

## **Tarımsal Topraklarda Sürüm Yöntemi İle Çizgi (Rill) Erozyonu Arasındaki İlişkinin Analizi**

### **The Analyses of the Relationship between Rill Erosion and Tillage Practice on Agricultural Lands**

Selahattin AKŞİT

*Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Balıkesir-TÜRKİYE*

#### **ÖZET**

*Bu çalışmanın temel amacı; tarımsal topraklarda, toprağı işleme yöntemlerindeki değişime bağlı olarak çizgi (rill) erozyonunun gelişimindeki farklılıkları ortaya koymak ve çizgilerin geometrik alanlarından toprak kaybını hesaplamak. Amaca yönelik olarak Acıpayam-Kumaşarı çevresindeki eğimli tarım arazilerinden farklı toprak tekstürleri içeren 40x24 m'lik dört tarla seçilerek; her tarla, konturlara paralel ve dik sürüm ile sürüm yapılmadan bırakılma yöntemleri uygulanarak üçer parşele ayrıldı. Doğal yağmur ortamında her yağış dönemi sonunda oluk erozyonuna ait geometrik (uzunluk, derinlik ve genişlik) ölçüm sonuçları ile data oluşturuldu. Test sonuçlarıyla rill erozyonunun sürüm yöntemine göre göstermiş olduğı değişim istatistiksel olarak ortaya konuldu. Bunun yanı sıra arazi uzunluğı ile rill oluşumu arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için regresyon analizi uygulandı. Sonuç olarak; konturlara paralel sürüm yapılan alanlarda oluk erozyonu daha fazla ilerleme göstermekte, konturlara dik sürüm yapılan alanlarda ise oluk erozyonu sürüm şeritleri tarafından kontrol altında tutulmaktadır.*

**Anahtar kelimeler:** Acıpayam, çizgi erozyonu, eğilim analizi, yarı - kurak tarımsal topraklar

**ABSTRACT**

*The main aim of the study is to clarify, the differences in the development of the rill erosion depending on the change of tillage practice and to compute soil loss from rill geometr, on agricultural lands. In the study area, four different fields that are around Acipayam district were chosen to test agricultural practices and each field was divided into three different agricultural practices; unploughed, ploughed across slope, and ploughed down slope. After each natural rainfall event, data were formed with geometric measurement results (length, depth and width) belonging to rill erosion. The relationship between the test results and the changes according to the method of ploughing was determined statistically. Regression analysis was made to determine the relationship between land length and rill development. As a result; rill erosion is more serious on across-slope ploughed plot than on down-slope ploughed plot, and on down-slope ploughed plot rill erosion is controlled by tillage lines.*

**Key words:** Acipayam, rill erosion, regression analysis, semi - arid agricultural lands

**1. Giriş**

Akdeniz havzası içinde farklı yer ve zamanda son 4000 yıldır (Brandt & Thornes 1996) önemli bir çevresel problem olarak kabul edilen (Martinez-Casasnovas & Sanchez-Bosch 2000) arazi bozulması (land degradation) ve hızlandırılmış toprak erozyonu ile yarı kurak araziler üzerinde toprak erozyonu sürecini anlamak için bir çok çalışma yapılmıştır. Tarım, toprak örtüsü olan tüm sahalarda sürdürülmekle birlikte, tüm tarımsal alanlar arazinin eğimi ve uzunluğundaki artış oranında erozyona maruz kalabilmekte (Lal 1995) yani normal erozyon hızlandırılmış erozyona dönüşebilmektedir. Birçok çalışma göstermektedir ki; orman ve otlak alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesinden dolayı dünya üzerindeki toprak erozyonu her geçen yıl hızlanarak artmaktadır (Kovda 1983, Milliman & Meade 1983, Oldeman 1991 ve 1992). Aynı sonuçlar Türkiye içinde geçerli olup, arazi kullanımından kaynaklanan hızlandırılmış erozyon her geçen yıl artmaktadır (Atalay, 1987 ve 1997, Şahin 1987, Mater 1995, Çelik et al 1996, Çepel 1997, Taysun 1999, Bahtiyar 2000, Sari 2000, TEMA 2001). Türkiye’de hızlandırılmış erozyonun doğal erozyondan 18-20 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (AGM 2001). Buna karşın toprak sahiplerinin büyük bölümü arazileri üzerinde erozyon önleyici herhangi bir yöntem uygulamamaktadır.

Daha sonrasında da bir çok eğimli arazide erozyon önleyici yöntemler uygulamak çok pahalıya mal olmaktadır.

Dünya üzerinde eğimli arazilerde tarımsal etkinliklerin kısıtlanması bir yana her geçen gün artması ve bu tür topraklar üzerinde tarımsal aktivitede bulunanların ekonomik seviyelerinin düşük olması nedeniyle ekstra harcama yaparak erozyon önleyici yöntemler uygulamaları (teraslama, ızgara tekniği, toprağın alt katmanında kumlu tabaka oluşturma vb.) beklenemez. Bu nedenle; tarımsal topraklar üzerinde özellikle ekonomik gelir düzeyleri düşük tarım topluluklarının erozyonu hızlandırmalarını yavaşlatıcı önlemler almaları olanaksızlaşmaktadır. Dolayısıyla, hızlanmış erozyonu yavaşlatmaya yönelik, ekonomik yük getirmeyen yöntemler uygulanırsa belki toprak sahipleri tarafından kabul görür. Çünkü erozyonu önleyici yöntemleri asıl uygulayıcılar; ekonomik gelir düzeyi düşük toprak sahipleridir. En ekonomik yöntem olarak konturlara uygun ekim gözükmektedir. Ancak öncelikle rill erozyonu ile sürüm yöntemleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yüzeysel akım mikro kanallar içinde toplanır ve birleşerek çizgisel bir akım şeklinde eğim yönünde hareket eder, interrill alanlarında oluşan daha fazla dağılmış yüzeysel akıma göre çizgisel akım daha derin ve daha hızlıdır. Bu nedenle, özellikle toprak erozyonunu tahmin etmek için kullanılan akış modellerinde çizgisel akım interrill akımdan çok açık ayırt edilir (Nearing vd., 1989) ve tarımsal topraklarda daha önemli yer tutar.

