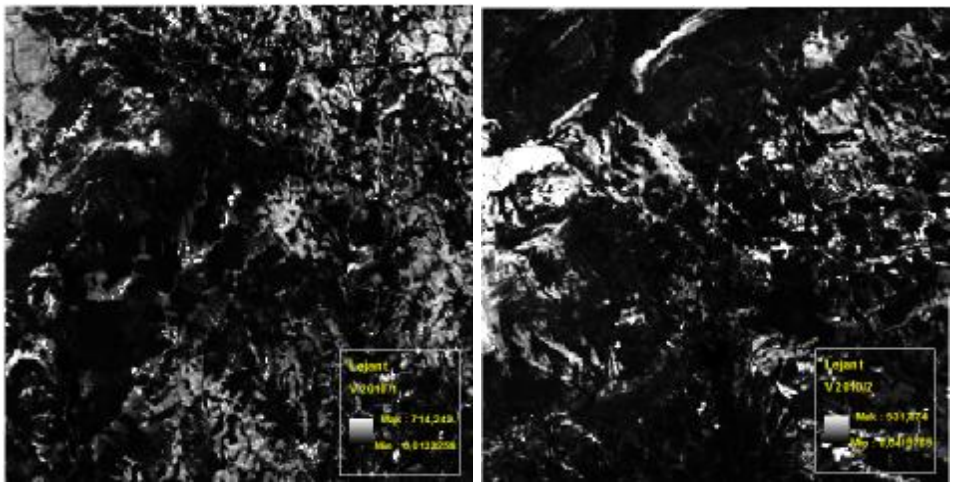
Arazi Kullanım Türü	**LU**
Orman Örtüsü	9
Maki	5
Sulu Tarım	7.5
Kuru Tarım	4
Çıplak alanlar	10
Su yüzeyi	10

Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan LU değerleri, eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntülerinde kullanılmıştır. Eğitimli sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri LU'ya ait değerlere göre Recode ederek 1990 ve 2010 yılı için LU değerleri ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Çalışma alanındaki 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı F_{cover} değerleri ve çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı LU değerleri denklem 4.17'de yerine konarak, çalışma alanına ait1990 ve 2010 yılı V faktör değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.41. Şekil 4.42.).



Şekil 4.41. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı V değerleri



Şekil 4.42. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı V değerleri

4.2.3.3. Toprak Erodibilitesi (S)

Revize G2 modelinde S faktörünü elde etmek için RUSLE modelin, iyi anlamak gerekir. Revize G2 modelinde kullanılan S faktörü, RUSLE Modelindeki K faktörüdür. RUSLE ve G2 modeli literatürüne göre toprak erodibilite faktörü (K), belirli koşullar altındaki bir birim arazi üzerinde ölçülen R birimi başına toprak kaybı oranı olarak tanımlanır(Wischmeier parseli).

Revize G2 modeli ise S faktörünü Renard ve ark. (1997)'ye göre hesaplamaktadır:

$$S=K=\left[\frac{2{,}1.10^{-4}.M^{1{,}14}.(12-OM)+3{,}25.(s-2)+2{,}5.(p-3)}{100}\right].0{,}1317 \quad (4.19)$$

M: Tekstürel faktör (100-kil fraksiyonu % olarak)

OM: Organik madde miktarı (% olarak)

s: Toprak strüktürü sınıfı

p: permeabilite sınıfıdır.

Yapılan çalışmada da S faktörü Renard ve ark. (1997)'ye göre hesaplanmıştır. Seçilen çalışma alanlarında S faktörü hesaplamak için elimizdeki uydu verileri ve diğer altlık haritalar değerlendirilmiş, belirlenen 2 alanda (Şekil 3.9, Şekil 3.10), farklı eğim sınıflarına göre homojen – homojene yakın dağılımlı, 88 adet temsili örnekleme noktası belirlenmiştir. Yapılan birçok arazi çalışması ile örnekleme noktalarının kesin yerleri tespit edilmiş ve belirlenen noktalardan örneklemeye gerek duyulan ve örnek alınabilen 56 adetinin toprak örneklemesi yapılmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin gerekli fiziksel-kimyasal analizleri Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuarlarında yapılmıştır. G2 S faktörü için alınan toprak örneklerinin tekstür analizi yapılmıştır. Tekstür (bünye) analizinde, Hidrometre yöntemine göre toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları belirlenerek (Bouyoucos, 1951), elde edilen sonuçlar tekstür (bünye) üçgenine uygulanarak, toprağın bünye sınıfları belirlenmiştir (Black,1957). S formülündeki OM, Organik madde miktarıdır (% olarak). Daha sonra Denklem 4.19'da bulunan Organik madde miktarını % olarak belirlemek için analiz yapılmıştır. Analiz, Modifiye Walkley-Black yöntemine göre yapılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black, 1957).

Denklem 4.19'da bulunan toprak strüktür sınıfları (s), arazide belirlenen toprak strüktürleri yardımıyla, çizelge 3.13. kullanılarak tüm örnekleme noktaları için elde edilmiştir (çizelge 4.15.).

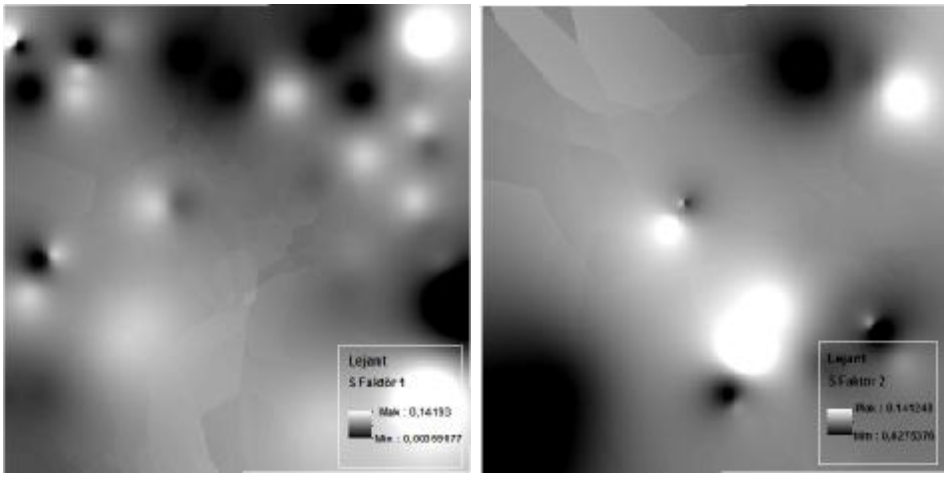
Denklem 4.19'da bulunan permeabilite sınıflarını (p) elde etmek için FAO permeabilite sınıfları kullanılmıştır (çizelge 3.14). Tekstür (bünye) üçgenine uygulanarak elde edilen örnekleme noktalarındaki toprakların bünye sınıfları kullanılarak, tüm örnekleme noktalarındaki permeabilite sınıfları elde edilmiştir.

Belirlenen M, OM, p ve s değerleri denklem 4.19'da yerine konarak tüm örnekleme noktaları için ayrı ayrı noktasal S faktörü değerleri elde edilmiştir.

Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal S faktörü değerleri, önce ArcMAP 10 ile X, Y datası olarak mevcut projeye eklenmiş daha sonra, K faktör değerleri, Ordinary Kriging interpolasyon yöntemiyle tüm alan için interpole edilerek çalışma alanı için K faktörü elde edilmiştir. İnterpolasyon yaparken ordinary Kriging yönteminin seçim nedeni, Panagos ve ark. (2013) tarafından S faktörü oluşturulurken kullanılmasıdır, Ordinary Kriging interpolasyon yöntemiyle elde edilen sonuçlar incelenerek çalışma alanları için yeteri doğrulukta olmadığı tespit edilip, aynı işlem, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için yapılmış ve tüm çalışma alanı için S faktörü değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.43).

Çizelge 4.15. Örnekleme noktaları S değerleri

No	X	Y	S	No	X	Y	S
22	675472	4114056	0,03	78	687321	4122626	0,08
79	685358	4121788	0,08	21	674316	4116165	0,08
64	681870	4126886	0,06	44	685544	4122758	0,09
60	679611	4126520	0,11	16	674993	4119665	0,06
61	679556	4126065	0,11	25	671354	4116763	0,05
17	674026	4119665	0,03	48	684855	4127136	0,06
30	672673	4113564	0,14	8	676073	4113301	0,08
15	676048	4119073	0,11	37	668405	4112664	0,04
76	686921	4125476	0,11	11	672751	4112040	0,08
24	675310	4114212	0,08	72	685631	4126090	0,06
91	678139	4127221	0,14	66	684602	4124248	0,08
80	680897	4121119	0,11	1	674460	4113326	0,06
87	678755	4122551	0,06	93	686661	4126165	0,09
50	681188	4123661	0,11	47	687029	4127283	0,14
45	687194	4122971	0,08	12	673121	4114495	0,11
62	680481	4127363	0,09	31	672271	4112654	0,04
77	687789	4121794	0,00	38	671280	4116761	0,09
71	685448	4127689	0,06	83	680691	4120886	0,11
88	678512	4121734	0,11	51	684996	4118967	0,11
92	682826	4126285	0,06	46	687163	4124878	0,08
7	667660	4111752	0,03	42	679097	4122655	0,11
52	687094	4119589	0,14	73	685738	4124727	0,11
54	678099	4119627	0,08	63	679726	4127035	0,06
49	681842	4123734	0,08	33	672516	4112352	0,08
41	678530	4126186	0,06	68	684061	4126044	0,11
75	686799	4123813	0,11	18	675784	4116820	0,08
56	678311	4127088	0,06	85	678647	4119627	0,08
26	671020	4116250	0,11				



Şekil 4.43. Çalışma alanlarına ait S faktör değerleri

4.2.3.4. Topoğrafik Etki (T)

Revize G2 modelinde topografik etkiyi (T) elde etmek için RUSLE literatürü iyi bilinmelidir. T faktörü RUSLE literatürüne dayalı olarak hesaplanmıştır.

RUSLE modelinde topografik faktör LS olarak gösterilirken, Revize G2 modelinde ise topografik faktör T adını almaktadır.

Yapılan çalışmada, RUSLE modeli birleştirilmiş LS faktörü Sims (2005)'e göre hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, revize G2 modelinde ise, RUSLE modelinden farklı olarak, G2 modelinde olduğu gibi T faktörünü, Moore ve Burch (1986), Desmet ve Govers(1997) tarafından geliştirilen formülle hesaplamaktadır. Formül aşağıda verilmiştir:

$$T = LS = (A_s/22{:}13)^{0.4} * (\sin \beta / 0.0896)^{1.3} \quad (4.20)$$

Burada

L: Eğim uzunluğu faktörü,

A_s: Akış birikimi (m),

S: Eğim diklik faktörü

b: Eğim dikliği (rad)'dir.

Yapılan çalışmada, ArcGIS 10 yazılımında bulunan Map Algebra kullanılarak LS faktörü hesaplanmıştır. Bu işlemi Map Algebra ile yaptırmak için formül aşağıdaki şekilde yazılmıştır:

T = LS = Pow(|flow accumulation| x hücre boyu / 22.13, 0.4)*Pow (sin(|DEM'in eğimi|*0.01745 / 0.0896, 1.3) (4.21)

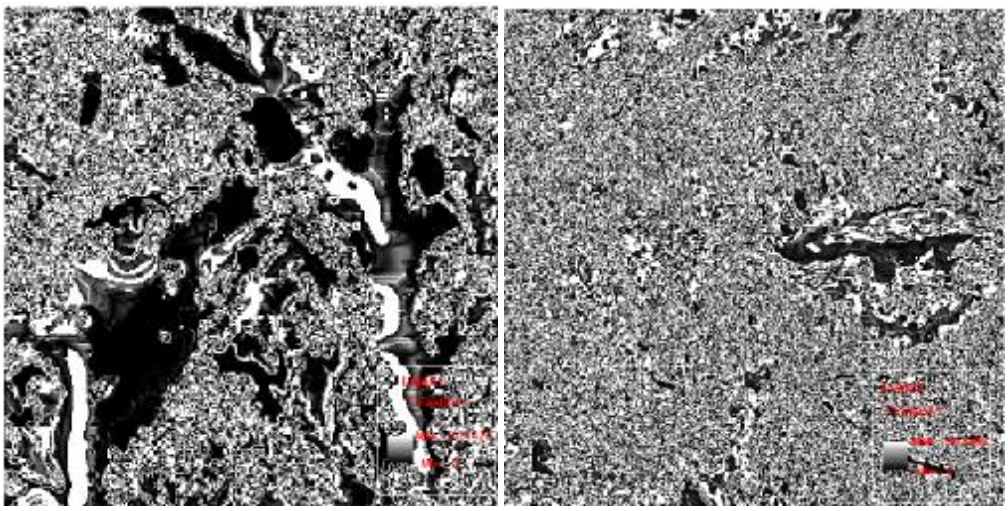
RUSLE modelindeki LS faktörü oluşturulurken, denklem 4.21'de bulunan flow accumulation, ArcGIS 10 yazılımının Spatial Analyst Tools menüsünün içindeki Hydrology Modülü ile DEM verisi kullanılarak elde edilmişti. DEM verisi ilk olarak fill edilmişti. Daha sonra fill edilmiş DEM verisi (şekil 4.5.) ile flow direction (akış yönü) bulunmuş (şekil 4.6.) ve bulunan flow direction (akış yönü) yardımıyla flow accumulation (akış birikimi) her iki çalışma alanı için ayrı ayrı elde edilmişti (şekil 4.7). Bu veriler revize G2 modeli T faktörü denklemi (denklem 4.21) için aynıdır ve revize G2 modeli T faktörü denklemi (denklem 4.21) için de kullanılmıştır.

Hem RUSLE modeli LS faktöründe hem de revize G2 modeli T faktörü denkleminde hücre boyu 30 m.'dir.

Denklem 4.20'de bulunan eğimi bulmak için DEM verisi gerekmektedir. RUSLE modeli LS faktörünü hesaplarken DEM verileri, ARCGIS 10 yazılımının 3D Analyst Modülü içindeki Raster Interpolation menüsü altında bulunan Topo to Raster yardımıyla hazırlanmıştı.

RUSLE modeli LS faktörünü hesaplarken eğim (şekil 4.8.) ise, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile DEM verisi (şekil 4.3.) kullanılarak elde edilmişti. Eğim verileri revize G2 modeli T faktörü denklemi (denklem 4.21) için aynıdır ve revize G2 modeli T faktörü denklemi (denklem 4.21) için de kullanılmıştır.

Yukarıda belirtilen veriler, denklem 4.20'de yerine konularak T faktörü her iki çalışma alanı için hesaplanmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Çalışma alanlarına ait T faktör değerleri

4.2.3.5. Eğim Uzunluğu (I)

G2 literatürü incelendiğinde, G2 modeli uygulamasında, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin koruma faktörü yaklaşımı oluşturulmasında kullanılabileceği düşünülmektedir.

Revize G2 modeli I faktörünü kullanılacak uydu görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak elde etmektedir. Sobel filtresi (yönsüz kenar filtresi (non-directional edge filter)) çoğunlukla kenar tespiti için kullanılmaktadır.

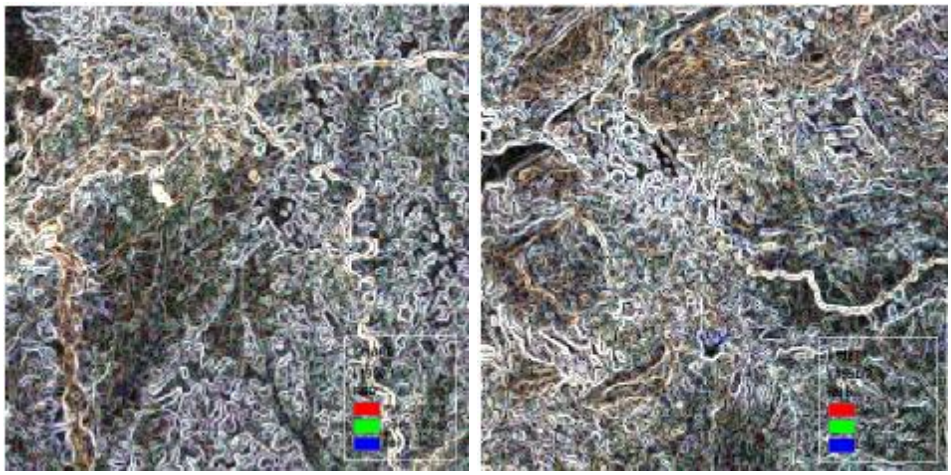
I faktörü revize G2 modelinde, G2 modelinden farklı olarak denklem 4.22'deki gibi formüle edilmiştir:

$$I = 1 + \sqrt{\frac{S_f}{255}} \tag{4.22}$$

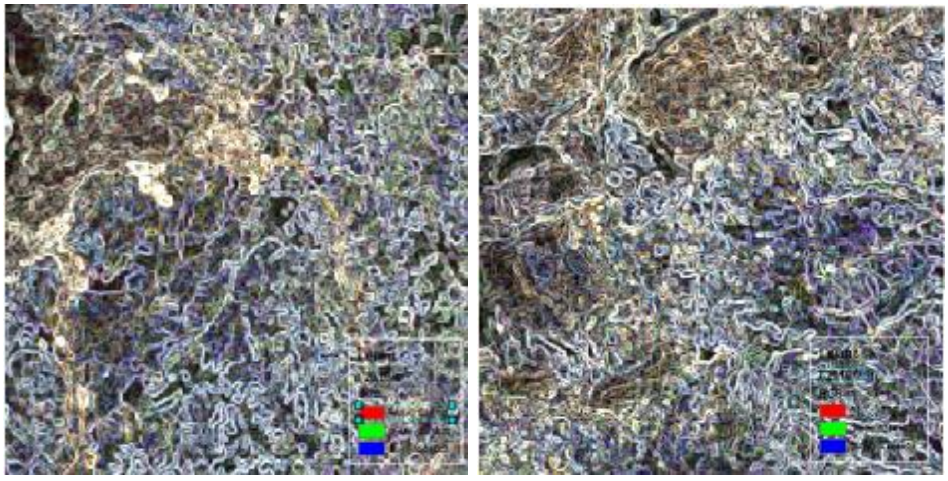
S_f : (0,255) değer aralığındaki Sobel filtresi

Panagos ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada I faktörünü elde etmek için, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü yüksek maliyeti nedeni ile alınamamıştır. Bu nedenle I faktörünü elde etmek için, elde bulunan Landsat

görüntülerinden yararlanılmıştır. 1990 yılı ve 2010 yılı Landsat görüntülerine Erdas Imagine programı yardımıyla sobel filtresi uygulanmıştır (Şekil 4.45., Şekil 4.46.).



Şekil 4.45. Çalışma alanları için oluşturulan 1990 yılı I faktörü değerleri



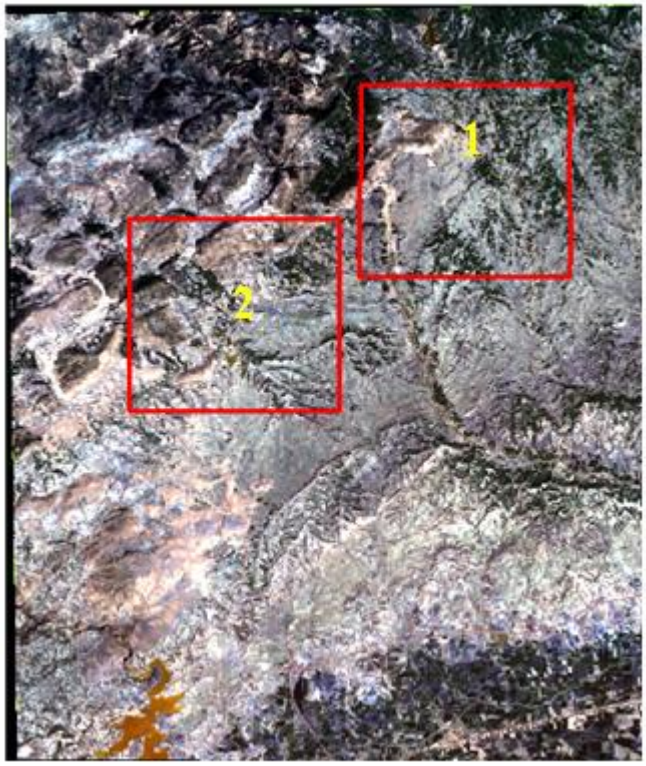
Şekil 4.46. Çalışma alanları için oluşturulan 2010 yılı I faktörü değerleri

Sobel filtresi uygulanan 1990 yılı ve 2010 yılı Landsat görüntüleri, denklem 4.22'de yerine konularak, çalışma alanında bulunan 2 farklı çalışma alanına ait, 1990 yılı ve 2010 yılına ait I faktörü değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.45, Şekil 4.46).

4.3. Zamansal Değişim

Yapılan çalışmada, çalışma alanına ait Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat 4-5 ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerine kontrollü

(eğitimli) sınıflandırma yapılmıştır. Kontrollü (eğitimli) sınıflandırma için seçilen alan çalışma alanımızdan geniş tutulmuştur (Şekil 4.47.).



Şekil 4.47. Kontollü sınıflandırma için seçilen alan ve çalışma alanları ilişkisi

Seçilen Landsat uydu görüntüleri sınıflandırılırken, uydu görüntüsünde başta çok sayıda sınıf belirlenmiş fakat yapılan arazi çalışmaları ışığında çalışma alanını temsil eden baskın sınıf sayısı 6 sınıf olarak belirlenmiştir. Bunlar; Orman1: orman, Orman2: maki, Tarım1: kuru tarım, Tarım 2: sulu tarım, çıplak arazi ve su yüzeyidir. Kullanılan uydu görüntüleri (Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat uydu görüntüleri) için bu belirlenen sınıflar kullanılmıştır.

Erozyon haritalarını değerlendirmede kullanılacak, çalışma alanlarına ait 1990 ve 2010 yılları sınıflandırılmış görüntülerin hata matrisleri her iki çalışma alanı için rasgele alınan 100'er nokta ile oluşturulmuştur. Bu işlem Şatır ve Berberoğlu (2012)'ye göre yapılmıştır. Tarım1, tarım2 sınıfları birleştirilerek tarım sınıfı olarak; orman1, orman 2 sınıfları birleştirilerek orman olarak teste dahil edilmiştir. Yapılan test sonucu her iki çalışma alanı, 1990 ve 2010 yılları sınıflandırılmış görüntüleri

denetlenmiş ve eğitimli sınıflamada yeterli başarı oranı sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.16., Çizelge 4.17., Çizelge 4.18., Çizelge 4.19.).

Bu çalışmada, Landsat uydu görüntüleri ile 1990 ve 2010 yılları arasındaki arazi kullanım ve değişimlerin tespiti yapılmıştır. Bu değişimler, 1990 yılı için 1 numaralı çalışma alanında %79, 1990 yılı için 2 numaralı çalışma alanında %77, 2010 yılı için 1 numaralı çalışma alanında %70, 2010 yılı için 2 numaralı çalışma alanında ise %72 %76 doğrulukla elde edilmiştir. Literatürde uygun doğruluk seviyesinin %80 ve üzeri olması gerektiği savunulmaktadır. Fakat değişim incelemesi yapılan alanın oldukça geniş seçilmesi ve sınıflandırılma yapılmasından sonra test alanlarının bu geniş alan içinden kesilmesi, özellikle yeşil bitki örtüsünün kendi arasında ve nadasa bırakılmış alanlarla karışmaya müsait olması, kontrol yapılan orman meşçere haritalarındaki sınıflamanın göreceli olarak daha kaba olması sebepleriyle çalışmamızda elde edilen doğruluklar, kabul edilebilecek oranda olmuştur. Ayrıca kuru dere yatakları sayısallaştırmada su yüzeyi olarak sayısallaştırılmıştır. Bu nedenle dere yatağının tarım arazileri ile karıştığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.16. 1 No'lu Çalışma Alanı 1990 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi

Hata Matrisi	Tarım	Orman	Su	Toplam sınıflandırılmış piksel	Kullanıcı Doğruluğu
Tarım	19	13	0	32	19/32 %59
Orman	5	55	0	60	55/60 %92
Su	1	1	6	8	6/8 %75
Toplam yer doğruluğu	25	69	6	100	
Üretici doğruluğu	18/25 %76	55/69 %80	6/6 %100		
Toplam doğruluk				79 / 100 %79	Kappa:0.61

Çizelge 4.17. 1 No'lu Çalışma Alanı 2010 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi

Hata Matrisi	Tarım	Orman	Su	Toplam sınıflandırılmış piksel	Kullanıcı Doğruluğu
Tarım	17	15	0	32	17/32 %53
Orman	11	49	0	60	49/60 %82
Su	2	1	5	8	5/8 %63
Toplam yer doğruluğu	30	65	5	100	
Üretici doğruluğu	17/30 %57	49/65 %75	5/5 %100		
Toplam doğruluk				70 / 100 %70	Kappa:0.43

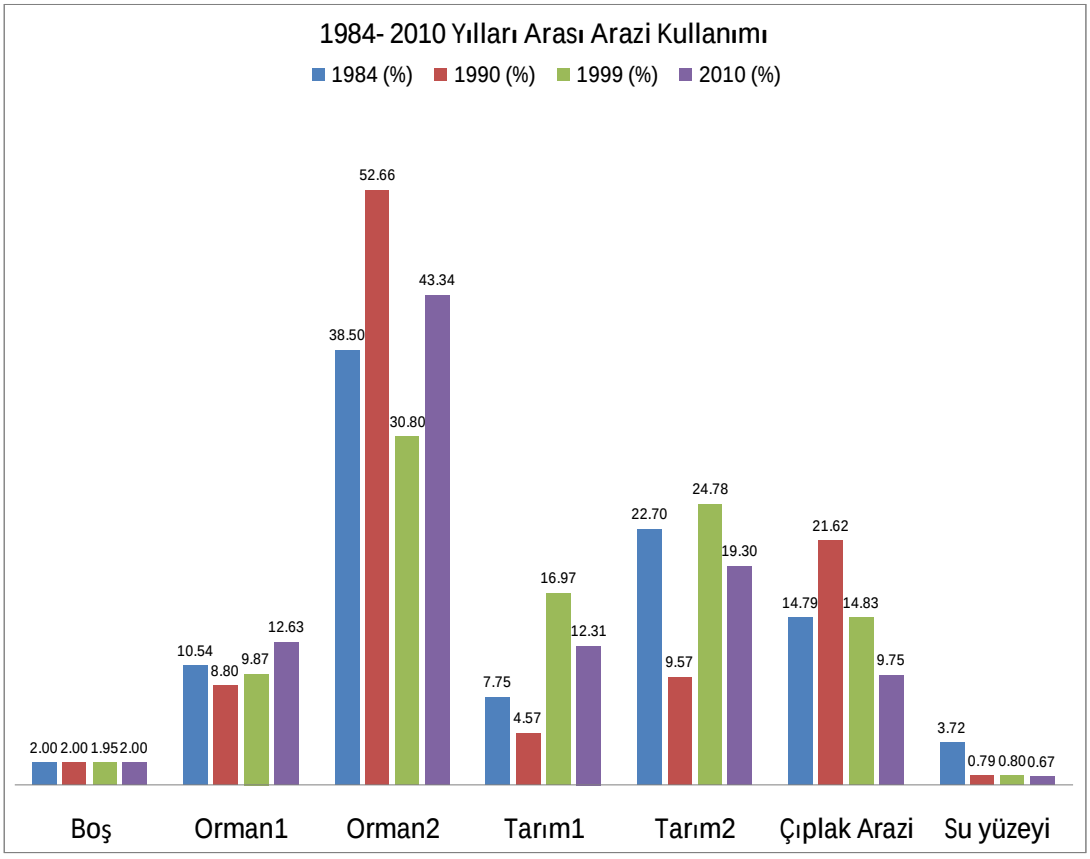
Çizelge 4.18. 2 No'lu Çalışma Alanı 1990 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi

Hata Matrisi	Tarım	Orman	Su	Toplam sınıflandırılmış piksel	Kullanıcı Doğruluğu
Tarım	26	19	0	45	26/45 %58
Orman	4	49	0	53	49/53 %92
Su	0	0	2	2	2/2 %100
Toplam yer doğruluğu	30	68	2	100	
Üretici doğruluğu	26/30 %87	49/68 %72	2/2 %100		
Toplam doğruluk				77 / 100 %77	Kappa:0.54

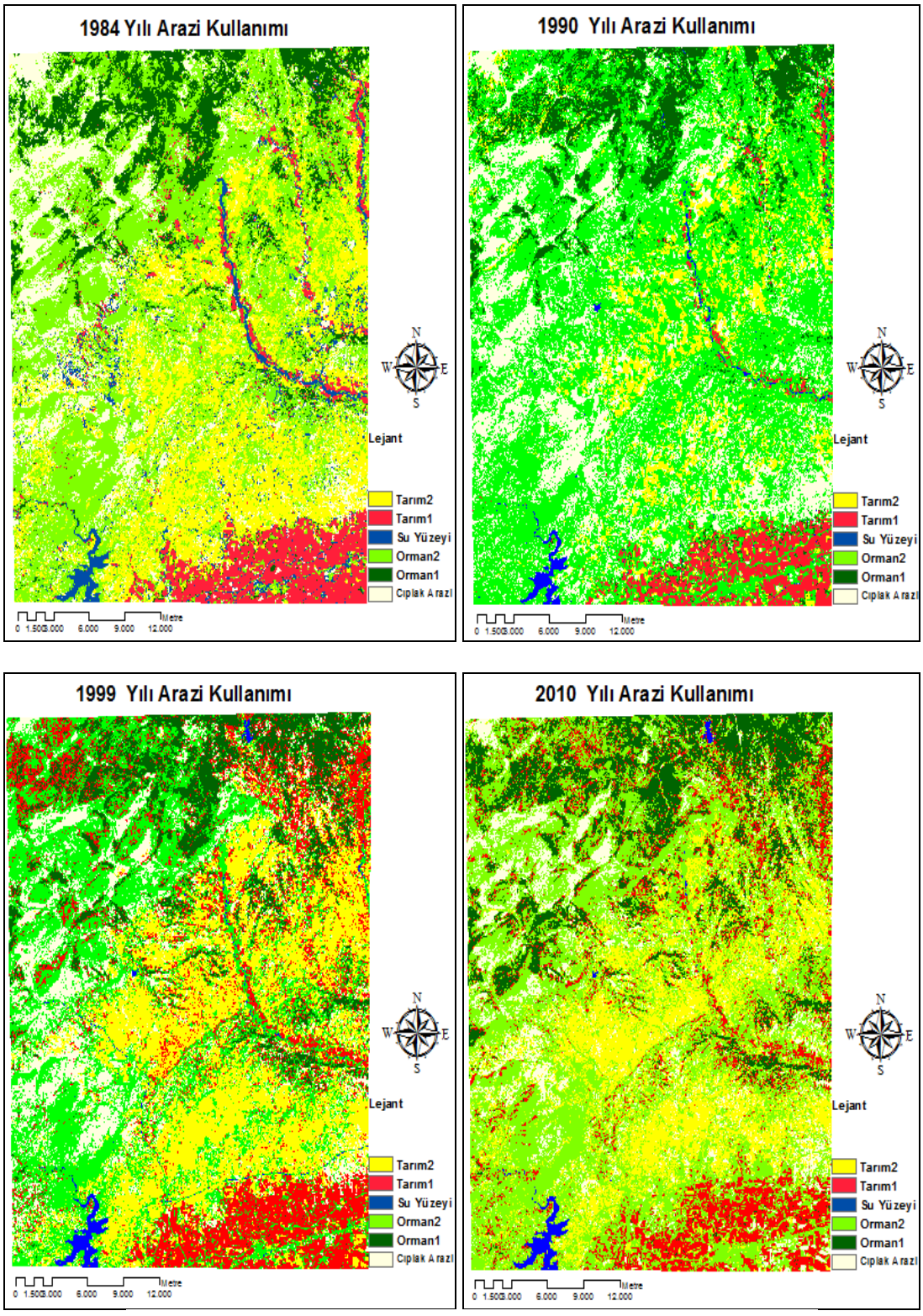
Çizelge 4.19. 2 No'lu Çalışma Alanı 2010 yılı Eğitimli Sınıflandırılmış Görüntü Hata Matrisi

Hata Matrisi	Tarım	Orman	Su	Toplam sınıflandırılmış piksel	Kullanıcı Doğruluğu
Tarım	24	21	0	45	24/45 %53
Orman	7	46	0	53	46/53 %87
Su	0	0	2	2	2/2 %100
Toplam yer doğruluğu	31	67	2	100	
Üretici doğruluğu	24/31 % 77	46/67 %69	2/2 %100		
Toplam doğruluk				72 / 100 %72	Kappa:0.44

Çalışma alanına ait 1984-1990-1999 ve 2010 yılları arazi kullanımları şekil 4.49.'da verilmiştir. Ayrıca 1984-1990-1999 ve 2010 yılları arazi kullanımları - alansal değişimleri ilişkisini gösteren grafik şekil 4.48.'de verilmiştir.



Şekil 4.48. Çalışma Alanı 1984-1990-1999-2010 Yılları Alansal Değişimler



Şekil 4.49. Çalışma Alanı 1984-1990-1999-2010 Yılları Arazi Kullanımları

Yapılan test sonrası, 1984, 1990, 1999 ve 2010 yılına ait raster formatındaki kontrollü (eğitimli) sınıflandırılmış görüntülerin IDRISI yazılımında Çapraz Sınıflama (Crosstab) Analizleri yapılmış ve belirlenen sınıfların 1984 – 1990, 1990 -1999, 1999 – 2010 ve 1984 – 2010 yıllarına ait aşağıdaki zamansal değişimleri tespit edilmiştir.

4.3.1. 1984- 1990 Yılları Arası Zamansal Değişim

IDRISI yazılımında oluşturulan çapraz sınıflama (Crosstab) Analizleri tablosunda (Çizelge 4.20., Çizelge 4.21.) sütun kısmı 1984 yılına, satır kısmı ise 1990 yılına aittir. 1984 – 1990 yılları sınıflara ait arazi değişimleri hektar ve yüzde değişim olarak, çizelge 4.20. ve çizelge 4.21.'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. 1984 – 1990 yılları arası zamansal değişim (hektar)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	2402.8	0	0	0	0	0	0	2402.82
Orman	0	7953.75	1554.57	624.87	185.4	199.08	63,9	10581.57
Maki	0	4240.17	32864.8	3225.15	14670.6	5465.07	2863,26	63329.04
Tarım1	0	122.49	357.21	4370.76	362.52	151.29	137,43	5501.7
Tarım2	0	281.34	3546.81	775.62	5728.77	974.97	199,89	11507.4
Çıplak A	0	63.18	7901.73	312.93	6335.46	10970.8	416,97	26001.09
Su Yüzeyi	0	10.17	82.53	16.92	16.92	29.43	790,83	946.8
TOPLAM	2402.8	12671.1	46307.6	9326.25	27299.7	17790.7	4472,28	120270.4

Çizelge 4.21. 1984 – 1990 yılları arası zamansal değişim (%)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Orman	0.00	6.61	1.29	0.52	0.15	0.17	0.05	8.80
Maki	0.00	3.53	27.33	2.68	12.20	4.54	2.38	52.66
Tarım1	0.00	0.10	0.30	3.63	0.30	0.13	0.11	4.57
Tarım2	0.00	0.23	2.95	0.64	4.76	0.81	0.17	9.57
Çıplak A.	0.00	0.05	6.57	0.26	5.27	9.12	0.35	21.62
Su Yüzeyi	0.00	0.01	0.07	0.01	0.01	0.02	0.66	0.79
TOPLAM	2.00	10.53	38.51	7.74	22.69	14.79	3.72	100.01

Çizelge 4.20. ve 4.21.dan da görüldüğü üzere, 1984 yılından 1990 yılına; orman sınıfından; maki sınıfına değişim 4240.17 hektar (%3.53), tarım1 sınıfına değişim 122.49 hektar (%0.1), tarım2 sınıfına değişim 281.34 hektar (%0.23), çıplak arazi sınıfına değişim 63.18 hektar (%0.05) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 10.17 hektar (%0.01)'dır. Maki sınıfından; orman sınıfına değişim 1554.57 hektar (%1.29), tarım1 sınıfına değişim 357.21 hektar (%0.3), tarım2 sınıfına değişim 3546.81 hektar (%2.95), çıplak arazi sınıfına değişim 7901.73 hektar (%6.57) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 82.53 hektar (%0.07)'dır. Tarım1 sınıfından; orman sınıfına değişim 624.87 hektar (%0.52), maki sınıfına değişim 3225.15 hektar (%2.68), tarım2 sınıfına değişim 775.62 hektar (%0.64), çıplak arazi sınıfına değişim 312.93 hektar (%0.26) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 16.92 hektar (%0.01)'dır. Tarım2 sınıfından; orman sınıfına değişim 185.4 hektar (%0.15), maki sınıfına değişim 14670.63 hektar (%12.20), tarım1 sınıfına değişim 362.22 hektar (%0.3), çıplak arazi sınıfına değişim 6335.46 hektar (%5.27) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 16.92 hektar (%0.01)'dır. Çıplak arazi sınıfından; orman sınıfına değişim 199.08 hektar (%0.17), maki sınıfına değişim 5465.07 hektar (%4.54), tarım1 sınıfına değişim 151.29 hektar (%0.13), tarım2 sınıfına değişim 974.97 hektar (%0.81) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 29.43 hektar (%0.02)'dır. Su yüzeyi sınıfından; orman sınıfına değişim 63.9 hektar (%0.05), maki sınıfına değişim 2863.26 hektar (%2.38), tarım1 sınıfına değişim 137.43 hektar (%0.11), tarım2 sınıfına değişim 199.89 hektar (%0.17) ve çıplak arazi sınıfına değişim ise 416.97 hektar (%0.35)'dır.

4.3.2. 1990- 1999 Yılları Arası Zamansal Değişim

IDRISI yazılımında oluşturulan çapraz sınıflama (Crosstab) Analizleri tablosunda (Çizelge 4.22., Çizelge 4.23.) sütun kısmı 1990 yılına, satır kısmı ise 1999 yılına aittir. 1990 – 1999 yılları sınıflara ait arazi değişimleri hektar ve yüzde değişim olarak, çizelge 4.22. ve çizelge 4.23.'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. ve 4.23.den de görüldüğü üzere, 1990 yılından 1999 yılına; orman sınıfından; maki sınıfına değişim 2080.98 hektar (%1.73), tarım1 sınıfına değişim 1745.01 hektar (%1.45), tarım2 sınıfına değişim 245.52 hektar (%0.2),

çıplak arazi sınıfına değişim 76.59 hektar (%0.06) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 0.9 hektar (%0)'dır. Maki sınıfından; orman sınıfına değişim 2727.18 hektar (%2.27), tarım1 sınıfına değişim 16336.53 hektar (%13.58), tarım2 sınıfına değişim 17821.08 hektar (%14.82), çıplak arazi sınıfına değişim 3785.49 hektar (%3.15) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 113.76 hektar (%0.09)'dır. Tarım1 sınıfından; orman sınıfına değişim 10.62 hektar (%0.01), maki sınıfına değişim 373.95 hektar (%0.31), tarım2 sınıfına değişim 634.59 hektar (%0.53), çıplak arazi sınıfına değişim 108.27 hektar (%0.09) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 0.54 hektar (%0)'dır. Tarım2 sınıfından; orman sınıfına değişim 83.16 hektar (%0.07), maki sınıfına değişim 1357.83 hektar (%1.13), tarım1 sınıfına değişim 2764.71 hektar (%2.3), çıplak arazi sınıfına değişim 511.65 hektar (%0.43) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 6.48 hektar (%0.01)'dır. Çıplak arazi sınıfından; orman sınıfına değişim 9.99 hektar (%0.01), maki sınıfına değişim 3666.15 hektar (%3.05), tarım1 sınıfına değişim 2485.35 hektar (%2.07), tarım2 sınıfına değişim 10237.86 hektar (%8.51) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 77.58 hektar (%0.06)'dır. Su yüzeyi sınıfından; orman sınıfına değişim 1.89 hektar (%0), maki sınıfına değişim 193.05 hektar (%0.16), tarım1 sınıfına değişim 90.54 hektar (%0.08), tarım2 sınıfına değişim 75.87 hektar (%0.06) ve çıplak arazi sınıfına değişim ise 19.26 hektar (%0.02)'dır.

Çizelge 4.22. 1990 – 1999 yılları arası zamansal değişim (hektar)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	2297.9	0	0	0	0	0	0	2297.88
Orman	54	6432.57	2727.18	10.62	83.16	9.99	1.89	9319.41
Maki	34.38	2080.98	22545	373.95	1357.83	3666.15	193.05	30251.34
Tarım1	16.56	1745.01	16336.5	4373.73	2764.71	2485.35	90.54	27812.43
Tarım2	0	245.52	17821.1	634.59	6783.57	10237.9	75.87	35798.49
Çıplak A	0	76.59	3785.49	108.27	511.65	9524.16	19.26	14025.42
Su Yüzeyi	0	0.9	113.76	0.54	6.48	77.58	566.19	765.45
TOPLAM	2402.8	10581.6	63329	5501.7	11507.4	26001.1	946.8	120270.4

Çizelge 4.23. 1990 – 1999 yılları arası zamansal değişim (%)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	1.91	0	0	0	0	0	0	1.91
Orman	0.04	5.35	2.27	0.01	0.07	0.01	0	7.75
Maki	0.03	1.73	18.75	0.31	1.13	3.05	0.16	25.16
Tarım1	0.01	1.45	13.58	3.64	2.3	2.07	0.08	23.13
Tarım2	0	0.2	14.82	0.53	5.64	8.51	0.06	29.76
Çıplak A	0	0.06	3.15	0.09	0.43	7.92	0.02	11.67
Su Yüzeyi	0	0	0.09	0	0.01	0.06	0.47	0.63
TOPLAM	1.99	8.79	52.66	4.58	9.58	21.62	0.79	100.01

4.3.3. 1999- 2010 Yılları Arası Zamansal Değişim

IDRISI yazılımında oluşturulan çapraz sınıflama (Crosstab) Analizleri tablosunda (Çizelge 4.24., Çizelge 4.25.) sütun kısmı 1999 yılına, satır kısmı ise 2010 yılına aittir. 1999 – 2010 yılları sınıflara ait arazi değişimleri hektar ve yüzde değişim olarak, çizelge 4.24. ve çizelge 4.25.'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. ve 4.25.den de görüldüğü üzere, 1999 yılından 2010 yılına orman sınıfından; maki sınıfına değişim 878.94 hektar (%0.73), tarım1 sınıfına değişim 478.53 hektar (%0.4), tarım2 sınıfına değişim 11.61 hektar (%0.01), çıplak arazi sınıfına değişim 19.98 hektar (%0.02) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 0.63 hektar (%0)'dır. Maki sınıfından; orman sınıfına değişim 4253.67 hektar (%3.54), tarım1 sınıfına değişim 4207.5 hektar (%3.5), tarım2 sınıfına değişim 2197.62 hektar (%1.83), çıplak arazi sınıfına değişim 1026.81 hektar (%0.85) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 27.18 hektar (%0.02)'dır. Tarım1 sınıfından; orman sınıfına değişim 2812.59 hektar (%2.34), maki sınıfına değişim 12153.51 hektar (%10.11), tarım2 sınıfına değişim 3436.83 hektar (%2.86), çıplak arazi sınıfına değişim 1149.57 hektar (%0.96) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 13.5 hektar (%0.01)'dır. Tarım2 sınıfından; orman sınıfına değişim 193.86 hektar (%0.16), maki sınıfına değişim 14775.93 hektar (%12.29), tarım1 sınıfına değişim 1617.03 hektar (%1.34), çıplak arazi sınıfına değişim 3847.77 hektar (%3.2) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 62.28 hektar (%0.05)'dır. Çıplak arazi sınıfından; orman sınıfına değişim 49.68 hektar (%0.04),

maki sınıfına değişim 5744.34 hektar (%4.78), tarım1 sınıfına değişim 265.05 hektar (%0.2), tarım2 sınıfına değişim 2262.3 hektar (%1.88) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 20.34 hektar (%0.02)'dır. Su yüzeyi sınıfından; orman sınıfına değişim 0.18 hektar (%0), maki sınıfına değişim 63.18 hektar (%0.05), tarım1 sınıfına değişim 10.8 hektar (%0.01), tarım2 sınıfına değişim 4.14 hektar (%0) ve çıplak arazi sınıfına değişim ise 1.17 hektar (%0)'dır.

Çizelge 4.24. 1999 – 2010 yılları arası zamansal değişim (hektar)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	2297.9	54	34.38	16.56	0	0	0	2402.82
Orman	0	7875.72	4253.67	2812.59	193.86	49.68	0.18	15185.7
Maki	0	878.94	18504.2	12153.5	14775.9	5744.34	63.18	52120.08
Tarım1	0	478.53	4207.5	8229.87	1617.03	265.05	10.8	14808.78
Tarım2	0	11.61	2197.62	3436.83	15301.6	2262.33	4.14	23214.15
Çıplak A	0	19.98	1026.81	1149.57	3847.77	5683.68	1.17	11728.98
Su Yüzeyi	0	0.63	27.18	13.5	62.28	20.34	685.98	809.91
TOPLAM	2297.9	9319.41	30251.3	27812.4	35798.5	14025.4	765.45	120270.4

Çizelge 4.25. 1999 – 2010 yılları arası zamansal değişim (%)

		Orman	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	1.91	0.04	0.03	0.01	0	0	0	1.99
Orman	0	6.55	3.54	2.34	0.16	0.04	0	12.63
Maki	0	0.73	15.39	10.11	12.29	4.78	0.05	43.35
Tarım1	0	0.4	3.5	6.84	1.34	0.22	0.01	12.31
Tarım2	0	0.01	1.83	2.86	12.72	1.88	0	19.3
Çıplak A	0	0.02	0.85	0.96	3.2	4.73	0	9.76
Su Yüzeyi	0	0	0.02	0.01	0.05	0.02	0.57	0.67
TOPLAM	1.91	7.75	25.16	23.13	29.76	11.67	0.63	100.01

4.3.4. 1984- 2010 Yılları Arası Zamansal Değişim

IDRISI yazılımında oluşturulan çapraz sınıflama (Crosstab) Analizleri tablosunda (Çizelge 4.26., Çizelge 4.27.) sütun kısmı 1984 yılına, satır kısmı ise 2010 yılına aittir. 1984 – 2010 yılları sınıflara ait arazi değişimleri hektar ve yüzde değişim olarak, çizelge 4.26. ve çizelge 4.27.'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. ve 4.27.den de görüldüğü üzere, 1984 yılından 2010 yılına; orman sınıfından; maki sınıfına değişim 2135.52 hektar (%1.78), tarım1 sınıfına değişim 1461.33 hektar (%1.22), tarım2 sınıfına değişim 82.44 hektar (%0.07), çıplak arazi sınıfına değişim 70.38 hektar (%0.06) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 19.26 hektar (%0.02)'dır. Maki sınıfından; orman sınıfına değişim 4880.97 hektar (%4.06), tarım1 sınıfına değişim 5888.16 hektar (%4.90), tarım2 sınıfına değişim 7561.53 hektar (%6.29), çıplak arazi sınıfına değişim 2278.08 hektar (%1.89) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 83.79 hektar (%0.07)'dır. Tarım1 sınıfından; orman sınıfına değişim 568.71 hektar (%0.47), maki sınıfına değişim 3099.42 hektar (%2.58), tarım2 sınıfına değişim 703.53 hektar (%0.58), çıplak arazi sınıfına değişim 650.07 hektar (%0.54) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 16.11 hektar (%0.01)'dır. Tarım2 sınıfından; orman sınıfına değişim 215.28 hektar (%0.18), maki sınıfına değişim 11450 hektar (%9.52), tarım1 sınıfına değişim 1880.28 hektar (%1.56), çıplak arazi sınıfına değişim 2495.97 hektar (%2.08) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 14.94 hektar (%0.01)'dır. Çıplak arazi sınıfından; orman sınıfına değişim 421.20 hektar (%0.35), maki sınıfına değişim 7783.11 hektar (%6.47), tarım1 sınıfına değişim 655.29 hektar (%0.54), tarım2 sınıfına değişim 2924.01 hektar (%2.43) ve su yüzeyi sınıfına değişim ise 14.67 hektar (%0.10)'dır. Su yüzeyi sınıfından; orman sınıfına değişim 197.37 hektar (%0.16), maki sınıfına değişim 2036.97 hektar (%1.69), tarım1 sınıfına değişim 635.31 hektar (%0.53), tarım2 sınıfına değişim 699.39 hektar (%0.58) ve çıplak arazi sınıfına değişim ise 242.10 hektar (%0.20)'dır.

Çizelge 4.26. 1984 – 2010 yılları arası zamansal değişim (hektar)

		Orman1	**Maki**	**Tarım1**	**Tarım2**	**Çıplak Arazi**	**Su Yüzeyi**	**TOPLAM**
	2402.8	0	0	0	0	0	0	2402.82
Orman1	0	8902.17	4880.97	568.71	215.28	421.2	197.37	15185.7
Maki	0	2135.52	25615.1	3099.42	11450	7783.11	2036.97	52120.08
Tarım1	0	1461.33	5888.16	4288.41	1880.28	655.29	635.31	14808.78
Tarım2	0	82.44	7561.53	703.53	11243.3	2924.01	699.39	23214.15
Çıplak A	0	70.38	2278.08	650.07	2495.97	5992.38	242.1	11728.98
Su Yüzeyi	0	19.26	83.79	16.11	14.94	14.67	661.14	809.91
TOPLAM	2402.8	12671.1	46307.6	9326.25	27299.7	17790.7	4472.28	120270.4

Çizelge 4.27. 1984 – 2010 yılları arası zamansal değişim (%)

		Orman1	Maki	Tarım1	Tarım2	Çıplak Arazi	Su Yüzeyi	TOPLAM
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Orman1	0.00	7.40	4.06	0.47	0.18	0.35	0.16	12.63
Maki	0.00	1.78	21.30	2.58	9.52	6.47	1.69	43.34
Tarım1	0.00	1.22	4.90	3.57	1.56	0.54	0.53	12.31
Tarım2	0.00	0.07	6.29	0.58	9.35	2.43	0.5	19.30
Çıplak A	0.00	0.06	1.89	0.54	2.08	4.98	0.20	9.75
Su Yüzeyi	0.00	0.02	0.07	0.01	0.01	0.10	0.55	0.67
TOPLAM	2.00	10.55	38.51	7.75	22.70	14.87	3.71	100

4.4. Erozyon Modellemeleri Bulguları

1 ve 2 numaralı çalışma alanlarına ait 1990 ve 2010 yılları verileri, G2, RUSLE ve mMMF modeli ile değerlendirilmiştir. 1 ve 2 numaralı çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yıllarına ait G2 modeli erozyon riski haritaları, 1 ve 2 numaralı çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yıllarına ait P=1 ve Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak oluşturulan C değerleri ile elde edilen mMMF modeli erozyon riski haritaları, $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan C faktörü ve Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan RUSLE modeli erozyon riski haritaları ve P=1 ve Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri kullanılarak alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon riski haritaları çalışma alanı için oluşturulmuştur.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için, G2 modeli(rG2), mMMF modeli(mMMF), mMMF modeli P=1 durumu(mMMFp1), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu(Rusle1990), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(Rusle1990p1), RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(Rusle1990cvk) ve RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ve P=1 durumu(Rusle1990cvkp1) olmak üzere 7 adet erozyon risk haritası elde edilmiştir.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için, G2 modeli(rG2), mMMF modeli(mMMF), mMMF modeli P=1 durumu(mMMFp1), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu(Rusle2010), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(Rusle2010p1),

RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(Rusle2010cvk) ve RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ve P=1 durumu(Rusle2010cvkp1) olmak üzere 7 adet erozyon risk haritası elde edilmiştir.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için, G2 modeli(2rG2), mMMF modeli(2mMMF), mMMF modeli P=1 durumu(2mMMFp1), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu(2Rusle1990), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(2Rusle1990p1), RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(2Rusle1990cvk) ve RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ve P=1 durumu(2Rusle1990cvkp1) olmak üzere 7 adet erozyon risk haritası elde edilmiştir.