Rill başlangıç ve oluşum süreci içerisinde iki grup faktör yer alır:

- Bunlar yüzeysel akımın hidroliği tarafından kontrol edilir; yağış yoğunluğu, toprağın sızdırma kabiliyeti, etkilenen alanın büyüklüğü ve arazinin eğim özellikleri (Dunne 1978, Foster v.d. 1985, Thorne ve Zevenbergen 1990);
- Bunlar, rill yamaçlarındaki ikincil kütle hareketleri ve aşındırmaya karşı toprağın dayanıksızlığı ile ilişkilidir (Auzet vd. 1993).Govers (1991) rill erozyonunu bir başlangıç fenomeni (olayı) olarak belirtmektedir. Rill erozyonunun belirli koşullarda gelişebileceği varsayılır:

- Akışın aşındırma gücünün toprağın erozyona karşı direncinden fazla olduğunda ve
- akım yoğunluk bölgesi içinde akışın taşıma kapasitesinin interril alanlarından akıntı kanalı içine gelen tortu veya çökeli taşımak için yeterli olduğunda.

Foster (1969) araziyi işlemenin interrill erozyonu üzerinde etkisinin olmadığını fakat rill erozyonu üzerinde önemli etkisinin olduğunu belirtmektedir.

Bu makalenin amacı konturlara paralel ve dik yönde sürülmüş parseller üzerinde rillerin (çizgilerin) gelişimini analiz etmek ve rill alanlarından toplam toprak kaybını hesaplamaktır. Çalışmanın hedefleri, yoğunlaşmış akım özelliklerini tanımlamak ve yoğunlaşmış akımdan kaynaklanan erozyonu kontrol etmek için sürümün etkisini hesaplamak için gerekli olacak bilgilerin toplanarak data oluşturulmasıdır.

Çalışma şu sorulara yanıt aramaktadır:

Tarım toprakları üzerinde uygulanan sürüm şekli rill (çizgisel) erozyonun gelişimini ne derece kontrol etmektedir? Çizgisel erozyonu yavaşlatmak açısından, yağışlı dönemde toprağın konturlara dik sürülmesi mi yoksa konturlara paralel sürülmesi mi daha uygundur? Çizgisel erozyonun gelişimi ile arazi uzunluğu ve toprak tekstürü arasındaki ilişkileri hesaplamak için geliştirilen formüllerin geçerliliği nedir?

## 2. Çalışma Sahası

Amaca yönelik olarak yarı kurak iklim koşullarına sahip Acıpayam-Kumafşarı çevresindeki eğimli tarım arazileri araştırma sahası olarak belirlenmiştir (**Şekil: 1a**). Akdeniz iklimi gözlenen sahaların en belirgin özelliği; yazların kurak ve kışların nemli olmasıdır. Dünyanın birçok bölgesi bu tür yağış rejimine sahiptir. Yağışlı dönemdeki yağış miktarı düşük olan bu bölgeler kurak ve yarı-kurak olarak karakterize edilebilirler. Bu bölgeler içinde, su ve rüzgâra bağlı toprak erozyonu önemli olabilmektedir. Topraklar; çok değişken olmakla birlikte düşük organik materyal içermeleri, zayıf bünyeli ve yetersiz tutunma özellikleri nedeniyle su erozyonuna elverişlidirler (Singer 1991, Singer & Le Bissonnais 1998).

Araştırma sahası; tektonik ve karstik yapıdaki Acıpayam havzasının ortalama yükseltisi 850-1000 m ve çevrelerindeki dağların yükseltisi 1500-2000 m'dir. İklim özellikleri açısından; 35<sup>0</sup>N ve 60<sup>0</sup>N enlemleri arasındaki batı rüzgârları kuşağı içerisindedir. Kış döneminde soğuk cephenin hakimiyetinde çeşitli siklon ve antisiklon koşullarının etkisi altında olup, bulutlu ve yağmurludur (Erinç1957, Ardel 1973, Atalay 1987, Koçman 1993). Yazlar ise soğuk cephenin kuzeye çekilmesi ve sıcak karasal hava kütesinin etkisinde kalması nedeniyle sıcak ve kuraktır (Koçman 1993). Sonuç olarak saha tipik yarı kurak iklim özelliği gösterir. Acıpayam çevresinde yıllık ortalama yağış 650 mm'den azdır (Atalay 1987). Yağışların %56'sının kış mevsiminde düşüyor olması bu dönemi erozyon açısından önemli kılmaktadır. Özellikle uzun kurak yaz döneminden sonra başlayan yağışlar, hasat mevsiminin de sona ermesinden dolayı bölgenin erozyona maruz kalmasında önemli rol oynamaktadır.

Havzanın 900-1200 m'lik bölümleri maki ve kızılçam (*Pinus brutia*) topluluklarının yayılış alanlarını olması gerekmektedir (Atalay 1987). Ancak arazi bozulmasından dolayı bu sahalar step ormanlarına ve tarım alanlarına dönüşmektedir. Doğal erozyondan hızlandırılmış erozyona geçişteki en önemli faktörlerden birini ise bu tür arazi bozulmaları oluşturmaktadır.

Acıpayam-Göhlisar havzasının karakteristik toprakları; kırmızımsı kahverengi Akdeniz toprakları, kahverengi orman toprakları ve kestane renkli topraklardır (Topraksu 1974, Atalay 1987). Killi kireç taşları üzerinde gelişme gösteren rendzinalar killi balçık tekstürlüdürler. Toprak profilinin kalınlığı değişkenlik göstermekle birlikte 50 cm'den daha incedir. Toprak kalınlığının ince olması ve giderek artan bir erozyona maruz kalması erozyonu önleyici tedbirlerin alınmasının önemini daha da artırmaktadır.

Havzadaki eğimli topraklar üzerinde yaygın olarak kuru tarım yapılmaktadır. Çevredeki çiftçilerden alınan bilgilere göre en fazla ekimi yapılan ürünler, buğday, arpa, nohut ve anasondur. Geleneksel olarak pulluk toprak işleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Toprakların sürüm dönemleri ekilecek ürüne göre değişmekte olup, buğday ve arpa ekilecekse Sonbahar başlarında, anason veya nohut ekilecekse Mart ayı içerisinde

topraklar sürülmektedir. Bu durum erozyon ve sürüm yöntemi – zamanı arasındaki ilişkinin bulunması açısından önemli rol oynamaktadır.

### 3. Metodoloji

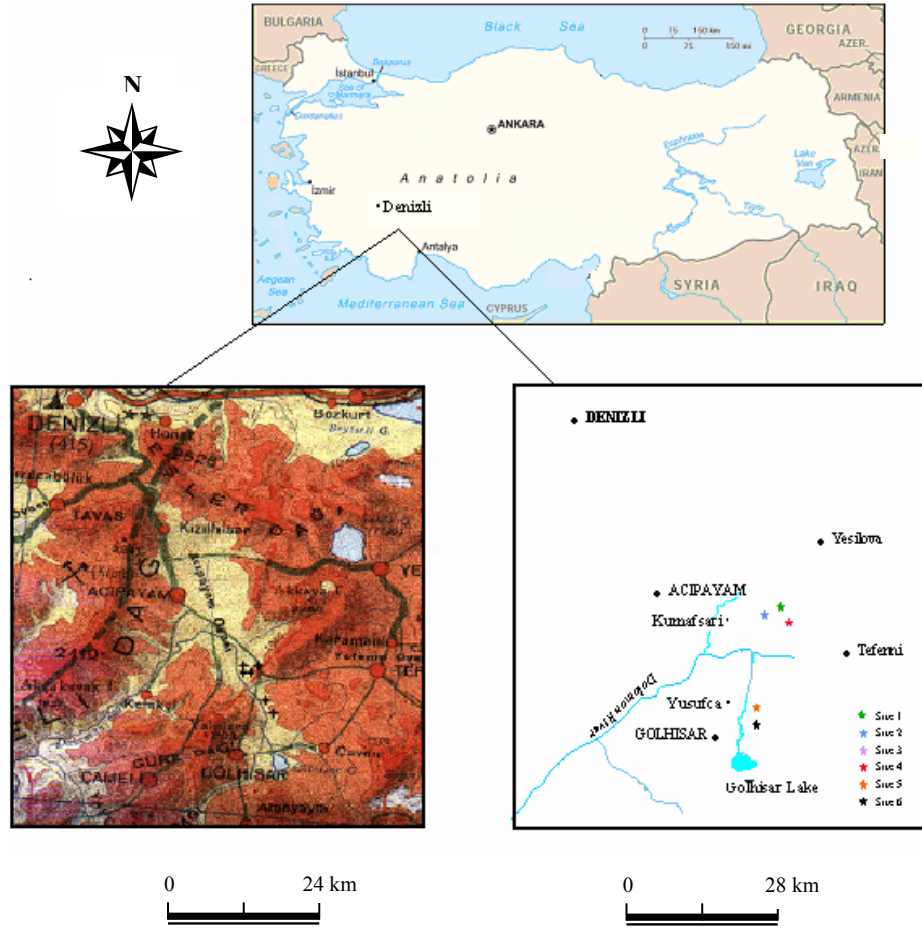
Test sahalarının seçimi esnasında erozyon çalışmaları için olması gereken belli hususlara dikkat edildi. Öncelikle sahanın erozyon etkisini ölçmek ve incelemek için tatmin edici olması; çizgi erozyonu sürecini etkileyen özel değişkenlerin belirlenmesi için yeterli büyüklükte ve sayıda olması gerekiyordu.

Deney ve inceleme alanlarının seçimindeki kriterler:

- Araziler farklı sürüm tekniklerinin etkisini test edebilmek için, farklı toprak tekstürlerine sahip olmak üzere dört bölgeden seçildi.
- Rill erozyonu üzerinde sürümün etkisi araştırıldığı için, parseller farklı sürüm yönlerinde ve sürülmemiş olarak bırakıldı
- Tarlalarda üç farklı sürüm yöntemi uygulanabilmesi ve rill erozyonunun oluşabilmesi için minimum uzunluk 40 m ve minimum genişlik 24 m olmalıydı.

Bu kriterler altında farklı topografya ve toprak özelliklerine sahip dört tarla seçildi. Çalışma sahası içindeki her tarla üç farklı tarımsal sürüm yöntemi için; konturlara paralel (across-slope) ve konturlara dik (down-slope) ve sürülmemiş (unploughed) olarak bırakılarak üç eşit parsel bölündü. Bu tarlalar Acıpayam çevresinde olup; dört tarla (Saha 1,2,3 ve 4) Kumafşarı Beldesi, yakınlarındadır (Şekil: 1b). Tarlalar arpa, buğday, nohut ve anason üretimi için kullanılmaktadır.