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için, G2 modeli(2rG2), mMMF modeli(2mMMF), mMMF modeli P=1 durumu(2mMMFp1), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu(2Rusle2010), RUSLE $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(2Rusle2010p1), RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(2Rusle2010cvk) ve RUSLE Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ve P=1 durumu(2Rusle2010cvkp1) olmak üzere 7 adet erozyon risk haritası elde edilmiştir.

Çalışma alanı için elde edilen 28 adet erozyon risk haritaları, gerek arazi kullanımı – erozyon modelleri ilişkisi gerekse erozyon sınıfları - arazi ilişkisi yönünden incelenip ve karşılaştırılarak çalışma alanı için en uygun model belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelenerek, çalışma alanı arazi kullanımı erozyon ilişkisi araştırılmıştır.

Erozyon haritaları; literatürde sıklıkla kullanılan, 0-2 (kısmi erozyon), 2-25 (çok az erozyon), 25-50 (orta erozyon), 50-80 (şiddetli erozyon), 80-150 (çok şiddetli erozyon) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) erozyon sınıfları ile oluşturulmuştur.

Orijinal formülünde kg/m^2/yıl olarak hesaplanan mMMF toprak kayıp değerleri t / ha / yıl'a çevrilerek diğer modellerle karşılaştırılması sağlanmıştır.

4.4.1. 1 Numaralı Çalışma Alanı Bulguları

4.4.1.1. 1 Numaralı Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Erozyon Modelleri İlişkisi

4.4.1.1.(1). 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için G2 modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.51.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 37.99 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.46 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 278.35 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 3.41 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 4.46 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.19 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 425.66 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 5.49 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 281.32 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 4.52 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 114.71 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 8.83t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.28).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.51.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 87.67 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.43 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 112.80 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 13.89 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 55.32 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 10.92 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 114.53 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 11.88 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1318.08 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 102.56 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.28).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli P=1 durumu ile

oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.51.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 87.67 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.43 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 112.80 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 13.89 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 55.32 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 10.92 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 114.53 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 11.88 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1318.08 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 102.56 t / ha / yıl'dır. Sadece su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri mMMF modeli P=1 durumunda farklılık göstermiştir ve 0 t / ha / yıl yerine yüksek erozyon değeri çıkmıştır(maksimum 2502.61 t / ha / yıl ve ortalama 1100.85 t / ha / yıl). Bunun nedeninin, Prasannakumar ve ark.(2011) P değerinde su yüzeyi için 0 değeri yerine su yüzeyi için P=1 değeri alınmasının olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.28).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde(Şekil 4.51.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 222.34 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2226.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 630.57 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1051.52 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1562.16 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.29).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.52.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2223.38 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2783.74 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1261.15 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1314.40 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1562.16 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon

değerleri minimum 0 ve maksimum 573.92 t / ha / yıl'dır. RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu incelendiğinde; Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri çıplak arazi için 1 değeri alındığından, P=1 durumunda Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri, Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan RUSLE modeli ile aynı kalmış diğer arazi sınıfları erozyon değerleri ise P=1 değeri alınması nedeniyle artmıştır (Çizelge 4.29).

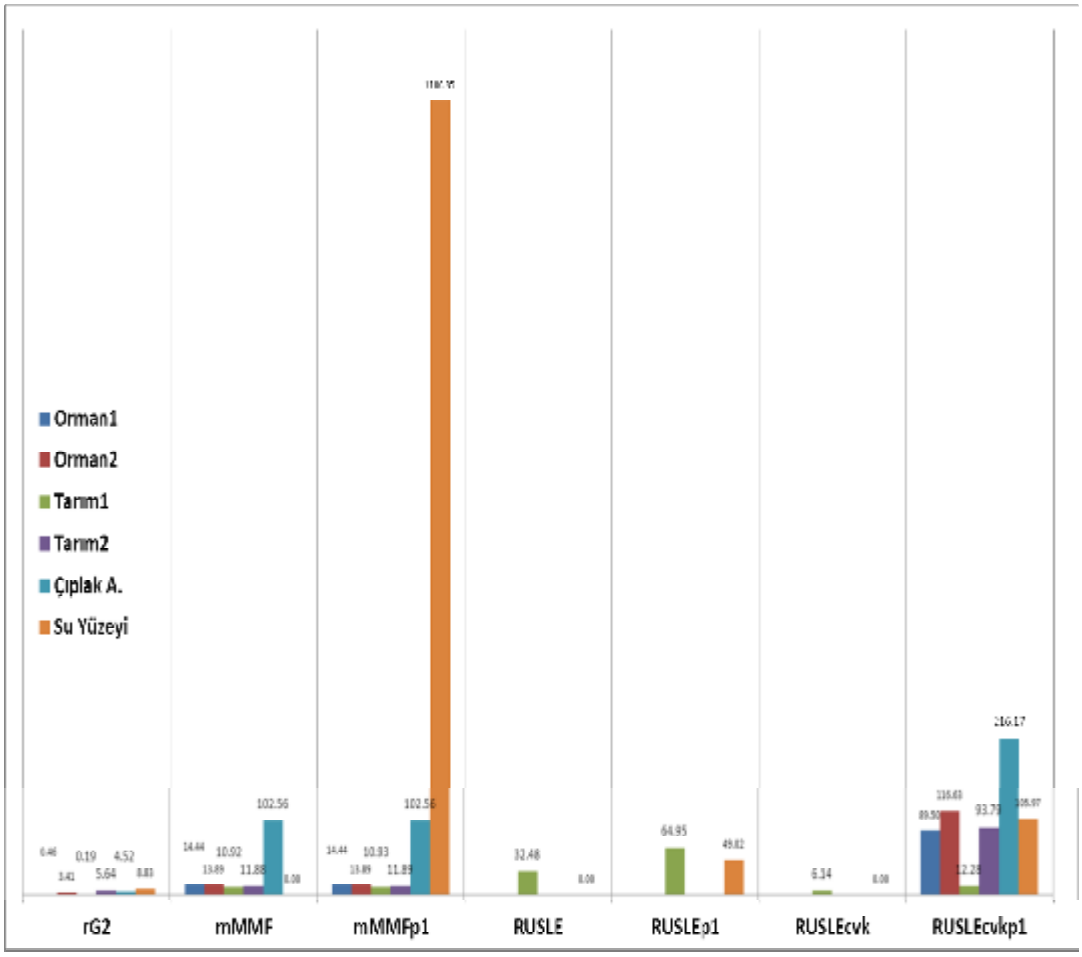
1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.52.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 187.95 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3072.98 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 314.35 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1811.40 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2867.75 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.52.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1879.53 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 89.50 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3841.23 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 116.63 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 628.70 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 12.28 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2264.24 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 93.79 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2867.75 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 216.17 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1172.55 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 105.97 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.29).

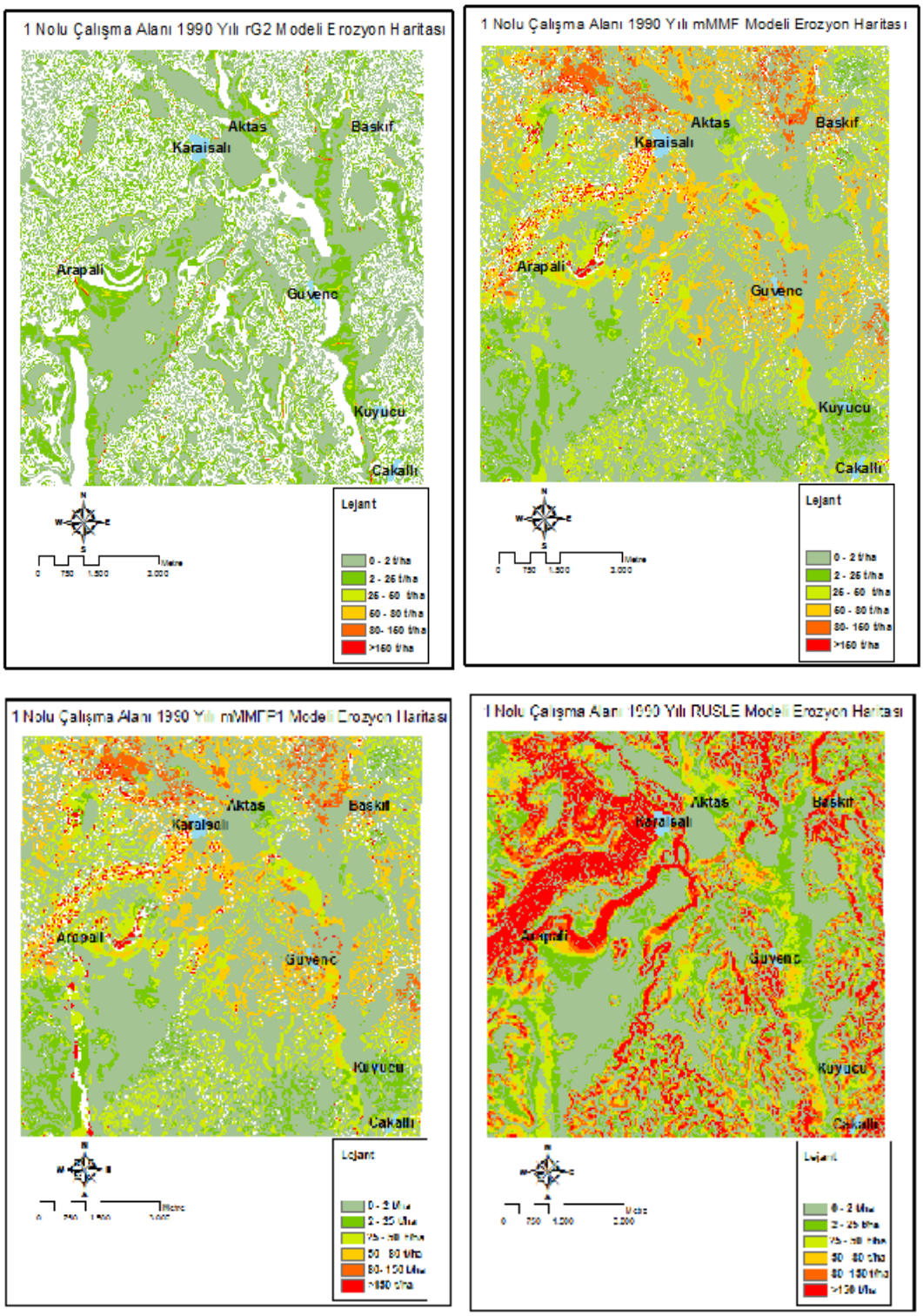
Çizelge 4.28. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi

	rG2 (t/ha)			mMMF (t/ha)			mMMFp1 (t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	37.99	0.46	0.00	87.68	14.44	0.00	87.68	14.44
Orman2	0.00	278.35	3.41	0.00	112.80	13.89	0.00	112.80	13.89
Tarım1	0.00	4.46	0.19	0.00	55.32	10.92	0.00	55.32	10.93
Tarım2	0.00	361.92	5.64	0.00	114.53	11.88	0.00	114.53	11.89
Çıplak A.	0.00	281.32	4.52	0.00	1318.08	102.56	0.00	1318.08	102.56
Su Yüzeyi	0.00	114.71	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	2502.61	1100.85

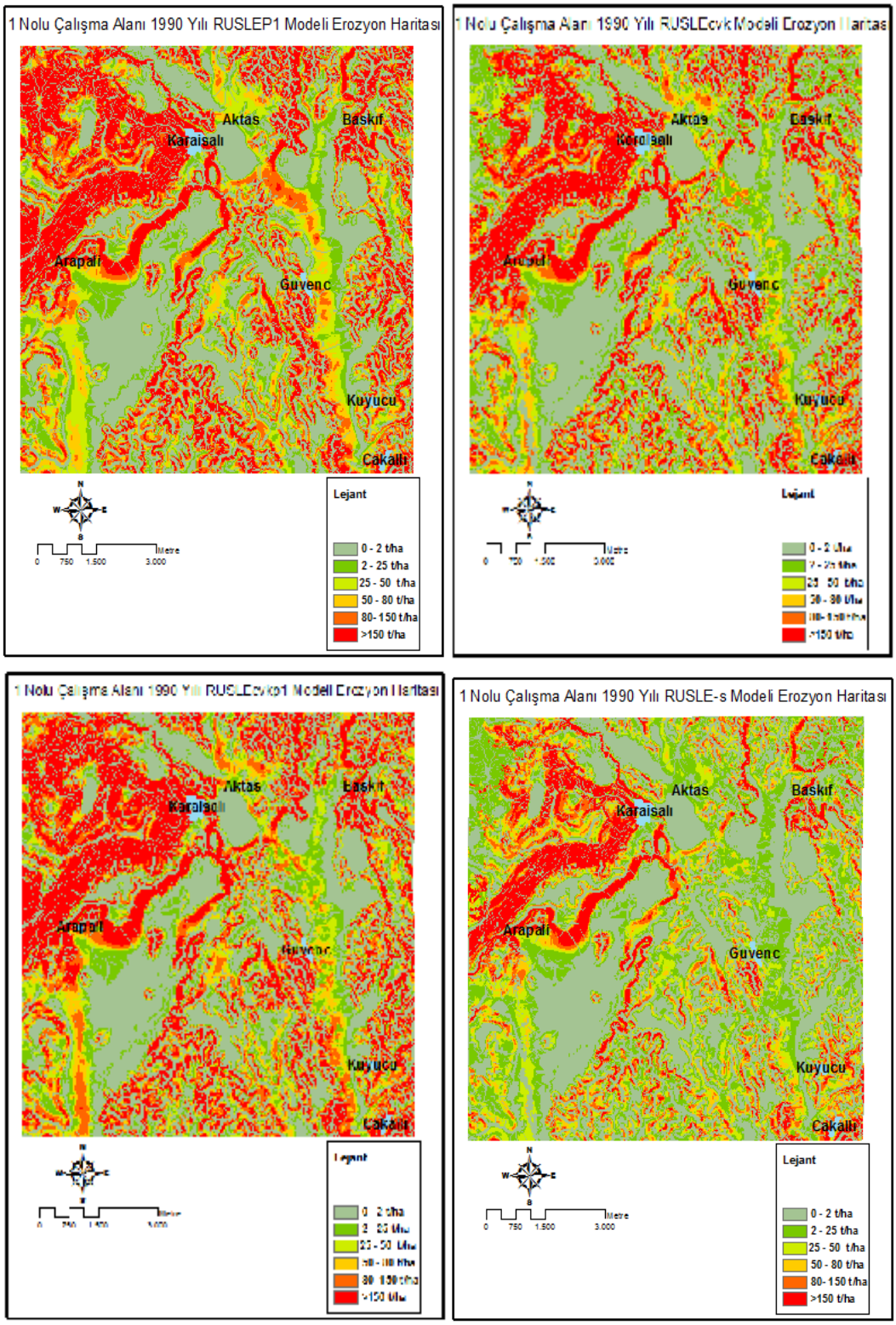
1 Numaralı çalışma alanı 1990 yılı erozyon modelleri ortalama erozyon değerleri-arazi kullanımı ilişkisini gösteren grafik şekil 4.50.'de verilmiştir.



Şekil 4.50. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi



Şekil 4.51. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı rG2, mMMF, mMMFP1 ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları



Şekil 4.52. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları

Çizelge 4.29. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi.

	Rusle1990(t/ha)			Rusle1990p1(t/ha)			Rusle1990cvk(t/ha)			Rusle1990cvkp1(t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	222.34		0.00	2223.38		0.00	187.95		0.00	1879.53	89.50
Orman2	0.00	2226.99		0.00	2783.74		0.00	3072.98		0.00	3841.23	116.63
Tarım1	0.00	630.57	32.48	0.00	1261.15	64.95	0.00	314.35	6.14	0.00	628.70	12.28
Tarım2	0.00	1051.52		0.00	1314.40		0.00	1811.39		0.00	2264.24	93.79
Çıplak A.	0.00	1562.16		0.00	1562.16		0.00	2867.75		0.00	2867.75	216.17
Su Yüzeyi	0.00	0.00	0.00	0.00	573.92	49.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1172.55	105.97

4.4.1.1.(2). 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için G2 modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.53.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 30.02 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.94 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 431.41 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 3.26 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 265.85 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 2.16 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 307.95 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 4.33 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 138.45 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 1.98 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 768.28 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 134.76 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.30.).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.53.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 155.44 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.05 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 162.62 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 18.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 150.16 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.57 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 170.91 t / ha / yıl'dır. Ortalama

erozyon değeri 15.46 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3021.24 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 135.50 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.30.).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.53.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 155.44 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.05 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 162.62 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 18.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 150.16 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.66 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 170.91 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 15.55 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3021.24 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 135.50 t / ha / yıl'dır. Sadece su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri mMMF modeli P=1 durumunda farklılık göstermiştir ve 0 t / ha / yıl yerine yüksek erozyon değeri çıkmıştır(maksimum 2866.54 t / ha / yıl ve ortalama 1421.35 t / ha / yıl). Bunun nedeninin, Prasannakumar ve ark.(2011) P değerinde su yüzeyi için 0 değeri yerine su yüzeyi için P=1 değeri alınmasının olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.30.).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.53.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 286.93 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 17.37 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2101.05 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 110.12 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1111.18 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 62.94 t / ha / yıl'dır.Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1339.61 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 68.09 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1901.81 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 125.33 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.31.).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.54.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2869.32 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 173.71 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2626.31 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 137.65 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2222.37 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 125.88 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1674.52 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 85.12 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1901.81 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 125.33 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 108.48 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 39.53 t / ha / yıl'dır. RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu incelendiğinde; Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri çıplak arazi için 1 değeri alındığından, P=1 durumunda Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri, Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan RUSLE modeli ile aynı kalmış diğer arazi sınıfları erozyon değerleri ise P=1 değeri alınması nedeniyle artmıştır (Çizelge 4.31.).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.54.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 299.83 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 7.69 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2551.35 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 102.01 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1559.84 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 43.23 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2398.78 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 83.37 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2550.15 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 131.06 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.31.).

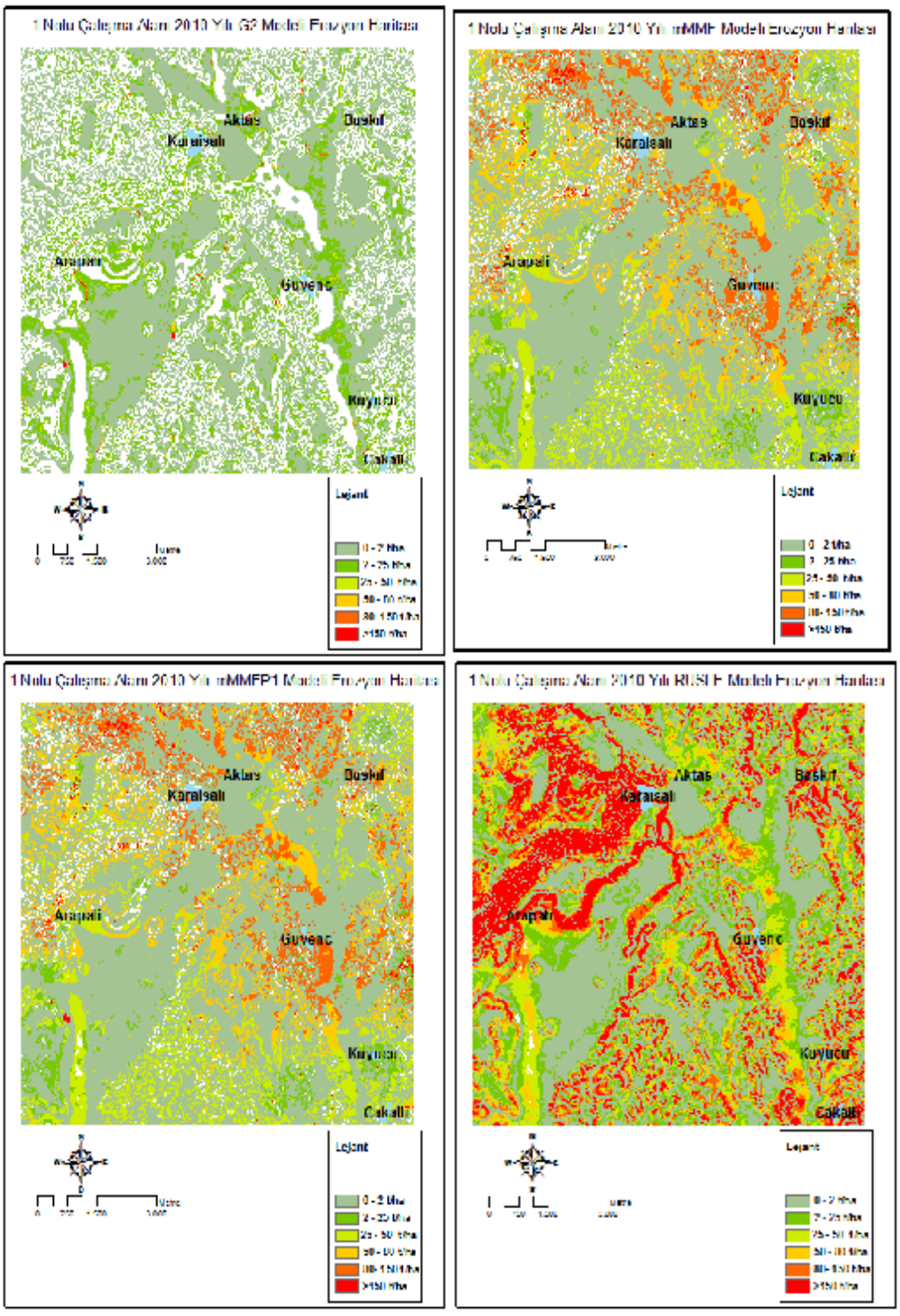
1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.54.); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2998.29 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 77.08 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3189.18 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 127.78 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3119.68 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 86.97 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3367.99 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 105.61 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2550.15 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 131.01 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 391.49 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 122.22 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.31.).

Çizelge 4.30. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi

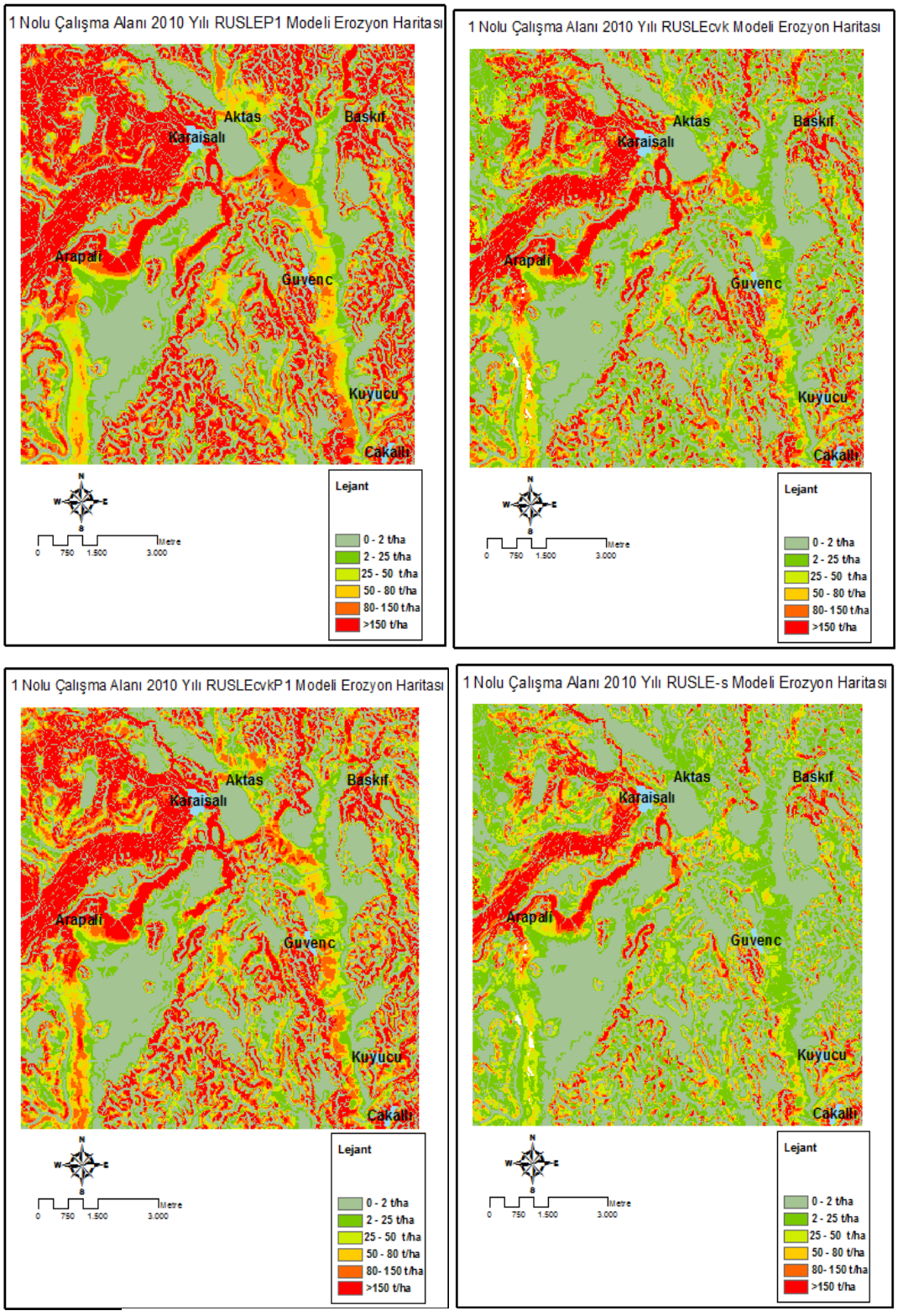
	rG2 (t/ha)			mMMF (t/ha)			mMMFp1 (t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	305.02	0.94	0.00	155.44	20.05	0.00	155.44	20.05
Orman2	0.00	431.41	3.26	0.00	162.62	18.99	0.00	162.62	18.99
Tarım1	0.00	265.85	2.16	0.00	150.16	20.58	0.00	150.16	20.66
Tarım2	0.00	307.95	4.33	0.00	170.91	15.46	0.00	170.91	15.55
Çıplak A.	0.00	138.45	1.98	0.00	3021.24	135.50	0.00	3021.24	135.50
Su Yüzeyi	0.00	768.28	134.76	0.00	0.00	0.00	0.00	2866.54	1421.35

Çizelge 4.31. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi.

	Rusle2010(t/ha)			Rusle2010p1(t/ha)			Rusle2010cvk(t/ha)			Rusle2010cvkp1(t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	286.93	17.37	0.00	2869.32	173.71	0.00	299.83	7.69	0.00	2998.29	77.08
Orman2	0.00	2101.05	110.12	0.00	2626.31	137.65	0.00	2551.35	102.01	0.00	3189.18	127.78
Tarım1	0.00	1111.18	62.94	0.00	2222.37	125.88	0.00	1559.84	43.24	0.00	3119.68	86.97
Tarım2	0.00	1339.61	68.09	0.00	1674.52	85.12	0.00	2398.78	83.37	0.00	3367.99	105.61
Çıplak A.	0.00	1901.81	125.33	0.00	1901.81	125.33	0.00	2550.15	131.06	0.00	2550.15	131.01
Su Yüzeyi	0.00	0.00	0.00	0.00	108.48	39.53	0.00	0.00	0.00	0.00	391.49	122.22

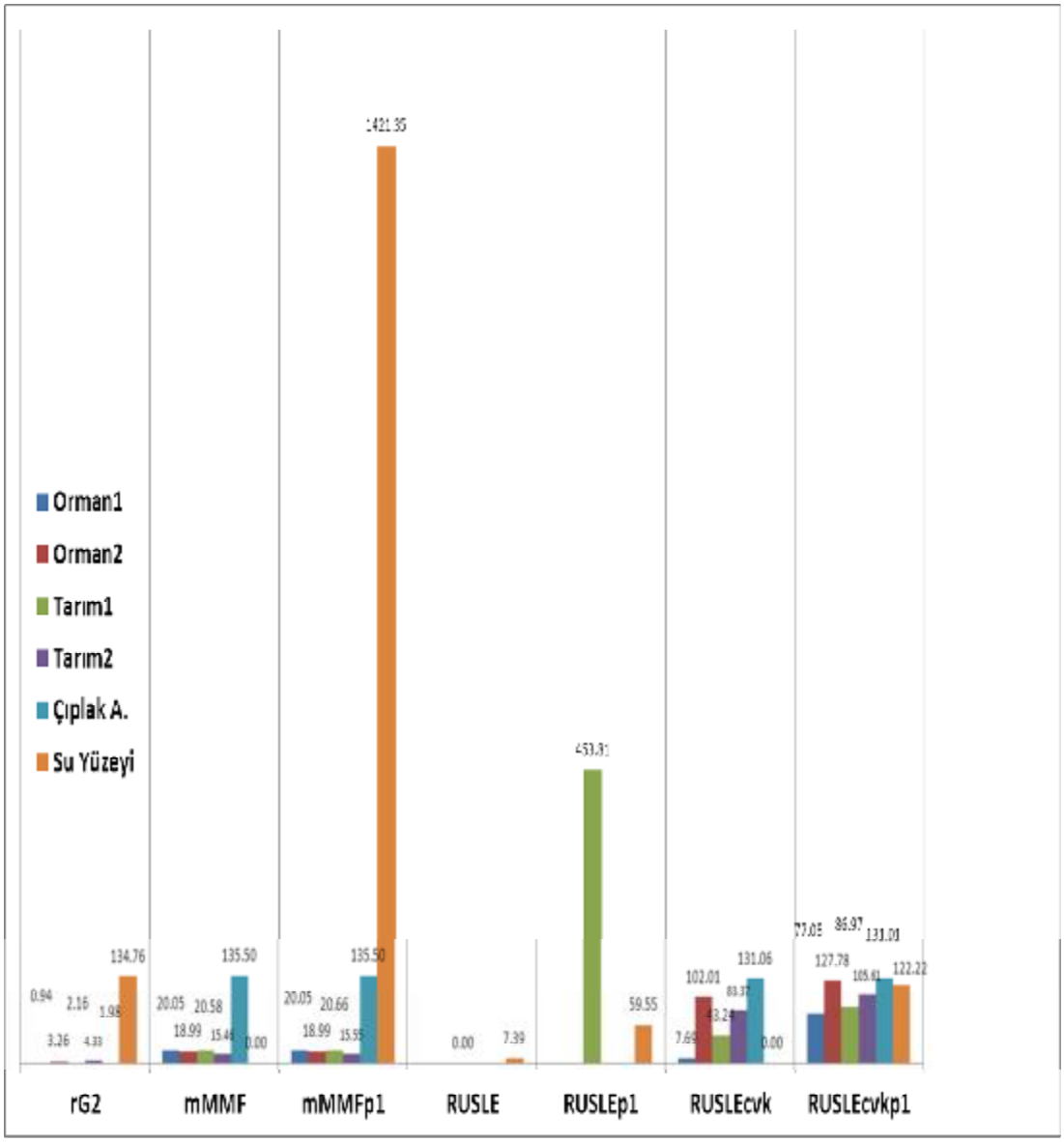


Şekil 4.53. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı rG2, mMMF,mMMFP1 ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları



Şekil 4.54. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları

1 Numaralı çalışma alanı 2010 yılı erozyon modelleri ortalama erozyon değerleri-arazi kullanımı ilişkisini gösteren grafik şekil 4.55.'de verilmiştir.



Şekil 4.55. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi

4.4.1.1.(3). 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için G2 modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.56); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 41.66 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.74 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 699.57 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 5.42 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3.31 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.68 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1034.02 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.23 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 563.84 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 6.57 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 9414.54 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 228.79 t / ha / yıl'dı r(Çizelge 4.32).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.56); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 532.39 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.16 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2347.91 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.69 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1400.86 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 6.76 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2403.03 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 138.31 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1339.81 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.48 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.32).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.56); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 145.74 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.83 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 380.29 t / ha / yıl'dır.

Ortalama erozyon değeri 14.44 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 69.99 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 23.54 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 110.14 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 13.62 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2438.37 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 198.99 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3037.37 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 1417.69 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.32).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.56); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 943.41 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 234.83 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1172.95 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1512.50 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 374.2236 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.33).

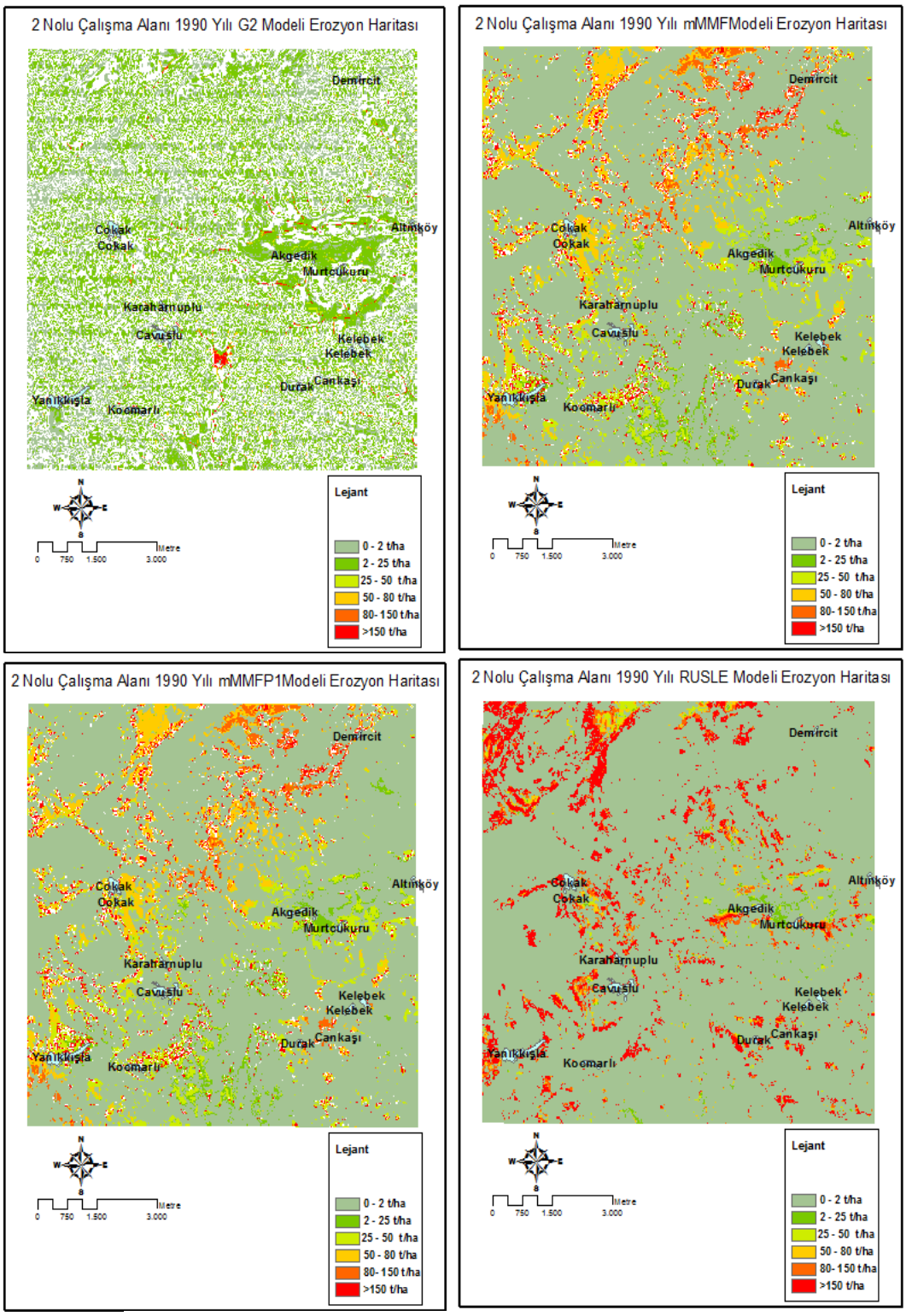
2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.57); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2021.25 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1864.25 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1404.39 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1418.66 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1512.50 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 863.36 t / ha / yıl'dır. RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu incelendiğinde; Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri çıplak arazi için 1 değeri alındığından, P=1 durumunda Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri, Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan RUSLE modeli ile aynı kalmış diğer arazi sınıfları erozyon değerleri ise P=1 değeri alınması nedeniyle artmıştır (Çizelge 4.33).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.57); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1049.61 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1792.86 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1399.72 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2248.46 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 474.36 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.33).

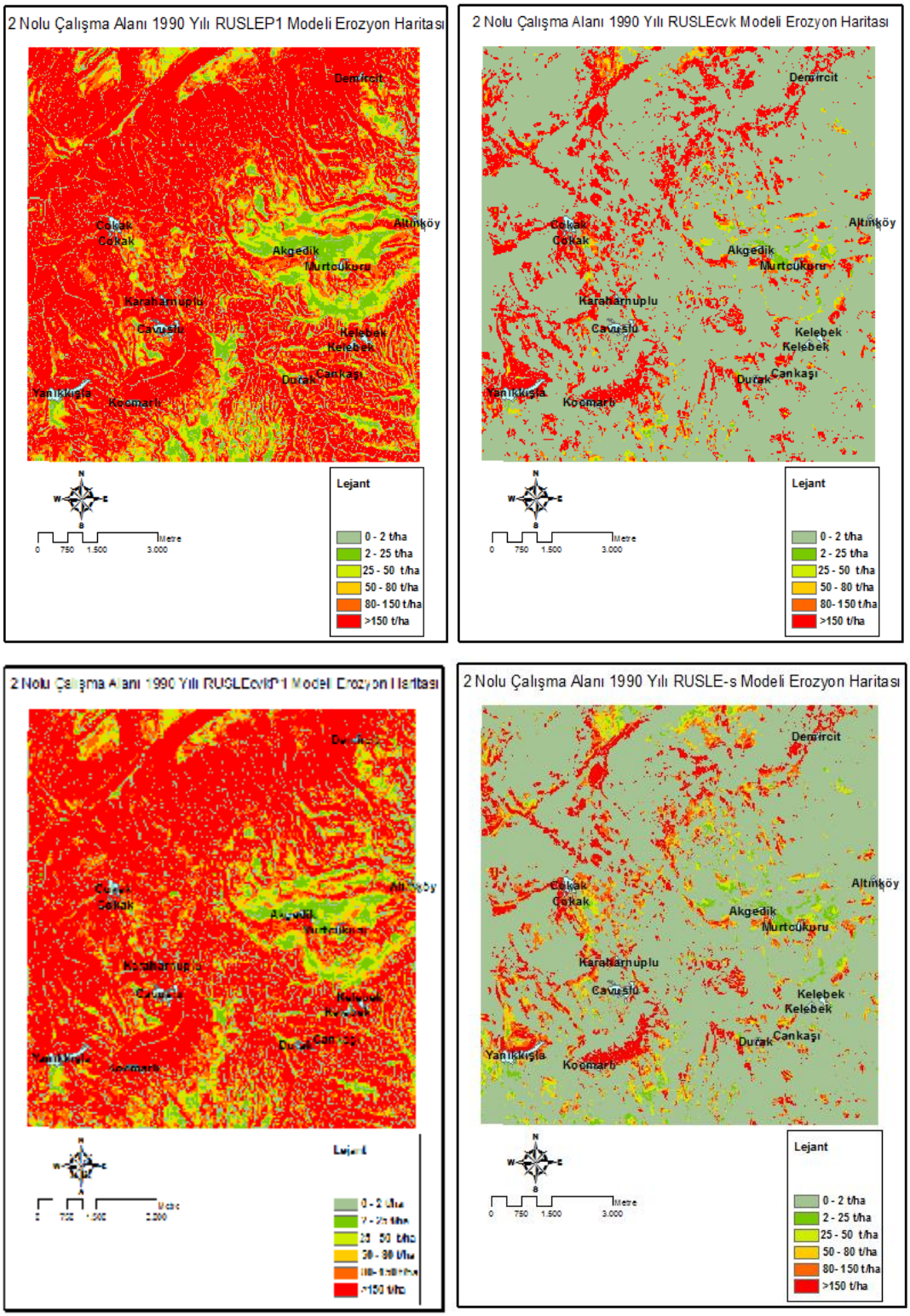
2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.57); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1694.99 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 313.61 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1980.09 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 267.72 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 825.15 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 208.17 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2027.69 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 236.73 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2248.46 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 338.26 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 811.61 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 127.46 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.32. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı 2rG2,2mMMF, ve 2mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi

	2rG2 (t/ha)			2mMMF (t/ha)			2mMMFp1 (t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	41.66	0.74	0.00	532.39	0.16	0.00	145.74	14.83
Orman2	0.00	699.57	5.42	0.00	2347.91	14.69	0.00	380.29	14.44
Tarım1	0.00	3.31	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	69.99	23.54
Tarım2	0.00	1034.02	14.23	0.00	1400.86	6.76	0.00	110.14	13.62
Çıplak A.	0.00	563.84	6.57	0.00	2403.03	138.31	0.00	2438.37	198.99
Su Yüzeyi	0.00	9414.54	228.79	0.00	1339.82	14.48	0.00	3037.37	1417.69



Şekil 4.56. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı rG2, mMMf, mMMFP1 ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları

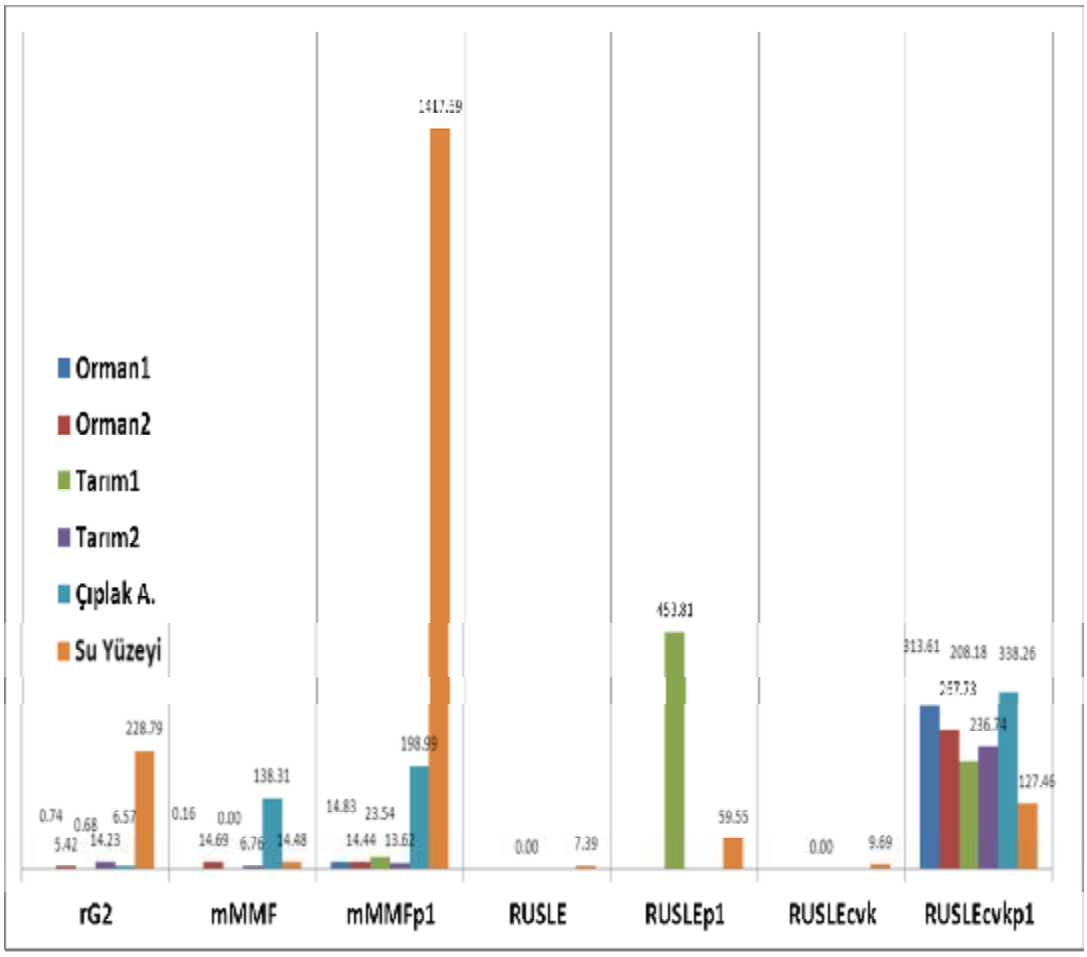


Şekil 4.57. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları

Çizelge 4.33. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi.

	2Rusle1990(t/ha)			2Rusle1990p1(t/ha)			2Rusle1990cvk(t/ha)			2Rusle1990cvkp1(t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	943.41		0.00	2021.25		0.00	1049.61		0.00	1694.99	313.61
Orman2	0.00	1566.59		0.00	1864.25		0.00	1792.86		0.00	1980.09	267.73
Tarım1	0.00	0.00	0.00	0.00	1404.39	453.81	0.00	0.00	0.00	0.00	825.15	208.18
Tarım2	0.00	1172.95		0.00	1418.66		0.00	1399.71		0.00	2027.69	236.74
Çıplak A.	0.00	1512.50		0.00	1512.50		0.00	2248.46		0.00	2248.46	338.26
Su Yüzeyi	0.00	374.22	7.39	0.00	863.36	59.55	0.00	474.36	9.69	0.00	811.61	127.46

2 Numaralı çalışma alanı 1990 yılı erozyon modelleri ortalama erozyon değerleri-arazi kullanımı ilişkisini gösteren grafik şekil 4.58.'de verilmiştir.



Şekil 4.58. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi

4.4.1.1.(4). 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için G2 modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.59); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 50.00 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.45 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1532.66 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 6.05 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 781.67 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 3.47 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1005.89 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 12.66 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 403.46 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 5.05 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3173.18 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 2167.80 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.34).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.59); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 155.44 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.05 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 162.62 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 18.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 150.16 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.57 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 170.91 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 15.46 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3021.24 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 135.50 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.34).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.59); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 155.44 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.05 t / ha / yıl'dır**.** Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 162.62 t / ha / yıl'dır.

Ortalama erozyon değeri 18.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 150.16 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 20.66 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 170.91 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 15.55 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 3021.24 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 135.50 t / ha / yıl'dır. Sadece su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri mMMF modeli P=1 durumunda farklılık göstermiştir ve 0 t / ha / yıl yerine yüksek erozyon değeri çıkmıştır(maksimum 2866.54 t / ha / yıl ve ortalama 1421.35 t / ha / yıl). Bunun nedeninin, Prasannakumar ve ark.(2011) P değerinde su yüzeyi için 0 değeri yerine su yüzeyi için P=1 değeri alınmasının olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.34).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.59); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 552.89 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.05 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1604.86 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 14.42 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 842.81 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.68 t / ha / yıl'dır.Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1314.07 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 17.12 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1488.87 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 159.54 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.35).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.60); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2494.97 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 495.76 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2164.67 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 326.89 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2624.67 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 346.87 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1571.32 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 169.85 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı

erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1638.62 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 233.28 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 588.87 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 37.91 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.35).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.60); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 274.02 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.02 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1913.37 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 15.32 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 410.84 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0.38 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1704.98 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 96.57 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1960.66 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 191.51 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 0 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 0 t / ha / yıl'dır (Çizelge 4.35.).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde (Şekil 4.60); Orman arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 973.43 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 155.25 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2168.55 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 269.03 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2320.86 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 196.21 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 2082.77 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 218.47 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1960.66 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 272.05 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri minimum 0 ve maksimum 1388.87 t / ha / yıl'dır. Ortalama erozyon değeri 119.92 t / ha / yıl'dır. RUSLE modeli modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü

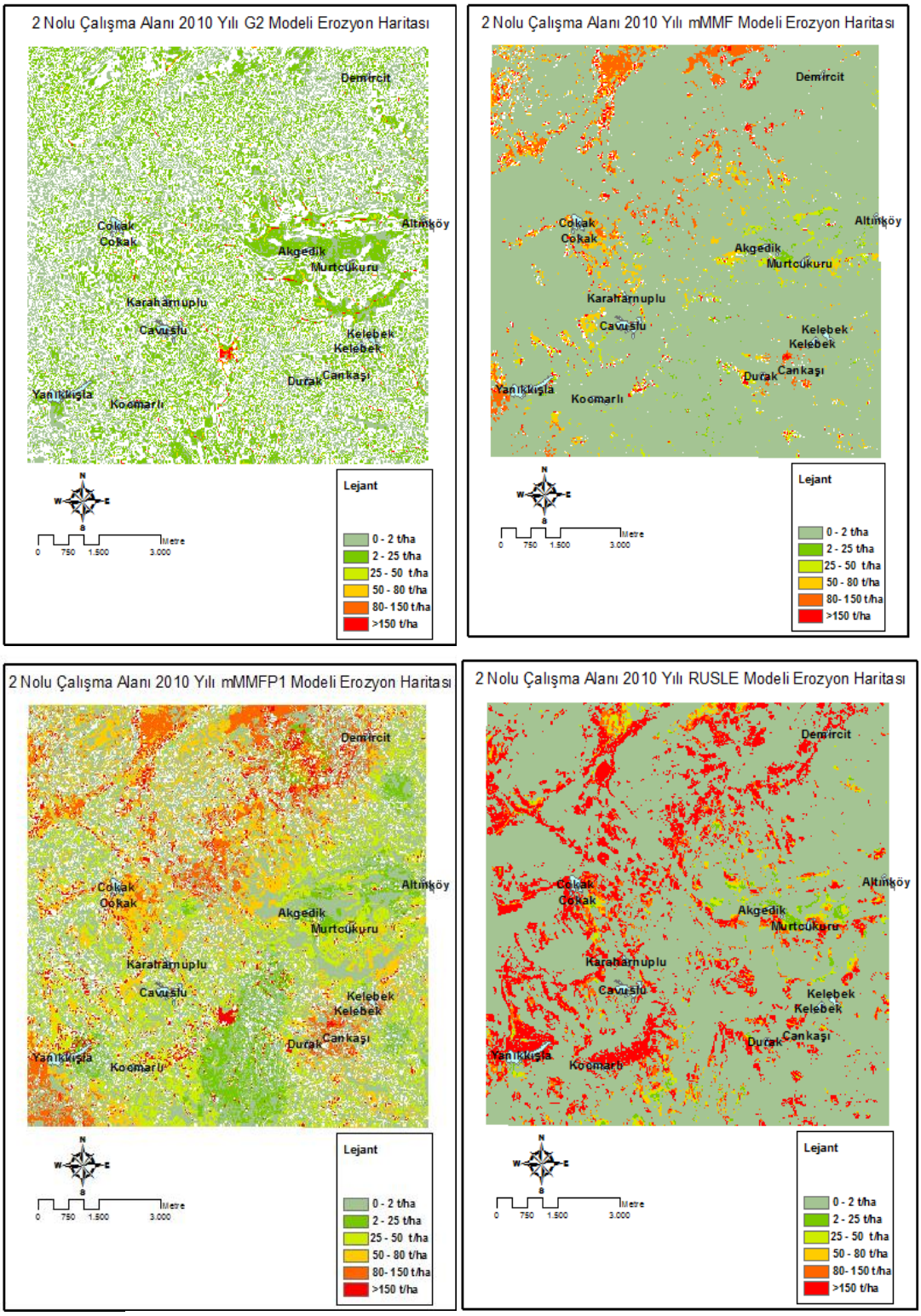
durumu modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu ve P=1 durumu incelendiğinde; Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri çıplak arazi için 1 değeri alındığından, P=1 durumunda Çıplak arazi sınıfı erozyon değerleri, Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan RUSLE modeli ile aynı kalmış diğer arazi sınıfları erozyon değerleri ise P=1 değeri alınması nedeniyle artmıştır (Çizelge 4.35.).

Çizelge 4.34. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı rG2, mMMF, ve mMMF P faktörü=1 durumu arazi kullanım- erozyon ilişkisi.