Data toplama işlemi kış mevsimi içinde, 1998-9, doğal yağmur koşulları altında yapıldı. Test programı çalışma amacı doğrultusunda tarlaların sürülmesiyle başladı. Bu yüzden tarlaların her parseli, iç genişliği 0.45 m olan traktör pulluklarıyla 0.30 m derinliklerinde konturlara paralel (across-slope) ve konturlara dik (down-slope) yönde sürüldü ve bir parseli hasattan sonra sürülmeden bırakıldı.



Şekil: 1(a) Lokasyon haritası

Şekil: 1(b) Test sahalarının lokasyonu

Rill oluşumlarının haritalanabilmesi için her parsel 2 X 2 m karelere ayrıldı. İlk yağıştan sonra rill başlangıçları ağaç kazıklarla işaretlendi. Rill boyutları (derinlik ve genişlik) araştırma dönemi ortasında ve sonunda ölçüldü. Onların genişliği ve derinliği rill boyunca her 2 m'de, ve kesişme alanlarındaki belirli noktalarda ölçüldü. Ayrıca rill uzunlukları asıl rill başlangıç ve gelişim dönemini saptamak için 1998-9 sezonunda iki kez ölçüldü.

Rill alanlarından toprak kayıpları volumetrik olarak hesaplandı. Rill gelişimi ile arazi eğim uzunluğu arasındaki ilişkiyi test etmek için regresyon analizi uygulandı. Torri ve Parsons'ın geliştirmiş oldukları matematiksel eşitliklerle karşılaştırıldı.

## **4. Data Analizi**

### **4.1. Araştırma sahasında rill gelişimi**

#### **4.1.1 Konturlara paralel sürülmüş parsel**

1998–9 arazi çalışması sezonunda, çizgi erozyonları ikinci bölgede sürülmüş olan gözlem parselleri üzerinde gelişmiştir. Diğer üç tarla üzerinde rill oluşumu gerçekleşmemiştir. İki numaralı arazi üzerindeki toprakların diğerlerinden ayrılan en belirgin özelliği %62 oranında kum içermesidir. Bir, üç ve dört numaralı araziler ise sırasıyla %37, %20 ve %34 kum içermektedir.

İki numaralı arazi üzerinde 27 Aralık ve 2 Şubat tarihleri arasında, yamaç eğim yönüne ters sürülmüş parsel üzerinde çizgiler (rills) gelişti. Bunların uzunlukları 45 m, derinlikleri 30 cm ve genişlikleri 47 cm kadardı. Ortalama rill uzunluğu 2.6, rill genişliği 15.6 cm, derinliği 4 cm ve toplam rill hacmi  $0.8 \text{ m}^3$  olarak hesaplandı. 27 Aralık 1998'e kadar araştırma alanlarına dört kez ölçüm için gidilmişti, dördüncüden sonra Aralık içindeki şiddetli yağış sırasında ciddi rill oluşumu gözlemlendi ve daha sonra süratle gelişti. Dokuz haftalık bu dönem araştırma alanındaki toplam rill hacmi  $200 \text{ m}^2$ 'lik alan içinde  $1.2 \text{ m}^3$  olarak gerçekleşti (Tablo. 1).



Tablo-1: Konturlara paralel sürüm yapılmış parsel üzerinde rill (çizgi) erozyonu (Tarla 2)

	<b>27.12.98</b>	<b>02.02.99</b>
Toplam rill adedi	55	65
Toplam rill uzunluğu	141,4 m	197,3 m
Ortalama rill uzunluğu	2,6 m	3,03 m
Ortalama derinlik	4,07 cm	4,31 cm
Ortalama genişlik	15,58 cm	16,09 cm
<b>Toplam rill erozyonu</b>	<b>0,8 m<sup>3</sup></b>	<b>1,2 m<sup>3</sup></b>

#### 4.1.2. Konturlara dik sürülmüş parsel

Eğim yönünde sürülmüş parsel üzerinde rill çoğunlukla sürüm çizgilerini takip etmişti, bazı rill oluşumları sürüm çizgilerini geçerek birbirleriyle birleşmiş ve iyi gelişmiş bir ağ oluşturmuştur. Tüm rill boyutları ve toplam rill erozyonu hacmi hesaplanmıştır (Tablo. 5.2). Rill oluşumları 27 Aralık 1998 tarihinde haritalanan rill oluşumlarının sayısı 21 olarak tespit edilmiş olup; toplam rill uzunluğu 71 m, ortalama rill derinliği 1.73 cm, ortalama rill genişliği 10.7 cm ve toplam rill hacmi 0.1 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Arazi çalışması döneminin sonunda, yeni iki rill gelişmişti ve toplam rill uzunluğu 87 m'ye yükselmişti, bununla birlikte ortalama derinlik ve genişlikte artmıştı. Toplam rill hacmi 27 Aralıkta hesaplananın iki katına ulaşmıştı.

Tablo-2: Konturlara dik sürüm yapılmış parsel üzerinde rill (çizgi) erozyonu (Tarla 2)

	<b>27.12.98</b>	<b>02.02.99</b>
Toplam rill adedi	21	23
Toplam rill uzunluğu	71 m	87 m
Ortalama rill uzunluğu	3,4 m	3,8 m
Ortalama derinlik	1,73 cm	2,36 cm
Ortalama genişlik	10,7 cm	12,8 cm
<b>Toplam rill erozyonu</b>	<b>0,1 m<sup>3</sup></b>	<b>0,2 m<sup>3</sup></b>

#### 4.1.3. Konturlara dik ve paralel sürüm yapılmış parsellerin karşılaştırılması

Eğim yönünde sürüm yapılmış parsel üzerindeki birçok rill aşağı yukarı konturlara uygundu. Bu yönlendirme sürüm şeritlerinin gidişatıyla açıkça ilişkiliydi. Eğim yönüne ters sürüm yapılan parsel üzerinde daha büyük rill oluşumları gelişmişti. Bu parsel bir konkav yapıya sahipti ve parselin orta bölümünde daha büyük rill gelişmiş ve diğerleri buna bağlanmıştı. İki numaralı araştırma sahasındaki eğim yönünde ve eğime ters

sürüm yapılan parsellerin kendilerine özgü morfolojilere sahip olmalarının da, iki parsel üzerinde rill oluşumları arasındaki farkların oluşumunda bir etkisi olabilirdi. Eğim yönünde sürüm yapılan parsel konveks bir morfolojiye sahip iken eğim yönüne ters sürüm yapılan parselinki konkavdı.

#### 4.2. Rill alanlarından toplam toprak kayıplarının değerlendirilmesi

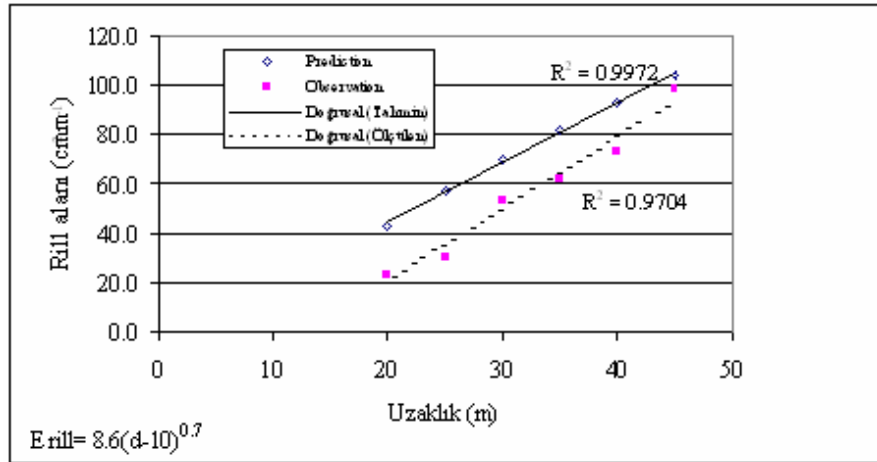
Erozyon oranlarının tahmin edilmesi ve toprak kaybı rill alanlarından boşalmış olan materyalin hacminin ölçülmesinden hesaplanmıştır. Rill oluşumlarının boyutları (derinlik, genişlik ve uzunluk) arazi üzerinde ölçülmesine rağmen, rill hacmini hesaplamak için ayrıca kenar açının hesaplanması gereklidir. Rill oluşumlarının kenar açılarına ilişkin bilgi olmadığından sonraki hesaplama için 60<sup>0</sup>’lik bir kenar açı değeri kullanılmıştır. Bazı rill uzunlukları çok kısaydı ve onlar ölçümlerin yapıldığı kesişme bölümlerini ulaşmadı ve bu nedenle onların boyutlarının ölçümleri yapılmadı. Daha uzun rill oluşumlarının uzunluk-hacim ilişkisi belirlendi ve kısa rill oluşumlarının hacimlerini tahmin etmede kullanıldı.

Torri vd., (1999) aşağıdaki eşitliği kullanarak eğim boyunca bir uçtan öbürüne rill alanını hesaplamışlardır.

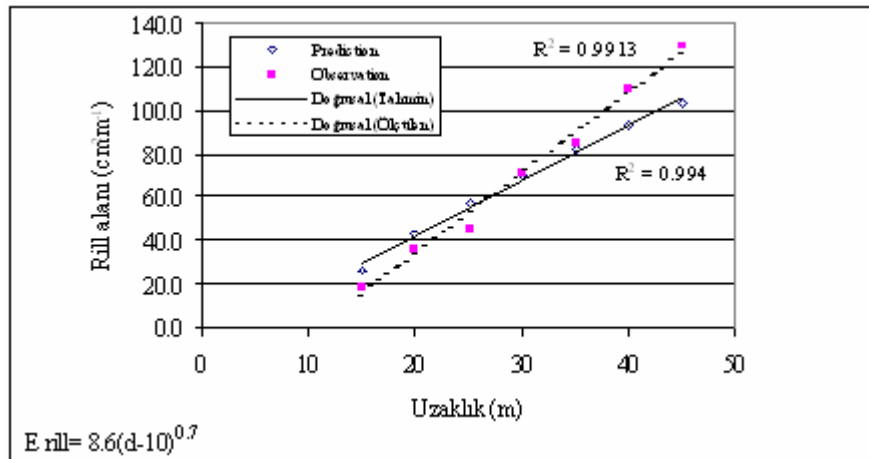
$$E_{Rill} = 8.6(d - 10)^{0.7}$$

Eşitlikte  $E_{Rill}$  eğime paralel her bir genişlik için rill alanını (cm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>), ve  $d$  ise eğim aşağı mesafedir (m).

Bu eşitlik parseller üzerindeki rillerin Torri vd. nin modeli ile ne kadar iyi hesaplanıp hesaplanamadığını görmek için kullanıldı. Eğime paralel sürülen parsel üzerinde eşitlikten hesaplanan rill alanları ile gözlenen sonuçlar benzer olarak bulundu (Şekil: 1 ve 2). 27 Aralık 1998 deki ölçümlerde, başlangıç noktasından uzaklaştıkça rill alanındaki artış oranı model ile uygunluk içerisindeydi, fakat riller genelde tahmin edilenden daha küçüktü. 2 Şubat 1999’daki ölçümlerde, rillerin alanları model tarafından daha iyi tahmin edildi. Bunun anlamı; model rill morfolojisini iyi tahmin ediyor gözükmemektedir, fakat zaman içinde rillerin boyutlarındaki gelişim hesaba katıldığında hata vermektedir.