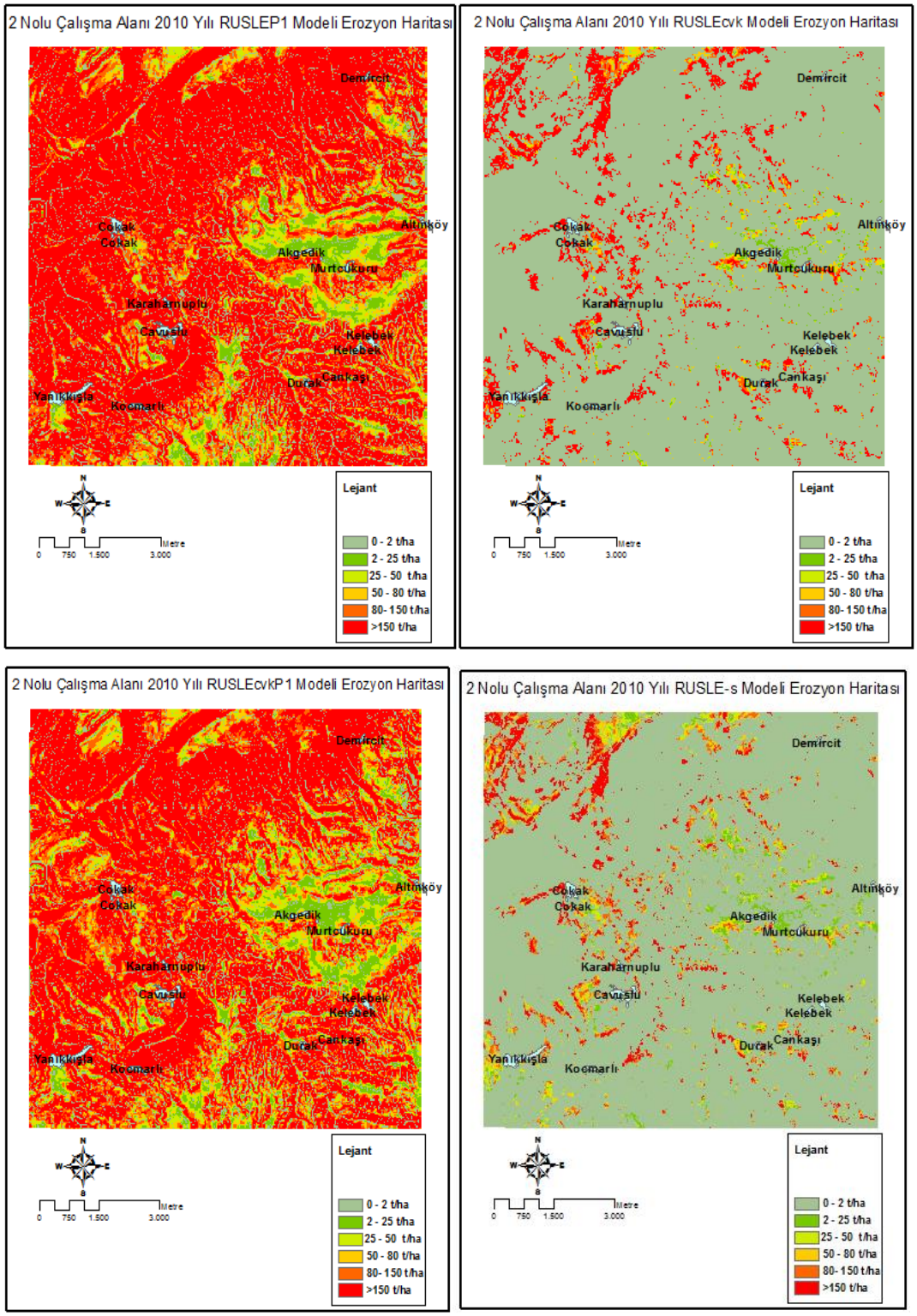
	2rG2 (t/ha)			2mMMF (t/ha)			2mMMFp1 (t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	50.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1829.62	20.03
Orman2	0.00	1532.66	6.05	0.00	2005.87	2005.87	0.00	2473.42	65.14
Tarım1	0.00	781.67	3.47	0.00	65.65	65.65	0.00	2090.13	25.23
Tarım2	0.00	1005.89	12.66	0.00	1718.48	1718.48	0.00	2223.53	45.94
Çıplak A.	0.00	403.46	5.05	0.00	2106.09	2106.09	0.00	2139.01	130.97
Su Yüzeyi	0.00	3173.18	216.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2637.63	1315.15

Çizelge 4.35. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı RUSLE modeli arazi kullanım- erozyon ilişkisi.

	2Rusle2010(t/ha)			2Rusle2010p1(t/ha)			2Rusle2010cvk(t/ha)			2Rusle2010cvkp1(t/ha)		
A.Kullanım	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	552.89	0.05	0.00	2495.00	495.76	0.00	274.02	0.02	0.00	973.44	155.25
Orman2	0.00	1604.86	14.42	0.00	2164.72	326.89	0.00	1913.37	15.32	0.00	2168.55	269.04
Tarım1	0.00	842.81	0.69	0.00	2624.67	346.87	0.00	410.84	0.38	0.00	2320.86	196.21
Tarım2	0.00	1314.07	17.12	0.00	1571.32	169.85	0.00	1704.98	19.87	0.00	2082.77	218.47
Çıplak A.	0.00	1488.87	159.54	0.00	1638.62	233.28	0.00	1960.66	191.51	0.00	1960.66	272.05
Su Yüzeyi	0.00	0.00	0.00	0.00	588.87	37.91	0.00	0.00	0.00	0.00	1388.87	119.92

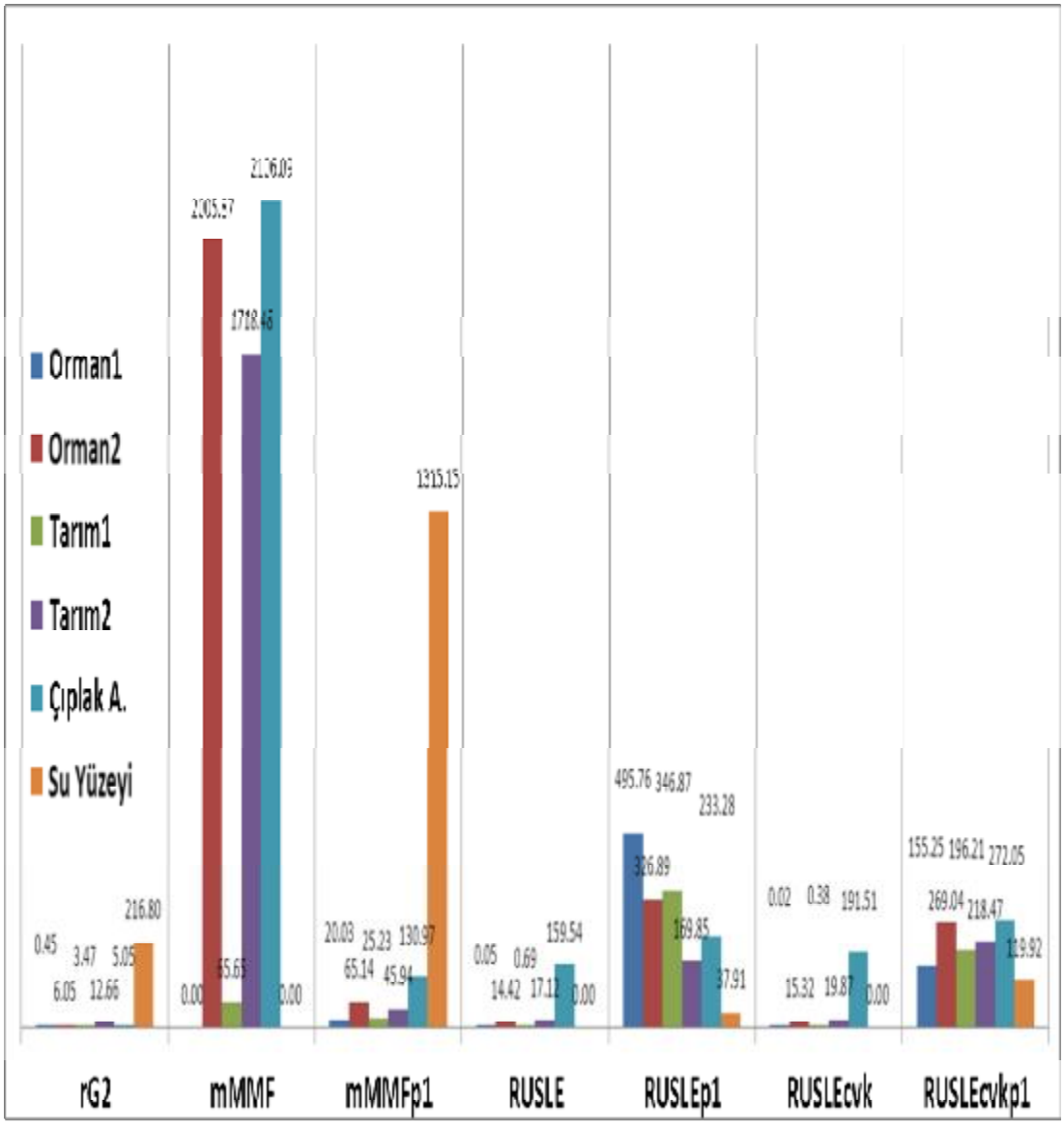


Şekil 4.59. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı rG2, mMMf, mMMFP1 ve RUSLE Modelleri Erozyon Haritaları



Şekil 4.60. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritaları

2 Numaralı çalışma alanı 2010 yılı erozyon modelleri ortalama erozyon değerleri-arazi kullanımı ilişkisini gösteren grafik şekil 4.61.'de verilmiştir.



Şekil 4.61. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri Ortalama Erozyon Değerleri-Arazi Kullanımı İlişkisi

4.4.1.2. 1 Numaralı Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Erozyon Sınıfları İlişkisi

Erozyon haritaları 6 sınıf kullanılarak oluşturulmuştur. Bu 6 sınıf; literatürde sıklıkla kullanılan, 0-2 t/ha (kısmi erozyon), 2-25 t/ha (çok az erozyon), 25-50 t/ha (orta erozyon), 50-80 t/ha (şiddetli erozyon), 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) ve 150 den büyük t/ha (yıkıcı erozyon) erozyon sınıflarıdır. Çalışma alanı için elde edilen 28 adet erozyon risk haritaları, erozyon sınıfları - arazi ilişkisi yönünden incelenmiş ve 1 ve 2 numaralı çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı bulguları aşağıda verilmiştir.

4.4.1.2.(1). 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları

Çizelge 4.36. incelendiğinde; 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için G2 modeli(rG2) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4268.16 hektardır(%65.948). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 2047.41 hektardır(%31.635), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 100.71 hektardır(%1.556), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 31.77 hektardır(%0.491), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 18.90 hektardır(%0.292) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 5.04 hektardır(%0.078).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 5641.38 hektardır(%59.595). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 657.36 hektardır(%6.944), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1503.09 hektardır(%15.878), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1246.41 hektardır(%13.167), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 303.30 hektardır(%3.204) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 114.66 hektardır(%1.211).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli P=1 durumu

(mMMFp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 5580.54 hektardır(%59.188). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 658.35 hektardır(%6.982), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1503.18 hektardır(%15.943), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1246.59 hektardır(%13.222), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 304.29 hektardır(%3.227) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 135.54 hektardır(%1.438).

Çizelge 4.36. 1990 yılı 1 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi.

	rG2		**mMMF**		**mMMFp1**		**Rusle1990**	
Erozyon (t/ha)	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
0-2	4268.16	65.95	5641.38	59.59	5580.54	59.19	4095.81	41.41
2-25	2047.41	31.63	657.36	6.94	658.35	6.98	1485.99	15.02
25-50	100.71	1.56	1503.09	15.88	1503.18	15.94	1040.49	10.52
50-80	31.77	0.49	1246.41	13.17	1246.59	13.22	781.65	7.90
80-150	18.90	0.29	303.30	3.20	304.29	3.23	985.05	9.96
>150	5.04	0.08	114.66	1.21	135.54	1.44	1496.43	15.13
	Rusle1990p1		**Rusle90cvk**		**Rusle90cvkp1**			
Erozyon	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%		
0-2	3948.03	39.92	4134.96	41.81	3934.26	39.80		
2-25	1024.47	10.36	1410.48	14.26	980.55	9.92		
25-50	853.92	8.63	799.65	8.09	717.21	7.26		
50-80	790.20	7.99	683.10	6.91	705.87	7.14		
80-150	1117.80	11.30	993.42	10.04	1147.68	11.61		
>150	2151	21.75	1863.81	18.84	2399.85	24.28		

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu (Rusle1990) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4095.81 hektardır(%41.412). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1485.99 hektardır(%15.024), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1040.49 hektardır(%10.520), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 781.65

hektardır(%7.903), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 985.05 hektardır(%9.960) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 1496.43 hektardır(%15.130).

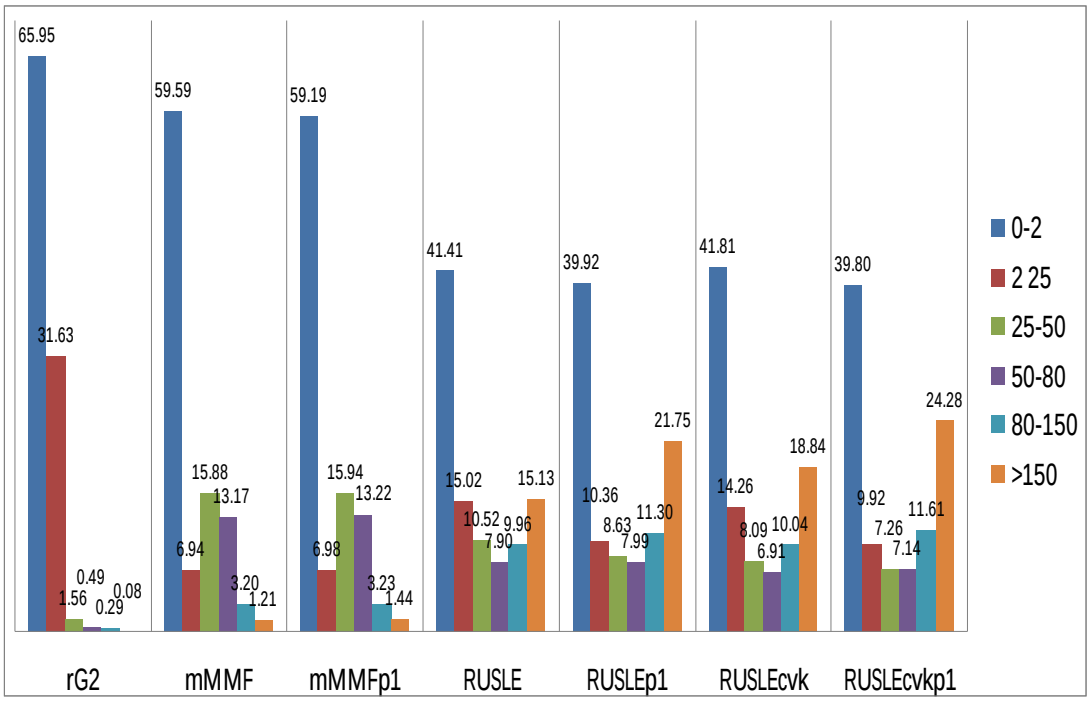
1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu (Rusle1990p1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3948.03 hektardır(%39.918). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1024.47 hektardır(%10.358), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 853.92 hektardır(%8.634), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 790.20 hektardır(%7.990), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1117.80 hektardır(%11.302) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 2151 hektardır(%21.749).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu (Rusle90cvk) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4134.96 hektardır(%41.808). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1410.48 hektardır(%14.261), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 799.65 hektardır(%8.085), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 683.10 hektardır(%6.907), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 993.42 hektardır(%10.044) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 1863.81 hektardır(%18.845).

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu (Rusle90cvkp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3934.26 hektardır(%39.799). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 980.55 hektardır(%9.919), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 717.21 hektardır(%7.255), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 705.87 hektardır(%7.141), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1147.68 hektardır(%11.610) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan

2399.85 hektardır(%24.277).

1 Numaralı çalışma alanı 1990 yılı erozyon modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisini yüzde olarak gösteren grafik şekil 4.62.'de verilmiştir.



Şekil 4.62. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%)

4.4.1.2.(2). 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları

Çizelge 4.37. incelendiğinde; 1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için G2 modeli(rG2) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4709.43 hektardır(%73.400). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1593.09 hektardır(%24.830), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 72.54 hektardır(%1.131), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 22.68 hektardır(%0.353), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 12.06 hektardır(%0.188) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 6.30 hektardır(%0.098).

Çizelge 4.37. 2010 yılı 1 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi.

	rG2		**mMMF**		**mMMFp1**		**Rusle2010**	
Erozyon (t/ha)	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
0-2	4709.43	73.40	6060.87	64.94	6039.27	64.69	4019.98	40.94
2 25	1593.09	24.83	293.85	3.15	314.91	3.37	1501.74	15.29
25-50	72.54	1.13	1022.40	10.95	1022.94	10.96	1060.29	10.80
50-80	22.68	0.35	1113.57	11.93	1113.57	11.93	765.81	7.80
80-150	12.06	0.19	797.67	8.55	797.67	8.54	919.08	9.36
>150	6.30	0.10	44.91	0.48	47.88	0.51	1553.22	15.82
	Rusle2010p1		**Rusle10cvk**		**Rusle10cvkp1**			
Erozyon	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%		
0-2	3886.02	39.53	4159.26	42.36	3934.26	40.25		
2 25	863.91	8.79	1857.87	18.92	980.55	10.45		
25-50	709.92	7.22	896.67	9.13	717.21	8.06		
50-80	722.34	7.35	667.89	6.80	705.87	8.16		
80-150	1052.55	10.71	852.84	8.68	1147.68	12.02		
>150	2595.96	26.41	1385.46	14.11	2399.85	21.06		

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 6060.87 hektardır(%64.938). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 293.85 hektardır(%3.148), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1022.40 hektardır(%10.954), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1113.57 hektardır(11.931), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 797.67 hektardır(%8.547) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 44.91 hektardır(%0.481).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli P=1 durumu(mMMFp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 6039.27 hektardır(%64.686). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 314.91hektardır(%3.373), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1022.94

hektardır(%10.957), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1113.57 hektardır(%11.927), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 797.67 hektardır(%8.544) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 47.88 hektardır(%0.513).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu(Rusle 2010) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4019.85 hektardır(%40.935). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1501.74 hektardır(%15.293), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1060.29 hektardır(%10.797), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 765.81 hektardır(%7.798), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 919.08 hektardır(%9.359) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 1553.22 hektardır(%15.817).

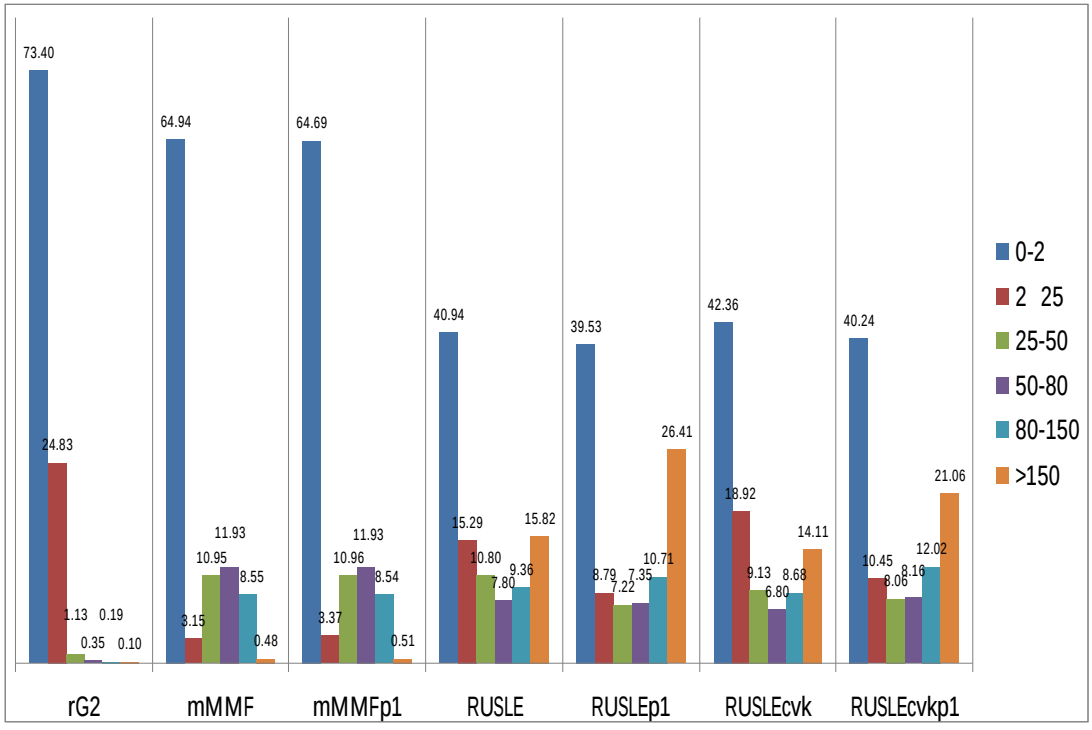
1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(Rusle 2010p1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3886.02 hektardır(%39.529). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 863.91 hektardır(%8.788), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 709.92 hektardır(%7.221), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 722.34 hektardır(%7.348), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1052.55 hektardır(%10.707) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 2595.96 hektardır(%26.407).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(Rusle10cvk) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 4159.26 hektardır(%42.355). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 1857.87 hektardır(%18.919), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 896.67 hektardır(%9.131), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 667.89 hektardır(%6.801), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 852.84 hektardır(%8.685) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan

1385.46 hektardır(%14.109).

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu(Rusle10cvkp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3934.26 hektardır(%40.245). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 980.55 hektardır(%10.448), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 717.21 hektardır(%8.064), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 705.87 hektardır(%8.161), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1147.68 hektardır(%12.023) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 2399.85 hektardır(%21.060).

1 Numaralı çalışma alanı 2010 yılı erozyon modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisini yüzde olarak gösteren grafik şekil 4.63.'de verilmiştir.



Şekil 4.63. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%)

4.4.1.2.(3). 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Bulguları

Çizelge 4.38. incelendiğinde; 2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için G2 modeli(2rG2) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 2175.03 hektardır(%43.046). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 2723.85 hektardır(%53.908), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 71.28 hektardır(%1.411), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 28.98 hektardır(%0.574), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 24.03 hektardır(%0.476) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 29.61 hektardır(%0.586).

Çizelge 4.38. 1990 yılı 2 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi.

	2rG2		**2mMMF**		**2mMMFp1**		**2Rusle1990**	
Erozyon (t/ha)	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
0-2	2175.03	43.05	7504.47	80.29	3854.43	47.11	8532.36	87.32
2-25	2723.85	53.91	199.71	2.14	754.11	9.22	54.81	0.56
25-50	71.28	1.41	614.79	6.58	1984.68	24.26	81.63	0.84
50-80	28.98	0.57	572.31	6.12	1025.55	12.53	98.10	1.00
80-150	24.03	0.48	155.79	1.67	244.35	2.99	234.45	2.40
>150	29.61	0.59	299.43	3.20	318.96	3.90	677.97	6.94
	2Rusle1990p1		**2Rusle90cvk**		**2Rusle90cvkp1**			
Erozyon	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%		
0-2	1113.21	11.39	7734.24	79.16	1112.04	11.49		
2-25	423.81	4.34	47.16	0.48	313.65	3.24		
25-50	583.29	5.97	87.57	0.90	507.42	5.24		
50-80	624.87	6.40	113.76	1.16	598.05	6.18		
80-150	1353.24	13.85	244.80	2.51	1287	13.30		
>150	5580.90	57.12	1451.79	14.86	5861.16	60.55		

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli(2mMMF) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan

7504.47 hektardır(%80.291). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 199.71 hektardır(%2.137), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 614.79 hektardır(%6.578), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 572.31 hektardır(%6.123), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 155.79 hektardır(%1.667) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 299.43 hektardır(%3.204).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için mMMF modeli P=1 durumu(2mMMFp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3854.43 hektardır(%47.108). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 754.11 hektardır(%9.217), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1984.68 hektardır(%24.256), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1025.55 hektardır(%12.534), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 244.35 hektardır(%2.986) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 318.96 hektardır(%3.896).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu(2Rusle1990) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 8532.36 hektardır(%87.322). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 54.81 hektardır(%0.561), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 81.63 hektardır(%0.835), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 98.10 hektardır(%1.004), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 234.45 hektardır(%2.399) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 677.97 hektardır(%6.939).

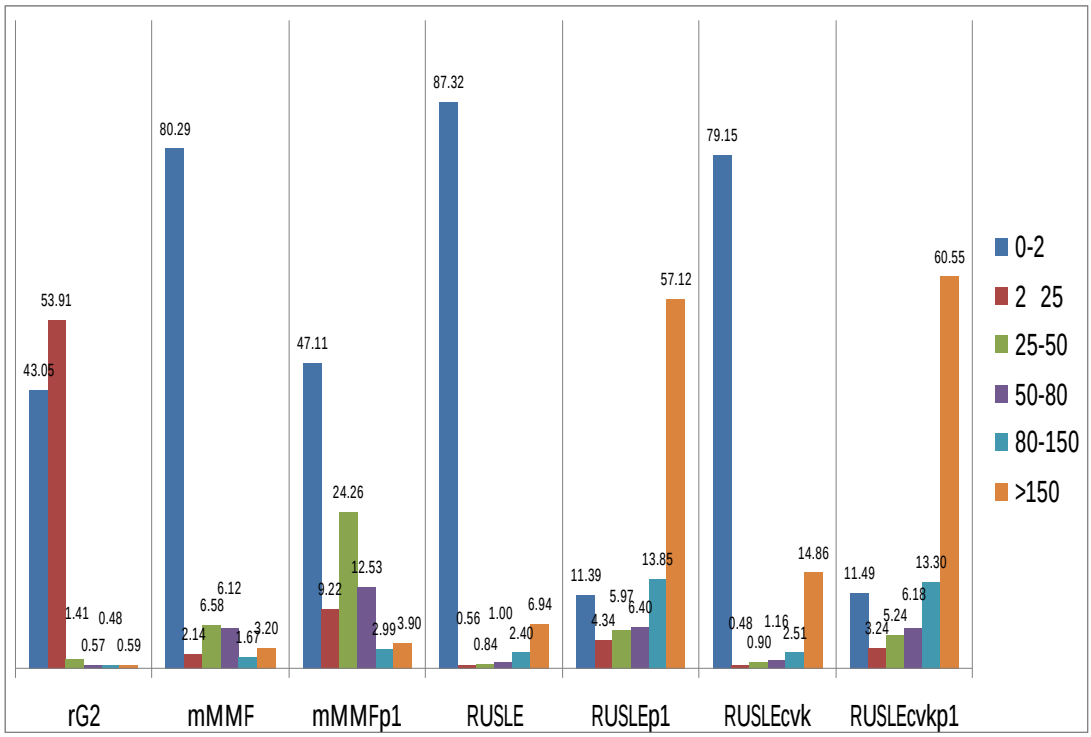
2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 durumu(2Rusle1990p1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 1113.21 hektardır(%11.393). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 423.81 hektardır(%4.337), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 583.29 hektardır(%5.970), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 624.87 hektardır(%6.395), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan

alan 1353.24 hektardır(%13.849) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 5580.90 hektardır(%57.116).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(2Rusle90cvk) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 7734.24 hektardır(%79.154). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 47.16 hektardır(%0.483), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 87.57 hektardır(%0.896), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 113.76 hektardır(%1.164), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 244.80 hektardır(%2.505) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 1451.79 hektardır(%14.858).

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu(2Rusle90cvkp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 1112.04 hektardır(%11.489). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 313.65 hektardır(%3.240), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 507.42 hektardır(%5.242), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 598.05 hektardır(%6.179), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1287 hektardır(%13.296) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 5861.16 hektardır(%24.277).

2 Numaralı çalışma alanı 1990 yılı erozyon modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisini yüzde olarak gösteren grafik şekil 4.64.'de verilmiştir.



Şekil 4.64. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%)

4.4.1.2.(4). 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Bulguları

Çizelge 4.39. incelendiğinde; 2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için G2 modeli(2rG2) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 2505.60 hektardır(%49.589). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 2392.92 hektardır(%47.358), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 73.71 hektardır(%1.459), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 28.17 hektardır(%0.558), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 23.31 hektardır(%0.461) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 29.07 hektardır(%0.575).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli(2mMMF) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 8633.16 hektardır(%90.880). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 40.68

hektardır(%0.428), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 144.36 hektardır(%1.520), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 281.70 hektardır(2.965), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 288.72 hektardır(%3.039) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 110.88 hektardır(%1.167).

Çizelge 4.39. 2010 yılı 2 no'lu çalışma alanı erozyon modelleri, erozyon sınıfları ilişkisi.

	2rG2		**2mMMF**		**2mMMFp1**		**2Rusle2010**	
Erozyon (t/ha)	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
0-2	2505.60	49.59	8633.16	90.88	3853.17	47.07	7734.33	79.15
2-25	2392.92	47.36	40.68	0.43	511.74	6.25	67.41	0.69
25-50	73.71	1.46	144.36	1.52	1501.65	18.34	123.21	1.26
50-80	28.17	0.56	281.70	2.97	1313.55	16.05	130.77	1.34
80-150	23.31	0.46	288.72	3.04	678.06	8.28	302.40	3.09
>150	29.07	0.58	110.88	1.17	328.05	4.01	1321.20	13.52
	2Rusle2010p1		**2Rusle10cvk**		**2Rusle10cvkp1**			
Erozyon	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%		
0-2	1112.13	11.49	8534.16	88.18	1118.88	11.56		
2-25	338.85	3.50	61.47	0.64	479.52	4.96		
25-50	522.54	5.40	72.45	0.75	633.69	6.55		
50-80	565.56	5.84	87.93	0.91	734.58	7.59		
80-150	1193.94	12.33	170.01	1.76	1520.01	15.70		
>150	5946.30	61.43	753.30	7.78	5192.64	53.64		

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için mMMF modeli P=1 durumu(2mMMFp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 3853.17 hektardır(%47.069). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 511.74 hektardır(%6.251), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 1501.65 hektardır(%18.344), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1313.55 hektardır(%16.046), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 678.06 hektardır(%8.283) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 328.05 hektardır(%4.007).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli C = e^{NDVI} durumu(2Rusle2010) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 7734.33 hektardır(%79.155). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 67.41 hektardır(%0.690), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 123.21 hektardır(%1.261), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 130.77 hektardır(%1.338), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 302.40hektardır(%3.094) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 1321.20 hektardır(%13.521).

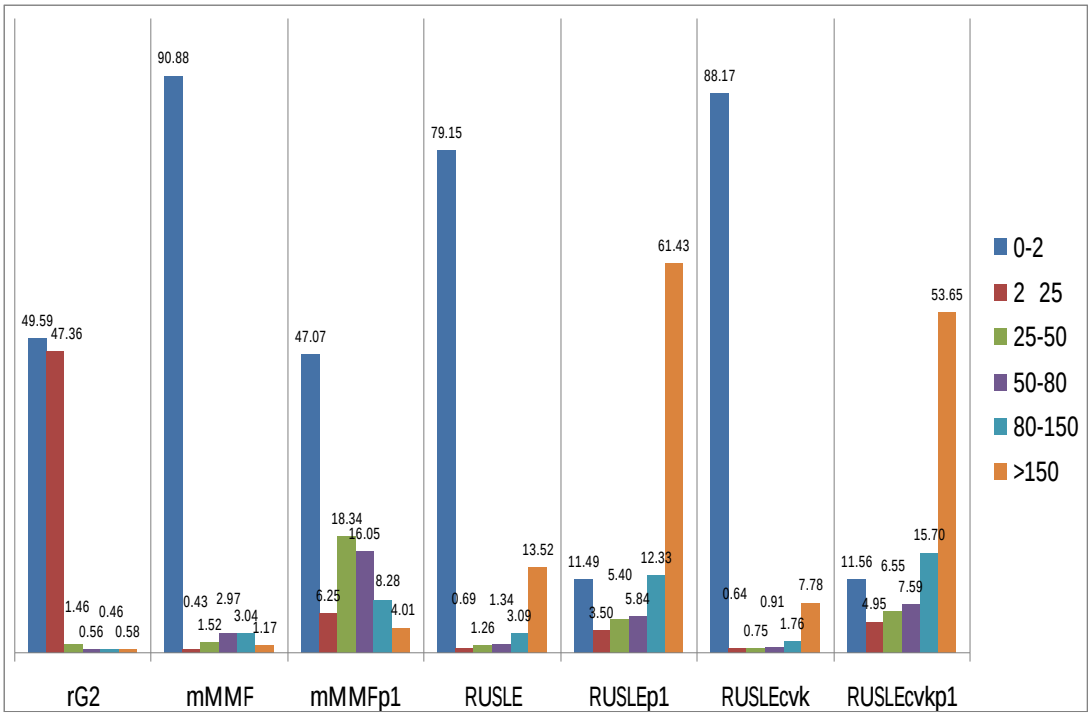
2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli C = e^{NDVI} durumu ve P=1 durumu(2Rusle2010p1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 1112.13 hektardır(%11.490). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 338.85 hektardır(%3.501), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 522.54 hektardır(%5.399), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 565.56 hektardır(%5.843), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1193.94 hektardır(%12.334) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 5946.30 hektardır(%61.433).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü durumu(2Rusle10cvk) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 8534.16 hektardır(%88.169). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 61.47 hektardır(%0.635), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 72.45 hektardır(%0.749), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 87.93 hektardır(%0.908), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 170.01 hektardır(%1.756) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 755.30 hektardır(%7.783).

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 durumu(2Rusle10cvkp1) ile oluşturulan erozyon haritasında, erozyon değerleri erozyon sınıflarına göre

incelendiğinde; çalışma alanının 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan 1118.88 hektardır(%11.559). 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan 479.52 hektardır(%4.954), 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan 633.69 hektardır(%6.547), 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 734.58 hektardır(%7.589), 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan 1520.01 hektardır(%15.704) ve 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan 5192.64 hektardır(%53.647).

2 Numaralı çalışma alanı 2010 yılı erozyon modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisini yüzde olarak gösteren grafik şekil 4.65.'de verilmiştir.



Şekil 4.65. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 Yılı Erozyon Modelleri-Erozyon Sınıfları İlişkisi (%)

Yukarıda verilen bilgiler ışığında; 1 numaralı çalışma alanı için revize G2 modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde orman arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0.46 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0.94 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 3.41 t / ha / yıl iken 2010 yılında 3.26 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990

yılında 0.19 t / ha / yıl iken 2010 yılında 2.16 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 5.64 t / ha / yıl iken 2010 yılında 4.33 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 4.52 t / ha / yıl iken 2010 yılında 1.98 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 8.83 t / ha / yıl iken 2010 yılında 134.76 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir.

2 numaralı çalışma alanı için revize G2 modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde orman arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0.74 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0.45 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 5.42 t / ha / yıl iken 2010 yılında 6.05 t / ha / yıl olarak artma göstermiştir. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0.68 t / ha / yıl iken 2010 yılında 3.47 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 14.23 t / ha / yıl iken 2010 yılında 12.68 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 6.57 t / ha / yıl iken 2010 yılında 5.05 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 228.79 t / ha / yıl iken 2010 yılında 216.80 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir.

Revize G2 modeli ile elde edilen ortalama erozyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı çalışma alanı için, 2010 yılındaki orman, tarım1, su yüzeyi arazi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre artmıştır. 2010 yılındaki maki, tarım2, çıplak arazi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre azalmıştır.

Revize G2 modeli ile elde edilen ortalama erozyon değerleri incelendiğinde 2 numaralı çalışma alanı için, 2010 yılındaki maki, tarım1 arazi sınıfının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre artmıştır. 2010 yılındaki orman, tarım2, çıplak arazi arazi, su yüzeyi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre azalmıştır.

Revize G2 modeli ile elde edilen ortalama erozyon değerleri incelendiğinde bu değerlerin diğer erozyon modelleri ile elde edilen ortalama erozyon değerlerinden daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin, no data olan (programın erozyon

datası atamadığı) piksel sayısının diğer erozyon modellerinin no data olan piksel sayılarına göre çok daha fazla olması düşünülmektedir.

mMMF modelinin TC değeri hesaplanırken kullanılan C değeri hesaplanırken, RUSLE erozyon modeli için oluşturulan C ve P faktörleri çarpılmaktadır. P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri alınarak, RUSLE C faktörü ile çarpılmış ve her 2 çalışma alanına için 1990 ve 2010 yılı için 2'şer adet toplam 8 adet mMMF modeli (mMMF- mMMFP1) erozyon haritası oluşturulmuştur. Bunun yapılma nedeni, P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli erozyon haritalarında arazi kullanımının etkilerini gözlemektir. Aynı yıl ve çalışma alanına ait her iki durum karşılaştırılmış ve P faktörünün mMMF modeli üzerine etkisi araştırılmıştır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri ve P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri arazi kullanımına incelendiğinde, orman, maki, tarım1, tarım2, çıplak arazi arazi sınıfları ortalama değerlerinde kayda değer bir fark yoktur. Sadece Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli 0 olarak hesaplamaktadır, P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli ise su yüzeyine erozyon değeri atamaktadır.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri ve P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri arazi kullanımına incelendiğinde, orman, maki, tarım1, tarım2, çıplak arazi arazi sınıfları ortalama değerlerinde kayda değer bir fark yoktur. Sadece Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli 0 olarak hesaplamaktadır, P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli ise su yüzeyine erozyon değeri atamaktadır.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli

verileri ve P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri arazi kullanımına incelendiğinde, orman arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 0.15 t / ha / yıl ve 14.83 t / ha / yıldır. Maki arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 14.69 t / ha / yıl ve 14.44 t / ha / yıldır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 0 t / ha / yıl ve 23.54 t / ha / yıldır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 6.76 t / ha / yıl ve 13.62 t / ha / yıldır. Çıplak arazi arazi sınıfı arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 138.31 t / ha / yıl ve 198.99 t / ha / yıldır. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 14.48 t / ha / yıl ve 1417.69 t / ha / yıldır. P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verilerinin, Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli verilerine göre daha büyük olduğu görülmüştür.

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri ve P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verileri arazi kullanımına incelendiğinde, orman arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 0 t / ha / yıl ve 20.03 t / ha / yıldır. Maki arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 5.94 t / ha / yıl ve 65.14 t / ha / yıldır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 0.04 t / ha / yıl ve 25.23 t / ha / yıldır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 7.04 t / ha / yıl ve 45.94 t / ha / yıldır. Çıplak arazi arazi sınıfı arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 95.90 t / ha / yıl ve 130.97 t / ha / yıldır. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değeri sırasıyla 0 t / ha / yıl ve 1315.15 t / ha / yıldır.

P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli verilerinin, Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli verilerine göre daha büyük olduğu görülmüştür. Bu nedenle mevcut arazi durumu düşünüldüğünde P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli diğer P durumuna göre bazı piksellere daha fazla erozyon değeri atamıştır. Ayrıca, su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini, Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modeli 0 olarak hesaplamaktadır ki bu da P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeline göre daha doğru sonuç vermektedir. Bu nedenle, arazi kullanımı değerleriyle oluşturulacak P faktörü değerleri ile elde edilen mMMF

modeli erozyon haritası değerleri, P faktörü 1 alınarak oluşturulan mMMF modeli erozyon haritası değerlerinden daha hassas olduğu söylenebilir. Bundan sonraki karşılaştırmalarda her iki çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı için yılı Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan mMMF modelleri kullanılacaktır.

1 numaralı çalışma alanı için mMMF modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde orman arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 14.44 t / ha / yıl iken 2010 yılında 20.05 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 13.89 t / ha / yıl iken 2010 yılında 18.99 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 10.92 t / ha / yıl iken 2010 yılında 20.58 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 11.88 t / ha / yıl iken 2010 yılında 15.46 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 102.56 t / ha / yıl iken 2010 yılında 216.17 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılı ve 2010 yılı için 0'dır.

2 numaralı çalışma alanı için mMMF modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde orman arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0.16 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 14.69 t / ha / yıl iken 2010 yılında 5.94 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0.04 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 6.76 t / ha / yıl iken 2010 yılında 7.04 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 138.31 t / ha / yıl iken 2010 yılında 95.90 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 14.48 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0 t / ha / yıl olarak azalma göstermiştir.

mMMF modeli ile elde edilen ortalama erozyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı çalışma alanı için, 2010 yılındaki orman, maki, tarım1, tarım2, çıplak arazi arazi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre artmıştır. Su yüzeyi

için erozyon 0'dır.

mMMF modeli ile elde edilen ortalama erozyon değerleri incelendiğinde 2 numaralı çalışma alanı için, 2010 yılındaki tarım1, tarım2 arazi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre artmıştır. 2010 yılındaki orman, maki, çıplak arazi arazi, su yüzeyi sınıflarının ortalama erozyon değerleri 1990 yılına göre azalmıştır.

mMMF modeline göre, 1 numaralı çalışma alanında bulunan tüm arazi sınıfları 20 yıllık süre içinde artan erozyondan etkilenirken, 1 numaralı çalışma alanında bulunan tarım1 ve tarım2 arazi sınıfları 20 yıllık süre içinde artan erozyondan etkilenmektedir.

RUSLE modelinin C faktörü hesaplanırken, farklı yayınlarda farklı denklemlerin olduğu görülmektedir. Bu denklemlerin en önemlilerinden biri olan Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü RUSLE genel denkleminde kullanılarak, 1 ve 2. çalışma alanları 1990 ve 2010 yılına ait erozyon haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu erozyon haritalarında P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri alınarak 2 farklı şekilde oluşturulup genel denklemde kullanılmış ve her 2 çalışma alanına için 1990 ve 2010 yılı için 2'şer adet toplam 8 adet erozyon haritası oluşturulmuştur. Bunun yapılma nedeni, P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörlü erozyon haritalarında arazi kullanımının etkilerini gözlemektir. Aynı yıl ve çalışma alanına ait her iki durum karşılaştırılmış ve P faktörünün RUSLE modeli, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörlü erozyon haritalarındaki etkisi araştırılmıştır.

RUSLE modelinin C faktörü hesaplanırken, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne alternatif olarak $C = e^{NDVI}$ eşitliği, RUSLE genel denkleminde kullanılarak, 1 ve 2. çalışma alanları 1990 ve 2010 yılına ait erozyon haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu erozyon haritalarında P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri alınarak 2 farklı şekilde oluşturulup genel denklemde kullanılmış ve her 2 çalışma alanına için 1990 ve 2010 yılı için 2'şer adet toplam 8 adet erozyon haritası

oluşturulmuştur. Bunun yapılma nedeni, $C = e^{NDVI}$ eşitliğinin Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne alternatif olup olamayacağını araştırmaktır. Ayrıca, P faktörü hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli, $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan erozyon haritalarında arazi kullanımının etkilerini gözlenmek istenmiştir. Aynı yıl ve çalışma alanına ait her iki durum karşılaştırılmış ve P faktörünün RUSLE modeli, $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile elde edilen erozyon haritalarındaki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca her iki farklı C faktörlü erozyon haritaları incelenmiş ve $C = e^{NDVI}$ eşitliğinin Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne alternatif olup olamayacağı araştırılmıştır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 32.48 t / ha / yıl'dır. Aynı koşul için, $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 ile oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 64.95 t / ha / yıl'dır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 6.14 t / ha / yıl'dır. Bu değer 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için diğer erozyon modelleri ile oluşturulan erozyon haritaları ile tutarlılık göstermektedir. Aynı koşul için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve =1 ile oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 12.28 t / ha / yıl'dır. Bu değer de 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için diğer erozyon modelleri ile oluşturulan erozyon haritaları ile tutarlılık göstermektedir. O nedenle aynı çalışma alanı için, su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerler de incelenmiş, Prasannakumar ve

ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modelinin su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini 0 olarak hesapladığı görülmüştür. Bu nedenle Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli, P faktörü 1 alınarak oluşturulan RUSLE modeline göre daha doğru sonuç vermektedir denilebilir.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için RUSLE modeli $C = e^{NDVI}$ durumu ile Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 62.94 t / ha / yıl'dır. Aynı koşul için, $C = e^{NDVI}$ durumu ve P=1 ile oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 125.88 t / ha / yıl'dır.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 43.24 t / ha / yıl'dır. Bu değer 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için diğer erozyon modelleri ile oluşturulan erozyon haritaları tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerine en yakın değerdir. Aynı koşul için Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve P=1 ile oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde; tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri 86.97 t / ha / yıl'dır. Ayrıca aynı çalışma alanı için, su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerler de incelenmiş, Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modelinin su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini 0 olarak hesapladığı görülmüştür. Bu nedenle Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli, P faktörü 1 alınarak oluşturulan RUSLE modeline göre daha doğru sonuç vermektedir denilebilir.

Aynı koşullar 2 numaralı çalışma alanı 1990 ve 2010 yılları için incelenmiş ve Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritasında, ortalama erozyon değerlerinin diğer erozyon modellerin ortalama erozyon değerlerine en yakın ortalama erozyon değerleri elde edildiği görülmüştür. Bu nedenle Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon haritası, bundan sonraki karşılaştırmalarda her iki çalışma alanı 1990 ve 2010 yılı için kullanılacaktır.

1 numaralı çalışma alanı için RUSLE modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 6.14 t / ha / yıl iken 2010 yılında 43.24 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılı ve 2010 yılı için 0'dır.

2 numaralı çalışma alanı için RUSLE modeli ile elde edilen 1990 yılı ve 2010 yılı verileri arazi kullanım yönünden incelendiğinde tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılında 0 t / ha / yıl iken 2010 yılında 0.38 t / ha / yıl olarak artış göstermiştir. Su yüzeyi arazi sınıfı ortalama erozyon değerleri 1990 yılı için 127.46 t / ha / yıl iken 2010 yılı için 0'dır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı G2, mMMF ve RUSLE modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisi incelendiğinde; 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %65.948, mMMF modelinde %59.595 ve RUSLE modelinde %41.808'dir. 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %31.634, mMMF modelinde %6.944 ve RUSLE modelinde %14.261'dir. 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %1.556, mMMF modelinde %15.878 ve RUSLE modelinde %8.085'dir. 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.491, mMMF modelinde %13.167 ve RUSLE modelinde %6.907'dir. 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan alan G2 modelinde %0.292, mMMF modelinde %3.204 ve RUSLE modelinde %10.044'dir. 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.078, mMMF modelinde

%1.211 ve RUSLE modelinde %18.845'dir.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı G2, mMMF ve RUSLE modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisi incelendiğinde; 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %73.400, mMMF modelinde %64.938 ve RUSLE modelinde %42.355'dir. 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %24.830, mMMF modelinde %3.148 ve RUSLE modelinde %18.919'dir. 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %1.131, mMMF modelinde %10.954 ve RUSLE modelinde %9.131'dir. 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.353, mMMF modelinde %11.931 ve RUSLE modelinde %6.801'dir. 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan alan G2 modelinde %0.188, mMMF modelinde %8.547 ve RUSLE modelinde %8.685'dir. 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.098, mMMF modelinde %0.481 ve RUSLE modelinde %14.109'dir.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı G2, mMMF ve RUSLE modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisi incelendiğinde; 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %43.046, mMMF modelinde %80.292 ve RUSLE modelinde %79.154'dir. 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %53.908, mMMF modelinde %2.137 ve RUSLE modelinde %0.483'dir. 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %1.411, mMMF modelinde %6.578 ve RUSLE modelinde %0.896'dir. 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.574, mMMF modelinde %6.123 ve RUSLE modelinde %1.164'dir. 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan alan G2 modelinde %0.476, mMMF modelinde %1.667 ve RUSLE modelinde %2.505'dir. 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.586, mMMF modelinde %3.204 ve RUSLE modelinde %14.858'dir.

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı G2, mMMF ve RUSLE modellerinin erozyon sınıfları ile ilişkisi incelendiğinde; 0-2 (kısmi erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %49.589, mMMF modelinde %90.880 ve RUSLE modelinde %88.169'dir. 2-25 (çok az erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %47.358, mMMF modelinde %0.428 ve RUSLE modelinde %0.635'dir. 25-50 (orta erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %1.459, mMMF modelinde %1.520 ve

RUSLE modelinde %0.74'dir. 50-80 (şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.558, mMMF modelinde %2.965 ve RUSLE modelinde %0.908'dir. 80-150 (çok şiddetli erozyon) aralığında bulunan alan alan G2 modelinde %0.461, mMMF modelinde %3.039 ve RUSLE modelinde %1.756'dir. 150 den büyük (yıkıcı erozyon) aralığında bulunan alan G2 modelinde %0.575, mMMF modelinde %1.167 ve RUSLE modelinde %7.783'dir.

Çalışmada yapılan modellemede, RUSLE modeli K faktörü hesaplanırken, Monchareonm (1982) tarafından tavsiye edilen toprak tekstürü baz alınarak oluşturulmuş K değer üçgeni kullanılırken, revize G2 modelinde ise diğer farklı bir S (K) faktörü hesaplama yolu olan, (Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) denklemi ile G2 modeli S (K) faktörü hesaplanmıştır. Revize G2 modelinde S (K) faktörü hesaplama metodu (Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) denklemi USLE tabanlı bir denklemdir ve literatürde K faktörü hesabı için kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada diğer RUSLE varyasyonları ile karşılaştırılıp, çalışma alanı için en uygun olduğu düşünülen Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli K faktörü yerine, revize G2 modeli için oluşturulan S (K) faktörü konarak çalışma alanları 1990 ve 2010 yılları erozyon haritaları oluşturulmuş ve USLE tabanlı 2 farklı K faktörü hesaplama yönteminin modeller üzerinde etkisi görülmek istenmiştir. RUSLE modeli K faktörü hesaplanırken, Monchareonm (1982) tarafından tavsiye edilen K değer üçgeni sadece toprak tekstürü kullanarak K faktörünü hesaplamaktadır. G2 modeli S (K) faktörü hesaplanırken kullanılan formülde ise toprak tekstürü yanı sıra, organik madde yüzdesi ve permeabilite sınıfı bulunmaktadır. RUSLE modellemesi K faktöründe bulunan organik madde ve permeabilite sınıfının, modellemeye etkisi araştırılmıştır. Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) denklemi ile G2 modeli S (K) faktörü çalışma alanları örnekleme noktalarının yalnızca 3 tanesinin değeri, aynı noktalar için Monchareonm (1982) K değer üçgeni ile oluşturulan K faktör değerlerinden büyük hesaplanmıştır. Diğer 52 noktanın Wischmeier and Smith (1978), Renard ve ark. (1997) S (K) faktörü denklemi ile hesaplanan değerleri, Monchareonm (1982) K değer üçgeni ile

oluşturulan K faktör değerlerinden küçüktür. Bu nedenle çalışma alanları için S (K) faktörü ile RUSLE modeli ile oluşturulan toprak kayıpları haritaları maksimum erozyon değerleri, K faktörü ile oluşturulan, RUSLE modeli toprak kayıpları haritalarından daha küçüktür.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı RUSLE K faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 3072.98 t / ha / yıl iken G2 S (K) faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 1177.06 t / ha / yıl'dır. 1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı RUSLE K faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 2551.35 t / ha / yıl iken G2 S (K) faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 1146.34 t / ha / yıl'dır.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı RUSLE K faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 2248.46 t / ha / yıl iken G2 S (K) faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 974.41 t / ha / yıl'dır. 2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı RUSLE K faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 1960.66 t / ha / yıl iken G2 S (K) faktörü ile hesaplanmış toprak kayıpları ile oluşturulan erozyon haritası değerleri minimum 0 ve maksimum 853.88 t / ha / yıl'dır.

Ayrıca G2 modelinde kullanılan S (K) faktörü ve RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritaları, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre karşılaştırılmıştır.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 2.87 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 6.14 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri her iki durumda da 0 t / ha / yıl'dır.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl iken RUSLE

modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 4.53 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 9.69 t / ha / yıl'dır.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için orman arazi sınıfı erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 3.67 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 7.69 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değeri değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 52.697 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 102.02 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 20.45 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 43.24 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 43.56 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 83.37 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 66.21 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 131.06 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri her iki durumda da 0 t / ha / yıl'dır.

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için orman arazi sınıfı erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.01 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.02 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı erozyon değeri değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 6.38 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 15.32 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.16 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.38 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 8.82 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 96.57 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 80.40 t / ha / yıl iken RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 191.51 t /

ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı erozyon değerleri her iki durumda da 0 t / ha / yıl'dır.

Yukarıda verilen veriler incelendiğinde S (K) faktörü ile elde edilen değerler, RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen değerlerinde yarı yarıya daha küçüktür ve aynı çalışma alanları için revize G2 ve mMMF modeli ile elde edilen verilere daha yakındır. S (K) faktörü ile oluşturulan RUSLE Modeli arazi sınıfı, ortalama erozyon değerleri, revize G2 ve mMMF modelinin arazi sınıfı ortalama erozyon değeri değerleri ile karşılaştırıldığında bu sonuç çok net görülebilmektedir.