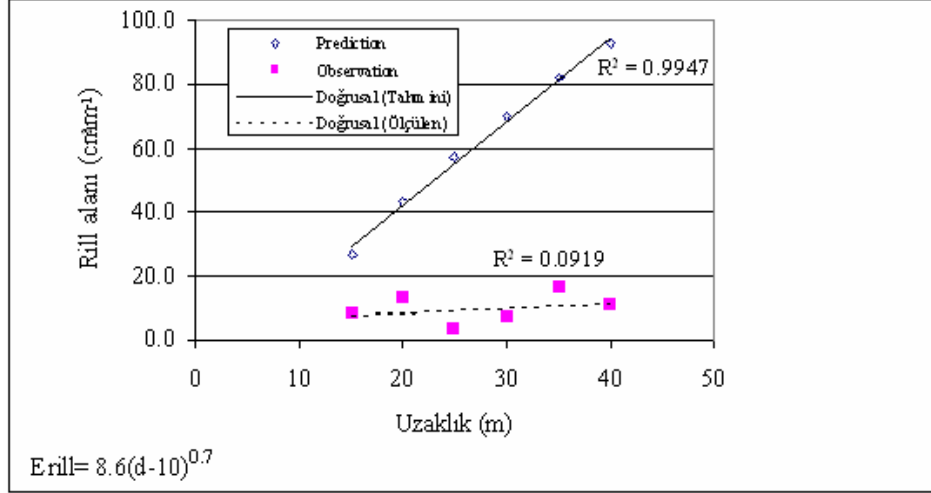
Şekil-1: Eğim uzunluğuna bağlı olarak tahmin edilen ve gözlenen ortalama rill alanı (across-slope sürümdeki 27.12.1998 ölçümleri)



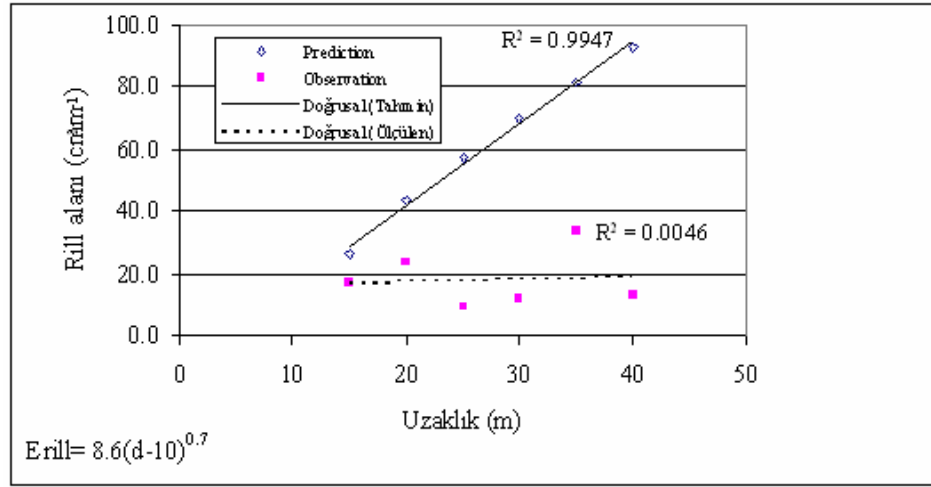
Şekil-2: Eğim uzunluğuna bağlı olarak tahmin edilen ve gözlenen ortalama rill alanı (across-slope sürümdeki 02.02.1999 ölçümleri)

Eğim aşağı sürülen parsel üzerinde, Torri vd.'nin formülü iyi sonuçlar vermedi (Şekil: 3 ve 4). Hem 27 Aralık 1998 hem de 2 Şubat 1999'daki ölçümlerde (birinci ile ikinci arasında alansal bir gelişme olsa da) riller tahmin edilenden daha küçüktü ve başlangıçtan uzaklaştıkça alansal bir artış gözlenmedi. Bunun anlamı; eğim aşağı sürülen parseller üzerindeki riller daha etkili olarak sürüm çizgileri tarafından kontrol

edilmekte ve boyutları eğim aşağı artış göstermemektedir. Bu modelin yalnızca bu tür kısıtlamanın başvurulmadığı yerlerde iyi sonuç verdiği anlaşılmaktadır.



Şekil-3: Eğim uzunluğuna bağlı olarak tahmin edilen ve gözlenen ortalama rill alanı (downslope sürümdeki 27.12.1999 ölçümleri)



Şekil-4: Eğim uzunluğuna bağlı olarak tahmin edilen ve gözlenen ortalama rill alanı (Downslope sürümdeki 02.02.1999 ölçümleri)

Parsons (1987) rill sıklığı ve onların boyutlarını araştırarak, rill sıklığının yamaç eğiminden etkilendiğini bulmuş ve toprak karakteristiğine bağlı olarak rill

genişliğindeki değişikliği ortaya koymuştur. Parsons, 13<sup>0</sup> ile 28<sup>0</sup> arasında değişen yamaç eğiminden elde ettiği veriyi kullanarak, rill sıklığını hesaplamak için bir formül geliştirmiştir;

$$D = 3.23 * S^{0.94}$$

D her bir birim içindeki ortalama rill sıklığı (rill m<sup>-1</sup>) ve S yamaç açısının sinüsüdür.

Bu formüle göre; yamaç eğimi 21<sup>0</sup> olduğu zaman rill sıklığını 1.23 rill m<sup>-1</sup> olarak hesaplamış. Yamaç eğiminin 6<sup>0</sup> olduğu araştırma sahasında Parsons'ın formülüne göre rill sıklığının 0.39 rill m<sup>-1</sup> olması beklenmesine karşın, ölçümlerin sonucunda rill sıklığı 0.56 rill m<sup>-1</sup> tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Parsons'ın çalışmasındaki eğim aralığı dışında kalan arazilerde formül sınırlı koşullarda uygulanabilir.

Parsons (1987) rill genişliğini hesaplamak için bir başka formül geliştirmiştir.

$$W = 42.21 - 0.33M$$

W her bir birim içindeki ortalama rill genişliği (cm) ve M toprak tekstürü içinde kil+mil içeriğinin oranıdır.

Formül kullanılarak kil+mil oranı %49 olan toprak tekstürüne sahip araştırma alanında rill genişliğinin 26 cm olması beklenirken, gerçekte rill genişliği 16.9 cm ölçülmüştür. Böylece, araştırma sahasında çizgi erozyonu Parsons'ın modeliyle tahmin edilenden daha küçük ve daha sıktır. Modelin doğrusal trende (eğilim) uygunluk göstermediği dikkat edilerek Parsons'ın modelindeki aralığın dışında kalan yamaç eğimleri için modelin geliştirilmesine önem verilmelidir. Daha sonraki çalışmalarda daha fazla data ile geniş bir eğim aralığı üzerinde rill sıklığı ve boyutunu tahmin etmede kullanılabilen bir model geliştirmek gerekmektedir.

## 5. Sonuç

Rill yalnızca iki numaralı tarla üzerinde gelişme göstermiştir. Kum içeriği rill gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Auzet vd. (1993) ve Elliot ve Laflen'e (1993) göre, yüksek kum içeriği rill erozyonu oluşumu için toprağın üzerinde pozitif bileşen olarak etki yapmaktadır. Ayrıca Govers (1991) Belçikada yaptığı çalışmada rill

erozyonun kumlu balçık topraklarda daha iyi geliştiğini belirtmektedir. İki numaralı tarladaki topraklar diğer arazilere göre daha fazla kum içermekteydi ve bu yüzden tarla iki üzerindeki rill gelişimi önceki çalışmalarla tutarlıdır.

Aralık ayı içindeki şiddetli yağmur esnasında önemli rill oluşumu başladı ve daha sonra hızlı bir gelişim gösterdi. Bu sonuç, şiddetli yağmur esnasında çizgisel erozyonun kolayca ve hızlı bir şekilde geliştiğini göstermektedir. Rose vd. (1983), Morgan vd. (1984), Hartley (1987) çizgisel erozyonun oluşumundaki bu etkiyi belirtmişlerdir; fakat onlar şiddetli yağmurla çizgisel erozyon oluşumu sonucundaki toprak kayıplarını daha az olarak tahmin etmişlerdir.

Konturlara dik sürüm yapılan parseller üzerindeki çizgisel erozyon daha fazla sürüm şeritleri tarafından kontrol edilmektedir. Bu parseller üzerindeki çizgiler çoğunlukla sürüm şeritlerine uygunluk göstermektedir, bazı rill oluşumları sürüm şeritlerine geçerek bir diğerine katılmakta ve bu durumlarda iyi kaynaşmış bir ağ oluşmaktadır. Govers'ın (1991) belirttiği gibi, araziler eğim aşağı-yukarı (kontura dik) sürüldüğü zaman, rill şekilleri hemen hemen tamamen birbirlerine paralel gelişim gösterir. Akım yönü yalnızca topografya tarafından kontrol edilmez, bundan başka toprağın sürüm şekliyle de güçlü bir şekilde etkilenebilir (Ludwing vd. 1995, Desmet ve Govers 1997, Bryan 2000, Takken vd. 2001). Sürülmüş alanlardaki rill oluşumuna önem verildiği kadar, erozyon modellemesi ve su bilimi için (hidroloji) akım prosedürlerinin gelişimleri esnasında modellere daha fazla önem verilmelidir.

Kontura dik sürüm yapılan parsel üzerindeki rillerin çoğu sürüm şekliyle çok açık bir şekilde bağlantılıydı. Konturlara paralel sürüm yapılan parsel üzerinde daha büyük çizgiler gelişti. İki parsel üzerindeki çizgiler arasındaki farklılıklarda etkili olan bir diğer nokta ise kontura dik sürüm ve kontura paralel sürüm yapılan parsellerin birbirlerinden farklı morfolojiye sahip olmalarıdır. Kontura dik sürüm yapılan parsel konveks bir morfolojiye sahip iken, kontura paralel sürüm yapılanınki konkav bir morfolojiye sahipti. Bu durum göstermektedir ki; parselin morfolojisi rill gelişiminin kontrolünde önemli bir potansiyeldir. Topografik farklılık bir yana, çizgisel erozyonun gelişimi en fazla sürüm yönü veya şekli tarafından kontrol edilmektedir.