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 2.87 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 0.19 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 10.92 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 8.83 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0 t / ha / yıl'dır.

2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 0.74 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 4.53 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 228.79 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 14.48 t / ha / yıl'dır.

1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için orman arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 3.67 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 0.94 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 20.05 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 50.69 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 3.26 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 18.99 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 20.39 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 2.16 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 20.57 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 43.56 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 4.33 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 15.46 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında

66.21 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 1.98 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 135.50 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 134.76 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0 t / ha / yıl'dır.

2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için orman arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.01 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 0.45t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0 t / ha / yıl'dır. Maki arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 6.38 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 6.05 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 5.94 t / ha / yıl'dır. Tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0.16 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 3.47 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0.04 t / ha / yıl'dır. Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 8.82 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 12.66 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 7.04 t / ha / yıl'dır. Çıplak arazi arazi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 80.40 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 5.05 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 95.90 t / ha / yıl'dır. Su yüzeyi sınıfı ortalama erozyon değeri S (K) faktörü ile elde edilen erozyon haritasında 0 t / ha / yıl iken revize G2 modelinde 216.80 t / ha / yıl ve mMMF modelinde 0 t / ha / yıl'dır.

Tarım2 arazi sınıfı ortalama erozyon değerlerinin tarım1 arazi sınıfı ortalama erozyon değerlerinden büyük çıkması nedeni, ekilen ürünlerin, Tarım1 arazi sınıfı kadar gelişmemiş olmasındandır. RUSLE ve mMMF modelleri çıplak arazilere olması gerektiği gibi büyük erozyon değerleri atarken revize G2 modeli çıplak araziler için küçük değerler atamaktadır. RUSLE ve mMMF modelleri su yüzeyine genellikle 0 değeri atarken, revize G2 modeli su yüzeyi için büyük değerler atamaktadır.

4.5. Erozyon Modellemeleri- Arazi Kullanımı İlişkisi

Erozyon Modellemeleri- Arazi Kullanımı İlişkisi incelendiğinde, 1 numaralı çalışma alanı için 1990 yılında bozuk orman/maki olarak tanımlanan bölgeler 2010 yılı uydu görüntülerinde orman olarak görülmüştür. Bunun nedeni 1990 yılındaki yeni ağaçlandırma alanlarının, bozuk orman olarak tanımlanmasıdır. Aynı durum 2 numaralı çalışma alanı için de geçerlidir.

1 numaralı çalışma alanı için 1990 yılında tarım arazileri 155.43 hektar(% 1.55) iken 2010 yılında 1521 hektara (%15) çıkmıştır. Aynı durum 2 numaralı çalışma alanı için de geçerlidir. Tüm bunlar doğrudan ya da dolaylı olarak bölgedeki erozyonu etkilemektedir.

1 numaralı çalışma alanı için 1990 yılı verileri değerlendirdiğinde orman alanlarında kaybedilen toprak, tarım alanlarında kaybedilen toprak miktarından daha azdır. Bu durum tüm erozyon modelleri, tüm yıllar ve her iki çalışma alanı için geçerlidir.

Çalışmada kullanılan 3 Erozyon Modellemesinin, arazi kullanımı ilişkisi belirlenmiş(çizelge 4.40., çizelge 4.41., çizelge 4.42., çizelge 4.43) ve aşağıda yorumlanmıştır.

Tüm erozyon modelleri incelendiğinde en fazla toprak kaybının tarım2 olarak adlandırılan arazi sınıfı ve çıplak arazi olarak adlandırılan arazi sınıfında görülmüştür.

2 çalışma alanı karşılaştırıldığında; 1 numaralı çalışma alanında 1990 yılındaki orman alanları 1109.34 hektar (%11.11) iken revize G2 erozyon modeli ile elde edilen toprak kaybı 0.46 t / ha / yıldır. Aynı yılda çıplak arazi 1636.56 hektar (%16.38) iken revize G2 erozyon modeli ile elde edilen toprak kaybı 4.44 t / ha / yıldır.

Çizelge 4.40. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	1109.34	11.11	0.46	14.44	-
Orman2	2	5478.84	54.85	3.38	13.89	-
Tarım1	3	155.43	1.56	0.19	10.92	2.93
Tarım2	4	1545.75	15.48	5.49	11.88	-
Çıplak Arazi	5	1636.56	16.38	4.44	102.56	-
Su yüzeyi	6	62.37	0.62	8.74	0.00	0.00
Toplam		9998	100			

Çizelge 4.41. 1 Numaralı Çalışma Alanı 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	1783.89	17.86	0.93	20.05	3.71
Orman2	2	4485.60	44.91	3.22	18.99	49.97
Tarım1	3	1521	15.23	2.15	20.58	20.45
Tarım2	4	1656.81	16.59	4.19	15.46	42.47
Çıplak Arazi	5	530.28	5.31	1.96	135.50	65.04
Su yüzeyi	6	10.71	0.11	137.13	0.00	0.00
Toplam		9977.58	100			

Çizelge 4.42. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

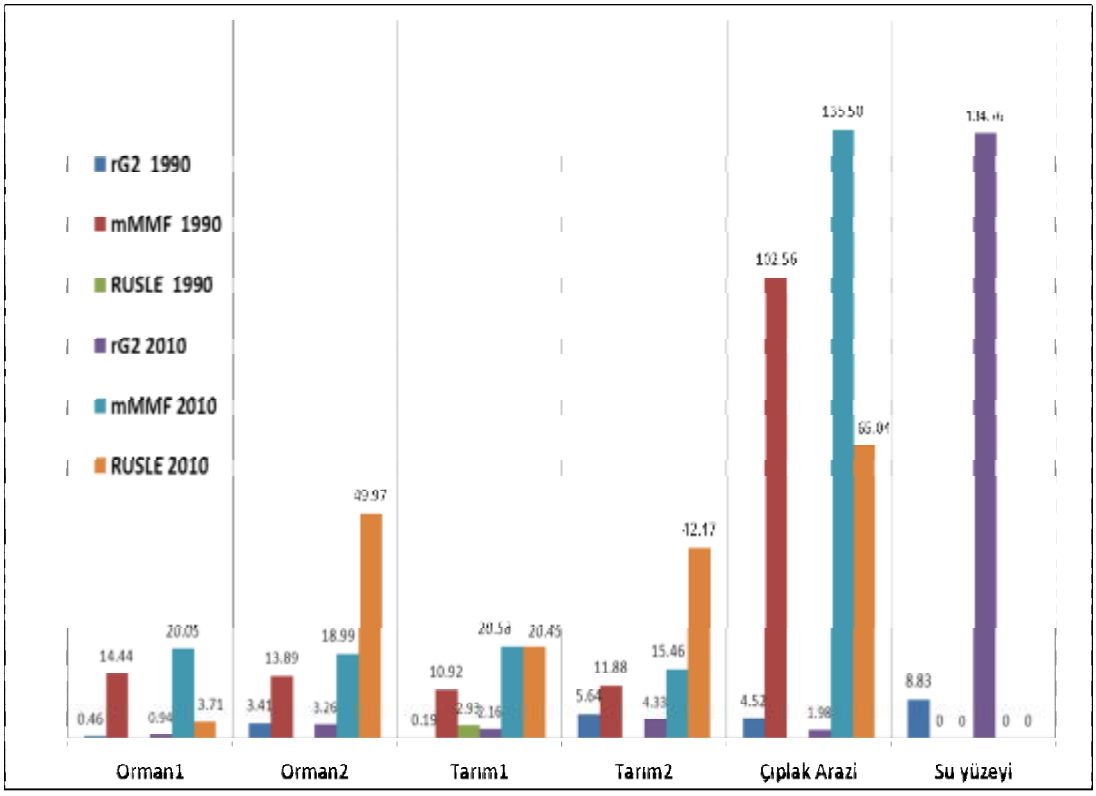
				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	432	4.32	0.71	0.16	-
Orman2	2	6504.66	65.07	5.45	14.69	-
Tarım1	3	7.65	0.08	0.69	0.00	0.00
Tarım2	4	799.47	7.99	15.079	6.76	-
Çıplak Arazi	5	2226.15	22.27	6.63	138.31	-
Su yüzeyi	6	26.55	0.27	185.87	14.48	4.88
Toplam		9969.93	100			

Çizelge 4.43. 2 Numaralı Çalışma Alanı 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

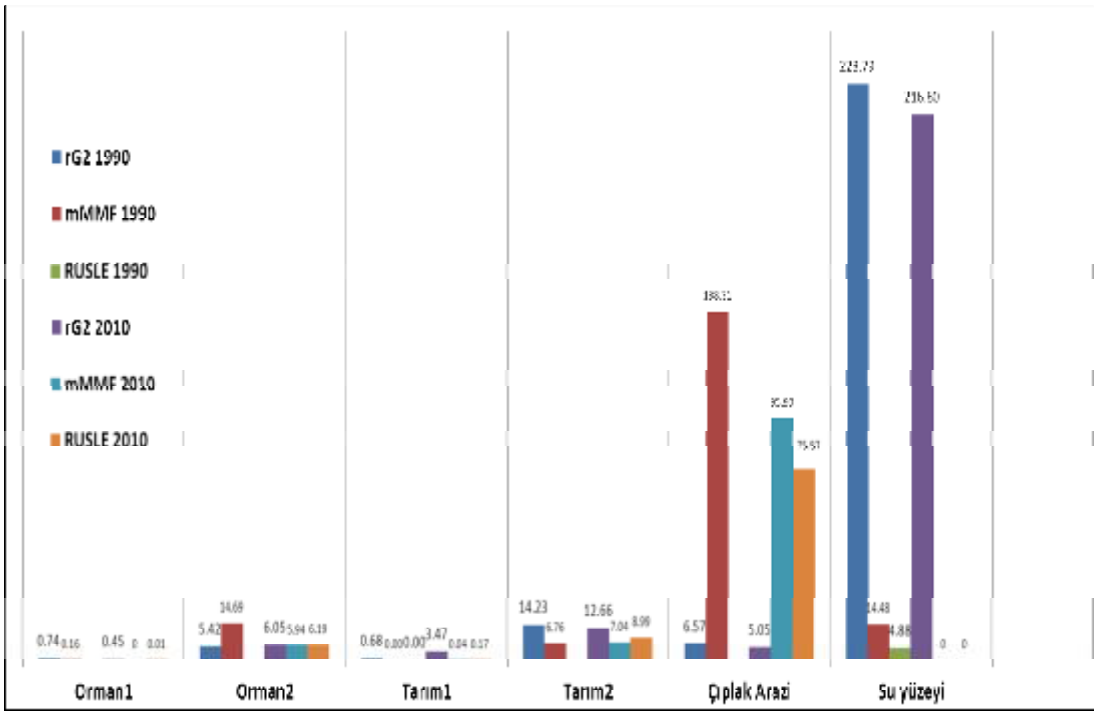
				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	1101.96	11.02	0.34	0.00	0.01
Orman2	2	4861.08	48.63	4.37	5.94	6.191
Tarım1	3	925.56	9.26	2.52	0.043	0.171
Tarım2	4	1769.13	17.70	9.78	7.04	8.99
Çıplak Arazi	5	1323.45	13.24	3.62	95.90	75.87
Su yüzeyi	6	15.30	0.15	137.62	0.00	0.00
Toplam		9981.18	100			

1 numaralı çalışma alanı 1990 ve 2010 yılları arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisini gösteren grafik şekil 4.66.'da verilmiştir.

2 numaralı çalışma alanı 1990 ve2010 yılları arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisini gösteren grafik ise şekil 4.67.'de verilmiştir.



Şekil 4.66. 1 Numaralı Çalışma Alanı 1990 ve 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisi



Şekil 4.67. 2 Numaralı Çalışma Alanı 1990 ve 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon modelleri ilişkisi

4.6. Erozyon Modellemeleri- Arazi Kontrolleri

Çalışma alanları için; rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile hazırlanan 2010 yılı erozyon haritaları, şimdiki erozyon durumu haritaları olarak düşünülmüştür. Şimdiki erozyon durumu haritalarının arazi kontrolleri sonucu çalışma alanlarında sınırların ve sınıfların doğruluğu değerlendirilmiştir.

Kullanılan üç modelde, şimdiki erozyon durumunun belirlenmesinde arazi kullanım türünün ve bitki yoğunluğunun kullanımı ve bu özelliklerin güncel bilgileri taşıyan uydu verilerinden sağlanması elde edilen haritaların doğruluğunu artırmıştır. Her üç model genel olarak erozyon sınıflarını belirlemekte başarılıdır. Yapılan arazi çalışmaları ile rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile hazırlanan şimdiki erozyon durum haritalarının doğruluğu kontrol edilmiş ve bu üç modelden çalışma alanlarına en çok uyanı belirlenmiştir.

Seçilen 1 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Kuyucu Köyü Mevkisindedir (Şekil 4.68.). Bu şekilde arka planda yer alan dik ve çok dik alanlar ve ön planda ise düz- düze yakın tarım arazileri bulunmaktadır. Arka planda yer alan dik ve çok dik alanlarda arazi kullanım türü tarım, bozuk orman ve zeytinliktir. Arka planda yer alan dik ve çok dik alanların üstünde ise arazi kullanım türü orman ve bozuk ormandır. RG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda yer alan dik alanlarda erozyon bilgisi vermemektir, ön plandaki düz- düze yakın tarım arazilerini ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) olarak tanımlamaktadır. mMMF modeli arka planda yer alan dik alanları 25-50 t/ha (orta erozyon), ön plandaki düz- düze yakın tarım arazilerini ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) olarak tanımlamaktadır. mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile aynıdır.



Şekil 4.68. 1 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli arka planda yer alan dik alanları, az eğimde 25-50 t/ha (orta erozyon), orta eğimde 50-80 t/ha(şiddetli erozyon) ve çok eğimde 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) olarak tanımlanmaktadır. Ön plandaki düz- düze yakın tarım arazilerini ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) olarak tanımlamaktadır. RUSLE modelinin değişik durumları ile oluşturulan tüm haritalarda bu durum yaklaşık olarak aynıdır. 1 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde doğruya en yakın sonucu RUSLE modelinin verdiği görülmekte, diğer iki modelden ise RUSLE modeli sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmektedir.

Seçilen 2 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Kuyucu Köyü- Çakallı Köyü arasında bulunmaktadır (Şekil 4.69.). Bu şekilde arka planda yer alan eğimli alanlar ve ön planda ise 2- 6 eğimli tarım arazileri bulunmaktadır. Arka planda yer alan az eğimli alanlarda arazi kullanım türü ormandır.



Şekil 4.69. 2 Numaralı Kontrol Noktası

2 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir, ön plandaki düz- düze yakın tarım arazilerini ise 2-25 t/ha (çok az erozyon) olarak tanımlamaktadır. mMMF modeli arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir, ön plandaki düz- düze yakın tarım arazilerini ise büyük ekseriyetle 0-2 t/ha (kısmi erozyon) olarak tanımlamaktadır. mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile aynıdır.

RUSLE modeli arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir, diğer iki modelden farklı olarak ormanın önünde bulunan çok eğimli 3 noktada 162 t/ha, 159 t/ha ve 188 t/ha değeri vererek, bu 3 noktayı büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlamaktadır. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan

erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumunda ise büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlanan alanlar arttığı gözlemlenmektedir. 2 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde doğruya en yakın sonucu RUSLE modelinin Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan erozyon haritalarının verdiği görülmekte, rG2 modeli, mMMF modeli ve RUSLE P faktörü 1'e eşit durumu ile elde edilen erozyon haritalarında ise RUSLE modeli P değeri ile oluşturulan erozyon haritalarının sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmektedir.

Seçilen 3 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Karaisalı İlçesi kuzeyindedir (Şekil 4.70.). Bu şekilde ön planda yer alan dik ve çok dik çıplak alanlar ve bozuk orman bulunmaktadır. Arka planda ise az ve orta eğimli bozuk orman ve çıplak alanlar bulunmaktadır.



Şekil 4.70. 3 Numaralı Kontrol Noktası

3. Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir, ön plandaki yer alan dik ve çok dik çıplak alanlar ve bozuk orman kısmında bulunan yer yer düz kısımlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Dik ve çok dik kısımlarda rG2 modeli arka planda yer alan dik alanlarda ise erozyon bilgisi vermemektir. mMMF modeli

arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir, ön plandaki dik ve çok dik çıplak alanlar ve bozuk orman kısmında bulunan yer yer düz kısımlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Dik ve çok dik kısımlarda 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermekte tamamen çıplak kaya olan bir kısımda ise 703 t/ha büyük (yıkıcı erozyon) bilgisi vermektedir. mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile aynıdır.

RUSLE modeli arka planda yer alan orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir, diğer iki modelden farklı olarak ormanın önünde bulunan çok eğimli çıplak alanlar ve bozuk orman kısmında bulunan yer yer düz kısımların birazında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) bilgisi verse de diğer tüm dik ve çok dik kısımları büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlamaktadır. RUSLE modelinin değişik durumları ile oluşturulan tüm haritalarda bu durum tamamen aynıdır. 1 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde doğruya en yakın sonucu RUSLE modelinin verdiği görülmekte, diğer iki modelden ise RUSLE modeli sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmektedir.

Seçilen 4 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Başkıf Köyünün kuzeyindedir (Şekil 4.71.). Bu şekilde arka planda dik ve çok dik alanlar bulunmaktadır. Ön planda ise az ve orta eğimli tarım alanları bulunmaktadır.

4. Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda bulunan dik ve çok dik alanlarda yeterli erozyon bilgisi vermemektir.RG2 modeli ön planda yer alan tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli arka planda bulunan dik ve çok dik alanlarda 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile aynıdır.



Şekil 4.71. 4 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli arka planda yer alan dik ve çok dik alanlarda 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumunda ise büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlanan alanlar arttığı gözlemlenmektedir. 4 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde doğruya en yakın sonucu RUSLE modelinin Prasannakumar ve ark.(2011) P değeri ile oluşturulan erozyon haritalarının verdiği görülmekte, rG2 modeli, mMMF modeli ve RUSLE P faktörü 1'e eşit durumu ile elde edilen erozyon haritalarında ise RUSLE modeli P değeri ile oluşturulan erozyon haritalarının sonuçlarına çok yakın sonuçlar elde edilmektedir.

Seçilen 5 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Başkıf Köyünün batısında ve çalışma alanı doğu sınırına yakındır (Şekil 4.72.). Bu şekilde arka planda dik alanlarda orman, bozuk orman ve bu kısmın üzerinde ise düz ve düze yakın kısımda yoğun olmayan maki bulunmaktadır. Ön planda ise 2-6 ve 6-12 derece

eğimli tarım alanları bulunmaktadır.



Şekil 4.72. 5 Numaralı Kontrol Noktası

5. Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda bulunan dik alanlarda yeterli erozyon bilgisi vermemektir.RG2 modeli ön planda yer alan tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli arka planda bulunan dik alanlarda 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Bunun nedeninin arazi kullanım türü ve bitki yoğunluğunun etkisi olduğu açıkça görülmektedir Ön planda yer alan tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile aynıdır.

RUSLE modeli arka planda yer alan dik alanlarda 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile çok büyük ölçüde benzerdir. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumunda 25-50 t/ha (orta erozyon) olarak tanımlanan alanlar büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlanmaktadır. 5 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi

kontrolünde doğruya en yakın sonucu her üç modelde vermektedir. RUSLE P faktörü 1'e eşit durumu ile elde edilen erozyon haritalarında ise arka planda yer alan dik alanlarda erozyon fazla hesaplanmıştır.

Seçilen 6 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Başkıf Köyünün yakınındadır (Şekil 4.73.). Bu şekilde arka planda dik alanlarda orman, bu kısmın altında ön planda 6-12 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır.



Şekil 4.73. 6 Numaralı Kontrol Noktası

6 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda bulunan dik orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RG2 modeli ön planda yer alan tarım alanlarında ise yeterli erozyon bilgisi vermemektir. mMMF modeli arka planda bulunan dik orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bunun nedeninin arazi kullanım türü ve bitki yoğunluğunun etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile tamamen

aynıdır.

RUSLE modeli arka planda bulunan dik orman alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Ön planda yer alan tarım alanlarında ise 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) ve 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile çok büyük ölçüde benzerdir. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumunda tarım alanlarında sadece 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi gözlenmektedir. 6 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde orman alanlarında doğruya en yakın sonucu vermektedir. mMMF modeli ve RUSLE modeli tarım alanlarında yeterli sonucu vermiştir.

Seçilen 7 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Aşağıbelemedik Köyünün batısı ve Hasan Dağının kuzey kısmındadır (Şekil 4.74.). Bu şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlar, bu kısmın altında ön planda 2-6 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır.

7 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda bulunan dik bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda yeterli erozyon bilgisi vermemektir. RG2 modeli ön planda yer alan tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli arka planda bulunan dik bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda 50-80 t/ha (şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Arazi kullanım türü ve bitki yoğunluğu etkisi mMMF modeli değerlendirmesinde açıkça görülmektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 7 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile tamamen aynıdır.



Şekil 4.74. 7 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli arka planda yer alan dik bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. Ön planda yer alan tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan bitki yoğunluğu az çıplak alanlar ve tarım alanları için aynıdır fakat şekil 4.74. de gözükmeyen ve 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) olarak tanımlanan bir alanı 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlamaktadır. 7 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde doğruya en yakın sonucu her üç modelde vermektedir. RUSLE P faktörü 1'e eşit durumu ile elde edilen erozyon haritalarında ise şekilde gözükmeyen ve arka planda yer alan dik alanlarda erozyon fazla hesaplanmıştır.

Seçilen 8 numaralı kontrol noktası, 1 numaralı çalışma alanı içinde Kapıkaya Köyünün güneybatısında ve 1 numaralı çalışma alanının batı sınırına yakındır (Şekil 4.75.). Bu şekilde arka planda dik ormanlık yamaçlar, bu kısmın altında 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır. Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe bulunmaktadır.



Şekil 4.75. 8 Numaralı Kontrol Noktası

8 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RG2 modeli bu kısmın altında 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için sırasıyla 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. rG2 modeli Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe için erozyon bilgisi vermemektir. mMMF modeli arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli bu kısmın altında 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için sırasıyla 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 50-80 t/ha(şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe için ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 50-80 t/ha(şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 8 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile tamamen aynıdır.

RUSLE modeli arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) olarak tanımlamaktadır. RUSLE modeli bu kısmın altında 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için

sırasıyla 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe için ise 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile yaklaşık olarak aynıdır. RUSLE modelinin diğer değişik durumları ile oluşturulan tüm haritalarda da bu durum tamamen aynıdır. 8 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde tarım alanlarında doğruya en yakın sonucu vermektedir. mMMF modeli ve RUSLE modeli arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda yeterli sonucu vermiştir. Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe için ise mMMF modeli ve RUSLE modeli yeterli sayılabilecek sonuç vermiştir.

Seçilen 9 numaralı kontrol noktası, 2 numaralı çalışma alanı içinde Kozoluk Köyünün güneydoğusundadır (Şekil 4.76.). 9 numaralı kontrol noktası 5, 13, 14 numaralı toprak örnekleme noktalarının bulunduğu alanda yer almaktadır. Bu şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlar, bu kısmın altında bozuk ormanlar bulunmaktadır. Bozuk ormanların önünde 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır.

9 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda yeterli erozyon bilgisi vermemektir. Bu kısmın altında bozuk ormanlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bozuk ormanların önünde 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için ise sırasıyla 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda 80-150 t/ha (çok şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altında bozuk ormanlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bozuk ormanların önünde 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 9 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu için elde edilen veriler mMMF durumu ile tamamen aynıdır.



Şekil 4.76. 9 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altında bozuk ormanlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bozuk ormanların önünde 2-6 ve 6-12 derece eğimli tarım alanları için 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan tüm alanlarda büyük çoğunlukla 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri yanlıştır. 9 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde tarım alanlarında doğruya en yakın sonucu vermektedir. mMMF modeli ve RUSLE modeli arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az çıplak alanlarda yeterli sonucu vermiştir. Tarım alanlarının önünde maki bitki örtülü bir tepe için ise mMMF modeli ve RUSLE modeli yeterli sayılabilecek sonuç vermiştir. Bozuk ormanlar için ise mMMF modeli ve RUSLE modeli yeterli rG2 modeli ise yeterli sayılabilecek sonuç vermiştir. 9 numaralı

kontrol noktası için RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri ise yanlıştır.

Seçilen 10 numaralı kontrol noktası, 2 numaralı çalışma alanı içinde Çavuşlu Köyünün girişinde ve 30 numaralı toprak örnekleme noktasının bulunduğu alanda yer almaktadır (Şekil 4.77.). Bu şekilde arka planda dik ormanlık yamaçlar, bu kısmın altında 6-12 ve 12-18 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman bulunmaktadır.

10 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli şekilde arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki eğimli tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman için ise sırasıyla 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli şekilde arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki eğimli tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman için ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 10 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu şekilde arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki eğimli tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman için ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir.



Şekil 4.77. 10 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli şekilde arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki eğimli tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman için ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan tüm alanlarda büyük çoğunlukla 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri yanlıştır. 10 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde tarım alanlarında yeterli sonucu vermektedir. mMMF modeli ve RUSLE modeli arka planda bulunan dik ormanlık yamaçlarda yeterli sonucu vermiştir. Tarım alanlarının önünde düze yakın eğimde orman için ise her üç modelde yeterli sayılabilecek sonuç vermiştir. 10 numaralı Kontrol noktası için

RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri ise yanlıştır. 10 numaralı Kontrol noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu ile elde edilen erozyon bilgileri kullanılabilecek yeterliliktedir.

Seçilen 11 numaralı kontrol noktası, 2 numaralı çalışma alanı içinde Koçmarlı Köyünün doğusunda ve 19, 35, 36 numaralı toprak örnekleme noktalarının bulunduğu alanda yer almaktadır(Şekil 4.78.). Bu şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki, bu kısmın altında 2-6 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır.



Şekil 4.78. 11 Numaralı Kontrol Noktası

11 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki için alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 11 Numaralı

Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 25-50 t/ha (orta erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir.

RUSLE modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan tüm alanlarda büyük çoğunlukla 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektedir. RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri arazi ile uyuşmamaktadır. 11 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde tarım alanlarında ve arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki için alanlarında yeterli sonucu vermiştir.

Seçilen 12 numaralı kontrol noktası, 2 numaralı çalışma alanı içinde Yanıkkışla Köyünün kuzeydoğusunda ve 37 numaralı toprak örnekleme noktasının yakınındaki alanda yer almaktadır (Şekil 4.79.). Bu şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki, bu kısmın altında 2-6 derece eğimli tarım alanları bulunmaktadır.

12 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. mMMF modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 12 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 150

t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir.



Şekil 4.79. 12 Numaralı Kontrol Noktası

RUSLE modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu erozyon bilgileri, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile oluşturulan erozyon haritası ile aynıdır. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan tüm alanlarda büyük çoğunlukla 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri arazi ile uyuşmamaktadır. 12 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde RUSLE modeli arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki

yoğunluğu az maki alanlarında iyi sonuç vermiştir. Tarım alanlarında ise her üç modelde iyi sonuç vermiştir.

Seçilen 13 numaralı kontrol noktası, 2 numaralı çalışma alanı içinde Çavuşlu Köyünün güneyinde yer almaktadır (Şekil 4.80.). Bu şekilde arka planda dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki, bu kısmın altında 2-6 derece eğimli teras tarım alanı bulunmaktadır. Tarım alanının altında ise çok dik, bitki yoğunluğu çok olan az çıplak alanlar bulunmaktadır.



Şekil 4.80. 13 Numaralı Kontrol Noktası

13 Numaralı Kontrol Noktası için rG2, mMMF ve RUSLE modelleri ile oluşturulan şimdiki erozyon durum haritaları incelendiğinde rG2 modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanının altında ise çok dik, bitki yoğunluğu çok olan az çıplak alanlar için 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir.

mMMF modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanının altında ise çok dik, bitki yoğunluğu çok olan az çıplak alanlar için 25-50 t/ha (orta erozyon) ve 50-80 t/ha(şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. 13 Numaralı Kontrol Noktası için mMMF modeli mMMFp1 durumu şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında ise 0-2 t/ha (kısmi erozyon) ve 2-25 t/ha (çok az erozyon) erozyon bilgisi vermektir. . Tarım alanının altında ise çok dik, bitki yoğunluğu çok olan az çıplak alanlar için 50-80 t/ha(şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir.

RUSLE modeli şekilde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında 0-2 t/ha (kısmi erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Bu kısmın altındaki tarım alanlarında 50-80 t/ha (şiddetli erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Tarım alanının altında ise çok dik, bitki yoğunluğu çok olan az çıplak alanlar için 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. Her iki farklı C durumu ve P faktörü 1'e eşit durumundaki erozyon bilgileri kontrol noktasında bulunan tüm alanlarda büyük çoğunlukla 150 t/ha'dan büyük (yıkıcı erozyon) erozyon bilgisi vermektir. RUSLE modeli P faktörü 1'e eşit durumunda elde edilen erozyon bilgileri arazi ile uyuşmamaktadır. 13 Numaralı Kontrol Noktasında yapılan arazi kontrolünde her üç modelde arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu az maki alanlarında iyi sonuç vermiştir. Arka planda bulunan dik ve çok dik, bitki yoğunluğu orta maki için alanlarında yeterli sonucu vermiştir. Tarım alanının altındaki çıplak alanlarda RUSLE modeli iyi sonuç vermiştir.

Yapılan arazi kontrolleri sonucu çalışmada kullanılan erozyon modelleri hakkında aşağıdaki tespitlere varılmıştır:

Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon risk haritalarının bilhassa 80-150 t/ha ve 150 t/ha'dan büyük erozyon değerlerini daha detaylı tanımladığı görülmüştür.

mMMF modeli seçilen noktalarda aynı arazi kullanımının farklı kısımlarında

daha detaylı erozyon tanımlamış ve o arazi kullanımına ait daha detaylı bilgi vermiştir.

RUSLE modeli giriş verilerinin azlığı ve ölçeği nedeniyle rG2 ve mMMF modeline göre daha genel bir erozyon haritası elde edilmesini sağlamıştır. Bu durum çalışma alanları için nokta bazında erozyon tahmininde dezavantaj oluştururken arazi sınıfı bazında erozyon tahmininde avantaj sağlamıştır.

rG2 modeli orijinal modeldeki gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılamaması nedeniyle çalışma alanındaki şiddetli, çok şiddetli ve yıkıcı erozyonu tanımlayamamış, 0-2 t/ha ve 2-25 t/ha erozyonu çok iyi bir biçimde tanımlamıştır

mMMF modeli oluşturulurken kullanılan iki farklı P faktörü (P=1 durumu ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktörü) ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle mMMF modeli oluşturulurken daha kolay olması nedeni ile kullanılan P=1 durumu, rahatlıkla bu model için kullanılabilir.

RUSLE modeli oluşturulurken 2 farklı C faktörü kullanılmıştı(Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve $C = e^{NDVI}$ durumu). İki farklı C faktörü ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. $C = e^{NDVI}$ durumu RUSLE modeli oluşturulurken, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne bir alternatif olabilir.

Çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu çalışma alanına en uygun sonuç veren modelin RUSLE modeli olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni çalışmada seçilen 30 metre çözünürlük ve 1/25000 ölçek olup verilerinde bu ölçeklerde olmasıdır.

Çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu RUSLE modelinin 1/25000 ve daha küçük ölçeklerde araziye daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. mMMF modeli ise 1/25000'den daha büyük ölçekli çalışmalarda daha iyi sonuç verebileceği tespit edilmiştir. G2 modeli ise 1/5000 ve daha büyük ölçekli çalışmalarda daha doğru sonuç verebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çakıt Havzasında Erozyon Riskinin farklı erozyon modelleri ile saptanması için yapılan bu doktora çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Çalışmada giriş verisi olarak 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik harita, 1:25.000 ölçekli jeolojik harita, 1:100.000 ölçekli toprak haritası kullanılmıştır. İklim verileri meteoroloji istasyonlarından ölçülen değerlerin uzun yıllar ortalamalarından elde edilmiştir. Giriş verisi olarak kullanılan haritaların ölçeği ve detayı çalışma sonunda oluşturulan sonuç haritalarının ölçeği ve detayını doğrudan etkilemiştir. Farklı ölçeğe sahip haritalar ve farklı detaya sahip noktasal verilerin aynı model içerisinde birbirleri ile ilişkilendirilmesinde metot olarak zorlayıcı olmuştur.
2. Her 3 erozyon modeli için kullanılmak üzere 2 çalışma alanına ait DEM'ler oluşturulmuştur. Ancak bu çalışmada amaçlanan detay ve üretilmesi planlanan sonuç haritasının ölçeğine bağlı olarak DEM oluşturmak için kullanılacak eşyükselti eğrilerinin iyi seçilmesi gerekmektedir. 1:25.000 ölçekli sonuç haritası oluşturmak için 10 m'den geçen eşyükselti eğrilerini kullanmak yeterli olmaktadır. Bu nedenle DEM oluşturulurken 10 m'den geçen eşyükselti eğrileri sayısallaştırılmıştır.
3. Çalışmada giriş verisi olarak kullanılan toprak haritasının ölçeğinin küçük olması ve toprak haritasında yer alan bilgilerin detayının yetersiz olması toprak kayıplarının hesaplanmasında bazı zorluklar oluşturacağı düşünülerek, giriş verisi olarak kullanılan toprak haritası yanı sıra seçilen alanlardan farklı eğim sınıflarına göre homojen – homojene yakın dağılımlı, 88 adet temsili örnekleme noktası belirlenmiştir. Yapılan birçok arazi çalışması ile örnekleme noktalarının kesin yerleri belirlenmiş ve belirlenen noktalardan örneklemeye gerek duyulan ve örnek alınabilen 56 adetinin toprak örneklemesi yapılmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin gerekli fiziksel-kimyasal analizleri yapılmıştır. RUSLE K

faktörü için alınan toprak örneklerinin tekstür analizi yapılmıştır. Yapılan tekstür analizi, revize G2 – S faktörü ve mMMF – K, COH, MS, BD değeri için de kullanılmıştır. Ayrıca revize G2 – S faktörü ve mMMF - K değeri hesabında kullanılmak üzere alınan toprak örneklerine Organik Madde analizi de yapılmıştır. Toprak strüktürü, derinliği, kireç miktarı gibi özellikler arazide toprak örneklemesi noktalarında saptanmıştır. Toprak haritasının yanı sıra araziden elde edilen toprak özellikleri sayesinde, tez çalışmasında istenilen planlanan detayda sonuçlar elde edilmiş, hedeflenen ölçekte sonuç haritaları üretilmiştir.

Toprak haritalarının erozyonun belirlenmesi dışında tarımsal yönetimde temel unsur olması ve ülkemiz toprakları için hazırlanmış olan bu haritaların yeterli ölçek ve detaya sahip olmaması nedeniyle acil olarak detaylı temel toprak haritalarının hazırlanması gerekliliği bir kez daha ortaya konmuştur.

4. Çalışmada giriş verisi olarak tartışılması gereken en önemli özelliklerden birisi yağış verileridir. Çalışma alanında 1 yağış istasyonundan yıllık yağış yoğunluğu ve yağışlı gün sayısına ait bilgiler sağlanmıştır. Tek istasyon olduğu için RUSLE modeli R faktörü ve revize G2 modeli R faktörü oluşturmak için interpolasyon yapmaya gerek kalmamış ve tüm hücrelere aynı değer atanmıştır.

   Toprak kayıplarının belirlenmesinde kullanılan mMMF modelinin giriş verisi olan erozyon oluşturan yağış yoğunluğu (I) tüm yağış istasyonları için 30 mm/saat olarak kullanılmıştır. Yağış yoğunluğunun farklı yağış özelliklerine sahip alanlarda farklı olması gerekmektedir. Ancak istasyonların her biri için I değerlerinin belirlenmemiş olması bu çalışmada böyle bir varsayımı gerektirmiştir. Nitekim dünyada yapılan çeşitli çalışmalarda da bu yöntem uygulanmıştır (Jain ve ark., 2001).

5. Günümüzde birçok çalışma için uydu verileri ile arazi kullanımı ve bitki yoğunluğunun belirlenmesi alışılagelmiş uygulamalardandır. Arazi kullanım durumu ve bitki yoğunluğu kullanılan uydu verisinin çözünürlüğü, alınma zamanı ve kullanılan bantlara bağlı olarak başarı %

90'nın üzerinde olmaktadır (Dinç ve ark., 1994). Arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu her 3 erozyon modeli için erozyon haritası oluşturulmasında ve toprak kayıplarının tahmin edilmesinde en önemli kriterlerdir. Bu önemli kriterlerin uydu verilerinden sağlanması çalışmanın doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Her 3 erozyon modelinin oluşturulmasında, arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğunun kullanılması, uydu verilerinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmada çalışma alanına ait Temmuz 1984, Ağustos 1990, Ağustos 1999, Ağustos 2010 yılı Landsat 4-5 ve Landsat 7 ETM+ uydu verileri zamansal değişimin belirlenmesi, Ağustos 1990 ve Ağustos 2010 yılı Landsat 4-5 ve Landsat 7 ETM+ uydu verileri ise 3 farklı modelde erozyon modellemesi için kullanılmıştır. Landsat uydu verisinin çözünürlüğünün 30x30 m ($900m^2$) olması nedeniyle, Landsat uydu verisi kullanılarak hazırlanan arazi kullanım türleri ve bitki yoğunluğu haritaları 1:25.000 ölçekli detaya sahiptir. RUSLE modeli ve mMMF modelinde, Landsat uydu verileri modellemenin yapılabilmesi için yeterli iken revize G2 modelinde I faktörü oluşturmak için çözünürlüğü yüksek görüntü kullanılması gerekmektedir. Tez bütçesinin sınırlı olması nedeniyle, G2 modeli I faktörü Landsat uydu verileri ile oluşturulmuştur. Bu da revize G2 modelini tam elde etmede kısıtlayıcı bir faktör olmuştur.

6. Coğrafi Bilgi Sistemleri genellikle, bir alan, durum ya da olaylar hakkında verileri toplamaya, depolamaya, analiz etmeye, işlemeye, yaygınlaştırmaya ve sunmaya yarayan yazılım ve donanım sistemleri bütünü olarak tanımlanmaktadır (Lillesand ve Kiefer, 2000). Coğrafi bilgi sistemlerinde giriş verisinin kaynağını haritalar, fotoğraflar, uydu verileri, manyetik ölçümler, KKS ölçümleri ve diğer sayısal değerler oluşturmaktadır.

   Tez çalışması yukarıda verilen CBS'nin tanımını tamamen kapsamıştır. Her şeyden önce erozyon haritalaması amacıyla bir model çalışması CBS olmaksızın yapılması oldukça güçtür. Bu nedenle tez çalışmasında yapılan işlemler CBS ortamında yürütülmüştür. 3 modelin hesaplanması

gereken faktörleri CBS ortamında hesaplanmış ve erozyon haritaları da raster formatında CBS ortamında üretilmiştir. Birçok erozyon modelleme çalışmasında raster tabanlı sistemler kullanılmaktadır. Özellikle havzalar için yapılan ve uydu verileri ile bilgi sağlanan erozyon modelleme çalışmalarında raster/hücre tabanlı modeller tercih edilmekte, çalışmanın detayına bağlı olarak gridler oluşturulmakta ve bu gridler kullanılarak modelleme yapılmaktadır. CBS'nin kullanımı farklı modellerin karşılaştırılmasında zaman ve emek yönünden büyük kazanç sağlamaktadır.

7. Çalışmada arazi kullanım türleri ve bitki yoğunluğunun haritalanması amacıyla çalışma alanına ait 1984 yılı Temmuz, 1990, 1999 ve 2010 yılları Ağustos ayında alınmış Landsat 4-5 ve Landsat-7 ETM+ uydu verisi kullanılmıştır. Landsat uydusunun çözünürlüğünün 30x30 m olması ve ayırt edilebilen en küçük alanın yaklaşık 1 dekar (900 m^2) olması bu çalışma için yeterli görülmüştür. Aynca Landsat verisinin bir görüntüsünün 185x185 km^2 alanı kapsaması, çalışma alanı için gerekli verinin tek görüntü ile sağlanabilmesi bu uydunun seçilme nedenlerinden bir diğeridir. Verinin alındığı Ağustos ayı bölgede bitki örtüsünün en iyi ayırt edilebildiği zamanlardan biridir. 1984 yılı Ağustos ayına ait Landsat uydu verisi bulanamadığı için o aya en yakın sonuçları verecek Temmuz ayı görüntüsü 1984 yılı için kullanılmıştır. Ağustos ayı kuru tarım alanlarında hasadın bitirildiği, sulu tarım alanlarının halen yeşil olduğu dönemi kapsamaktadır. Uydu verisinin sınıflandırılmasında 3., 4. ve 5. bantlar seçilmiştir. Bu bantların seçilme nedeni uydu verisinin alınma döneminde arazi kullanım türlerinin en iyi ayırt edilebildiği bantlar olmasıdır. Nitekim Wu ve Price (1997) USLE modeli için gerekli bitki örtüsü faktörünün belirlenmesinde Landsat TM görüntülerinin 3., 4., 5. ve 7. bantlarının en uygun sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Çalışmada kullanılan erozyon modellerinde biri de RUSLE modeli olduğu için, uydu verisinin sınıflandırılmasında kullanılan 3., 4. ve 5. bantlar en uygun sayılabilecek bantlardır.

Çalışmada kontrolsüz/eğitimsiz (unsupervised) sınıflama yapılma yoluna gidilmemiş, kontrollü/eğitimli (supervised) sınıflama metodunun daha başarılı olacağı düşünülerek, kontrollü/eğitimli (unsupervised) sınıflama metodu kullanılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları yardımıyla, uygun bant ve uygun sınıf sayısı belirlenmiş ve kontrollü/eğitimli (supervised) sınıflama metodu kullanılarak işlenen görüntülerle, arazi kullanımı ve bitki yoğunluğu yeterli doğrulukla belirlenerek haritalanmıştır.

8. Erozyon modelleme çalışmaları, erozyon haritalarını hazırlamada geleneksel yöntemlere göre avantajlara sahiptir. Geleneksel metotlarda arazi çalışmaları ile potansiyel erozyon riskinin belirlenmesi, şimdiki erozyon durumunun bulunması ve haritalanması için 5 kişilik bir ekip günde ancak 0.5 km^2'lik alan tarayabilmektedir. Çalışma alanının toplamı yaklaşık 200 km^2'dir. Çalışma alanının geleneksel metotlara göre erozyon haritalarının hazırlanması için gerekli süre 5 kişilik bir ekiple en 400 iş günüdür. Bölgenin iklim koşulları ve alanın topoğrafik özellikleri nedeniyle, yılın yalnızca 6 ayı arazi çalışması için uygundur. Bu hesapla çalışma alanı için erozyon haritalarının hazırlanması amacıyla gerekli süre yaklaşık 2.5 yıl, 2-3 kişilik bir ekiple ise yaklaşık 5 yıl olmaktadır. Uzaktan algılama ve CBS kullanılarak, 2-3 kişilik bir ekiple ve bu model yardımıyla erozyon haritalarının oluşturulması, çalışma alanlarında kontrolü ve sonuç haritalarının üretimi için harcanan süre yalnızca 1- 1.5 yıl olacaktır.

   Erozyon modellemeleri kullanılarak erozyon haritalarının oluşturulması için harcanan para miktarı uzaktan algılama ve CBS için yapılan ilk yatırım harcamaları dışında 30 tl /km^2 (15 $) olmuştur. Bu harcanan para, geleneksel metotlarda arazi çalışmaları için harcanacak paraya göre çok makuldür.

   Ayrıca geleneksel yöntemle arazi çalışmalarında özellikle araç yolu olmayan ve dağlar arasında kapalı kalan alanların bitkisel özelliklerinin ve erozyon durumunun belirlenmesi ancak topoğrafik haritalarla ya da ulaşılamayan alanlara komşu olan araziler için belirlenen özelliklerin

yorumlanmasıyla yapılabilmektedir. Bu uygulama haritalamada doğruluğu etkileyen en büyük faktörlerdir. Uydu verileri ile ulaşılamayan araziler için bitkisel özelliklerin belirlenmesi ve tekrarlı verilerin kullanılarak haritaların güncellenmesi modelin en büyük avantajlarından olmaktadır.

Çalışma alanımızda da araç yolu olmayan ve dağlar arasında kapalı kalan alanlar bulunmaktadır, uydu verileri kullanımı bu nedenle yapılan çalışmada avantaj sağlamıştır.

9. Hesaplanan toprak kayıplarının arazi ölçümleriyle kontrolü bu tip çalışmalarda olduğu gibi tez çalışmasında da yapılmamıştır. Bunun en önemli nedenleri arasında bu araştırmanın bir metod, bir model çalışması olmasıdır. Tez çalışmasında uygulanan modellerin (RUSLE, mMMF ve revize G2) toprak kayıpları birbirleri ile karşılaştırılmış ve değerlendirme yapılmıştır.
10. Çalışmada yapılan modellemede RUSLE modeli K faktörü hesaplanırken, Monchareonm (1982) tarafından tavsiye edilen toprak tekstürü baz alınarak oluşturulmuş K değer üçgeni kullanılırken, revize G2 modelinde ise diğer farklı bir S (K) faktörü hesaplama yolu olan, (Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) denklemi ile G2 modeli S (K) faktörü hesaplanmıştır. Bunun nedeni 2 farklı K faktörü hesaplama yönteminin modeller üzerinde etkisini görmektir.
11. Çalışmada yapılan modellemede, RUSLE modeli P faktörü hesaplanırken, P faktörü 2 farklı şekilde hesaplanmıştır. Çalışma alanı kapsamında erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışma yoksa, bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve ark., 2007). Çalışma alanı için P hem 1 alınarak hem de Prasannakumar ve ark.(2011)'ın belirlediği P faktör değerleri alınarak 2 farklı şekilde oluşturulup genel denklemde kullanılmıştır. Bunun nedeni, 2 farklı P faktörü hesaplama yönteminin modeller üzerinde etkisini görmektir.

Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modelinin su yüzeyi arazi sınıfı ortalama değerini 0 olarak hesapladığı görülmüştür. Bu nedenle Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli, P faktörü 1 alınarak oluşturulan RUSLE modeline göre daha doğru sonuç vermektedir denilebilir.

12. RUSLE modeli genel formülünde yer bulan C faktörü, arazi örtüsü ve alan kullanımları faktörü özellikle tarımsal faaliyetlerin ve doğal bitki örtüsünün erozyon üzerine etkilerini dikkate almaktadır. C faktörünün hesaplanması bir dizi alt faktörün (toprak kaybı oranı, öncül alan kullanım değeri, örtülülük oranı, yüzey örtüsü ve yüzey pürüzlülüğü) her birinin farklı eşitlilik ile hesaplanıp birbiriyle çarpılmasıyla elde edilir. Fakat kullanılan eşitliklerdeki her bir alt faktörün hesaplanması için, elde edilmesi gereken değişkenlere ait verilerin tespit edilmesi gerekir. Bu durum özellikle yapılan çalışma gibi büyük ölçekteki bir çalışmada, büyük iş ve ekonomik güç gerektirmektedir. Bu durumdan kaçınmak için Normalize Edilmiş Vejatasyon İndeksi (NDVI) olarak bilinen ve yeryüzü bitki örtüsü yoğunluğunu gösteren bitki örtüsünün varlığını niceliksel olarak veren uzaktan algılama verisi baz alınarak C faktörü tahmin edilebilmektedir. Literatürde, yeryüzünde örtülülük gösteren bitki örtüsünün varlığını niceliksel olarak veren uzaktan algılama verisi baz alınarak C faktörü tahmin edilebilen birkaç denklem bulunmaktadır. Bu denklemlerden, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve ve bu denkleme alternatif olarak kullanılan $C = e^{NDVI}$ eşitliği, çalışma alanı RUSLE C faktörünü oluşturmak için kullanılmış ve $C = e^{NDVI}$ eşitliğinin Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne alternatif olup olamayacağı araştırılmıştır.

    Çalışma alanı , Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve bu denkleme alternatif olarak kullanılan C = e

^{NDVI} eşitliği ile oluşturulan aynı çalışma alanı ve yıla ait erozyon haritaları incelenmiş, arazi kullanımı erozyon ilişkisi olarak, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ve $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulan haritaların birbirine çok benzer olduğu saptanmıştır. Her iki durum için, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre incelendiğinde ise Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ile elde edilen erozyon haritalarının arazi kullanımı ortalama erozyon değerlerinin, diğer modellerin arazi kullanımı ortalama erozyon değerlerine daha yakın olduğu gözlenmiştir.

13. Başayiğit (2002), çalışmada kullanılan mMMF modelinde, model için gerekli parametrelerin belirlenmesinde yeni bir yaklaşımda bulunmuştur. Leaf drenaj indeksinin hesaplanmasında kullanılan bitki örtüsü faktörü (CC) NDVI'ye göre belirlenebileceğini tespit etmiş ve hesaplama NDVI'ye göre yapmıştır. Yapılan çalışmada, bitki örtüsü faktörü (CC) Başayiğit (2002)'e göre belirlenmiştir.

    Ayrıca, çalışmada kullanılan mMMF modeli parametrelerinden A, MS, BD, COH parametreleri Morgan,1984; 1991'den EHD, Et/Eo ve GC parametreleri ise Doç .Dr. Levent Başayiğit'in Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar adlı doktora tezinin araştırma bulgularından elde edilmiştir. PH parametresi ise Vigiak (2006)'dan hareketle, arazi çalışmaları sonucu elde edilmiştir.

    Yapılan çalışmada, mMMF modellemesi RUSLE ve revize G2 modellemesinden daha uzun sürmüştür. Bunun nedeni mMMF modeli giriş verilerinin diğer iki modelden daha çok oluşu ve bu giriş modellerini oluşturmada geçen süredir. Ayrıca mMMF modelinin su fazı ve sediment fazı olmak üzere iki fazdan oluşması ve parçalanan ve taşınan zerrelerin miktarlarının belirlenerek bu iki değerin birbirleri ile karşılaştırılması model oluşturmada geçen süreyi uzatmaktadır. Modeldeki formül sayısının çokluğu ise süreyi uzatan bir diğer etmen olarak düşünülebilir.

    mMMF modeline göre havzada yer alan arazilerin yıllık toprak kayıpları

1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-131.80 kg/m^2, 1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-302.12 kg/m^2, 2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-240.30 kg/m^2 ve 2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-210.61 kg/m^2 arasında değişmektedir. Bu rakamların doğruluğunu arazi ölçümleri ile kontrol etmek hemen hemen imkansızdır. Ancak dünyanın çeşitli bölgelerinde çalışma alanları için yapılan ölçümler, toprak kayıpları ve yüzey akış değerleri arasında ilişkiler incelenmiştir (Morgan, 2001).

Bu çalışmada belirlenen, toprak özellikleri ve arazi kullanım türü, hesaplanan yüzey akış değerleri ve tahmin edilen toprak kayıpları arasındaki ilişki verilen literatürlerle uyumlu bulunmuştur.

14. Yapılan çalışmada, revize G2 modelinden önce, erozyon modeli olarak G2 modeli düşünülmüş fakat G2 modelinin uygulamadaki zorluğu nedeniyle daha sonra revize G2 modelinin kullanılmasında karar kılınmıştır. G2 modelinin revize edilmiş hali olan revize G2 modeli, model faktörlerinin oluşturulmasının G2 modeline göre göreli olarak daha kolay olması nedeni ile yapılan çalışmada kullanılmıştır.Revize G2 modeli, G2 modelinin uygulama zorluğunu ortadan kaldırmış ve bu modeli bir proje için (Geoland2) üretilmiş olmaktan çıkararak daha evrensel bir hale gelmesini sağlamıştır. Revize G2 modeli yeni bir model olup bugüne kadar bu çalışmanın yanısıra pek az çalışmada kullanılmıştır. RUSLE bazlı bu modelin zamanla daha da geliştirilmesi bu modelin daha çok kullanılması ve RUSLE modeline bir alternatif olmasını sağlayabilir.

    Revize G2 modeli hem USLE modelinin hem de Gavrilovic modelinin ampirik arka planını kullanma avantajına ulaşmıştır. Bu modeldeki V faktörünü oluşturmada kullanılan LU değerleri CORINE arazi kullanım veri tabanı değerleridir ve Gavrilovic tablolarından alınmaktadır. Gavrilovic tablolarında bulunmayan değerler ise uzmanlarca yapılan arazi çalışmalarından elde edilebilir. Gavrilovic tablolarının RUSLE

modelindeki C faktörüne benzer olan V faktörünün oluşturulması için kullanılması erozyon modellemesinde bir yeniliktir.

Ayrıca revize G2 modeli, modelde bulunan I faktörünü kullanılacak uydu görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak elde etmektedir. Bu da erozyon modellemesinde bir yenilik olarak düşünülebilir.

Revize G2 modeline göre havzada yer alan arazilerin yıllık toprak kayıpları 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-425.66 t /ha, 1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-790.28 t / ha, 2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-7324.03 t / ha ve 2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-2202.13 t / ha arasında değişmektedir. Bu rakamların doğruluğunu arazi ölçümleri ile kontrol etmek hemen hemen imkansızdır.

Panagos ve Ark,(2013.) Girit'te revize G2 modeli yaptıkları çalışma incelenmiş, yapılan çalışmanın, çalışma alanımızla aynı iklim kuşağı, bitki örtüsü vb. ortak özelliklerinden dolayı, yayındaki verilen arazi kullanımına göre yıllık erozyon değerleri ile çalışmada elde edilen arazi kullanımına göre yıllık erozyon değerlerinin uyumlu olduğu görülmüştür.

15. Yapılan çalışmada kullanılan RUSLE modeli, erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir. Bu denklem USLE modelinin revize halidir. USLE denklemi, 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972'de de mera ve orman sahaları için kullanımları ilave edilmiştir. Literatürde USLE ve RUSLE ile ilgili birçok yayın vardır. Çalışmada RUSLE modelinin kullanılma nedeni hem modelin

literatürde çokluğu nedeniyle elde edilen sonuçların daha kolay karşılaştırılabilmesi hem de model için üretilen faktörlerin değişik varyasyonlarının çalışma alanına tatbik edilerek çalışma alanı için en uygun RUSLE Faktörlerinin belirlenmesidir.

Bilindiği üzere RUSLE modeli R, K, LS, C ve P faktörlerinin çarpımı şeklinde formule edilmiştir. RUSLE modeli eşitliğindeki faktörlerden K ve LS faktörleri kısa zaman aralılarında değişmeyen özellikler iken R, C

ve P faktörleri dinamik faktörlerdir. Bu nedenle çalışmada seçilen 2 çalışma alanı 1990-2010 yılları RUSLE erozyon modeli ile oluşturulan erozyon modellemesinde, 2 çalışma alanı 1990-2010 yılları için K ve LS faktörleri sabit kalırken, R, C ve P faktörleri her iki çalışma alanı için ve 1990 – 2010 yılları için de değişkendir. 11. ve 12. maddelerde anlatılan farklı C ve P faktörleri çalışma alanı için denenmiş ve çalışma alanına en uygun olan Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktörü, R, K ve LS faktörleri ile çarpılarak her iki test alanı 1990 ve 2010 yılları, yıllık toprak kayıpları hesaplanmıştır.

RUSLE modeline göre havzada yer alan arazilerin yıllık toprak kayıpları 1 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-3072.98 t /ha , 1 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-2551.35 t / ha, 2 numaralı çalışma alanı 1990 yılı için 0-2248.46 t / ha ve 2 numaralı çalışma alanı 2010 yılı için 0-1960.66 t / ha arasında değişmektedir. Bu rakamların doğruluğunu arazi ölçümleri ile kontrol etmek hemen hemen imkansızdır.

Yapılan literatür incelemesinde, literatürdeki arazi kullanımına göre yıllık erozyon değerleri ile çalışmada elde edilen arazi kullanımına göre yıllık erozyon değerlerinin yapılan çalışmada bulunan değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

16. Yukarıdaki 13., 14. ve 15. maddelerden görüldüğü üzere 3 modelin kullanılan parametre özelliklerinin farklılığı nedeniyle, her iki çalışma alanı 1990 ve 2010 yılları, yıllık toprak kayıpları birbirinden farklılık arz etmektedir. Bu nedenle kullanılan 3 model karşılaştırılırken, modellerin arazi kullanım sınıfı ve ortalama erozyon değerleri ilişkisi incelenmiştir.
17. Revize G2 modelinde S (K) faktörü hesaplama metodu (Wischmeier and Smith 1978, Renard ve ark. 1997) denklemi USLE tabanlı bir denklemdir ve literatürde K faktörü hesabı için kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada diğer RUSLE varyasyonları ile karşılaştırılıp, çalışma alanı için en uygun olduğu düşünülen Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörü ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın

arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli K faktörü yerine, revize G2 modeli için oluşturulan S (K) faktörü konarak çalışma alanları 1990 ve 2010 yılları erozyon haritaları oluşturulmuş ve USLE tabanlı 2 farklı K faktörü hesaplama yönteminin modeller üzerinde etkisi incelenmiştir.

Çalışma alanları için S (K) faktörü ile RUSLE modeli ile oluşturulan toprak kayıpları haritaları maksimum erozyon değerleri, K faktörü ile oluşturulan, RUSLE modeli toprak kayıpları haritalarından daha küçüktür.

Ayrıca revize G2 modelinde kullanılan S (K) faktörü ve RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen erozyon haritaları, ortalama erozyon değerleri arazi kullanımına göre karşılaştırılmış, S (K) faktörü ile elde edilen değerler, RUSLE modelinde kullanılan K faktörü ile elde edilen değerlerinden yarı yarıya daha küçük olduğu ve aynı çalışma alanları için revize G2 ve mMMF modeli ile elde edilen verilere daha yakın olduğu görtülmüştür.

18. Çalışma sırasında karşılaşılan temel sorunlar biri de verilerin elde edilmesi, farklı ölçek ve projeksiyon sistemindeki verilerin CBS ortamına alınarak veri tabanlarının oluşturulması ve bu verilerin bütünleştirilmesinde karşılaşılan sorunlardan oluşmaktadır. Özellikle resmi kurumlardan alınması gereken verilerin zamanında ve istenen kapsamda elde edilememesi, temel verilerin üretilmesinde ve analizinde ciddi zaman kayıplarına neden olmuştur.
19. Yapılan arazi kontrolleri sonucu Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon risk haritalarının bilhassa 80-150 t/ha ve 150 t/ha'dan büyük erozyon değerlerini daha detaylı tanımladığı görülmüştür.

Ayrıca mMMF modeli oluşturulurken kullanılan iki farklı P faktörü (P=1 durumu ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktörü) ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok

yakın olduğu gözlenmiştir. mMMF modeli seçilen noktalarda aynı arazi kullanımının farklı kısımlarında daha detaylı erozyon tanımlamış ve o arazi kullanımına ait daha detaylı bilgi vermiştir.

Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen bilgiler ışığında, erozyon durum haritalarının üretilmesinde ve toprak kayıplarının tahmin edilmesinde materyal ve metot yönünden sonuçların detayını ve doğruluğunu artırmak amacıyla getirilen öneriler aşağıda verilmiştir.

- Oluşturulacak sonuç haritalarının ölçek ve detay derecelerinin önceden belirlenerek tüm giriş verilerinin bu ölçeğe uygun olarak seçilmesi çalışmanın başarılı olması için çok önemlidir.
- Giriş verilerini oluşturacak haritaların ölçek ve detaylarının birbirine yakın olması öneri haritalarının hazırlanmasında ve daha çeşitli öneriler getirilmesine yardımcı olacaktır.
- Giriş verisi olarak detaylı temel toprak haritasının kullanılması erozyon oluşumunda toprak özelliklerine ait bilgilerin çeşidini artıracak ve özellikle toprak kayıplarına yönelik değerlerin belirlenmesinde daha kesin sonuçlar verecektir. Çalışma yapılan arazinin detaylı toprak etüdü olmaması nedeniyle yapılan arazi ve analiz çalışmaları, tez çalışmasının süresini uzatmıştır.
- Toprak kayıplarının hesaplanmasında sadece tesktür verileriyle elde edilen K faktörü yerine, ince kum-silt miktarının ve organik madde miktarının kullanılması toprak kayıplarını tahmin etmeye yönelik modellerde daha uygun katsayıların belirlenmesini sağlayacaktır.
- Agregat stabilitesi, agregat büyüklüğü dağılımı ve suya dayanıklı agregatların miktarının bilinmesi mMMF modeli katsayıların daha başarılı belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Ancak bu işlem zaman alıcıdır.
- Her ne kadar yapılan çalışmada bir meteoroloji istasyonu olsa da, birden çok meteoroloji istasyonu olması durumunda, istasyonlar arasında kalan alanlar için yağış verilerinin interpolasyonla hesaplanması erozyon

haritalarının doğruluğunu artıracak ve fiziksel önlemlerin planlanmasında yararlar sağlayacaktır.

- DEM oluşturmak çalışmanın zorlayıcı unsurlarından biri olmuştur. DEM hazırlamada planlamanın iyi yapılarak, eşyükselti eğrilerinin ölçek ve detaya bağlı olarak uygun aralıklarda seçilmesi modellemede zaman ve emek tasarrufu sağlayacaktır.
- Bitkisel özelliklerin belirlenmesinde uydu verilerinin kullanımı haritaların oluşturulmasında ve izlenmesinde büyük kolaylıklar sağlamıştır. Özellikle her üç model içinde, NDVI metoduna göre bitki yoğunluğunun ve yüzeyi kapatma oranının belirlenmesi hem çalışmayı hızlandırmış hem de araçlarla ulaşılması mümkün olmayan alanlarda bitkisel özelliklere ait verilerin sağlanmasında ve toprak kayıplarını tahmin etmeye yönelik hesaplamalarda uygun katsayıların belirlenmesinde doğruluğu artırmıştır. Bu nedenle bu çalışmaya benzer çalışmalarda NDVI metodu kullanılması önerilmektedir.
- Çıplak kayalıkların uydu verilerinden belirlenmesi küçük ölçekli toprak haritalarında karşılaşılan sorunları giderecektir.
- Çalışma alanlarında yapılacak toprak kaybına yönelik ölçüm çalışmaları belirlenen sonuçların tüm araziye yaygınlaştırılması, toprak kayıpları tahmin modelinde yer alan eksikliği bir ölçüde giderebilir, ama toprak kaybı ölçüm ve değerlendirme çok uzun süreli bir çalışmadır ve böyle uzun süreli bir çalışma coğrafi bilgi sistemleri yöntemiyle erozyon modellemesi ruhuna aykırıdır.
- Çalışma alanlarında yapılan çalışmalarla ölçülen toprak kayıplarının farklı modeller ile tahmin edilen değerlerle karşılaştırılmasıyla havza için en uygun modelin belirlenmesi tam olarak mümkün kılmamaktır. Ama aynı alanın farklı modellerle yapılan toprak kayıpları, kullanılan modellerin performanslarını çalışma edebilmektedir.
- Çalışmada revize G2 modeli I faktörü, proje bütçesi nedeni ile çözünürlüğü yüksek olan uydu görüntüsü ile elde edilememiştir. Böyle özel durumlar var ise proje bütçe miktarları arttırılmalıdır. Ayrıca rG2

modeli orijinal modeldeki gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılamaması nedeniyle çalışma alanındaki şiddetli, çok şiddetli ve yıkıcı erozyonu tanımlayamamış, 0-2 t/ha ve 2-25 t/ha erozyonu çok iyi bir biçimde tanımlamıştır.

- Erozyon modellemeleri havza bazında yapıldığından, erozyonla mücadelede öncelikli alanlar için planlanacak olan çalışmalarda her bir dere havzasının ayrı ayrı değerlendirilmeli ve bu yapılacak çalışma, çözünürlüğü yüksek olan uydular yardımıyla olmalıdır. Bu durum arazi kullanım türünün daha detaylı olarak belirlenmesi ve mevsime bağlı erozyon haritalarının üretilmesi çok önemlidir.
- Erozyon haritalarının oluşturulmasında raster tabanlı modellerin kullanılması günümüz coğrafi sistemi paket programları sayesinde çok zor değildir. Bu çalışmalar, gelecekte yapılacak olan korumaya yönelik çalışmalar için temel kartografik materyalin hazırlanmasını sağlayacaktır.
- Çalışma alanı kapsamında, erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışma olmaması durumunda P tüm alanlar için 1 alınmaktadır. P faktörünün 1 alınması hesap kolaylığı sağlasa da toprak kayıplarını ve arazi sınıflarına göre ortalama erozyon değerlerini büyük çıkarmaktadır. Bu nedenle çalışma alanı için arazi kullanımına göre P değeri kullanılırsa bulunacak toprak kayıpları değerleri ve arazi sınıflarına göre ortalama erozyon değerleri gerçeğe daha yakın olacaktır.
- RUSLE modeli oluşturulurken, C Faktörü Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ve $C = e^{NDVI}$ eşitliği ile oluşturulmuştur. Sonuç haritalarının benzerliği ve elde edilen erozyon haritalarının arazi kullanımı ortalama erozyon değerlerinin, diğer modellerin arazi kullanımı ortalama erozyon değerlerine daha yakın olması nedeniyle, bundan sonraki çalışmalarda $C = e^{NDVI}$ eşitliği, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) C Faktörü eşitliğine alternatif olabilir. İki farklı C faktörü ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu durum da $C = e^{NDVI}$ durumu

RUSLE modeli oluşturulurken, Van der Knijff ve arkadaşları (2000) eşitliği ile oluşturulan C Faktörüne bir alternatif olabilir savını desteklemektedir. NDVI bulunması için harcanan bilgisayar zamanının çok az olması ayrıca bir avantajdır.

- Revize G2 modeli çok yeni bir model olup literatürde sadece bu modelle ilgili bir çalışma bulunmuştur. Model ana hatları ile kullanışlı olup, su yüzeyine değer atama gibi konularda araştırmacıların bu modelle ilgili yapacağı çalışmalar hem modeli daha güvenilir bir hale getirecek hem de modelin yenilikleri nedeniyle modeli RUSLE modeline bir alternatif yapacaktır.
- Yapılan arazi konrollerinde; RUSLE modeli giriş verilerinin basitliği nedeniyle rG2 ve mMMF modeline göre daha genel bir erozyon haritası elde edilmesini sağladığı görülmüştür. Bu durum çalışma alanları için nokta bazında erozyon tahmininde dezavantaj oluştururken arazi sınıfı bazında erozyon tahmininde avantajdır. Ayrıca çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu çalışma alanına en uygun sonuç veren modelin RUSLE modeli olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni çalışmada seçilen 30 metre çözünürlük ve 1/25000 ölçektir.
- Yapılan arazi kontrollerinde mMMF modeli oluşturulurken kullanılan iki farklı P faktörü (P=1 durumu ve Prasannakumar ve ark.(2011)'ın arazi kullanımına göre belirlediği P faktörü) ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle mMMF modeli oluşturulurken daha kolay olması nedeni ile kullanılan P=1 durumu, rahatlıkla bu model için kullanılabilir.
- Çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu Çakıt Havzası ve benzer karakteri taşıyan havzalar için, RUSLE modelinin 1/25000 ve daha küçük ölçeklerde araziye daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. mMMF modeli ise 1/25000'den daha büyük ölçekli çalışmalarda daha iyi sonuç verebileceği tespit edilmiştir. G2 modeli ise 1/5000 ve daha büyük ölçekli çalışmalarda daha doğru sonuç verebilir.

KAYNAKLAR

AHAMED, T. R. N., RAO, K. G., MURTY, J. R. S., 2000. Fuzzy Clas Membership Approach to Soil Erosion Modelling, Agricultural Systems 63, p 97-110

AGBV, 1999. Sosyo-Ekonomik Rapor, Adana Güç Birliği Vakfı, Adana.

AKGÜL, H.ve AKYÜREK İ.B., 1979, Toprak Aşınımı (Erozyon), Köyişleri ve Koop. Bak.. Topraksu Gn. Müd. Yay.

AKIN, A., 2007. ÇUKUROVA DELTASI KIYI ALANINDA ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİNDE FARKLI UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).

AKIN, A., 2011. ADANA KENTSEL GELİŞİMİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK MODELLENMESİ. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).

ANDE O. T., ALAGA Y.ve UWATOSİN G. A., 2009. Soil erosion prediction using MMF model on highly dissected hilly terrain of Ekiti environs in southwestern Nigeria, International Journal of Physical Sciences Vol. 4 (2), pp. 053-057, February, 2009

ANGİMA, S.D., STOTT, D.E. , O'NEILL M.K., ONG C.K., WEESIES G.A., 2003. Soil Erosion Prediction Using RUSLE for Central Kenyan Highland Conditions, *Agriculture, Ecosystems and Environment* , 295–308.

ANONİM, 2002. Adana Çevre Durum Raporu, Adana Valiliği İl Çevre ve OrmanMüdürlüğü, Adana.

ANONİM, 2012. İnternet erişim: http://aris.ormansu.gov.tr/index.php?q=tr/toprak/turkiyede_erozyon

ANONİM 2012a, İnternet erişim: http://aris.cob.gov.tr/index.php?q=tr/su/erozyon_risk_haritalari

ANONİM, 2012b, İnternet erişim: http://tr.wikipedia.org/wiki/Karaisal%C4%B1#Co.C4.9Frafya

ANONİM, 2012c, İnternet erişim:
http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/karaisal%C4%B1
ANONİM 2012d, İnternet erişim:
http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/Geoland2/data.html(2012).
ANONİM2012e, İnternet erişim:
www.nik.com.tr
ARNOLDUS, H.M.J. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In De Boodt, M. and Gabriels, D. (eds), *Assessment of erosion.* Wiley, Chichester: 127–32.
ARONOFF, S. 1989. Geographic Information Systems: A Management Perspective. WDL Publications, Ottowa, Kanada. 294 p.
AYDIN, M., 1992. Toprak ve Su Koruma. Ç.Ü. Zir. Fak. Yay. No: 127, Adana.
BAHADUR, K. K. C., 2008. Mapping Soil Erosion Susceptibility Using Remote Sensing And GIS: A Case of the Upper Nam Wa Watershed, nan Province, Thailand, Environ.Geol, 57:695-705
BAŞAYİĞİT, L. 2002. Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
BEHERA P., DURGA RAO, K.H.V., DAS K.K., 2005. Soli Erosion Modeling Using MMF Model-A Remote Sensing and GIS Perspective, Journal of the Indian Society of Remote Sensing,Vol.33 No.1, 2005.
BEHRENS, T and SCHOLTEN, T., 2006. Review Article Digital Soil Mapping in Germany, *J. Plant Nutr. Soil Sci., 169*, 434–443.
BENEDIKTSSON, J., PHıLIP, H.S., OKAN K.E., 1990. Neural Network Approaches Versus Statistical Methods in Classification of Multi-Source Remote Sensing Data, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 28,4, 540-551.
BERBEROĞLU, S., DÖNMEZ, C., ERDOĞAN, M.A., 2011."Environmental Risk Assessment of the Seyhan Watershed: Modelling Net Primary Production, Erosion and Forest Fire Risk" *ITU Journal AZ, Vol: 8, No: 2, 80-90, 2011/2, ISSN 1302-8324.*

BINH, T.N.K.D., VROMANT, N., HUNG, N.T., HENS, L., BOON, E.K., 2005. Land Cover Changes Between 1968 and 2003 in Caı Nuoc, *Enviroment, Development and Sustainability*, 7, 519-536.

BLACK, C.A. 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons Inc., New York.

BOLLINNE, A. 1977. La vitesse de l'érosion sous culture en région limoneuse. *Pédologie* 27: 191–206.

BOUYOUCOS, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Methods for Making Mechanical Analysis of SOils. Agronomy Journal, 43. , pp: 434-438.

BRANDT, C. J., 1990. Simulation of the Size Distribution and Erosivity of Raindrops and Througfall Drops. Earth Surface Processes and Landforms 15,687-698.

BROWN, L.C., FOSTER, G.R., 1987. Storm erosivity using idealized intensity distributions.Transactions of the ASAE 30, 379–386.CLC, 2000. CORINE Land Cover, 2000.

BRUZZONE, L., 1999. 2. Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images. *World Scientific Pub Co Inc*, ISBN: 9810249551, (1999). Pp:401

CAMPELL, J.B., 1996, *Introduction to Remote Sensing (Second Edition)*, Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guildford Pres, New York-London. 0- 7484-0663-8.

CARSON, M. A., KIRKBY, M. J., 1972. Hillslope Form and Process, Cambridge University Press.

CARVALHO, L. M. T., FONSECA, L. M. G., MURTAGH, F., CLEVES, J. G. P. W., 2001, Digital Change Detection with the Aid of Multiresolution Wavelet Analysis. International Journal of Remote Sensing, 22, 3871–3876.

CERDA, A., 1999. Parent Material and Vegetation Affect Soil Erosion in Eastern Spain, Soil Science Society of America Journal, Volume 63, Issue 2, p 362- 368.

CHAKRABORTY, D., D. DUTTA, H. CHANDRASEKHARAN. 2005. Spatial Modelling for Hydrological Response Behaviour of an Arid Watershed, India-Remote Sensing and GIS Approach. Journal of Spatial Hydrology, 5(1):47-66.

CHAVEZ, P. S. JR, 1996, Image-based Atmospheric Corrections—Revisited and Improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, 1025– 1036.

CHEN, X., 2002, Using Remote Sensing and GIS to Analyze Land Cover Change and Its Impacts on Regional Sustainable Development. International Journal of Remote Sensing, 23, 107–124.

CIPRA, J.E., FRANZMEIER, D.P., BAUER, M.E., BOYD, R.K., 1980. Comparison of Multispectral Measurements from Some Nonvegetated Soils Using Landsat Digital Data and a Spectroradiometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:80-84.

CONESE, C., FFILIPS, T., MASELI., F., 1993. Estimation of Soil Through an Integrated Land Information System, Remote Sensing for Monitoring the Changing Environment of Europe, Winkler, Balkema, Rotterdam.

COPPIN, P., JONCKHEERE, I., NACKAERTS, K., MUYS, B., LAMBIN, E., 2004, Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, *Int. J. Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596.

ÇOBAN, H. 2006. UYDU VERİLERİ İLE ORMAN ALANLARINDAKİ ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ (DOKTORA TEZİ), İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇULLU, M.A., 1993. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Toprak Erozyonunun Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Adana.

ÇULLU, M.A., U. DİNÇ, S. ŞENOL, N. ÖZTÜRK. 1995. Türkiye Uydu Verileri Yardımıyla GAP Bölgesi Topraklarının Haritalanması. Türkiye II. ARC/INFO ve ERDAS Kullanıcıları Grubu Toplantısı. Bildiriler. ODTÜ-İşlem Müh. Ltd. Şti, Ankara. s. 125-133.

DAHT,1974. Doğu Akdeniz Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müdürlüğü 1974, 75 sayfa

DAI, X. L., and KHORRAM, S., 1998, The effects of Image Misregistration on the Accuracy of Remotely Sensed Change Detection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36, 1566–1577

De JONG, S. M., 1994. Vegetation Parameters Derived from Satellite Images for Erosion Modeling. Earth Surface Processes and Land Forms, Vol. 19, pp. 1-14.

De JONG, S.M., L.C. BROUWER, H. RIEZEBOS. 1998. The Erosion Hazard Assessment in the Peyne Catchment, France. Working Paper DeMon-2 Project Dept. Physical Geography, Utrecht University, The Netherlands. 27 p.

De ROO, A.P.J. 1993. Modelling Surface Runoff and Soil Erosion in Catchments Using Geographical Information Systems: Validity and Applicability of the 'ANSWERS' Model in Two Catchments in the Loess Area of South Limburg (The Netherlands) and one in Devon (UK). Netherlands Geog. Stud. 157. 295 p.

DESMET, P.J.J. and GOVERS, G., 1997. Comment on 'Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS'. International Journal of Geographical Information Science, 11 (6), 603_610.

DİKİCİ, H., 2001. Toprak Biliminde Kullanılan Bazı Jeoistatistik Yöntemleri, Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu, p: 76-81, Kahramanmaraş-Türkiye, (2001), pp:76-82.

DİNÇ, U., 1980. *Landsat-1 Görüntülerinin Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarında Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma,* (Bilimsel Araştırma ve İnceleme Tezi), Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S.,KAPUR, S., SAYIN, M., DERİCİ, R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N., SCHLICHTING, E., 1898. Çukurova Bölgesi Toprakları, Ç.Ü Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana

DİNÇ, U., YEĞİNGİL, İ., PEŞTEMALCI, V., 1994. Uzaktan Algılama Ders Notlan. (Basılmamış), Adana.

DİNGİL, M., ŞENOL, S. ve ÖZTEKİN, M.E., 2008. Çukurova Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Detaylı Toprak Etüd ve Haritasının Güncellenmesi. Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), Proje No: ZF2005BAP8. Adana, (2008).

DOBOS, E, Carre, F., Hengl, T., Reuter, H.I. and Toth, G., Digital Soil Mapping as a Support to Production of Functional Maps, Digital Soil Mapping Working Group of the European Soil Bureau Network, European Commision, (2006).

DOĞAN, O., 1987. Türkiye Yağışlarının Erozif Potansiyelleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınlan, Ankara, S 163.

DOĞAN. O., SEVİNÇ, A. N., 1998. Soil Erosion Measurement in the Çayboğazı Watershed and its Micro Watershed. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, p 261-266, International Agrohydrology research and Training Center, Menemen, Izmir.

DOĞAN, İ., 2008. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ İLE KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN ZAMANSAL OLARAK BELİRLENMESİ: ALAÇATI ÖRNEĞİ (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).

DRAKE, N. A., WAINWRIGHT, J., ZHANG, X., 1995. Modelling Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS Techniques, RSS95 Proceedings of the 21st.Annual Conference of the Remote Sensing Society, 11-14 September, University of Southampton, p 217-224.

DU, Y., TEILLET, P. M., and CIHLAR, J., 2002, Radiometric Normalization of Multitemporal High-Resolution Satellite Images with Quality Control for Land Cover Change Detection. Remote Sensing of Environment, 82, 123– 134.

DUIKER, S. W., FLANAGAN, D. C., LAL, R., 2001 Erodibility and Infiltration Characteristics of Five Major Soils of Southwest Spain, Catena 45, p 103-121.

EKLUNDH, L., and SINGH, A., 1993, A comparative analysis of standardized and unstandardized principal component analysis in remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 14, 1359–1370.

EKSTRAND, S., 1994, Assessment of forest damage with Landsat TM: correction for varying forest stand characteristics, *Remote Sensing of Environment*, 47, 291-302.

EL- SWAIFY, SA., MOLDENHAUER, WC., LO, A., 1985. Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny

ERDOĞAN, M. A., BÜYÜK MENDERES HAVZASI İÇİN EKOLOJİK RİSK ANALİZİ YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ, 2012. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2012)

ERDAS, 2002, Field Guide (Sixth Edition), ERDAS LLC, USA

EVANS, R., 1980. Mechanics of Water Erosion and Their Spatial and Temporal Controls: An Emprical Viewpoint, in Kirkby, M. J. and Morgan, R. P. C. (ed), Soil Erosion, Wiley Inc., 109

EVANS, J.E. ve D.E. SEAMON. 1997. A GIS Model to Calculate Sediment Yields from a Small Rural Watershed, Old Woman Creek, Erie and Huron Counties, Ohio. Ohio J. Sci., 97(3):44-52.

FABRI, K.P., 1991. The Use of Geographic Information Systems and Remote Sensing Analysis for the Assessment of Soil Erosion Hazard: A Case Study in Central Bolivia. MSc. Thesis, International Institute for aerospace Surveys and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands. 142 p.

FAO-UNESCO, 1990. Soil Map of the World: Revised Legend . FAO, Rome. p.119.

FERRO, V., P. PORTO, B. YU., 1999. A Comparative Study of Rainfall Erosivity Estimation for Southern Italy and Southeastern Australia. Hydrological Sciences Journal, 44(1):3-24.

FIGUEIREDO, T., POESEN, J., 1998. Effect of Surface Rock Fragment Characteristics on Interril and Erosion of a Silti Loam Soil, Soil and Tillage Research 46, p 81-95.

FOX, D.M., BRYAN. R.B., 1999. The Relationship of Soil Loss by Interrill Erosion to Slope Gradient, Catena 38, p 211-222.

FORSYTH, T.J. 1994. The Use of Cesium-137 Measurements of Soil Erosion and Farmers Perceptions to Indicate Land Degradation Amongst Shifting Cultivators in Northern Thailand. Mountain Research and Development, 14(3):229-244.

FOSTER, G.R., MEYER, L.D., ONSTAD, C.A., 1977. An Erosion Equation Derived from Basic Erosion Principles. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 20: 678-682.

FOSTER, G.R., K.G. RENARD, D.C. YODER, D.K. McCOOL, G.A. WEESIES. 1996. RUSLE User's Guide. Soil and Water Cons. Soc. 69 p.

FU, B., CHEN, L., MA, K, ZHOU, H., WANG, J., 2000. The Relationships Between Land Use and Soil Conditions in the Hilly Area of the Loess Plateau in Northern Shaanxi, China, Catena 39, p 69-78.

FU, B.J., W.W. ZHAO, L.D. CHEN, Q.J. ZHANG, Y.H. LU, H. GULINCK, J. POESEN. 2005. Assessment of Soil Erosion at Large Watershed Scale Using RUSLE and GIS: A Case Study in the Loess Plateau of China. Land Degradation and Development, 16:73-85.

FU, G., CHEN S., MCCOOL D. K., 2006. Modeling the impacts of no-till practice on soil erosion and sediment yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS, Soil & Tillage Research, 2006 38–49

FUNG, T., SIU, W., 2000, Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI, *Int. J. Remote Sensing*, 21(5), 1011-1024.

FUNNPHENG, P., PATINAVIN S., MEKPAIBOON WATTANA S., PRAMOJANEE P.,1991. Application of Remote Sensing and a GIS System for Appraising Soil Erosion Hazard, In: Proceeding of the international worksop on conservation and sustainable development. Asian Institute of Technology Bang kok and Khao Yai National Park, Thailand.

GAVRILOVIC, Z.,1988. The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrentialstreams. In: International conference of river regime, 18–20 May. John Wileyand Sons, Wallingford, Chichester, pp. 411–422.

GEMALMAZ, H.A., H. DEMİRBÜKEN, H. AZTOPAL, N. ÇALIŞ. 1993. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Erozyon Riski Taşıyan Alanların Belirlenmesi Türkiye İçin Bir Çalışma. Araştırma Sempozyumu '93, Türk istatistik Derneği, Türk matematik Derneği ve T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 22-24 Kasım 1993, Ankara. s. 134-149.

GILABERT, M. A., CONESE, C., and MASELLI, F., 1994, An Atmospheric Correction Method for the Automatic Retrieval of Surface Reflectance from TM Images. International Journal of Remote Sensing, 15, 2065–2086.

GITAS, I. Z., DOUROS K., MINAKAU C., SILLEOS G. N. and Christos G. KARYDAS, 2009. MULTI-TEMPORAL SOIL EROSION RISK ASSESSMENT IN N. CHALKIDIKI USING A MODIFIED USLE RASTER MODEL, EARSeL eProceedings 8, 1/2009

GRUNWALD, S., Current State of Digital Soil Mapping and What Is Next, Digital Soil Mapping, Bridging Research, Environmental Application and Operation, Kienast-Brown, S. (Eds), Chapter 1, Springer, New York, (2010). Pp: 3.

GUIRGUIS, S. K., HASSAN, H. M., EL-RAEY, M. E., and HUSSAN, M. M. A., 1996, Technical Note. Multitemporal Change of Lake Brullus, Egypt, from 1983 to 1991. International Journal of Remote Sensing, 17, 2915–2921.

GÜRBÜZ, K., 1984. Karaömerli -Akkuyu - Balcalı Bölgesi (Adana)Tersiyer İstifinin Sedimanter Jeolojik İncelenemesi,(Yüksek Lisans Tezi), Adana

GÜLERSOY, A.İ, 2013, Marmara Gölü Yakın Çevresindeki Arazi Kullanım Faaliyetlerinin Zamansal Değişimi (1975-2011) ve Göl Ekosistemine Etkileri, Türk Coğrafya Dergisi http://www.tcd.org.tr Sayı 61: 31-44, İstanbul Basılı ISSN 1302-5856 Elektronik ISSN 1308-9773

GÜLTEKİN, E., 1974. Adana ili peyzaj potansiyelinin bitkisel yönden saptanması ve planlama ilkelerine uygun olarak değerlendirilmesi olanakları üzerine bir araştırma, Adana

GÜLTEKİN, E., V.ORTAÇEŞME, 1996. Land Degradation in Adana City within Historical Perspective, Proceedings of the lnternational Conference on Land Degradation, 10-14 June 1996, Adana

HAGOS, D.W. 1998., Assessment of the Effect of Present Land Use on Soil Degradation, a Case Study in Lom Kao Area, Central Thailand. Msc, ITC, Enschede. 82 s.

HARMSEN, K. 1996., Assessment of Current Erosion Damage Land Druck, Liebefeld. 111 p.

HARPER, D., 1987. Improving the Accuracy of the Universal Soil Loss Equation in Thailand. Paper presented at the fifth international conservation conference, Bang kok, Thailand

HENEBRY, G. M., 1993, Detecting Change in Grasslands Using Measures of Spatial Dependence with Landsat TM Data. Remote Sensing of Environment, 46, 223–234.

HENGL, T., 2003. Pedometric Mapping: Bridging The Gaps Between the Conventional and Pedometric Approaches, (PhD Thesis), Wageningen University.

HENGL, T., HEUVELİNK, G.B.M., and STEIN, A., 2004. A Generic Framework for Spatial Prediction of Soil Variables Based on Regression-Kriging, Science Direct, Geoderma, 120, 75-93.

HEO, J., FITZHUGH, T. W., 2000, A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 173–182.

HUDSON, N.W. ve JACKSON, D.C. 1959., Results achieved in the measurement of erosion and runoff in Southern Rhodesia. Proceedings of the Third Inter-African Soils Conference. Dalaba: 575–83.

HUDSON, N.W., 1965. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with particular reference Southern Rhodesia. MSc Thesis, University of Cape Town.

HUDSON, N.W. 1981. *Soil conservation*, 2nd edn. Batsford, London.

IRVEM, A., TOPALOĞLU, F., UYGUR, V., 2005. Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey, Journal of Hydrology, 336 30-37.

JENSEN, J. R., 1996. Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).

JHA, C. S., UNNI, N. V. M., 1994, Digital change detection of forest conversion of a dry tropical Indian forest region, *Int. J. Remote Sensing*, 15(13), 2543-2552.

JOSE. A. M. C., INES. S. B., 2000. Impact Assesment of Changes in Land Use/Conservation Practices on Soil Erosion in the Penedes-Anoia Vineyard Region (NE Spain), Soil and Tillage Research, p 101-106.

KADIOGULLARI,A.İ., BASKENT E.Z., 2006, Orman Kaynaklarının Konumsal ve Zamansal Degisiminin Cografi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi: İnayet ve Yenice Örnegi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-3 (2006),378-390*

KADIOĞULLARI; A.İ., 2012, Tunceli İlinin Arazi Örtüsünün Konumsal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi (2012) 13(1):1-12 http://edergi.artvin.edu.tr ISSN:2146-1880 (basılı) 2146-698X (elektronik)

KANG, S., ZHANG, L., SONG, X., ZHANG, S., LIU, X., LIANG, Y., ZHENG, S., 2001. Runoff and Sediment Loss Responses to Rainfall and Land Use in Two Agricultural Catchments on the Loess Plateau of China, Hydrological Processes, Volume 15, Issue 6, 30 April, p 977-988.

KARABURUN, A., 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed, Ozean Journal of Applied Sciences 3(1), 2010 ISSN 1943-2429 © 2010 Ozean Publication

KARYDAS, C., SEKULOSKA, T., and SILLEOS, G., 2008. Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. Environmental Monitoring and Assessment, 149, 19_28

KARYDAS, C.G., PANAGOS, P., GİTASA I.Z., 2012. A classification of water erosion models according to their geospatial characteristics, International Journal of Digital Earth, 1_22.

KOÇ, A., 2006, İstanbul'daki hızlı şehirleşmenin yol açtığı ormansızlaşmanın uzaktan algılama verileriyle belirlenmesi [yayınlanacak], *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A/56 (1).

KLINGEBIEL, A.A., HORVARTH, E.H., MOORE, D.G., REBOLD, W.U.,1987. Use of Slope, Aspect, and Elevation Maps Derived From Digital Elevation Model Data in Making Soil Surveys. *Soil Science Society of America, Soil Survey Techniques, SSSA Special Publication,* 20, 77-98.

KIRKBY, M.J . 1976 Hydrograph modellingstrategies. Chapter3 inProcesses in Physical and Human Geography (ed.byR.Peel,M.Chisholmand P.Haggett). Heineman

KOCA, Y.K., 2006. QuickBird Uydu Verileri Kullanılarak Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Arazilerinin Güncel Arazi Kullanım Haritalarının Oluşturulması, (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

KOSMAS. C., DANALATOS. N., CAMMERAAT. L. H., CHABART. M., DIAMANTOPOULOS. J., FARAND. R., GUTIERREZ. L., JACOB. A., MARQUES. H,, MARTINEZ-FERNANDEZ. J,, MIZARA. A., MOUSTAKAS. N., NICOLAU. J. M., OLIVEROS. C., PINNA. G., PUDDU. R., PUIGDEFABREGAS. J., ROXO. M., SIMAO. A., STAMOU. G,, TOMASI. N., USAI. D., VACCA. A., 1997. The Effect of Land Use on Runoff and Soil Erosion Rates Under Mediterranean Conditions, Catena 29, p 45-59.

KOSMAS, C., GERONTIDIS, S., MARATHIANOU, M., 2000. The Effect of Land Use Change on Soils and Vegetation Over Various Lithological Formation on Lesvos Greece, Catena 40, p 51-68.

KÖSE, C., TAYSUN, A., YAKAR, M., 2001. GAP Bölgesi ve Şanlıurfa Yöresi Eğimli Kuru Tarım Alanlarında Kontur Tarımının Önemi ve Çözüm Önerileri, Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu, p 52-58, KHGM, Atatürk Araştırma Enstitüsü 24-27 Mayıs, Kırklareli.

LAGACHERIE, P., Digital Soil Mapping: A State of the Art, Digital Soil Mapping with Limited Data, Mendonça-Santos, M.L. (Eds), Chapter 1, Springer, New York, (2008). Pp: 3

LAL, R., 1994. Soil Erosion Research Methods, St. Luice Press, Florida.

LAMBIN, E. F., and STRAHLER, A. H., 1994, Indicators of Land-cover Change for Change vector Analysis in Multitemporal Space at Coarse Spatial Scales. International Journal of Remote Sensing, 15, 2099–2119.

LANGRAN, K.J., 1983. Potential for monitoring soil erosion features and soil erosion modelling components from remotely sensed data. Proceedings of IGARSS'83. IEEE, San Francisco, CA, pp. 2.1– 2.4.

LAWS, J.O and D.A PARSONS, 1943. The Relation of raindrop- size to intensity. Trans. Amer. Geophys.Union, 24, part II, 452-460.

LEE, K.S., LEE, G.B., TYLER, E.J., 1988. Thematic Mapper and Digital Eelevation Modelling of Soil Characteristics in Hilly Terrain. *Soil Science Society of America Journal*. 52, 1104-1107.

LI, C., QI, J., FENG, Z., YIN, R., GUO, B., ZHANG, F., ZOU, S., 2010. Quantifying the Effect of Ecological Restoration on Soil Erosion in China's Loess Plateau Region: An Application of the MMF Approach, Environmental Management (2010) 45:476–487.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R.W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, Willey and Sons Inc., New York, P 724

LO, C. P., SHIPMAN, R. L., 1990, A GIS Approach to Land-Use Change Dynamics Detection. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 1483–1491

LOVELAND, T. R., SOHL, T. L., STEHMAN, S. V., GALLANT, A. L., SAYLER, K. L., and NAPTON, D. E., 2002, A Strategy for Estimating the Rates of Recent United States Land-cover Changes. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68, 1091–1099.

LU, D. S., MAUSEL, P., BRONDI´ZIO, E. S., MORAN, E., 2004. Change detection Techniques. International Journal of Remote Sensing, 25, 2365– 2407.

MACLEOD, R. D., and CONGALTON, R. G., 1998, A quantitative comparison of Change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64, 207–216.

MAKTAV, D., SUNAR, F., KABDASLI, S., 2002, Monitoring coastal erosion at the Black Sea coasts in Turkey using satellite data: a case study at the Lake Terkos, northwest Istanbul, *Int. J. Remote Sensing*, 23(19), 4115-4124.

MARKER, M., ve ark., 2007. Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: a case study in Southern Tuscany, Italy. Geomorphology, 93, 120_129

MARKHAM, B. L., BARKER, J. L., 1987, Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospheric Irradiances. International Journal of Remote Sensing, 8, 517–523.

MAS, J.F., 1999, Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques, *Int. J. Remote Sensing*, 20(1), 139-152.

MCBARTNEY, A.B., ODEH, I.O.A., BISHOP, T.F.A., DUNBAR, M.S. and SHATAR T.M., 2000. An Overview of Pedometric Techniques for Use in Soil Survey, Geoderma 97, 293–327.

MCBRATNEY A.B., MENDONÇA-SANTOS, M.L., and MINASNY, B., 2003. On Digital Soil Mapping. Geoderma 117:3–52.

McCOOL, D.K., L.C. BROWN, and G.R. FOSTER, 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, vol. 30, pp. 1387-1396.

MCGOVERN, E. A., HOLDEN, N. M., WARD, S. M., and COLLINS, J. F., 2002, The Radiometric Normalization of Multitemporal Thematic Mapper Imagery of the Midlands of Ireland—A Case Study. International Journal of Remote Sensing, 23, 751–766.

MEYER, L. D., WISCHMEIER, W. H., 1969. Mathematical Simulation of the Process of Soil Erosion by Water, Trans. American Society Agricultural Engnrs. 12,754-8.

MEYER, L.D. 1981. How rain intensity affects interrill erosion. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 24: 1472–5.

MITAS, L„ MITASOVA, H., SUMMER, W., KLAGHOFER, E. ZHANG, W., 1988. Multi-Scale Green's Function Monte Carlo Approach to Erosion Modeling and its Application to Land-Use Optimization. Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hidrojogical Processes. Proceedings of An International Symposium, Vienna Austria 13-17 July 81- 90 IAHS Pub. No:249.

MITASOVA, H., ve ark., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of GIS, 10 (5), 629_641.

MKHONTA, M.M. 2000., Use of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) in the Assessment of Soil Erosion in the Gwayimane and Mahhuku Catchment Areas with Special Attention on Soil Erodibility K-Factor. Msc Thesis, Int. Inst. For Geo-inform. Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. 88 p.

MONCHAREONM, L., 1982. Application of Soil Maps and Report for Soil and Water conservation, Department of Land Development, Bang kok

MOORE, I.D. ve BURCH, G.J., 1986a. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society America Journal, 50, 1294_1298.

MOORE, I.D. and G.J. BURCH. 1986b. Modelling Erosion and Deposition: Topographic

Effects. Amer. Soci. of Agri. Eng., 000-2351:1624-1640.

MOORE, A.C., HOWELL, D.W., HAYDU-HOUDESHELL, C., BLİNN, C., HEMPEL, J and SMITH, D., 2010. Building Digital Soil Mapping Capacity in the Natural Resources Conservation Service: Mojave Desert Operational Initiative, Bridging Research, Environmental Application and Operation, Kienast-Brown, S (Eds), Chapter 4, Springer, New York, Pp: 3.

MOORE, I.D., WILSON, J.P., 1992. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: simplified method of estimation. Journal of Soil and Water Conservation 4 (5), 423–428.

MORADI, H.R., FAZELPOR, M.R., SADEGHI, H.R., HOSSİNİ, Z., 2008.The Study of Land Use Change on Desertification Using Remote Sensing In Ardakan Area, *Iranian Journal of Range and Desert Research,* 15 (1), 1-12.

MORGAN, R.P.C. 1980, Field Studies of Sediment Transport by overland flow. ***Earth Surface Processes*** 3: 307–16.

MORGAN, R.P.C., D.D.V. MORGAN, H.J. FINNEY. 1984., A Predictive Model for the Assessment of Soil Erosion Risk. Journal of Agricultural Engineering Research, 30:245–253.

MORGAN, R.P.C., 1991, Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons Inc., New York, P 255.

MORGAN, R.P.C. 2005, Soil Erosion and Conservation. BLACKWELL PUBLISHING 350 Main Street, Malden, MA 02148-5020, USA, P 304.

MORGAN, R. P. C. and DUZANT, J. H.,2008. Modified MMF (Morgan–Morgan–Finney) model for evaluating effects of crops and vegetation cover on soil erosion, ***Earth Surf. Process. Landforms*** 32, 90–106

MOUAT, D. A., and LANCASTER, J., 1996, Use of Remote Sensing and GIS to Identify Vegetation Change in the Upper San Pedro River Watershed, Arizona. Geocarto International, 11, 55–67.

NAJMODDINI, N. 2003. Assessment of Erosion and Sediment Yield Processes Using Remote Sensing and GIS: A Case Study in Rose Chai Sub-Catchment of Orumieh Basin, W. Azarbaijan, Iran. MSc. Thesis in Watershed and Environmental Management. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Int. Inst. Aerospace Surv. Earth Sci. (ITC), Enschede, The Netherlands. 55 p.

NANNA, S., 1996. A Geo-information Theoretical Approach to Inductive Erosion Modelling Based on Terrain Mapping Units. PhD, Wageningen Agricultural University, Wageningen. 92 p.

NEARING, M.A, G.R. FOSTER, L.J. LANE, S.C. FINKNER. 1989., A Process-based Soil Erosion Model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology. Transactions of the ASAE, 32:1587–1593.

OĞUZ, I., DURAK, A., 1998. The relationships Between Soil Erosion and Great Soil Groups, Some Properties of Çekerek Catchment and Analysis If Erodibility of Catchment Soil, Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, p 313-318, International Agrohydrology research and Training Center, Menemen, Izmir.

ORR, B.J., BAUTISTA, S., ALLOZA, J.A., VAN LEEUWEN, W. J. D. , CASADY, G. M., DAVISON, J. E., WITTENBERG, L., MALKINSON , D., CARMEL, Y., NEARY D.G.,2007. Satellite-derived Vegetation Dynamics Applied to Post-fire Vulnerability Assessment in Eastern Spain, Wildfire 2007, Sevilla, Espana.

OSLIN, A.J., WESTSMITH, R.A., MORGAN, D.S.,1988. STREAMS: A Basin and Soil Erosion Model Using CADD Remote Sensing and GIS to Facilitate Watershed Management. ASAE Publication, America Society of Agricultural Engineers. No: 07-88, 470-477.

ÖZBEK, H.1990. Toprak Bilgisi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: Ders Kitabı No: 34

ÖZBEK, H., DİNÇ, U. ve KAPUR, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Temel Etüd ve Haritası. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 73; Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 8.

ÖZDEMİR, N., SÜRÜCÜ, A„ IRMAK, S., AŞKIN, T., 1998. The Effect of Parent Material on Structural Stability and Erodibility of Soil, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, p 307-312, International Agrohydrology research and Training Center, Menemen.

ÖZDEMİR, M.A., BAHADIR, M., 2010, UZAKTAN ALGILAMA İLE ACIGÖL HAVZASI'NDA ARAZİ KULLANIMININ ZAMANSAL DEĞİŞİM ANALİZİ (1975-2005)

ÖZSOY, G. 2007. Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZŞAHİN, E., 2010, İSKENDERUN AKAÇLAMA HAVZASINDA (HATAY) ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN ZAMANSAL DEĞİŞİMİ, Turkish Studies International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 5/2 Spring 2010

ÖZŞAHİN E. ve UYGUR V., 2014. The Effects of Land Use Land Cover (LULCC) in Kuseyr Plateau of Turkey on Erosion, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Turk J Agric For(2014) 38: 478 - 487 .

ÖZTÜRK, N. 1995. Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) ve Sayısal Uydu Verilerinin Detaylı Toprak Etüdlerinde Kullanma Olanakları. (Doktora Tezi) Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı, Adana. 106 s.

ÖZYAVUZ, M., 2011, Tekirdağ Kent Merkezinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama İle İncelenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi M. Özyavuz, 2011 8(1) Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*

PANAGOS, P., 2006. The European soil database. GEO: connexion, 5 (7), 32_33.

PANAGOS P., KARYDAS C., BALLABIO C., GITAS I.,2013. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 27, 147-155.

PANAGOS, P. A , CHRISTOS G. KARYDAS B , IOANNIS Z. GITAS B & LUCA, MONTANARELLA A., 2012. Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonasriver basin towards a functional pan-European service, Journal of Digital Earth, 5:6, 461-487

PANAGOS, P., KARYDAS C., BALLABİO C., GİTAS I., 2011. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application ofthe G2 model in Crete focusing on agricultural land uses

PARACCHINI, M. L„ MINACAPILLI, M., BERTOLO. F„ FOLVING. S., 1997. Soil Erosion Modelling and Coastal Dynamics: A Case Study From Sicily, Remote Sensing Society: Observations and Interactions. Remote Sensing Society, Nottingham

PARVEEN, R., KUMAR, U., 2012. Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand, *Journal of Geographic Information System*, 2012, 4, 588-596

PETIT, C. C., and LAMBIN, E. F., 2001. Integration of Multi-Source Remote Sensing Data for Land Cover Change Detection. International Journal of Geographical Information Science, 15, 785–803.

PETTER, P. 1992., GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments. PhD, University of Lund, Lund. 112 p.

PRASANNAKUMAR, V., VIJITH, H., ABINOD, S., GEETHA N., 2011. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. GEOSCIENCE FRONTIERS 3(2) 209-215

QUANSAH, C., 1982. Laboratory Experimentation for the Statistical Derivation of Equations for Soil Erosion Modelling and Soil Conservation Design, Cranfield Ins. of Technology.

RAHMAN S., MUNN, L.C., VANCE, G.F., ARNESN, C., 1997. Wyoming Rocky Mountain Forest Soils: Mapping Using an ARC/INFO Geographic Information System. *Soil Sci Soc. Am. J.*, 61:1730-1737.

RAPP, A., AXELSSON, V., BERRY, L. AND MURRAY-RUST, D.H. 1972. Soil Erosion And Sediment Transport in the Morogoro River Catchment. *Geografiska Annaler* 54-A: 125–55.

RAUWS, G., GOVERS, G., 1988. Hydraulic and Soil Mechanical Aspects of Rill Generation on Agricultural Soils. Journal of Soil Sciences 39, 111-124.

REID, R. S., KRUSKA, R. L., MUTHUI, N., TAYE, A., WOTTON, S., WILSON, C. J., and MULATU, W., 2000, Land-use and Land-cover Dynamics in Response to Change in Climatic, Biological and Socio-po

RENARD, K. G. ve G. R. FOSTER. 1983. Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. In H.E. Dregne and W.O. Willis, eds., Dryland Agriculture, Agronomy Monogr. 23, Am. Soc. Argon., Crop Sci. Soc. Am. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin,USA. p. 155-176.

RENARD, K. G., FOSTER, G, R., WEESIES, G. A., McCOOL, D. K, YODER, D. C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the RUSLE. Handbook No:703. USDA, 404s.

RICHTER, G., NEGENDANK, J. F. W., 1977. Soil Erosion Processes and Their Measurement in the German Area of the Moselle River, Earth Surf. Proc. 2, 261-278.

ROGLER, H. ve SCHWERTMANN, U., 1981. Erosivitat der Niederschlage und Isoerodenkarte Bayerns. Zeitschrift fur Kulturtechnik und Flurbereinigung, 22, 99_112.

RÖMKENS, M. J. M., HELMING, K., PRASAD, S. N., 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimesCatena 46, p 103-123.

SADER, S. A., HAYES, D. J., HEPINSTALL, J. A., COAN, M., SOZA, C., 2001, Forest change monitoring of remote biosphere reserve, *Int. J. Remote Sensing*, 22(10), 1937-1950.

SALAMI, A. T., 1999, Vegetation Dynamics on the Fringes of Lowland Humid Tropical Rainforest of South-western Nigeria—An Assessment of Environmental Change with Air Photos and Landsat. International Journal of Remote Sensing, 20, 1169–1181.

SALAMI, A. T., EKANADE, O., and OYINLOYE, R. O., 1999, Detection of Forest Reserve Incursion in South-western Nigeria from a Combination of Multidate Aerial Photographs and High Resolution Satellite Imagery. International Journal of Remote Sensing, 20, 1487–1497

SANVER, İ.E., 2008. *Kentsel Yayılmanın Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Belirlenmesi Ölüdeniz (Fethiye) Örneği*, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

SARI, M. 1997., Türkiye'deki Hatalı ve Yanlış Arazi Kullanımının Boyutları ve Erozyonla Olan İlişkileri. TEMA Vakfı Eğitim Kursları. 25 s.

SARI, M., 1998. Erozyon ve toprak erozyonunun oluşumu. Çevre ve İnsan Ders Kitabı, Ed. Prof.Dr. M. Kıvanç ve Doç.Dr. E.Yücel, Ünite (4), 55-72, T.C. Anadolu Ü. Yay. No:1017, Açıköğretim Fak. Yay. No:560, ISBN: 975-492-766-9, Eskişehir.

SCHLICHTING, E. Ve BLOOME, E., 1966, Bodenkindliches Praktikum. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

SCHMIDT, G. L., 1961, VII Adana Petrol Bölgesinin Strotigrafik Nomeriklatürü. Petrol Dairesi Yayımı. 56 s.

SHERIDAN, G. J., SO, H. B., LOCH, R. J., WALKER, J. M., 2000. Estimation of Erosion Model Erodibility Parameters from Media Properties, Australian Journal of Soil Research, Vol. 38, Issue 2, p 265-284.

SHT,1974. Seyhan Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları Raporlar Serisi, 84 sayfa

SIMMS, A.D., WOODROFFE, C.D., JONES, B.G. 2003. Aplication of RUSLE for Erosion Management in a Coastal Catchment Southern NSW. Conference Paper. http://ro.uow.edu.au/scipapers/34

SINGH, A., 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remote Sensed Data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989-1003.

SMITH, B., KESSLER, H., SCHEİB, A.J., BROWN, S.E., PALMER, R.C., KURAS, O., SCHEİ, C and JORDAN, C.J.,2008, 3D Modelling of Geology and Soils: A Case Study From the UK, Digital Soil Mapping with Limited Data, Mendonça-Santos, M.L. (Eds), Chapter 15, Springer, New York, Pp: 183.

SMULYAN, M. H., 2010. Application of the RUSLE erosion equation to the San Pedro Creek Watershed in Pacifica, California using ArcGIS 9.3.1, SFSU, GEOG 721

SONG, C., WOODCOCK, C. E., SETO, K. C., LENNEY, M. P., and MACOMBER, S. A., 2001,Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How To Correct Atmospheric Effect? Remote Sensing of Environment, 75, 230–244.

STEFAN, S., ITTEN, K. I., 1997, A Physically-Based Model to Correct Atmospheric and llumination Effects in Optical Satellite Data of Rugged Terrain. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 708–717.

STOW, D. A., 1999, Reducing the Effects of Misregistration on Pixel-level Change Detection. International Journal of Remote Sensing, 20, 2477–2483.

STOW, D. A., CHEN, D. M., 2002, Sensitivity of Multitemporal NOAA AVHRR Data of an Urbanizing Region to Land-use/Land-cover Change and Misregistration. Remote Sensing of Environment, 80, 297–307.

SUNAR, F., 1998, An Analysis of Changes in a Multi-date Data Set: A Case Study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 19, 225–235

SURIYAPRASIT, M. and SHRESTHA, D. P., 2008. DERIVING LAND USE AND CANOPY COVER FACTOR FROM REMOTE SENSING AND FIELD DATA IN INACCESSIBLE MOUNTAINOUS TERRAIN FOR USE IN SOIL EROSION MODELLING, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008*

ŞATIR O. ve BERBEROĞLU S., 2012. Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning, Landscape Planning, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), ISBN: 978-953-51-0654-8, InTech,

TAYSUN, A., UYSAL, H., KÖSE, C„ MOLLENHAUER, K„ FRITZ, E. M., 1998. The relationships Between Stone Cover, Runoff and Soil Losses in Arable Soils of Agean Region. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, p 249-255, International Agrohydrology research and Training Center, Menemen, İzmir.

THORNES, J. B., 1989, Erosion Equals under Grazing, Conceptual Issues in Environmental Archaeology, Edinburgh University Press, 193-210.

TOKOLA, T., LOFMAN, S., ERKKILA, A., 1999, Relative Calibration of Multitemporal Landsat Data for Forest Cover Change Detection. Remote Sensing of Environment, 68, 1–11.

TOPALOĞLU, R.Z., EKERCİN S., 2013, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ve UZAKTAN ALGILAMA ENTEGRASYONU ile KONYA KAPALI HAVZASI'NDA ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ, TMMOB COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ 2013 11-13 Kasım 2013, Ankara

TOPÇU, S. 1998. Tarım Mühendisliğinde Çevre Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yay. No:207, Ders Kitap No:A-65, Adana. 269 s.

TOULIOS, L.G., YASSOGLOU, N.J., MOUTSOULAS, M., 1990. Land-Use Mapping in West Messina, Greece Using Satellite Imagery, *Int. J. Remote Sensing*, Vol:11 Issue:9, 1990. Pp: 1645-1661.

TOWNSHEND, J. R. G., JUSTICE, C. O., GURNEY, C., MCMANUS, J., 1992, The Effect of Image Misregistration on the Detection of Vegetation Change. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30, 1054– 1060

TOY T.J., FOSTER, G.R., RENARD,K.G., 2002. Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control, John Wiley & Sons, 27 May 2002 - 338 pages

U.S. SALINITY LABORATORY STAFF,1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook. No:60. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C., USA .

UZ, Ö., ÇABUK, A., 2005, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Planlama Bilgi Sistemi: Eskişehir Kenti Yeşil Alanlarının Tespiti, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, (2005) pp: 402-412.

UZUNSOY, O., GÖRCELİOĞLU, E., 1985. HAVZA ISLAHINDA TEMEL İLKE VE UYGULAMALAR, İST. ÜNİ. ORMAN FAKÜLTESİ YAYINLARI İSTANBUL, 260 s.

ÜN, C., 2006, İSTANBUL İLİ ORMAN KAYNAKLARINDA MEYDANA GELEN ZAMANSAL DEGİSİMİN UZAKTAN ALGILAMA VE CBS İLE BELİRLENMESİ (Yüksek Lisans Tezi), KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VEIHE, A., QUINTON, J., POESEN, L„ 2000. Sensitivity Analysis of EUROSEM Using Monte Carlo Simulation II: The Effect of Rill and Rock Fragments, Hydrological Processes, Vol. 14, Issue 5, p 972-939.

VANACKER, V., ve ark., 2007. Restoring dense vegetation can slow mountain erosion to near natural benchmark levels. Geology, 35, 303_306

VAN DER KNIJFF, J.M., R.J.A. JONES, L. MONTANARELLA. 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau, Joint Research Center of the European Commision. EUR 19044 EN, 34 p.

VAN LEEUWEN, W.J.D., SAMMONS, G., 2004. Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS, *Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference*, 5–9 Nisan 2004, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City.

VEIHE, A., QUINTON, J., POESEN, L„ 2000. Sensitivity Analysis of EUROSEM Using Monte Carlo Simulation II: The Effect of Rill and Rock Fragments, Hydrological Processes, Vol. 14, Issue 5, p 972-939.

VERBYLA, D. L., and BOLES, S. H., 2000, Bias in Land Cover Change Estimates due to Misregistration. International Journal of Remote Sensing, 21, 3553– 3560.

VERMOTE, E., TANRE, D., DEUZE, J. L., HERMAN, M., and MORCRETTE, J. J., 1997, Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An Overview. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 675–686.

VIGIAK, O., OKOBA B.O. ,STERK G., GROENENBERG S., 2005. Modelling catchment-scale erosion patterns in the East African Highlands, Earth Surface Processes and Landforms *Earth Surf. Process. Landforms* 30, 183–196 (2005).

VIGIAK, O., STERK, G., ROMANOWİCZ R.J., BEVEN K.J., 2006. A semi-empirical model to assess uncertainty of spatial patterns of erosion, Catena 66 (2006) 198 – 210

VRIELING, A., RODRİGUES, S.C., 2004. Erosion assessment in the BrazilianCerrados using multi-temporal SAR imagery. Proceedings of the 2004Envisat & ERS Symposium. SP-572. ESA, Salzburg, Austria.

VRIELING, A. 2005. Satellite Remote Sensing for Water Erosion Assessment: A Review, Catena 65 (2006) 2 – 18,

VORONEY, R. P., van VENN, J. A., PAUL, E. A., 1981. Organic Carbon Dynamics in Crasland Soils II. Model Validation and Simulation of the Long-terms Effects of Cultivation and Rainfall Erosion, Canada J., Soil Science 61, 24, 211.

WACHAL, D.J., BANKS, K.E., 2007. Integration GIS and Erosion Modeling: a tool for Watershed Management, *ESRI 2007 International User Conference*, Paper no: UC1038.

WAIN WRIGHT, J., 1994.Anthropogenic Factors in the Degradation of Semi-arid Regions: A Prehistoric Case Study in Southern France, Environmental Change in Drylands, John Wiley Inc. (1994)

WANG, G., GERTNER, G., LIU, X., 2001. Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor for Revised Universal Soil Loss Equation, Catena 46, 1-14.

WANG, G., GERTNER, G., VIVEK, S., SHINKAREVA, S., 2002. Spatial and Temporal Prediction and Uncertainty Assessment of Soil Loss Using Revised Universal Soil Loss Equation: A Case Study of the Rainfall-Runoff Erosivity R Factor, Ecological Modelling (Article in press).

WANG, G., GERTNER, G., ANDERSON, A.B., 2006.Sampling and Mapping a Soil Erosion Cover Factor by Integrating Stratification, Model Updating and Cokriging with Images. *Environmental Management Springer*, 39, 1, 84-97.

WEBER, K. T., 2001, A method to Incorporate Phenology into Land Cover Change Analysis. Journal of Range Management, 54, A1–A7.

WEBSTER, R., 1994 The Development of Pedometrics. Geoderma 62, 1–15.

WENG, Q., 2002, Land Use Change Analysis in the Zhujiang Delta of China Using Satellite Remote Sensing, GIS and Stochastic Modeling. Journal of Environmental Management, 64, 273–284

WITHERS, B. ve VIPOND, S. 1974. *Irrigation: design and practice.* Batsford, London.

WISCHMEIER, W. H. and SMITH, D. D., 1959. Rainfall Energy and its Relation to Soil Loss. Transaction of the American geophysical Union 39, 285-291

WISCHMEIER, W.H. 1975. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed area. In *Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources*. USDA ARS Publication ARS-S-40: 118–24.

WISCHMEIER, W.H. 1978. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 31: 5–9.

WISCHMEIER, W. H.,SMITH, D. D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses, USDA Agr. Res. Serv. Handbook, 537

WU, J., PRICE, K.P., 1997. Evaluating Soil Properties of CRP Land Using Remote Sensing and GIS in Finney County, Kansas, Journal of Soil and Water Conservation, Vol.52 Issue 5, p352-359, Sep/Oct.

YANG, X., and LO, C. P., 2000, Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-date Satellite Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 967–980.

YANG, X., and LO, C. P., 2002, Using A Time Series of Satellite Imagery to Detect Land Use and Land Cover Changes in the Atlanta, Georgia Metropolitan Area. International Journal of Remote Sensing, 23, 1775–1798.

YENER, H., KOÇ, A., 2006, Monitoring changes in forest and other land use forms in Istanbul, *Journal of Environmental Biology*, 27(1), 77-83.

YU, B. ve C.J. ROSEWELL. 1996. An Assessment of a Daily Erosivity Model for New South Wales. Australian Journal of Soil Research, 34(1):139-152.

YU, B., ROSEWELL, C. J., 2001. Evaluation of WEPP for Runoff and Soil Loss Prediction at Gunnedah, NSW, Australia, Australian Journal of Soil Research, Vol. 39, Issue 5, p 1131-

ZACHAR, D., 1982, Soil Erosion- Developments in Soil Science, Elsevier Scientific Publishing Company, 243 p.

ZANCHİ, C. ve TORRİ, D. 1980., Evaluation of rainfall energy in central Italy. In De Boodt, M. and Gabriels, D. (eds), Assessment of erosion. Wiley, London: 133–42.

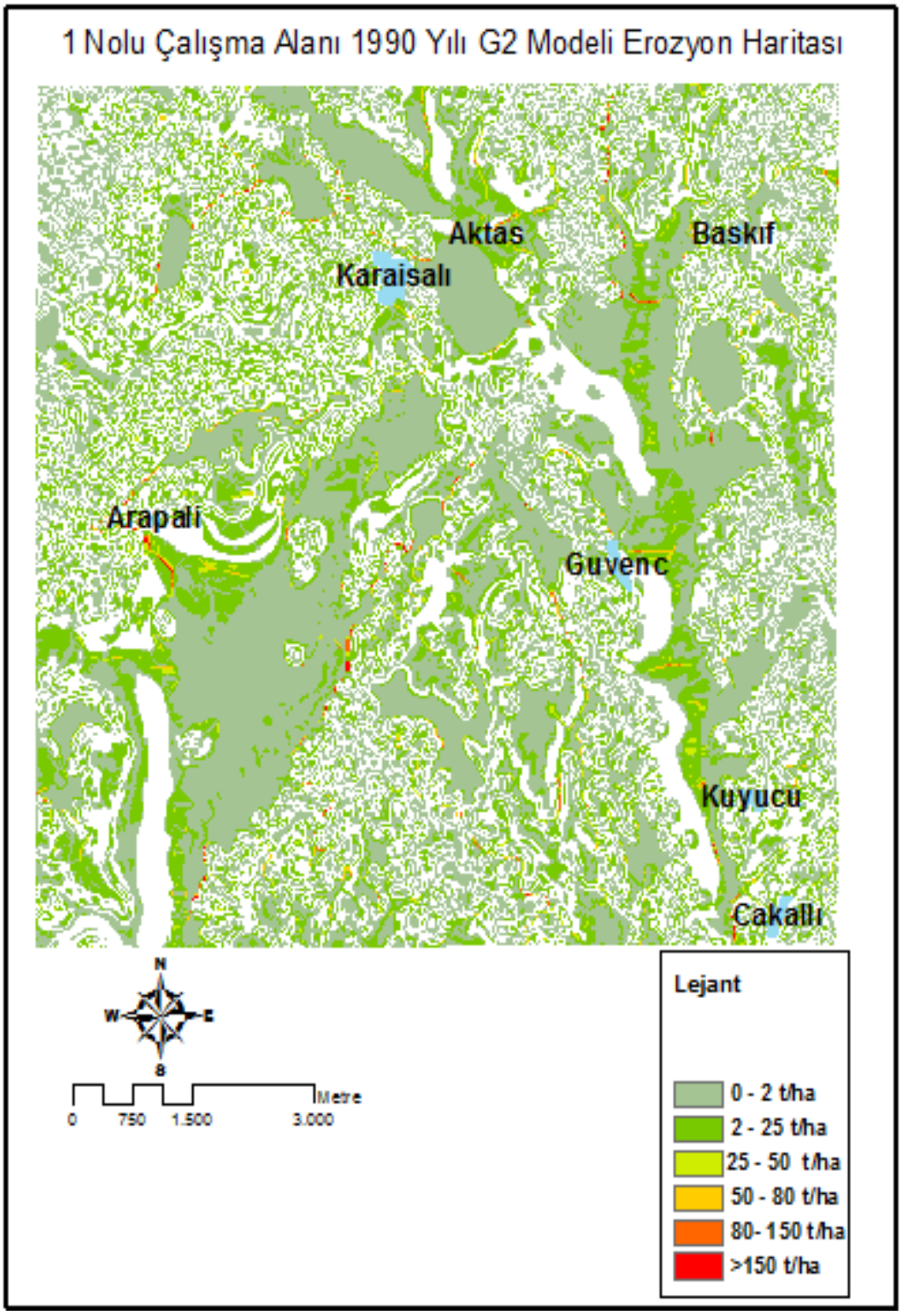
ZINGG, A.W. 1940., Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. Agricultural Engineering 21: 59–64.

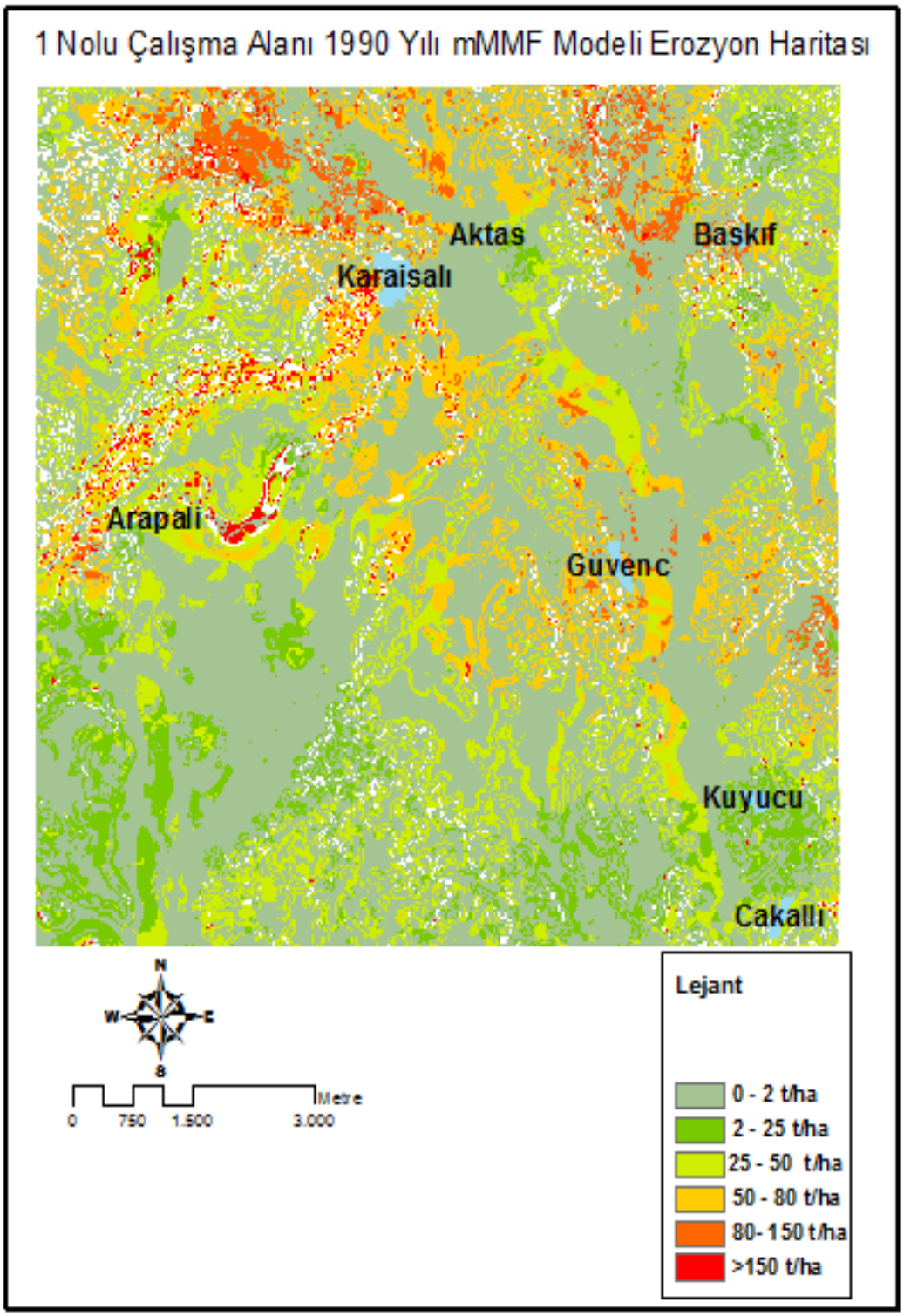
ÖZGEÇMİŞ

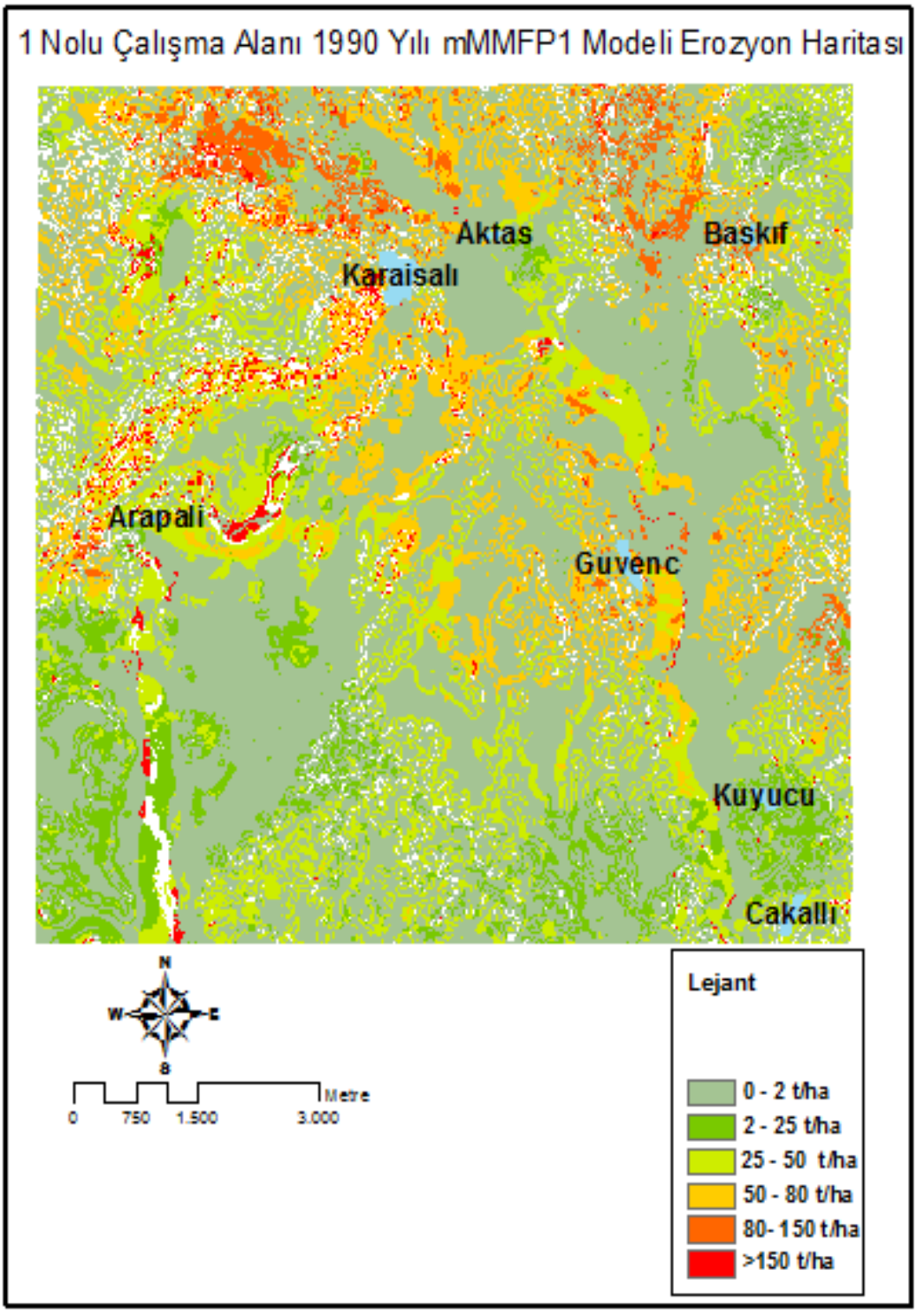
1973 yılında İstanbul-Üsküdar'da doğdu. İlköğrenimine Tekirdağ İnönü İlkokulunda başladı. Ortaokul ve Lise eğitimini Tekirdağ Anadolu Lisesinde tamamladı. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda yaptığı tez çalışması ile tamamladı. 1996-2003 yılları arası özel sektörde birçok firmada Harita Mühendisi olarak görev yaptı. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Karaisalı Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu yüksekokulun Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü Harita Kadastro programında öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.

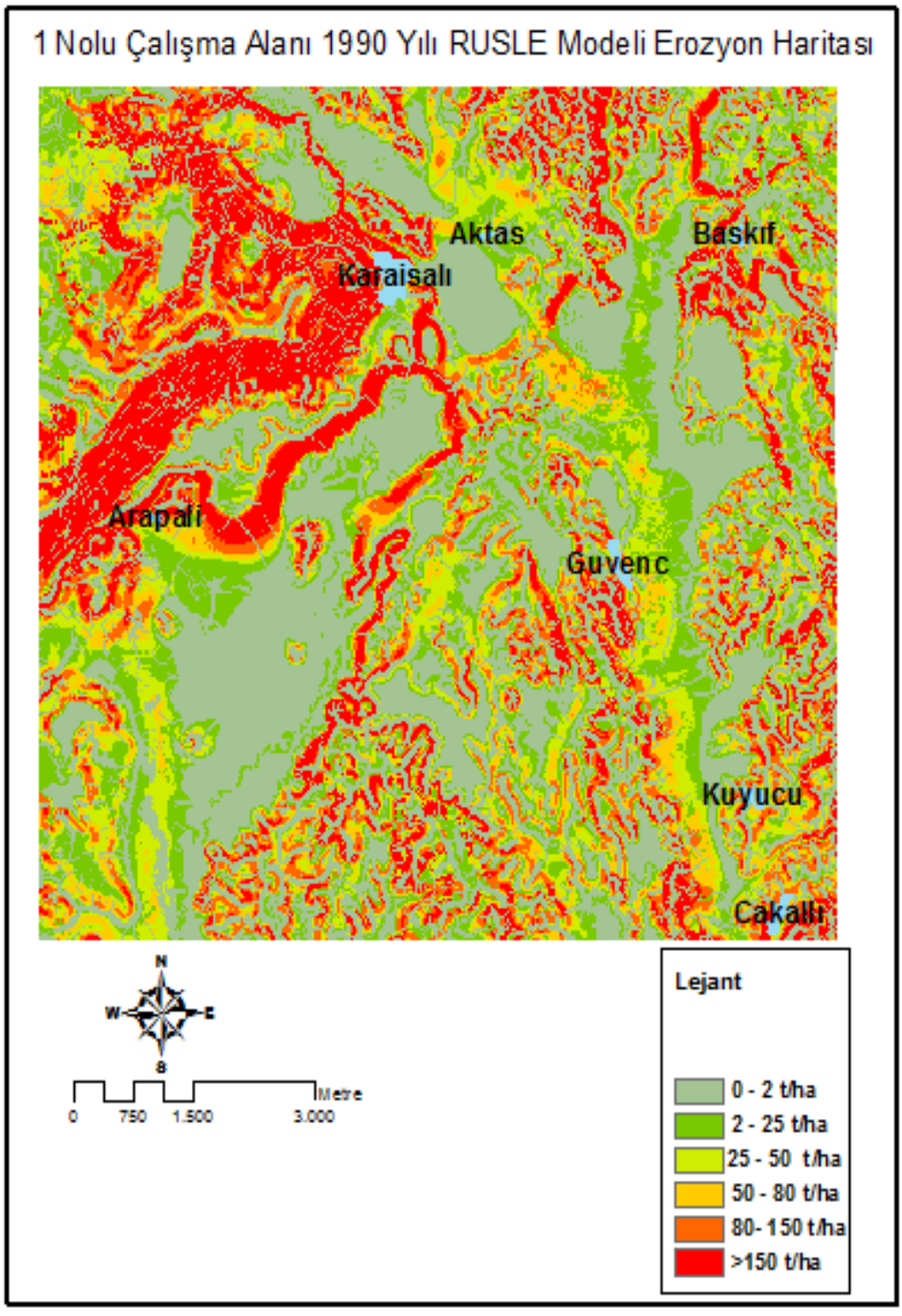
EKLER

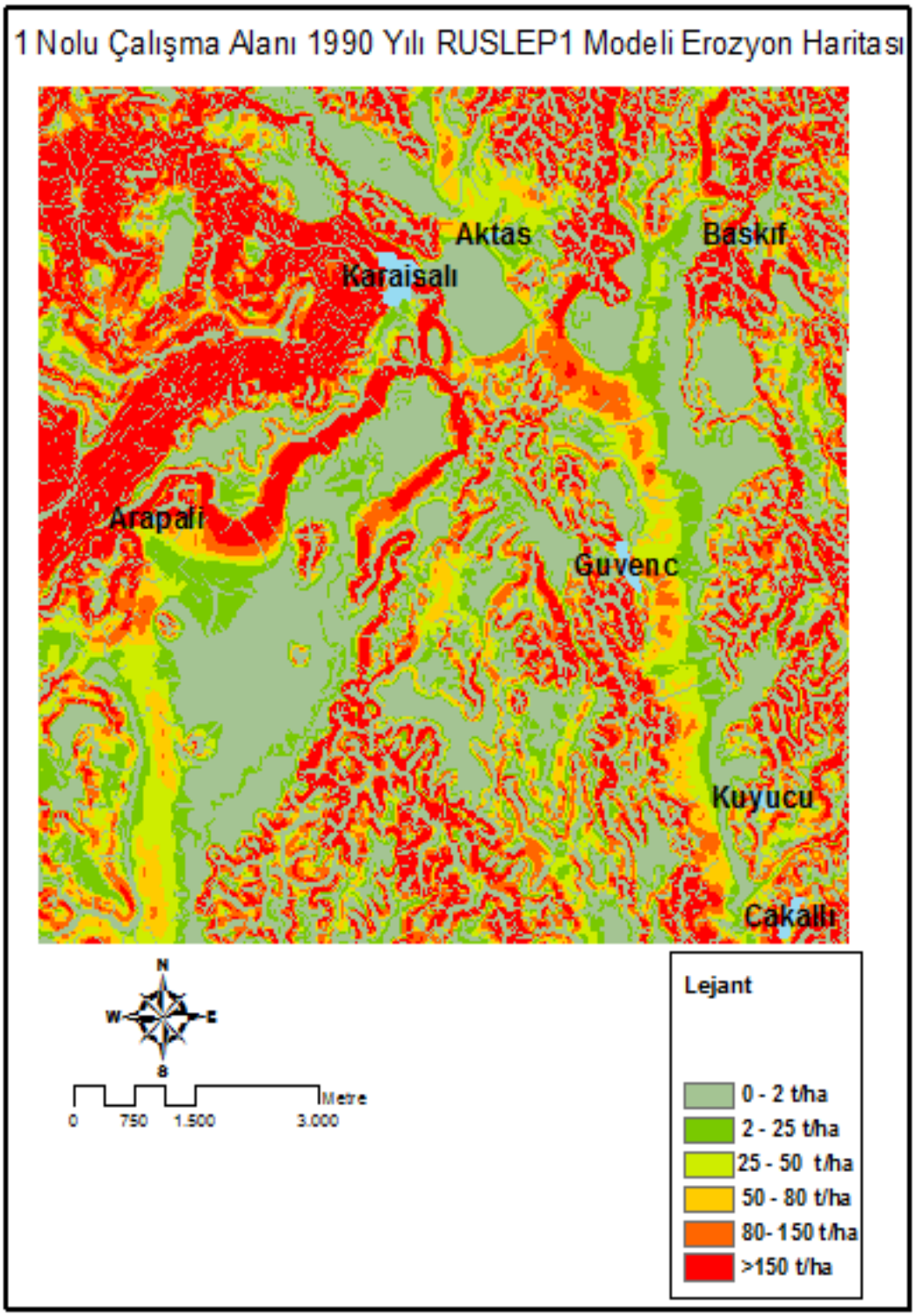
EK 1
Erozyon Haritaları

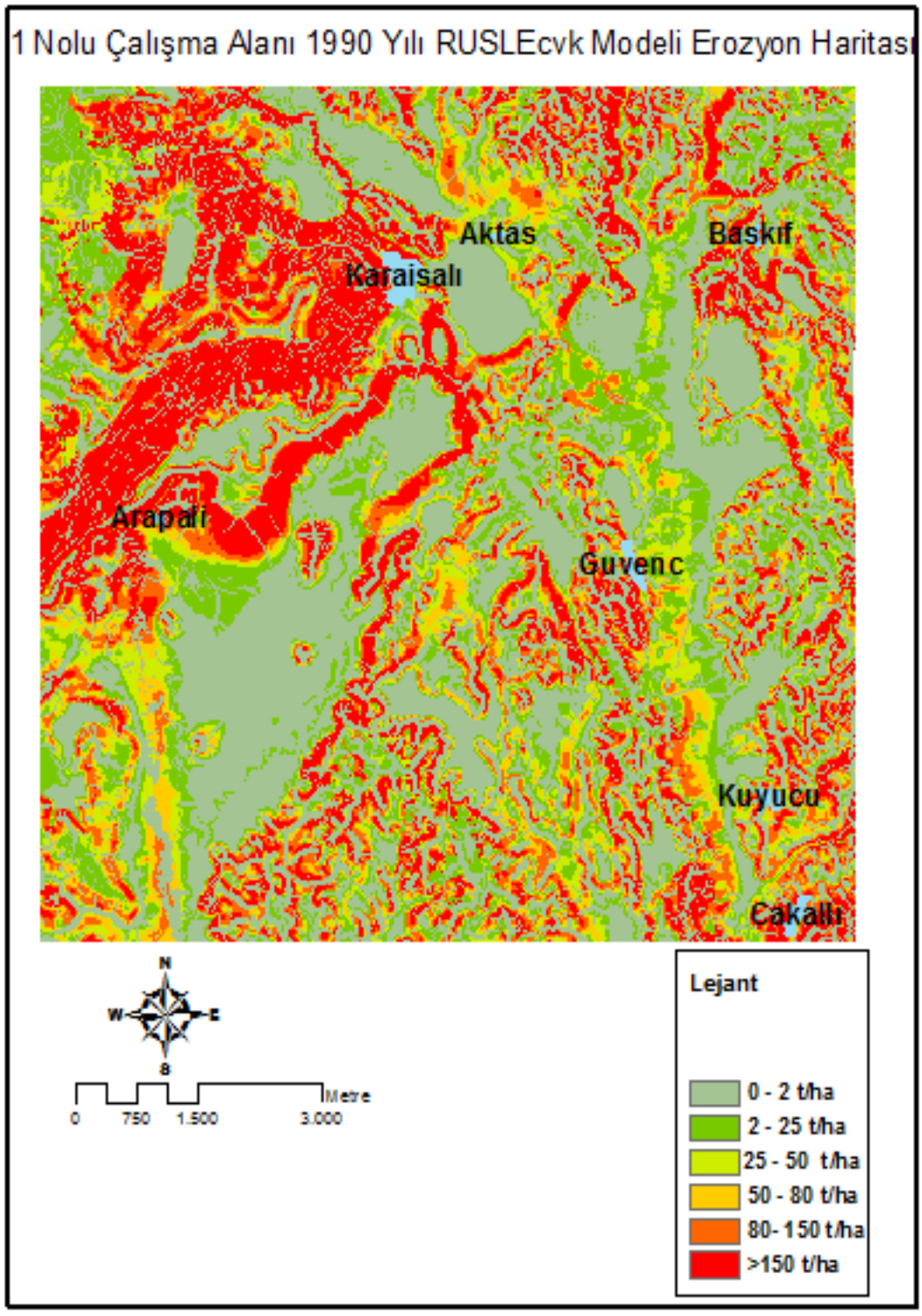


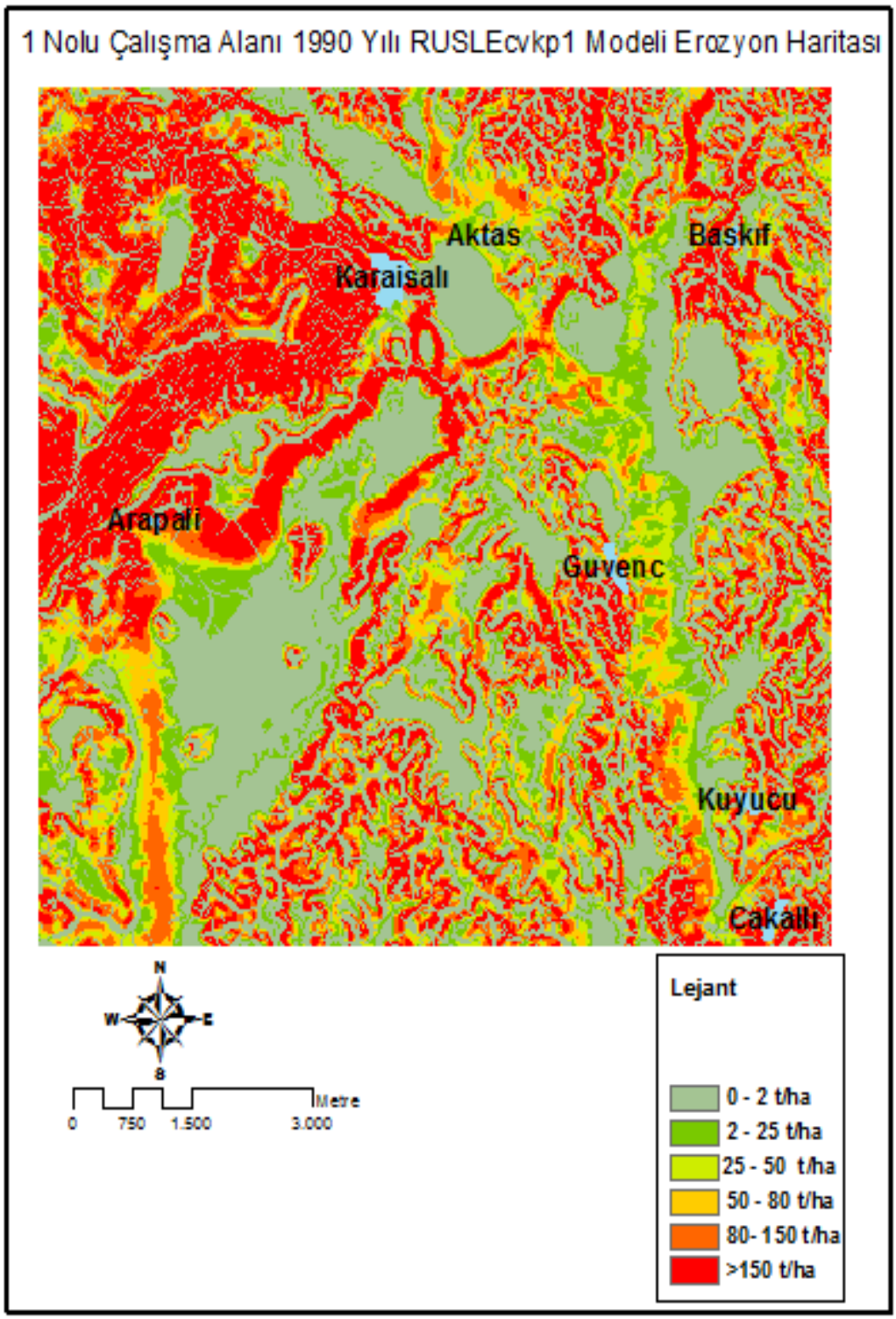

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı mMMF Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapali
Guvenc
Kuyucu
Cakalli
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

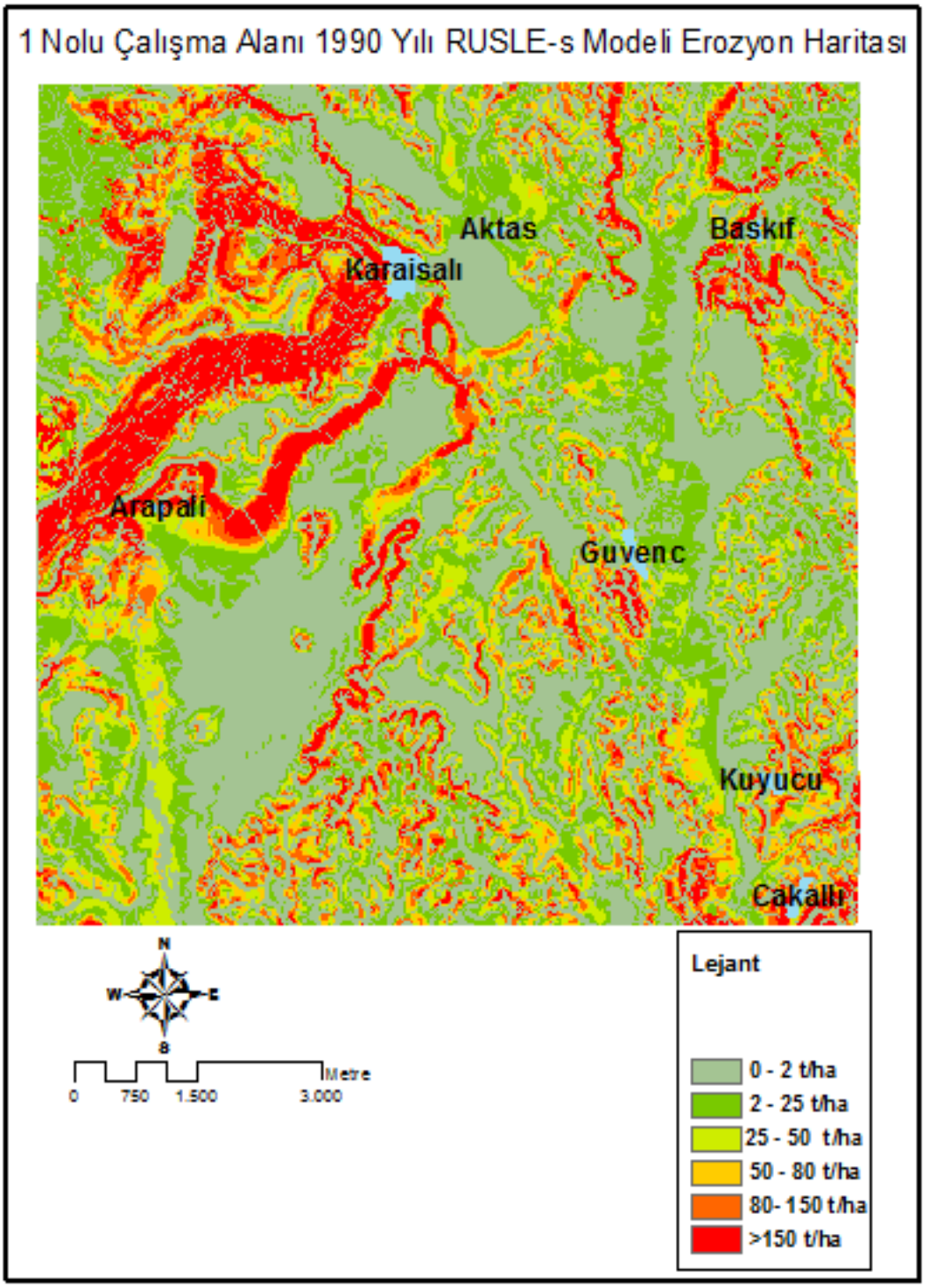

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı mMMFP1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapali
Guvenc
Kuyucu
Cakalli
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

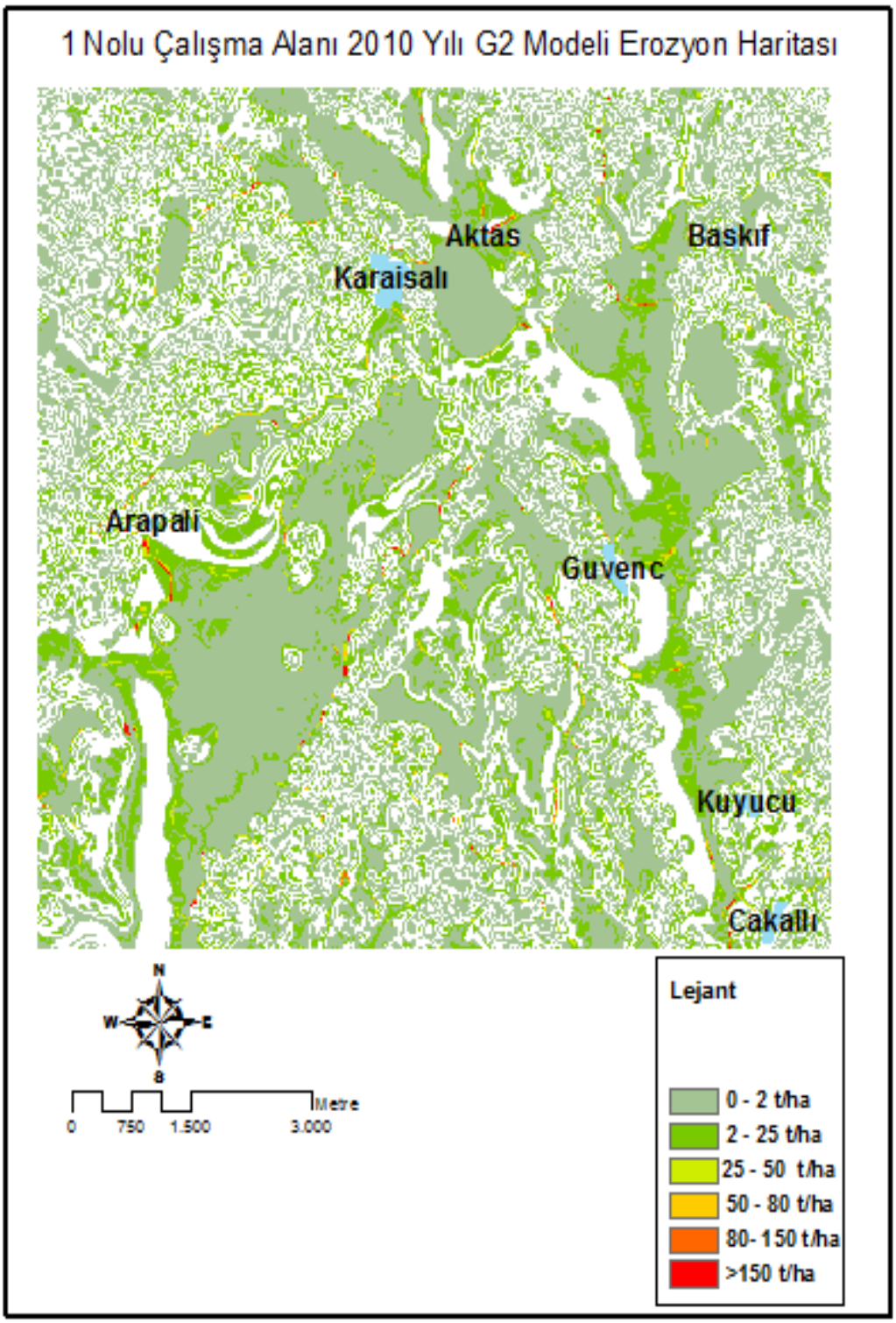

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Cakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

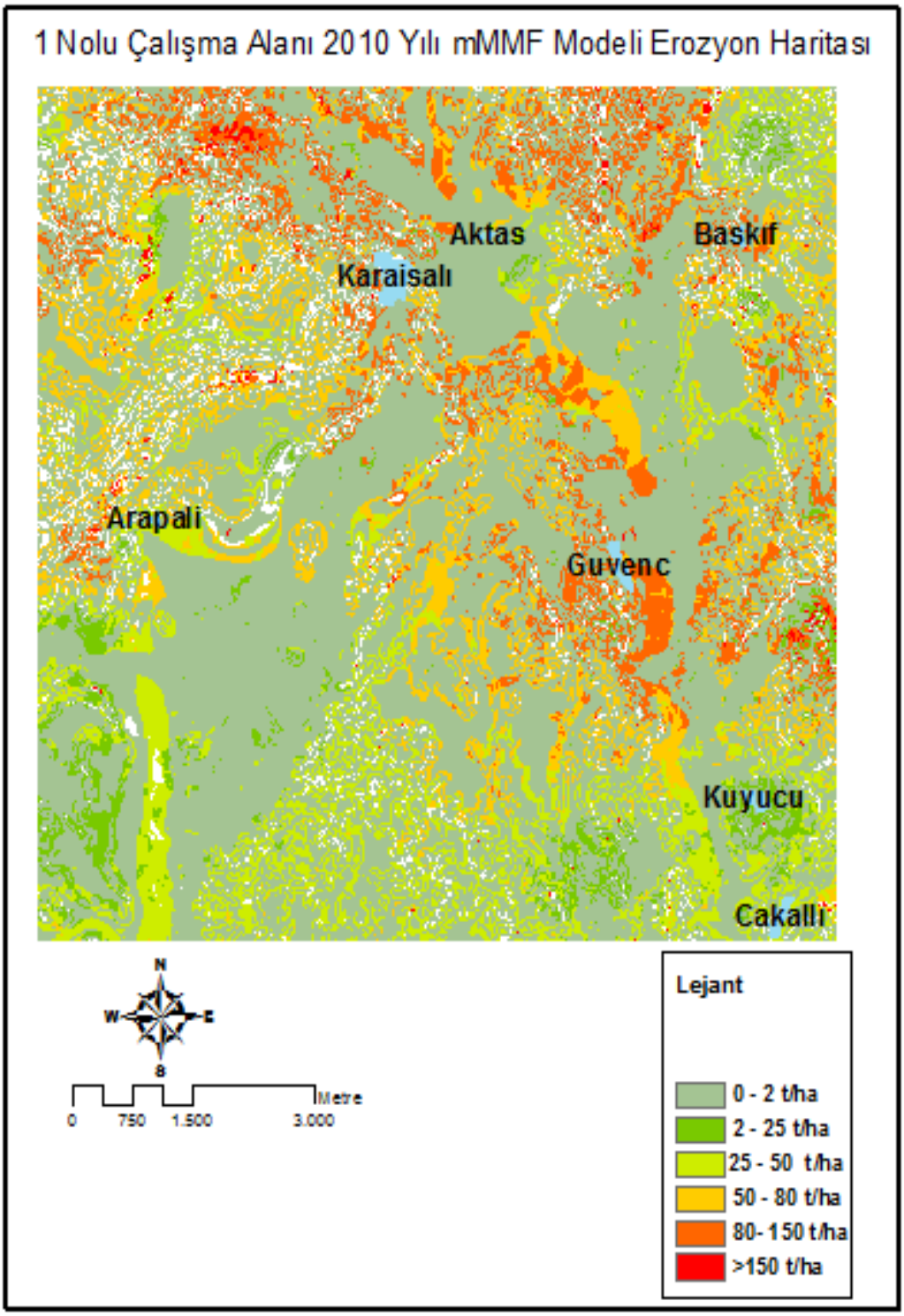

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEP1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Karaisalı
Baskıf
Arapali
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

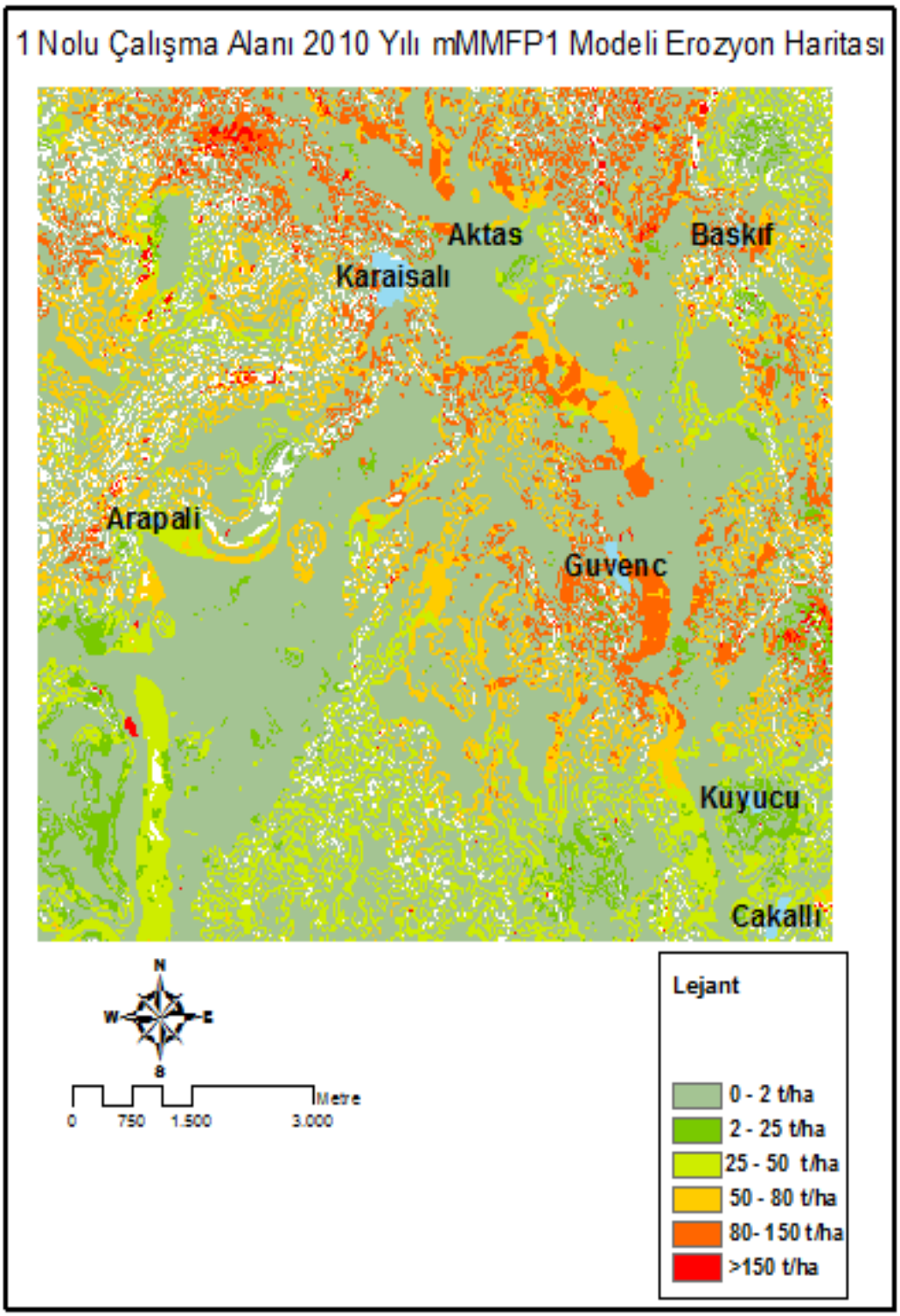

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEcvk Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

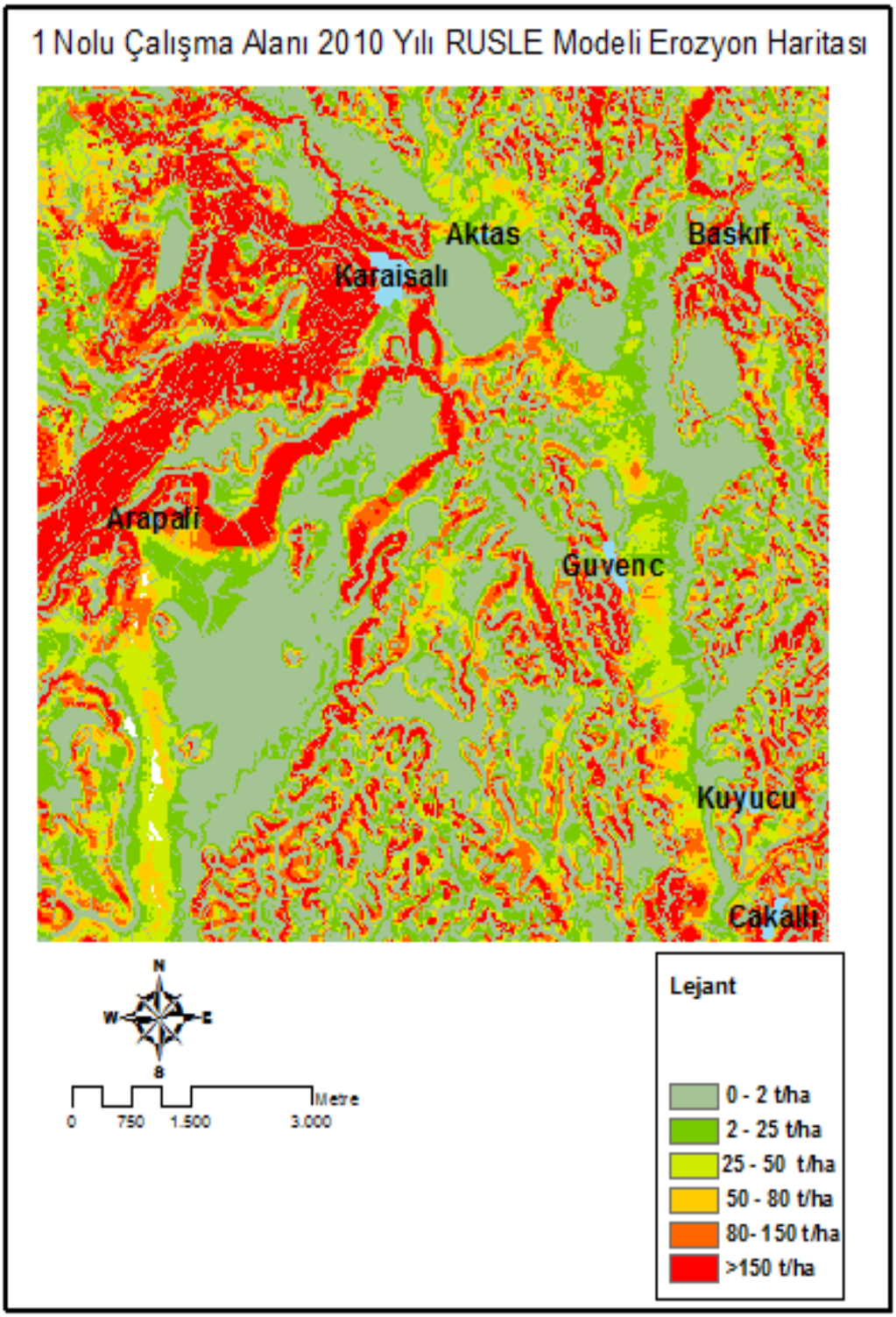

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEcvkp1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Cakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

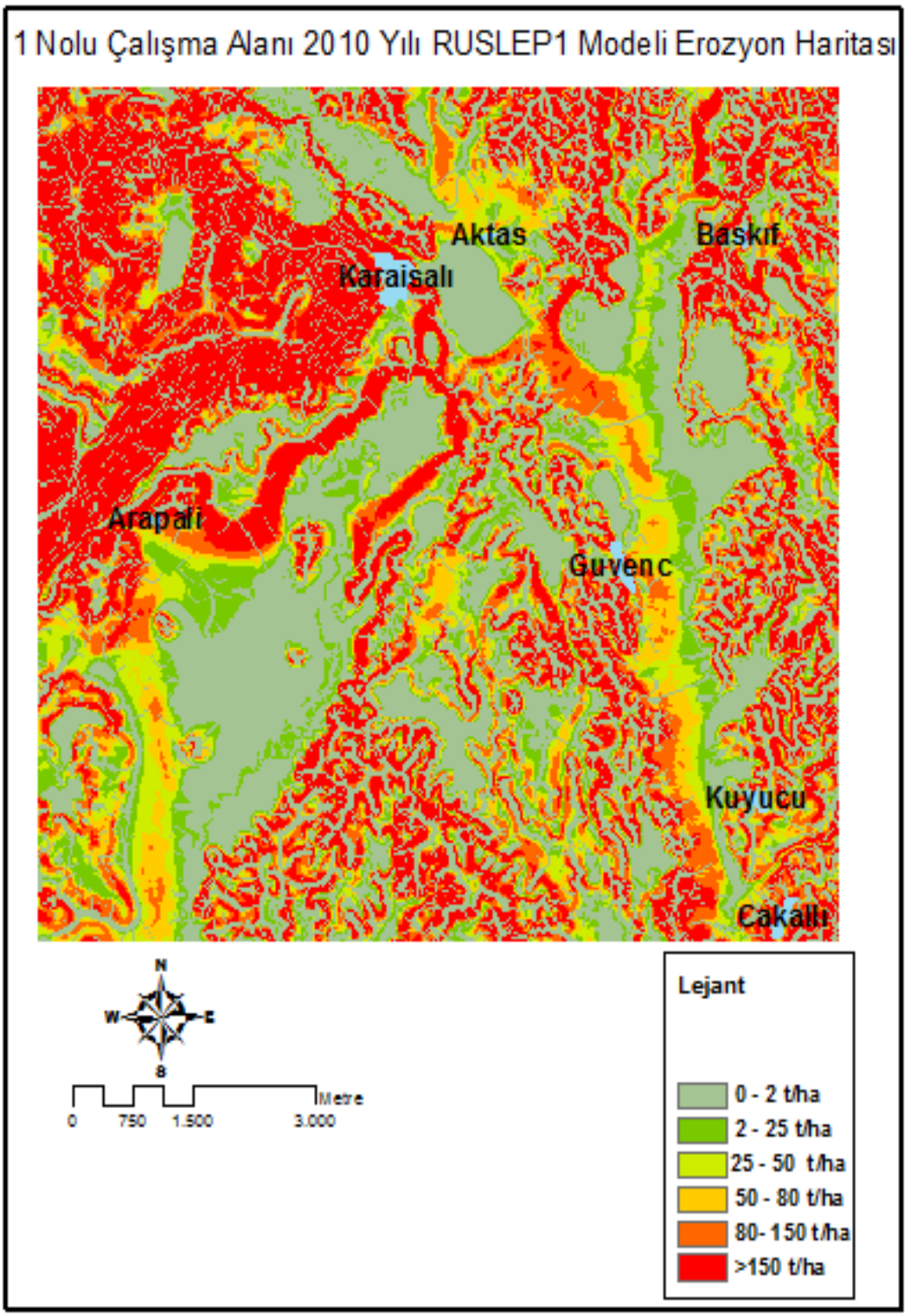

1 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE-s Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

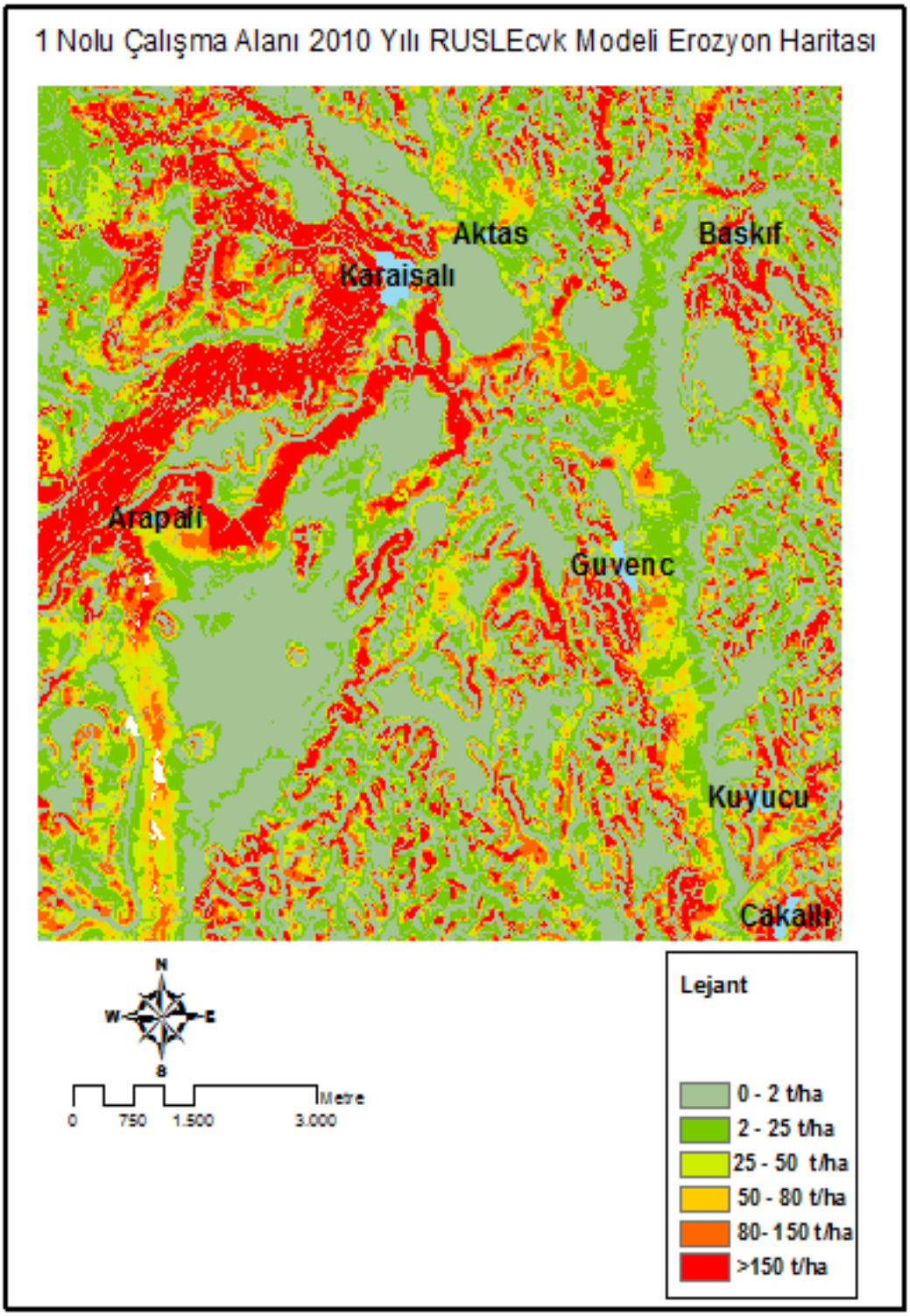

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı G2 Modeli Erozyon Haritası
Aktaş
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

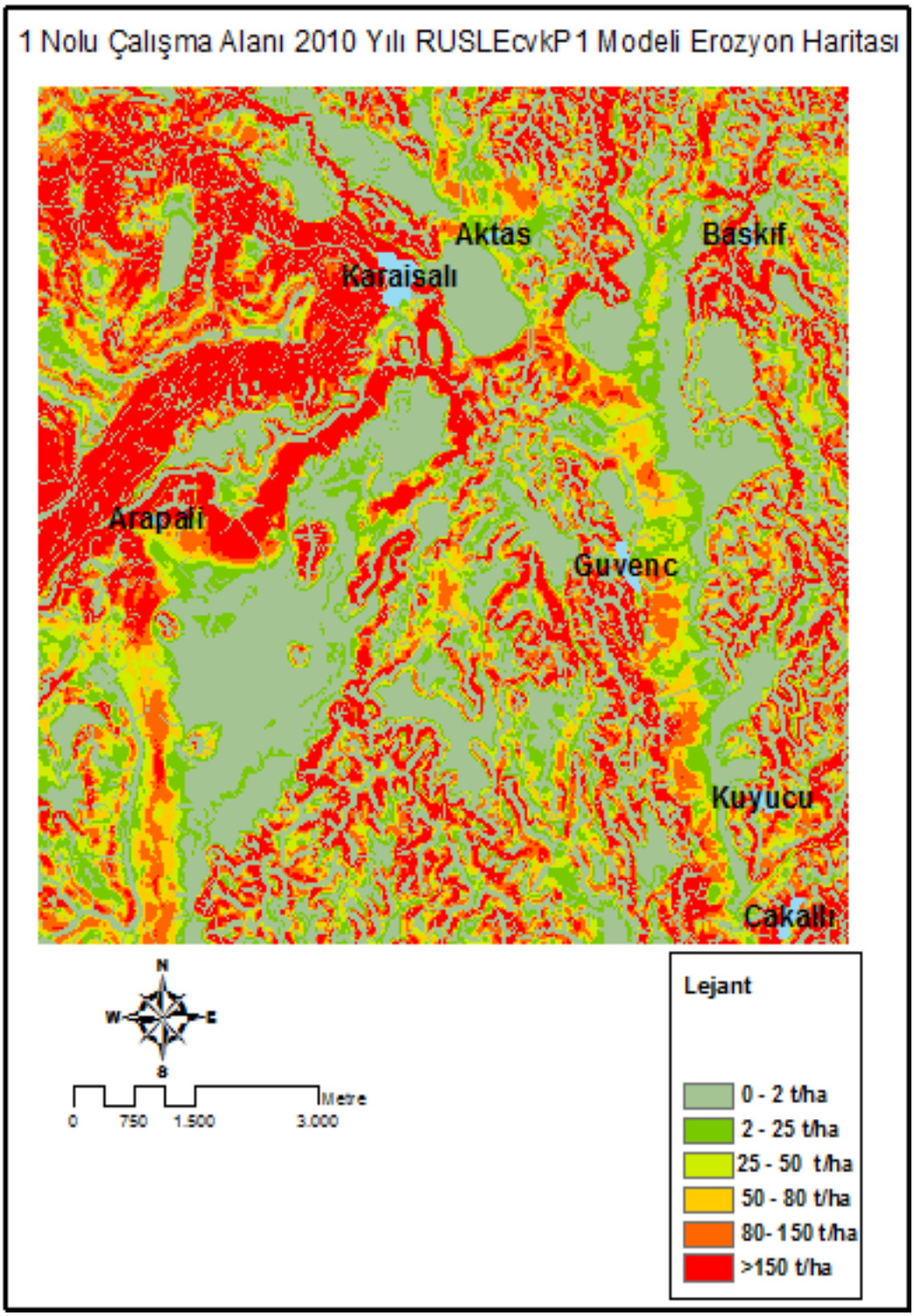

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı mMMF Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapali
Guvenc
Kuyucu
Cakalli
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

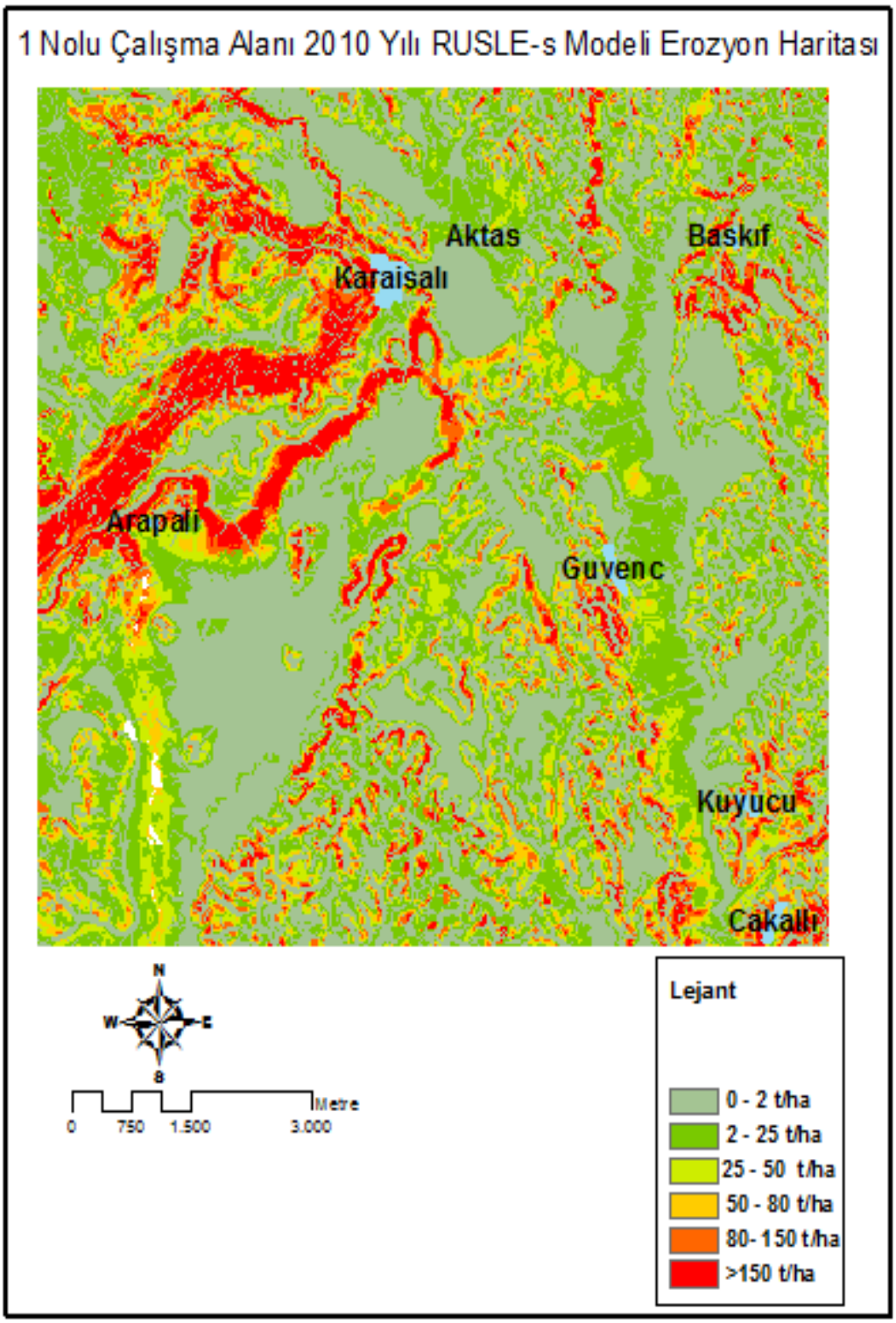

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı mMMFP1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapali
Guvenc
Kuyucu
Cakalli
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

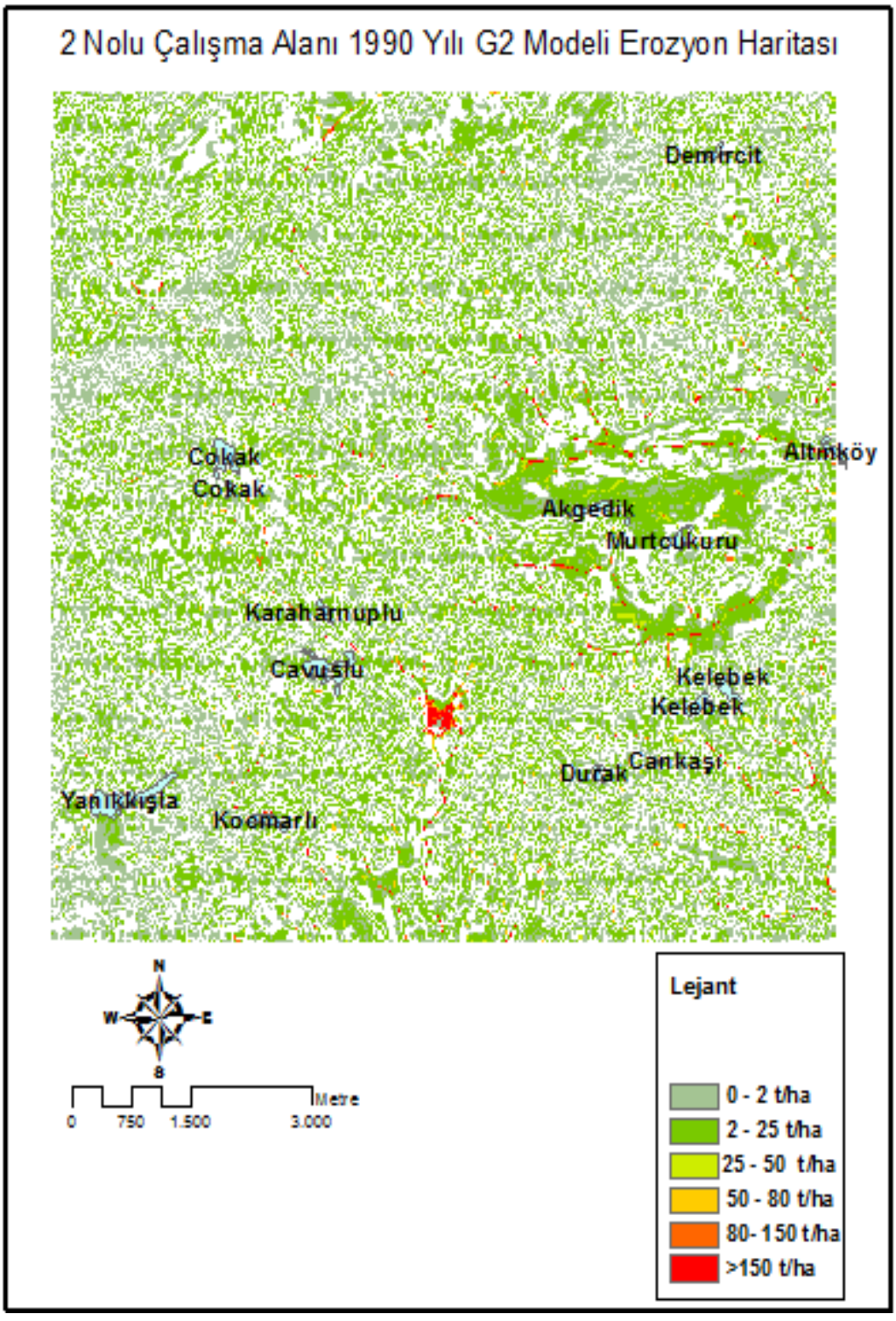

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

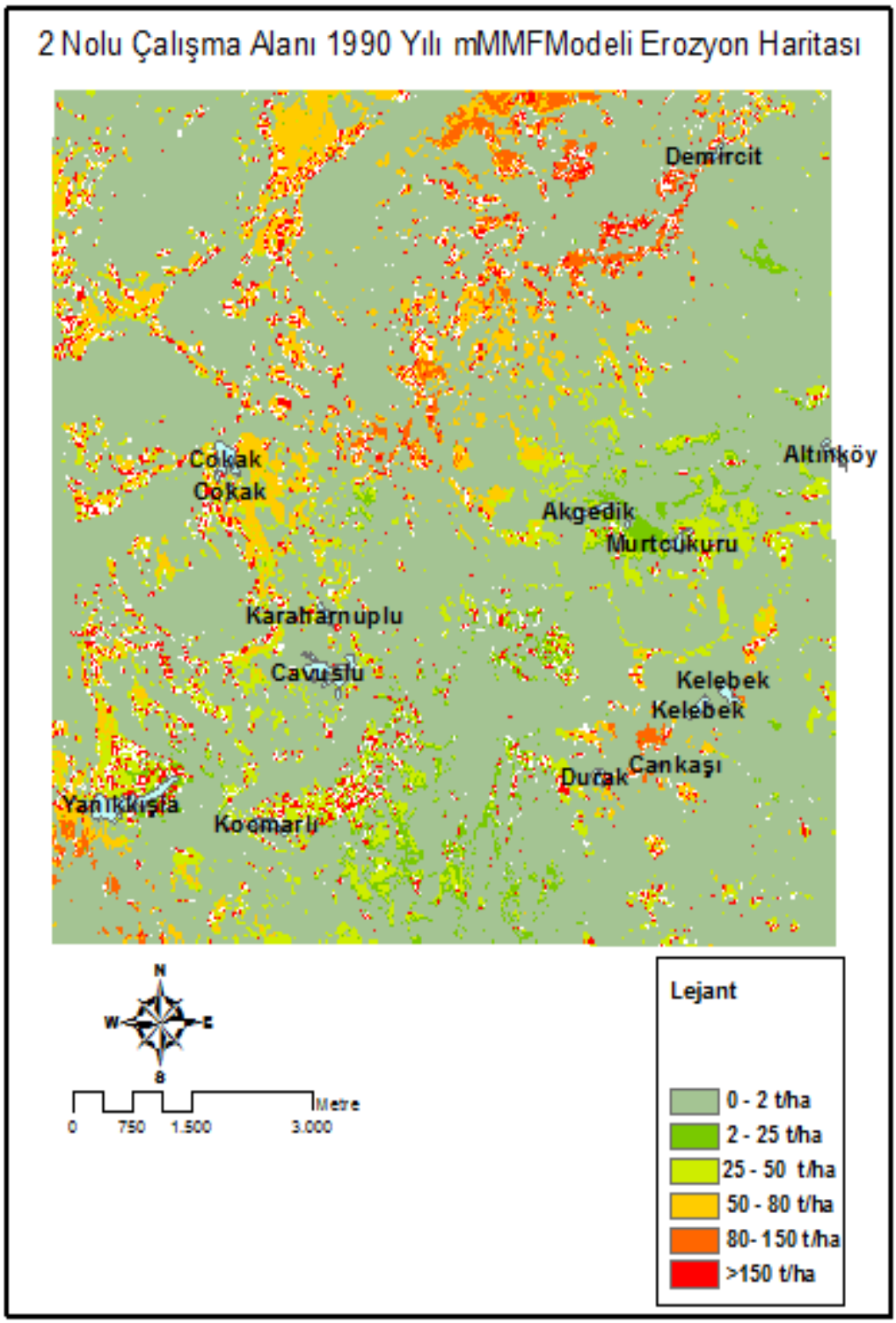

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEP1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Cakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

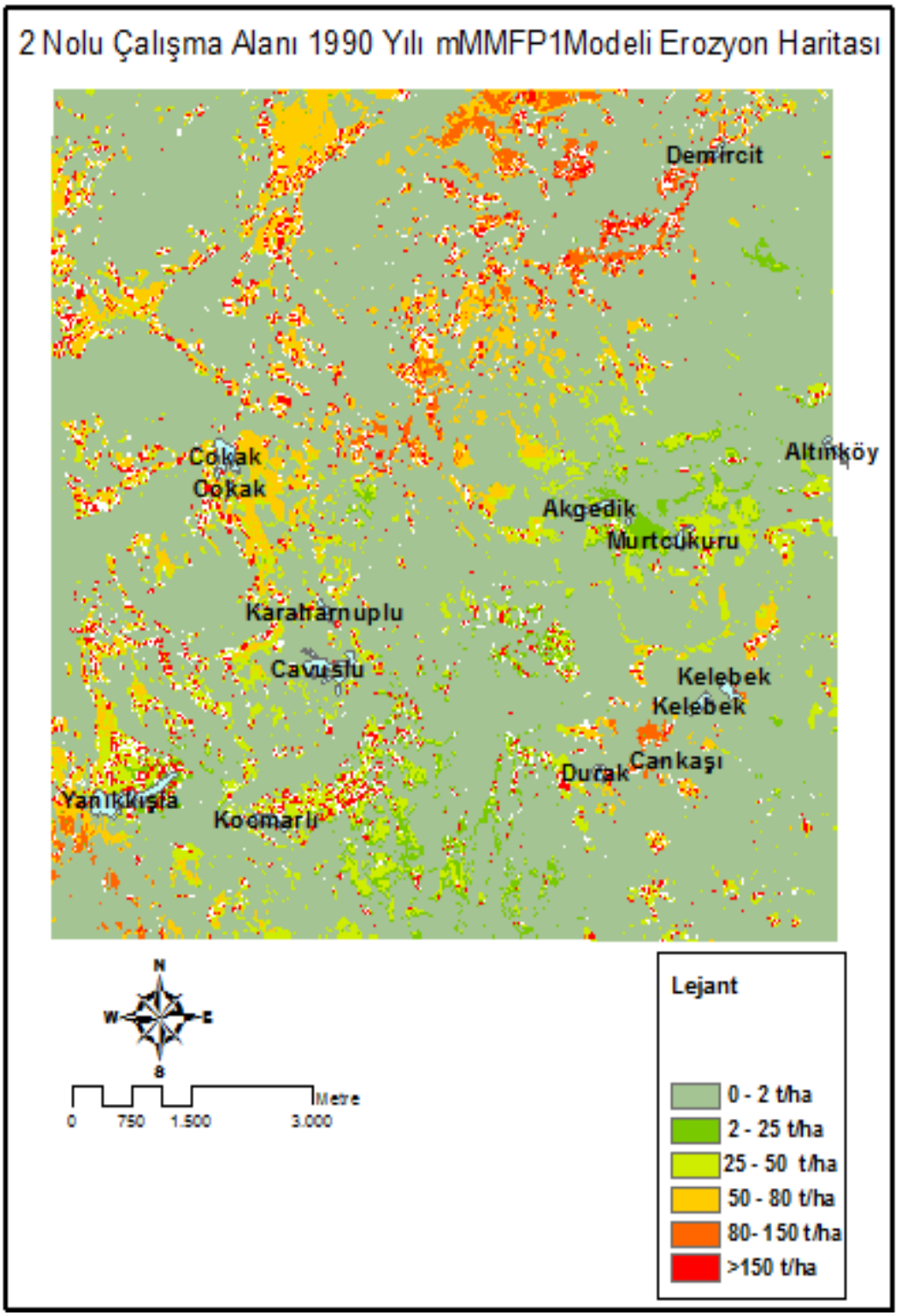

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEcvk Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

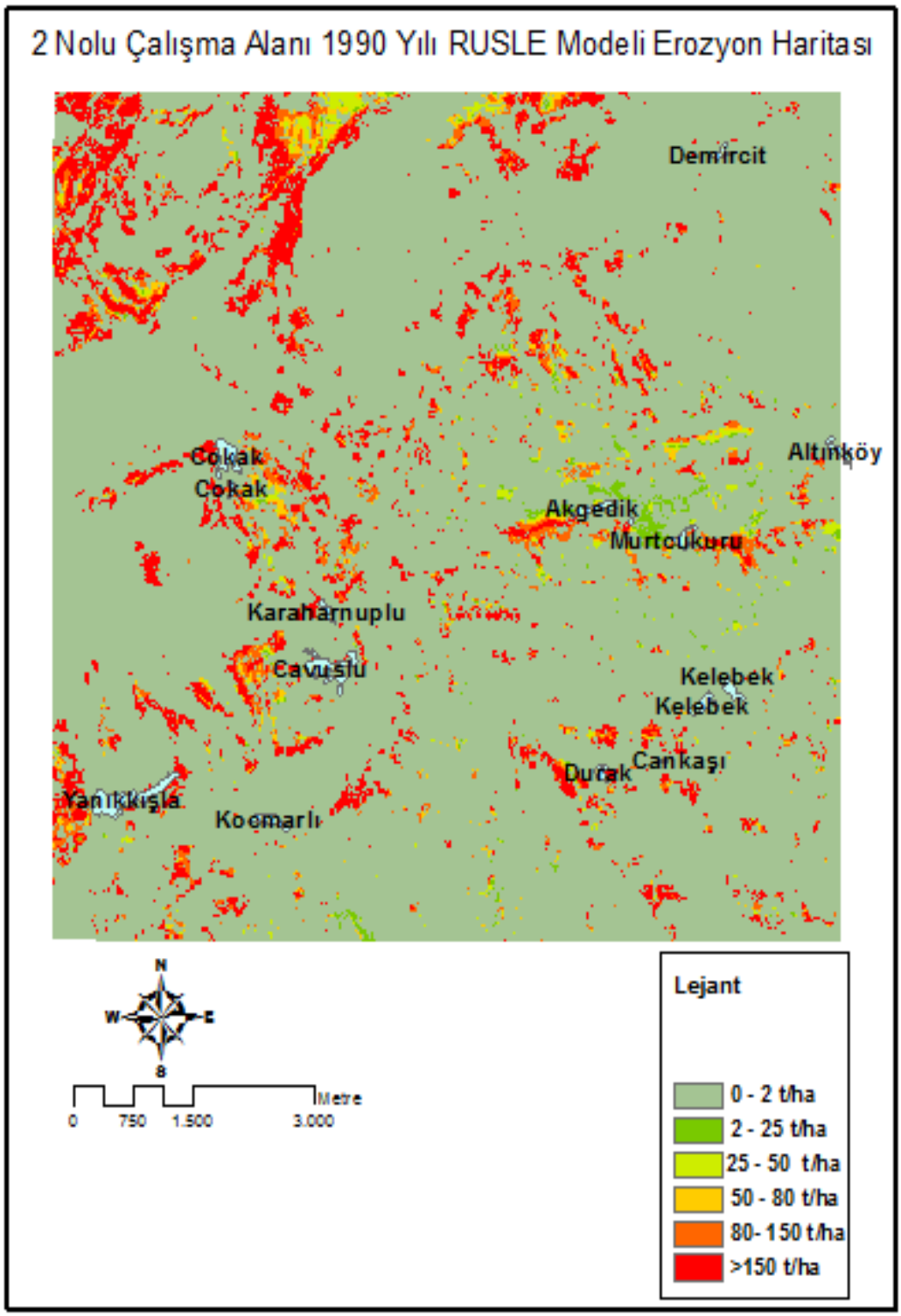

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEcvkP1 Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

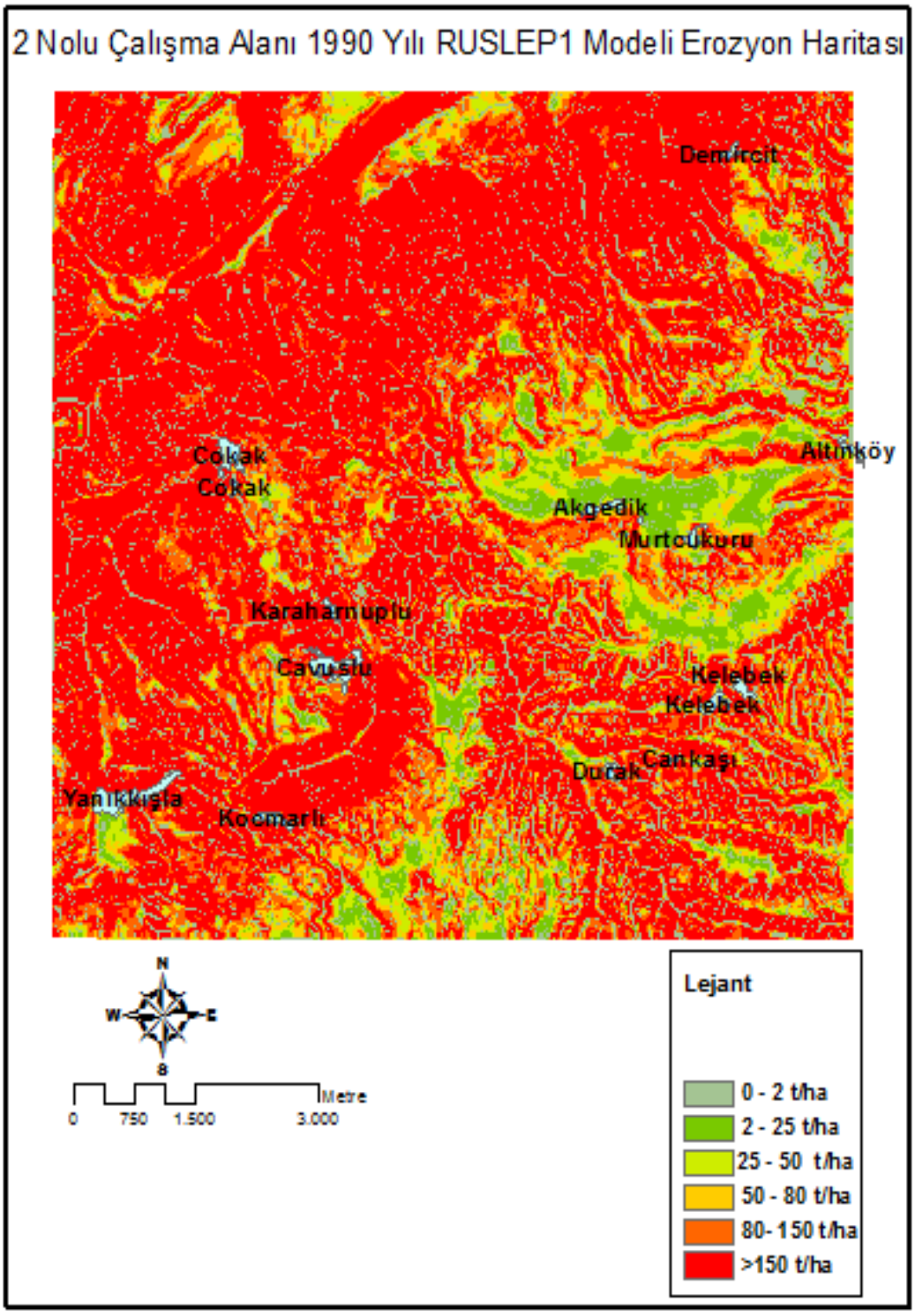

1 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE-s Modeli Erozyon Haritası
Aktas
Baskıf
Karaisalı
Arapalı
Guvenc
Kuyucu
Çakallı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

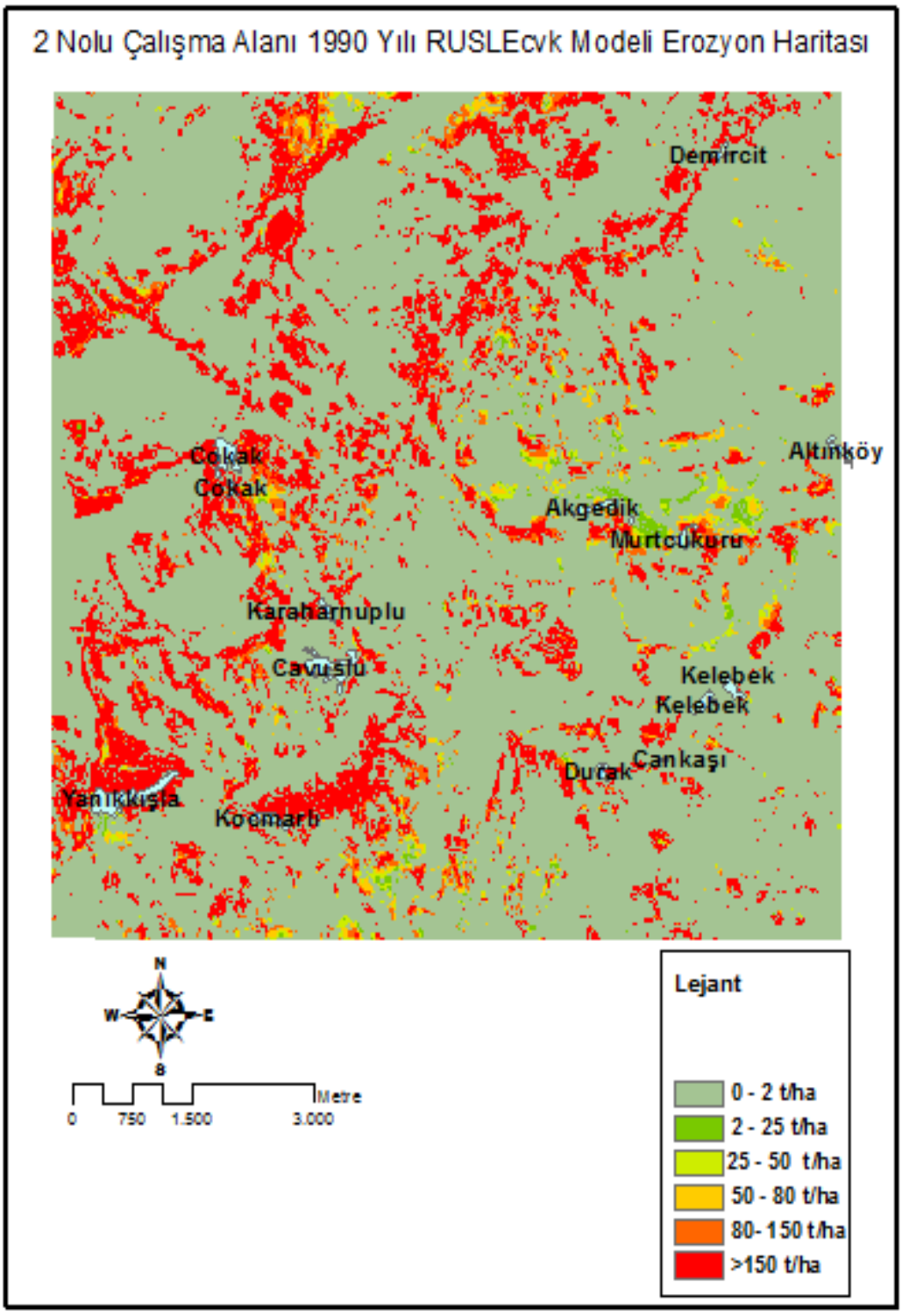

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı G2 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtçukuru
Karaharmuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Durak
Cankaşı
Yanıkkışla
Koçmarlı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

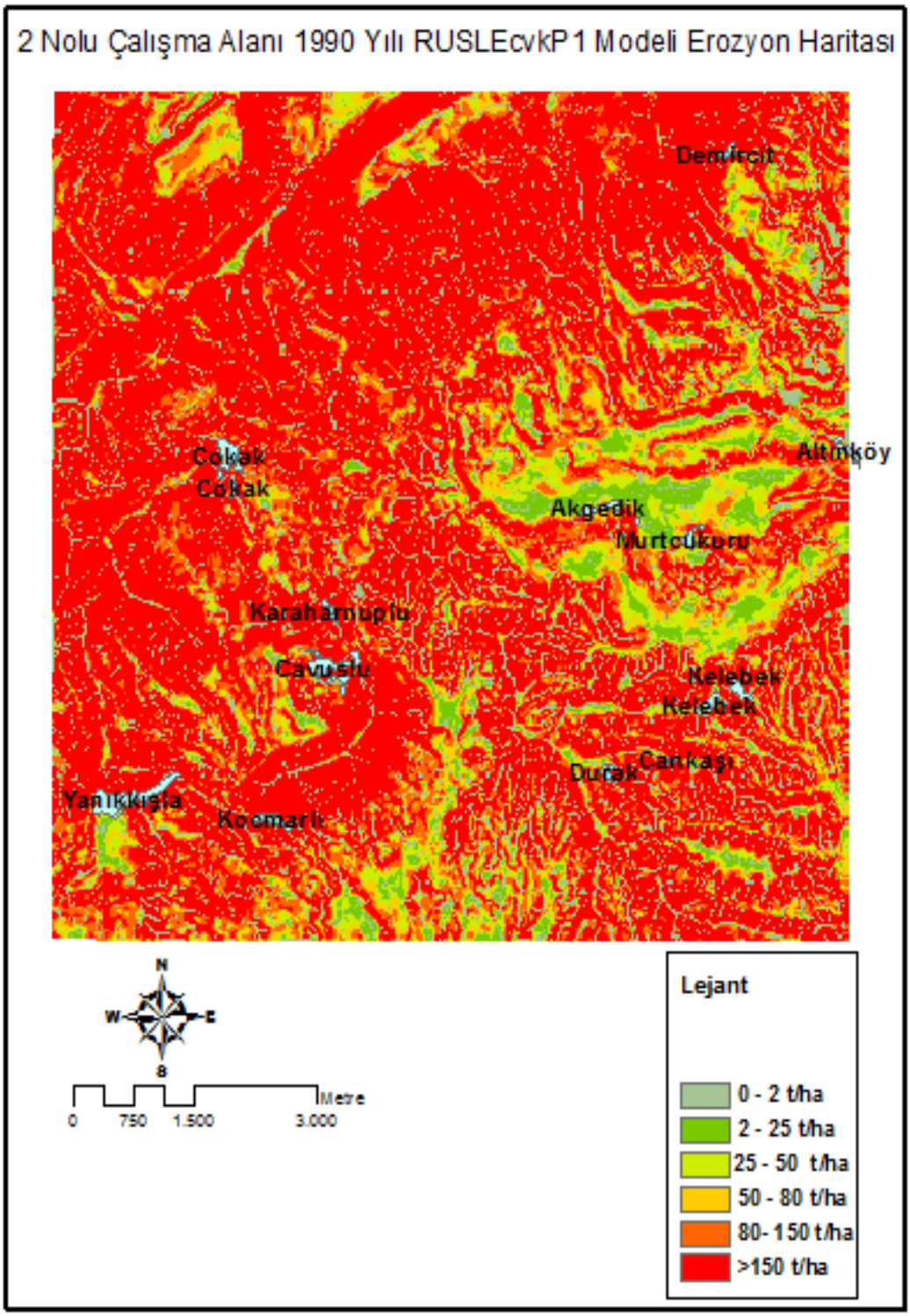

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı mMMFModeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karahamuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Duçak
Yanıkkışla
Koomarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

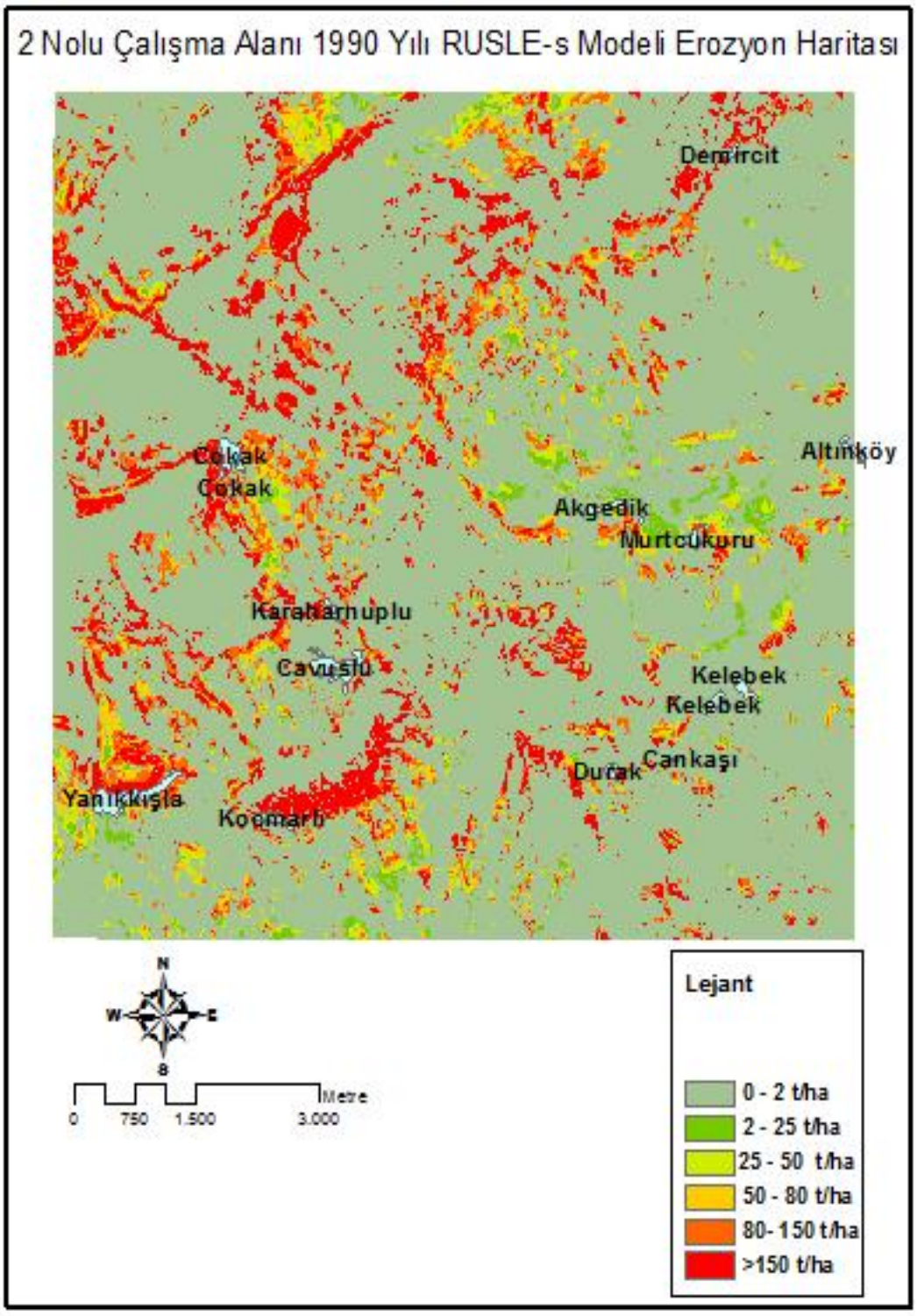

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı mMMFP1Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karahamuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Ducak
Yanıkkışla
Koomarlı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80 - 150 t/ha
>150 t/ha

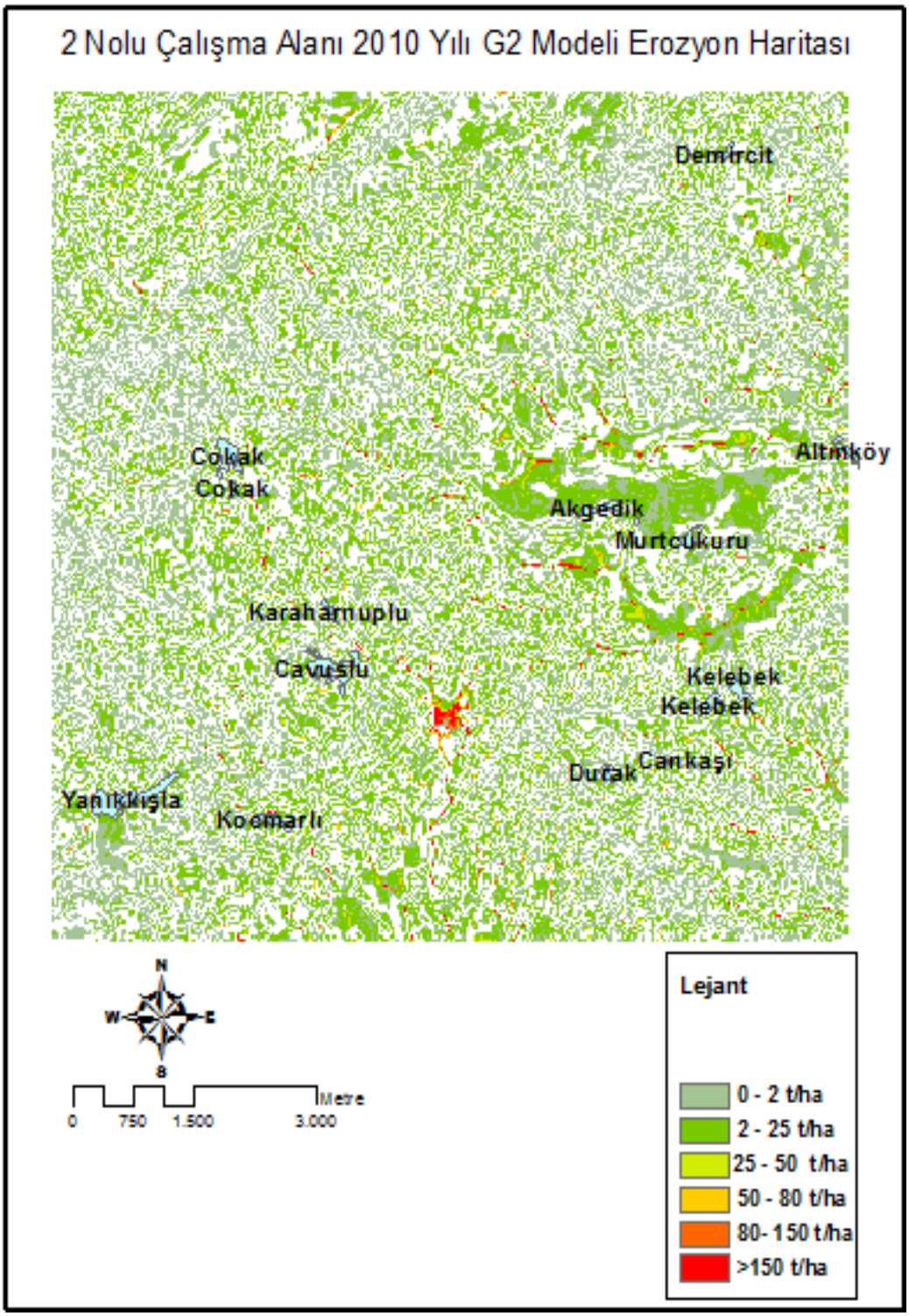

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharnuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Ducak
Yanıkkışla
Koomarlı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

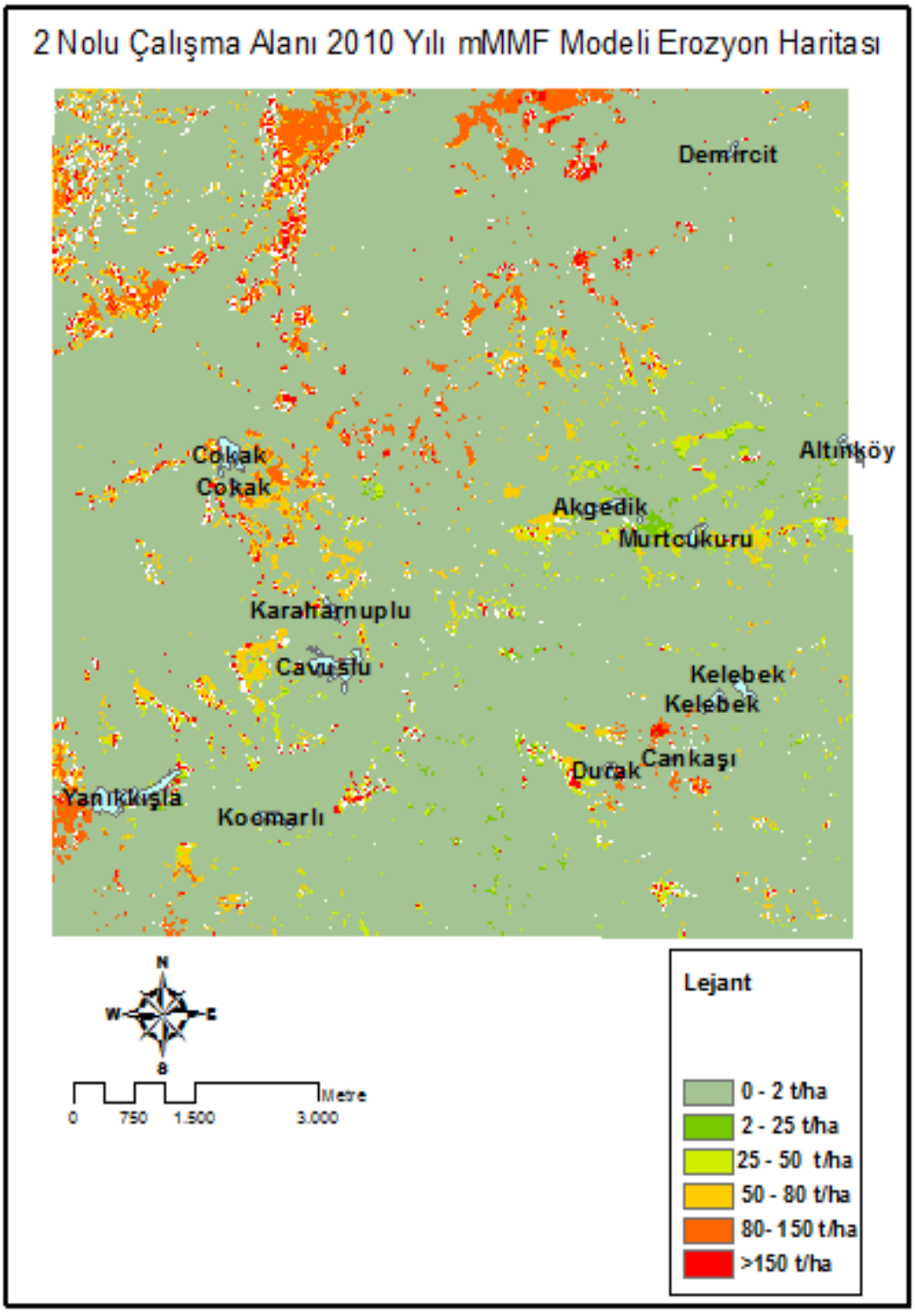

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEP1 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcükuru
Karaharmuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Kocmarlı
N
W
E
S
0
750
1.500
3.000
Metre
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

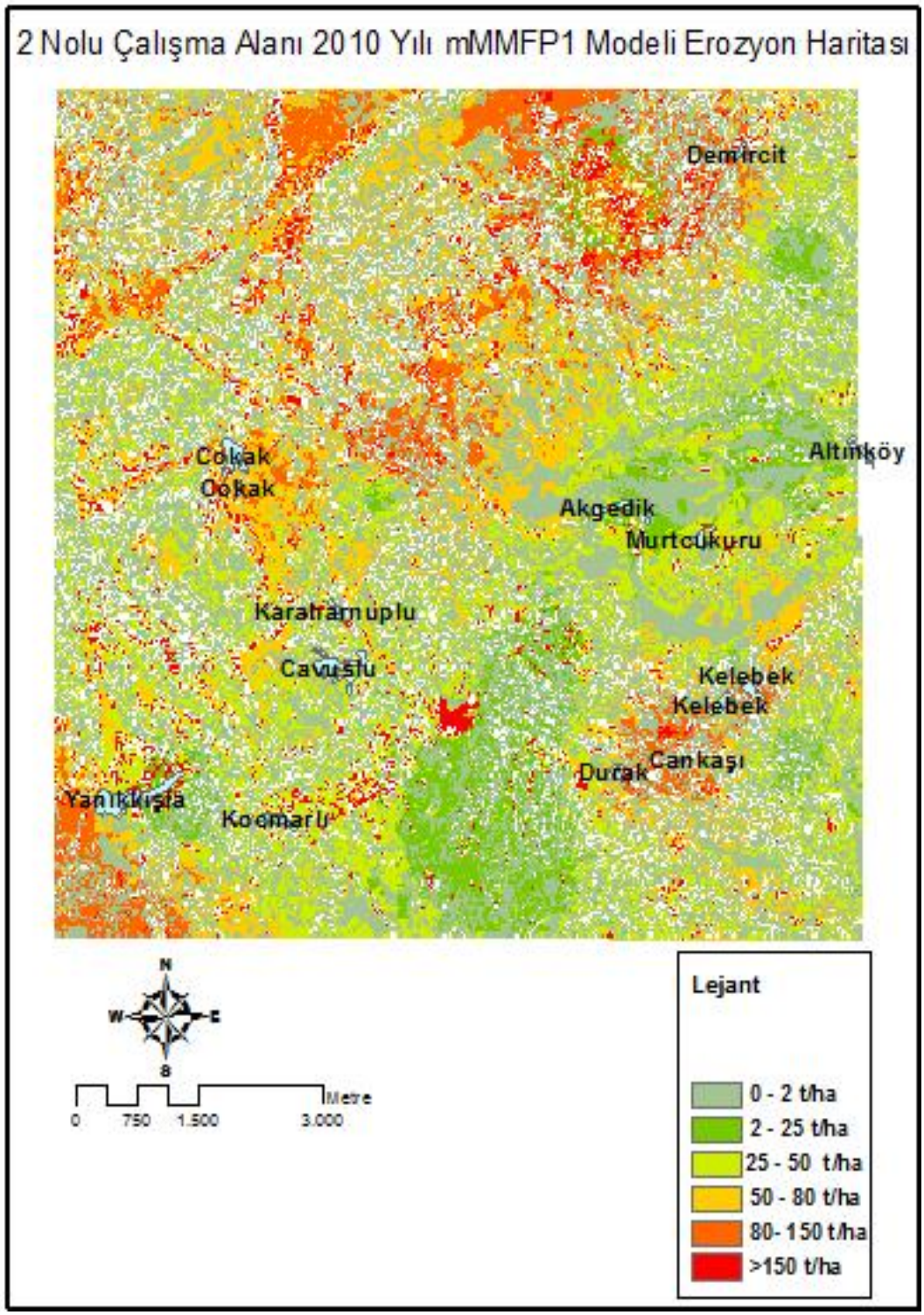

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEcvk Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharmuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Kocmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

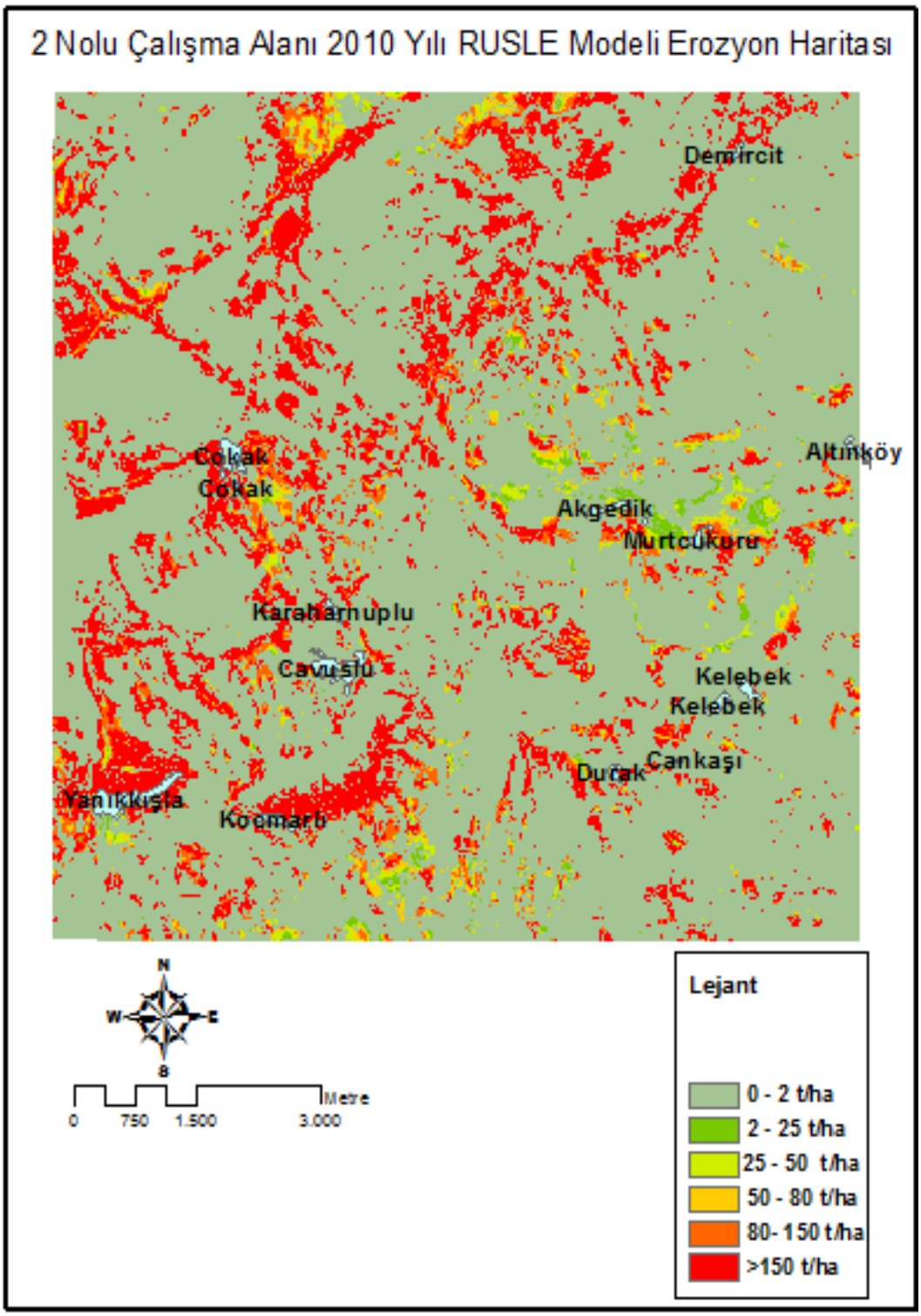

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLEcvkP1 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharmuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Durak
Cankaşı
Yanıkkışla
Kocmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

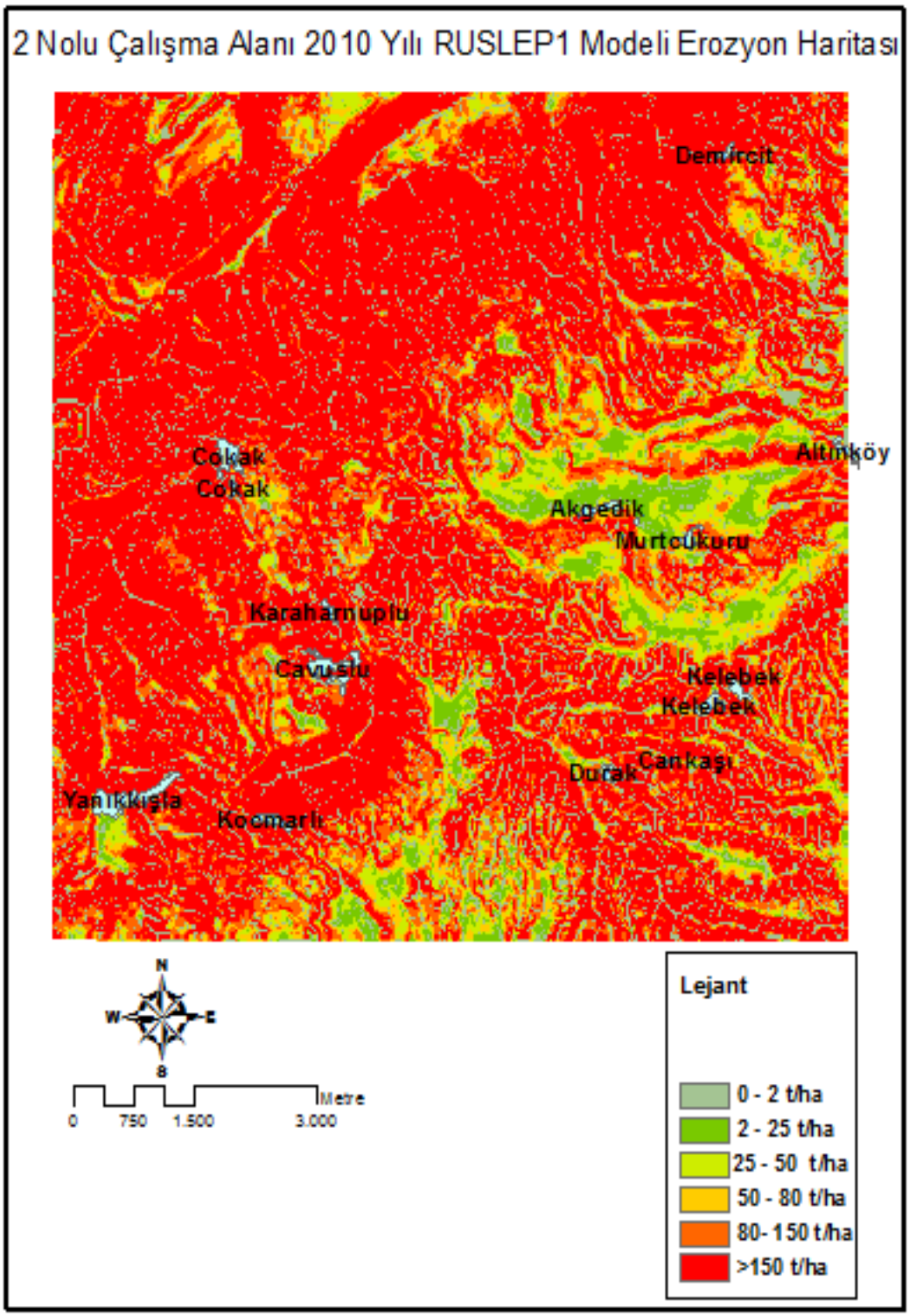

2 Nolu Çalışma Alanı 1990 Yılı RUSLE-s Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karatarhuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Koomarb
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

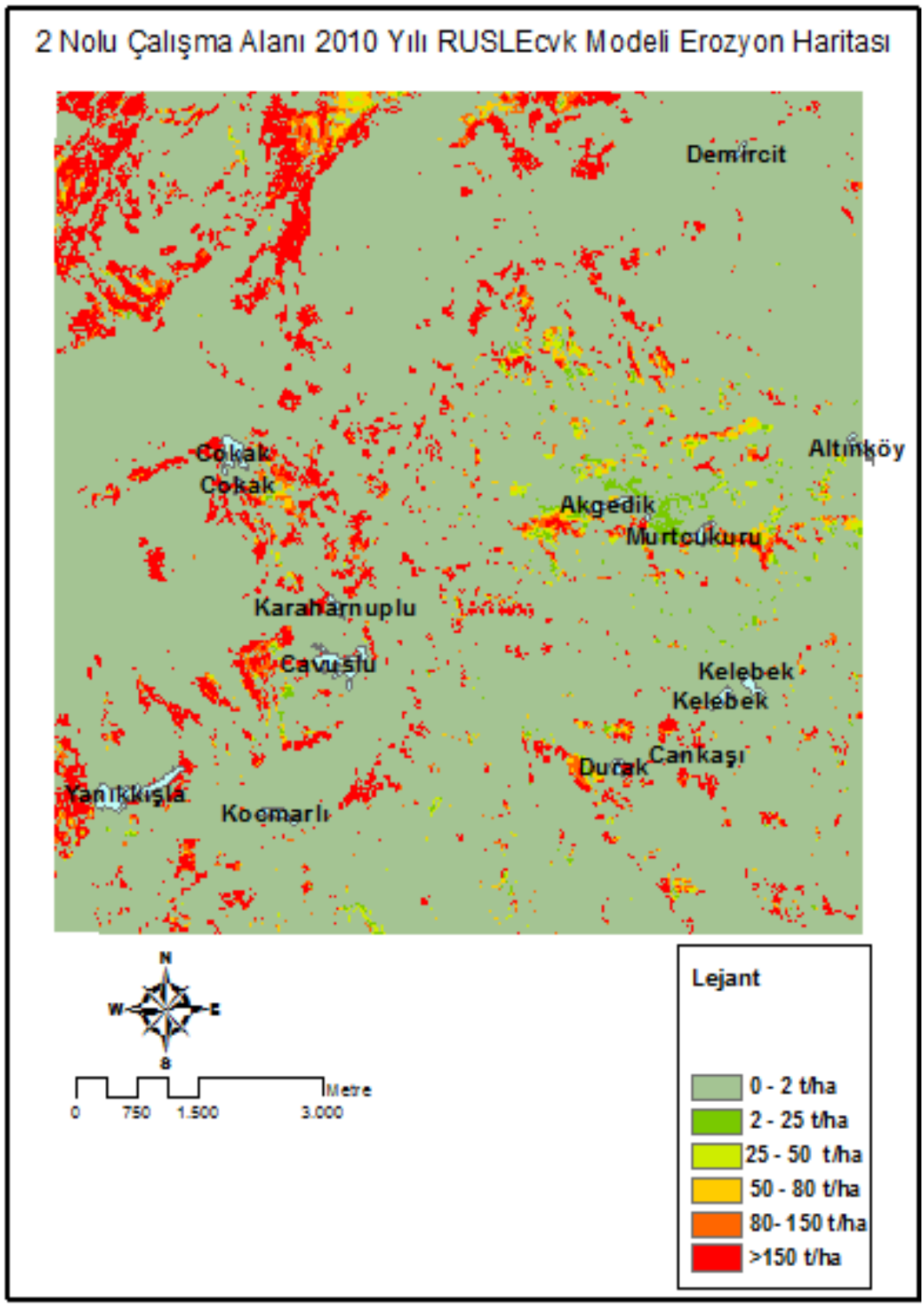

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı G2 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharmuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Koomarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

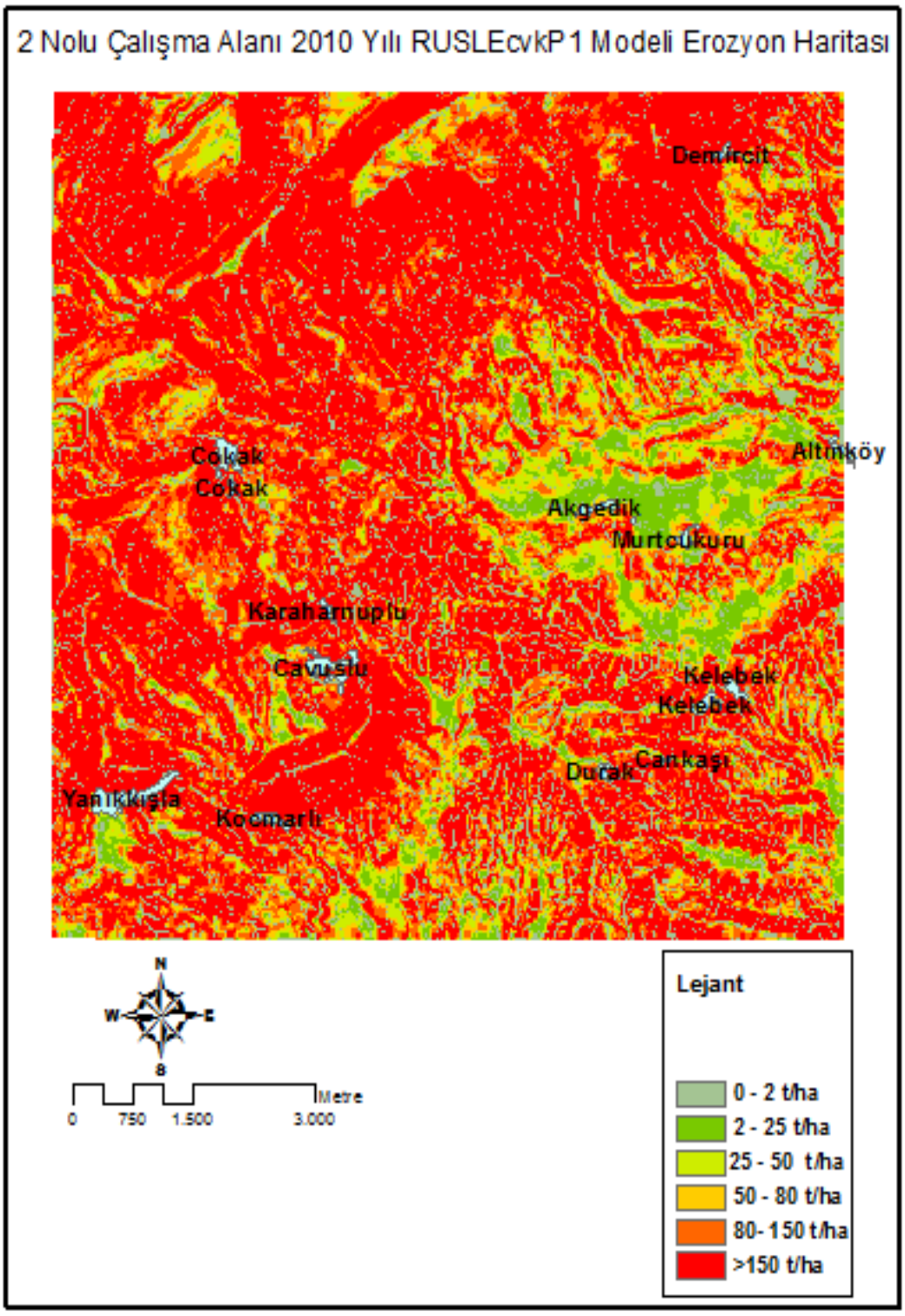

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı mMMF Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtçukuru
Karaharnuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Ducak
Yanıklışla
Koçmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

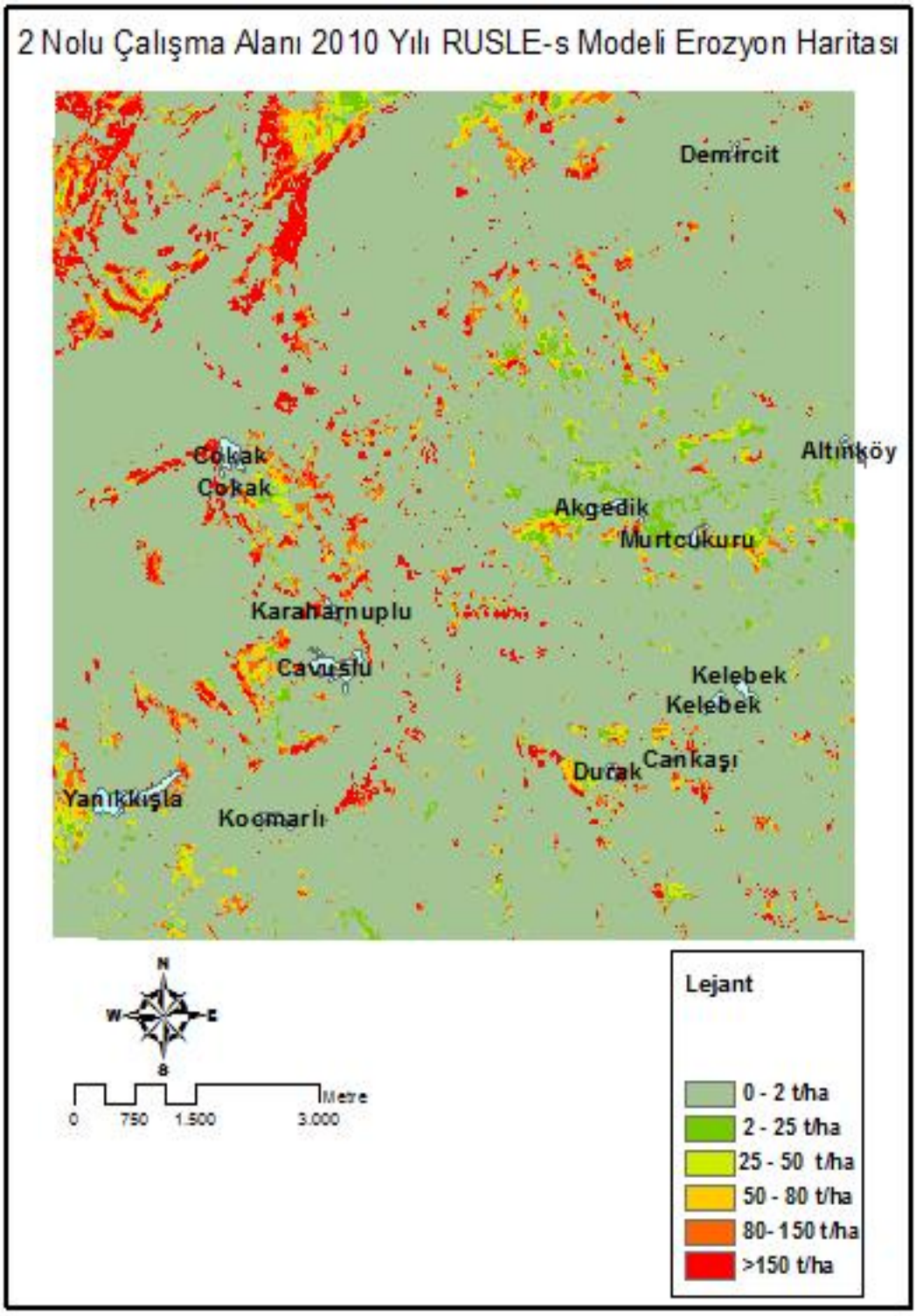

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı mMMFP1 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtçukuru
Karatrarnuplu
Cavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Koomaru
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha


2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharmuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Kocmarb
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

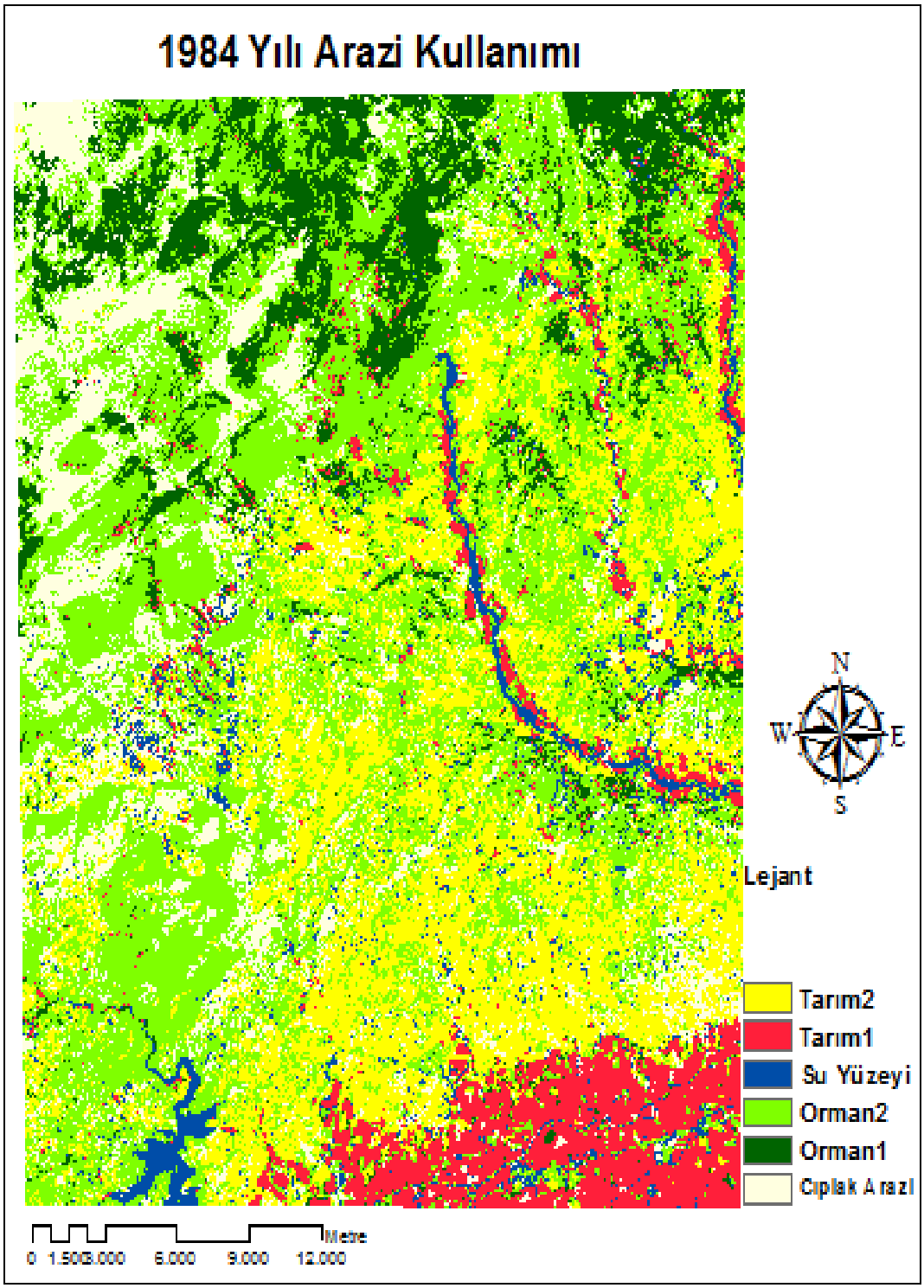

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEP1 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karahamuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Durak
Cankaşı
Yanıkkışla
Kocmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

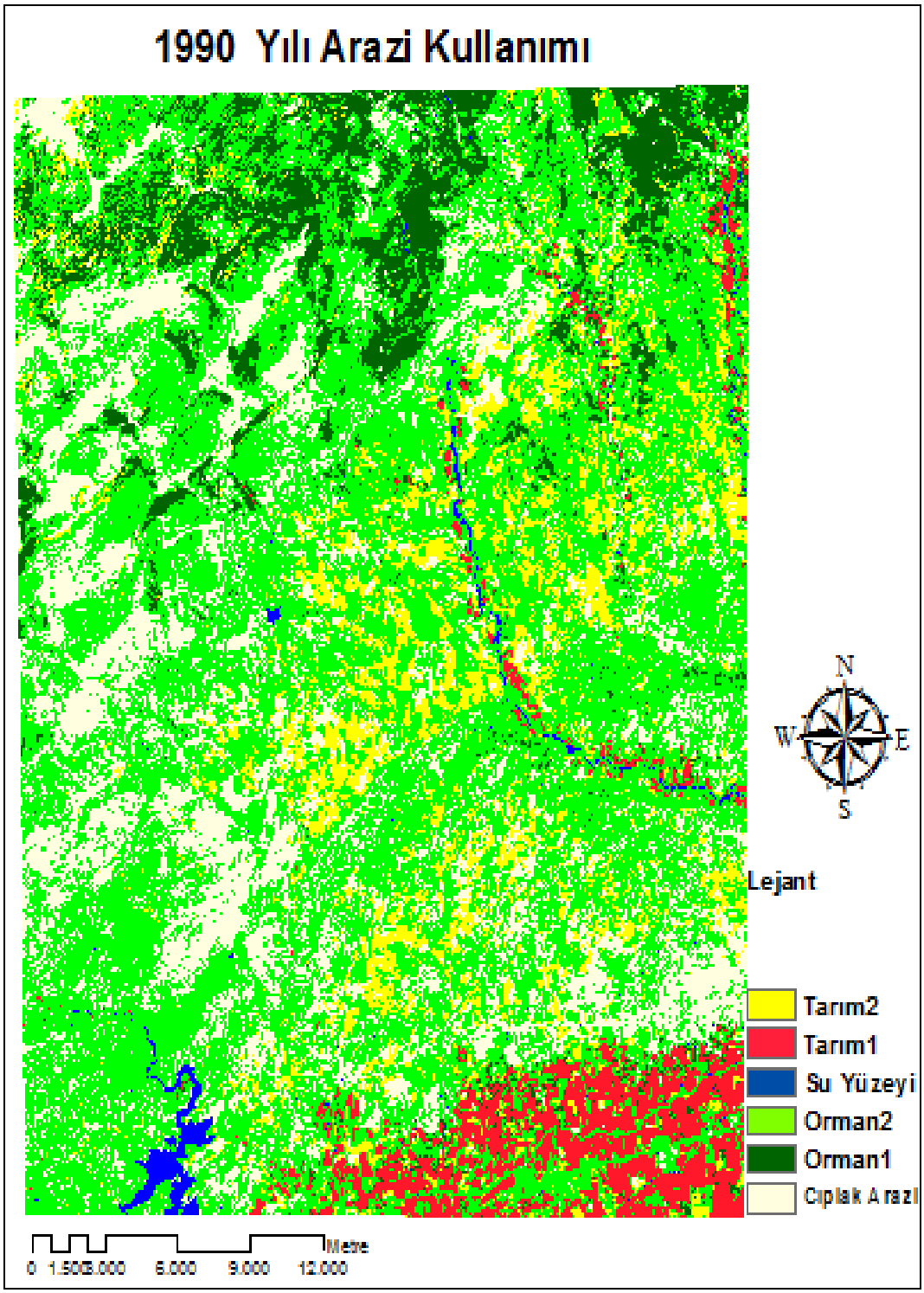

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEcvk Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtçukuru
Karaharmuplu
Çavuşlu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Durak
Yanıkkışla
Koçmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

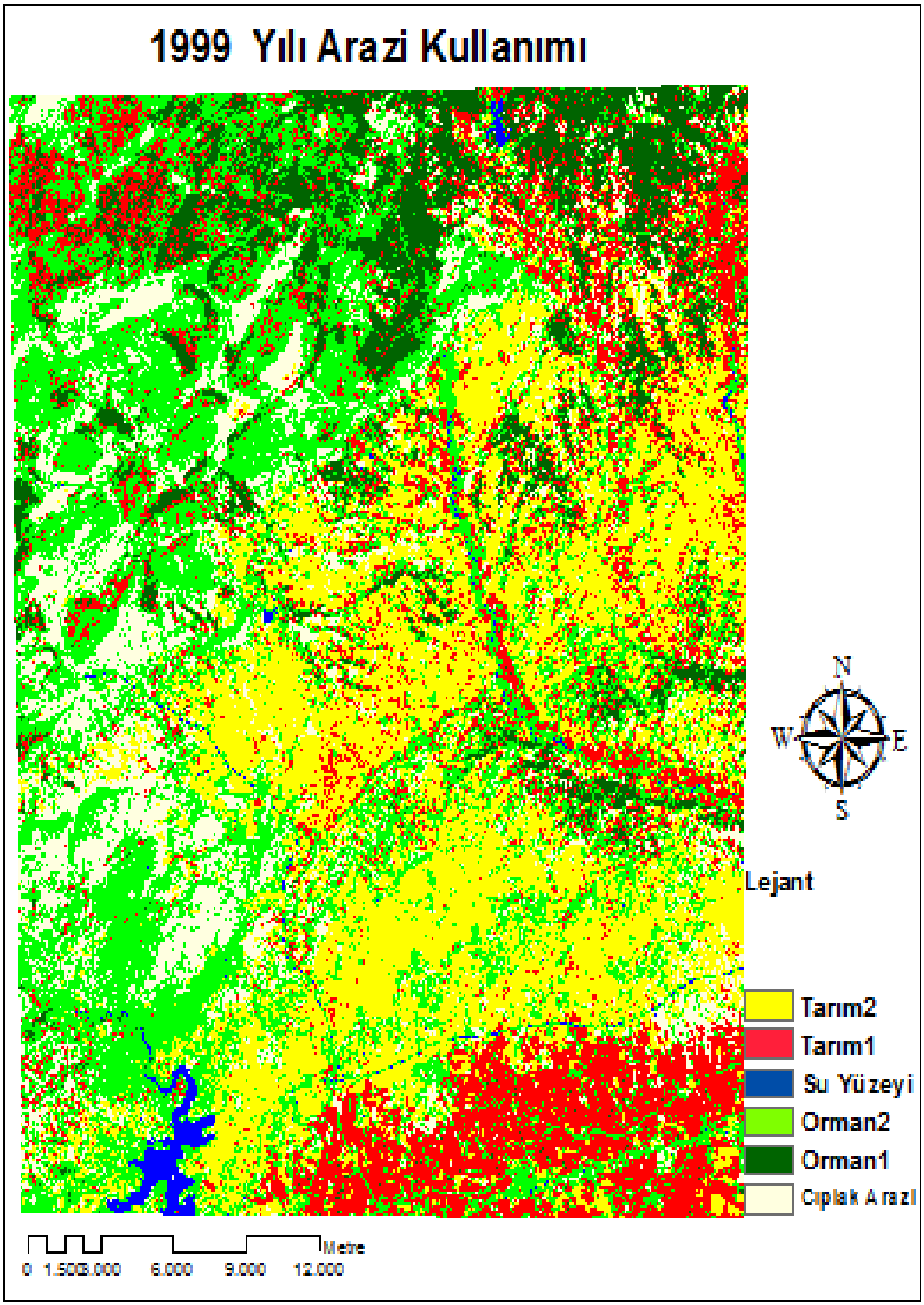

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLEcvkP1 Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karaharnuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Durak
Cankaşı
Yanıkkışla
Kocmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

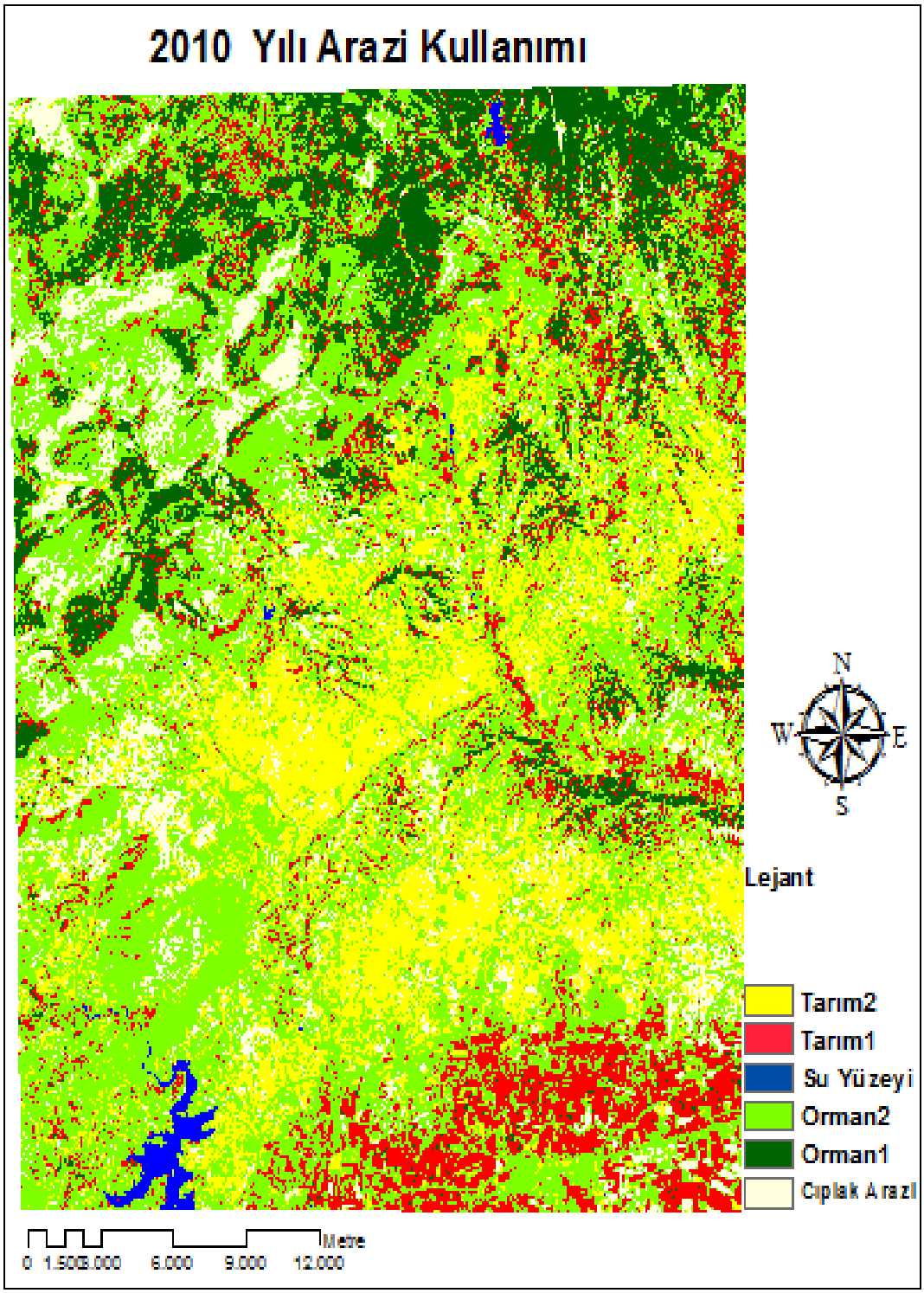

2 Nolu Çalışma Alanı 2010 Yılı RUSLE-s Modeli Erozyon Haritası
Demircit
Altınköy
Çokak
Çokak
Akgedik
Murtcukuru
Karahamuplu
Cavuslu
Kelebek
Kelebek
Cankaşı
Ducak
Yanıkkışla
Koçmarlı
N
W
E
S
Metre
0
750
1.500
3.000
Lejant
0 - 2 t/ha
2 - 25 t/ha
25 - 50 t/ha
50 - 80 t/ha
80- 150 t/ha
>150 t/ha

EK 3
Arazi Kullanımı Haritaları




1990 Yılı Arazi Kullanımı
N
W
E
S
Lejant
Tarım2
Tarım1
Su Yüzeyi
Orman2
Orman1
Cıplak Arazi
Metre
0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000


1999 Yılı Arazi Kullanımı
N
W
E
S
Lejant
Tarım2
Tarım1
Su Yüzeyi
Orman2
Orman1
Çıplak Arazi
Metre
0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000


2010 Yılı Arazi Kullanımı
N
W
E
S
Lejant
Tarım2
Tarım1
Su Yüzeyi
Orman2
Orman1
Çıplak Arazi
Metre
0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000

EK 3
Analiz Sonuçları

Sıra No	ORNEK	X	Y	%kil	%silt	%kum	%O.M	K faktoru	Tekstur Sınıf	Struktur	Permeabilite	K	MS	BD	COH	S faktoru
1	22	675472	4114056	39,8041	38,5608	21,6351	1,37	0,19	CL	2	4	0,7	0,4	1,3	10	0,03
2	79	685358	4121788	44,377	41,1008	14,5222	1,12	0,18	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
3	64	681870	4126886	32,0364	30,7639	37,1997	1,14	0,2	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
4	60	679611	4126520	65,7564	20,7155	13,5282	5,45	0,05	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
5	61	679556	4126065	53,7148	37,6772	8,60803	2,22	0,13	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
6	17	674026	4119665	26,2677	34,5302	39,2021	4,46	0,23	L	3	3	0,8	0,2	0,3	3	0,03
7	30	672673	4113564	58,3475	28,3497	13,3028	3,23	0,09	C	4	6	0,05	0,45	1,1	12	0,14
8	15	676048	4119073	40,4696	30,0294	29,501	1,27	0,17	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
9	76	686921	4125476	52,89	39,661	7,44894	1,74	0,15	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
10	24	675310	4114212	55,1822	34,3584	10,4593	1,93	0,12	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
11	91	678139	4127221	48,9993	24,0954	26,9053	5,98	0,11	C	4	6	0,05	0,45	1,1	12	0,14
12	80	680897	4121119	55,0388	33,5203	11,4409	1,53	0,13	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
13	87	678755	4122551	38,1565	35,1468	26,6967	6,15	0,18	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
14	50	681188	4123661	47,1024	39,3954	13,5022	2,32	0,17	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
15	45	687194	4122971	41,7008	40,1919	18,1073	4,12	0,19	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
16	62	680481	4127363	28,7236	46,1444	25,132	1,44	0,29	CL	4	4	0,7	0,4	1,3	10	0,09
17	77	687789	4121794	16,6203	48,9607	34,419	1,04	0,43	L	2	3	0,8	0,2	1,3	3	0,00
18	71	685448	4127689	35,4144	39,5204	25,0652	1,46	0,23	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
19	88	678512	4121734	47,8173	37,5836	14,5991	3,01	0,17	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
20	92	682826	4126285	33,5683	47,9342	18,4976	0,75	0,29	SiCL	3	4	0,5	0,3	1,25	10	0,06
21	7	667660	4111752	30,9365	39,7241	29,3395	2,33	0,25	CL	2	4	0,7	0,4	1,3	10	0,03
22	52	687094	4119589	49,7925	37,755	12,4525	1,41	0,15	C	4	6	0,05	0,45	1,1	12	0,14
23	54	678099	4119627	47,7394	31,4735	20,7871	4,56	0,15	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
24	49	681842	4123734	43,1273	45,3792	11,4935	1,09	0,22	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
25	41	678530	4126186	28,4064	29,2629	42,3307	6,07	0,22	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
26	75	686799	4123813	40,8252	38,6276	20,5472	4,71	0,2	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
27	56	678311	4127088	38,2769	32,9084	28,8147	8,18	0,2	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
28	26	671020	4116250	40,61	35,1375	24,2526	2,55	0,18	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11

Sıra No	ORNEK	X	Y	%kil	%silt	%kum	%O.M	K faktoru	Tekstur Sınıf	Struktur	Permeabilite	K	MS	BD	COH	S faktoru
29	78	687321	4122626	42,5852	44,9154	12,4995	1,93	0,19	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
30	21	674316	4116165	51,8274	31,4705	16,7021	3,96	0,13	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
31	44	685544	4122758	27,2952	32,4624	40,2425	1,64	0,24	CL	4	4	0,7	0,4	1,3	10	0,09
32	16	674993	4119665	35,2437	42,3301	22,4263	1,55	0,23	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
33	25	671354	4116763	44,9898	45,9333	9,07689	2,1	0,21	SiC	2	5	0,5	0,3	1,25	10	0,05
34	48	684855	4127136	35,6463	40,9733	23,3804	5,37	0,24	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
35	8	676073	4113301	51,2947	35,9796	12,7257	1,39	0,15	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
36	37	668405	4112664	50,1528	29,7076	20,1397	5,47	0,14	C	1	6	0,05	0,45	1,1	12	0,04
37	11	672751	4112040	60,8298	30,0257	9,14457	2,14	0,1	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
38	72	685631	4126090	27,1874	17,4408	55,3718	1,67	0,14	SCL	3	4	0,7	0,28	1,2	2	0,06
39	66	684602	4124248	45,9567	40,852	13,1913	1,23	0,18	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
40	1	674460	4113326	37,7451	39,9748	22,2802	2,23	0,22	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
41	93	686661	4126165	35,625	32,2044	32,1706	2,79	0,19	CL	4	4	0,7	0,4	1,3	10	0,09
42	47	687029	4127283	41,0298	32,8771	26,0931	4,82	0,16	C	4	6	0,05	0,45	1,1	12	0,14
43	12	673121	4114495	48,2949	39,7967	11,9085	1,45	0,17	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
44	31	672271	4112654	53,4039	34,9365	11,6596	1,7	0,15	C	1	6	0,05	0,45	1,1	12	0,04
45	38	671280	4116761	32,7479	34,7479	32,5042	5,13	0,19	CL	4	4	0,7	0,4	1,3	10	0,09
46	83	680691	4120886	51,4574	37,1642	11,3784	1,19	0,15	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
47	51	684996	4118967	53,7508	38,8001	7,44909	1,5	0,15	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
48	46	687163	4124878	41,3262	41,2242	17,4495	1,65	0,19	SiC	3	5	0,5	0,3	1,25	10	0,08
49	42	679097	4122655	48,2759	34,7551	16,969	4,43	0,15	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
50	73	685738	4124727	46,8713	33,8691	19,2596	2,09	0,16	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
51	63	679726	4127035	35,1401	36,8397	28,0202	2,5	0,23	CL	3	4	0,7	0,4	1,3	10	0,06
52	33	672516	4112352	56,9662	34,1078	8,92603	2,71	0,12	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
53	68	684061	4126044	45,802	35,8443	18,3537	1,64	0,16	C	3	6	0,05	0,45	1,1	12	0,11
54	18	675784	4116820	48,5243	31,2187	20,257	2,71	0,15	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08
55	85	678647	4119627	46,1378	24,3078	29,5544	3,91	0,13	C	2	6	0,05	0,45	1,1	12	0,08