**Kaynaklar**

- AGM, (2001) (Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü)  
<http://www.agm.gov.tr/erozyon/boyutu.htm>
- Akşit, S. (2002), *Tillage Effect on Soil Erosion of Agricultural Lands in Semi - Arid Turkey*. Basılmamış Doktora Tezi. Leicester University, UK.
- Ardel, A. (1973), *Klimatoloji (Climatology)*. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, 7, İstanbul.
- Atalay, İ. (1987), *Sedir ormanlarının yayılış alanlarının ve yakın çevresinin genel ekolojik şartları ve sedir tohum transfer rejyonlamsi*, TUBITAK-TOAG. No: 571, Ankara.
- Atalay, İ. (1987), *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş*, Ege Üniversitesi Yayınları No: 9. İzmir.
- Atalay, İ. (1997), *Türkiye Coğrafyası*, Ege Üniversitesi Basımevi, ISBN 975-95527-5-2, Bornova, İzmir.
- Auzet, A.V., Boiffin, J., Papy, F., Ludwig, B. and Maucorps, J. (1993), "Rill erosion as a function of the characteristics of cultivated catchments in the north of France", *Catena*, 20, 41-62.
- Bahtiyar, M. (2000), "Soil erosion, processes and causes (Toprak erozyonu, oluşumu ve nedenleri)" in: *Erozyonla Mücadele: TEMA Eğitim Semineri Notları*, edited by: G. Kuran & E.G. Sevinç, İstanbul, 33-52.
- Brandt, J. & Thornes, J.B. (1996), *Mediterranean desertification and land use*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Bryan. R.B. (2000), "Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope", *Geomorphology*, 32, 385-415.
- Çelik, I., Aydın, M. & Yazıcı, U. (1996), "Erosion problem and review of erosion control studies during republic period in Turkey", In: *International Conference on Land Degradation*, 10-14 June 1996, Adana.
- Çepel, N. (1997), *Soil Pollution, Erosion and Environmental Impact (Toprak kirliliği, erozyon ve çevreye verdiği zararlar)*, TEMA Vakfı Yay. No: 14, İstanbul.
- Desmet, P.J.J. & Govers, G. (1997), "Two-dimensional modelling of the within-field variation in rill and gully geometry and location related to topography", *Catena*, 29, 283-306.
- Dunne, T. (1978), "Field studies of hillslope flow processes", in: *Hillslope hydrology*, edited by M.Kirkby, John Wiley & Sons, Chichester, 227-293.
- Elliot, W.J. & Lafren, J.M. (1993), "A process-based rill erosion model", *Transactions American Society of Agricultural Engineers*, 36(1), 65-72.

- Erinç, S. (1957) *Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye'nin İklim Şartları (Applied Climatology and Climatic Condition of Turkey)*, İstanbul Teknik Üniversitesi Hidroloji Enstitüsü Yayınları, 2, İstanbul.
- Foster, G.R., Lane, L.J. & Mildner, W.F. (1985), "Seasonally ephemeral cropland gully erosion", *Proceedings of the ARS-SCS. Natural resources modelling workshop, USDA-Agricultural Research Service, Washington, D.C.*
- Foster, G.R.. (1969), "Effect of unit weight and slope", *Journal of Irrigation and Drainage Division*, Proc. of the ASCE 95(IR4), 551-561.
- Govers, G. (1991), "Rill erosion on arable land in Central Belgium: rates, controls and predictability", *Catena*, 18, 133-155.
- Hartley, D.M. (1987), "Simplified model for water sediment yield from single storms, Part 2 Performance", *Transactions of the ASAE*, 30(3), 718-723.
- Koçman, A. (1993), *Türkiye İklimi (Climate of Turkey)*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 72, İzmir.
- Kovda, V.A. (1983), "Loss of productive land due to salinization", *Ambio*, 12, 91-893.
- Lal, R. (1995), "Biophysical factors in the choice of tillage systems for sloping lands", In: *El Uso Sostenible del Suelo en Zonas de Ladera: El Papel Esencial de los Sistemas de Labranza Conservacionista. RELACO, III Reunia Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista, Diciembre 4-8, 1995, San Jose, Costa Rica*, 52-58.
- Ludwig, B., Boiffin, J., Chadoeuf, J. & Auzet, A.V. (1995), "Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments", *Catena*, 25, 227-252.
- Martínez-Casasnovas, J.A. & Sánchez-Bosch, I. (2000), "Impact assessment of changes in land use/conservation practices on soil erosion in the Penedés-Anoia vineyard region (NE Spain)", *Soil & Tillage Research*, 57, 101-106.
- Mater, B. (1995), *Soil: formation, erosion and conservation*. (Toprak: oluşumu, erozyon ve korunması), Çağatay Kitabevi, İstanbul.
- Milliman, J.D. & Meade, R.H. (1983), "Worldwide delivery of river sediment to oceans", *Journal of Geology*, 91, 1-21.
- Morgan, R.P.C., Morgan, D.D.V. & Finney, H.J. (1984), "A predictive model for the assessment of soil erosion risk", *Journal of Agricultural Engineering Research*, 30, 245-253.
- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J. & Finkler, S.C. (1989), "A process-based soil erosion model for USDA-water erosion prediction project", *Transactions of the ASAE*, 32(5), 1587-1593.



- Oldeman, L.R. (1991-1992), "Global extend of soil degradation", *Bi-annual report, International Soil Reference and Information Center*, Wageningen, The Netherlands, 19-36.
- Parsons, A.J., (1987), "The role of slope and sediment characteristics in the initiation and development of rills", *Processus et mesure de l'érosion*, Ed. du CNRS, 211-220.
- Rose, C.W., Williams, J.W., Sander, G.C. & Barry, D.A. (1983), "A mathematical model of soil erosion and deposition processes: I. Theory for a plane land element", *Soil Science Society of American Journal*, 49, 991-995.
- Sari, M. (2000), "Relationship land use and soil erosion ( Arazi kullanımı ve erozyon ilişkisi)", in: *Erozyonla Mücadele: TEMA Eğitim Semineri Notları* edited by: G. Kuran & E.G. Sevinç. İstanbul, 69-103.
- Şahin, C. (1987) "Erozyon-Toprak Erozyonu-Yarıntı (Gully) Erozyonu, GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 1, Ankara.
- Takken, I., Jetten, V., Govers, G., Nachtergaele, J. & Steegen, A. (2001), "The effect of tillage-induced roughness on runoff and erosion patterns", *Geomorphology*, 37, 1-14.
- Taysun, A. (1999) *The effect of erosion in Turkey*. Scientific Project, Soil Science Department, Ege University, Izmir, Turkey.
- TEMA, (2001) *Türkiye Erozyonla Mücadele ve Ağaçlandırma Vakfı* (TEMA -The Turkish Foundation for Combating Soil Erosion, for Reforestation and the Protection of Natural Habitats, <http://www.tema.org.tr>.
- Thorne C.R. & Zevenbergen L.W. (1990), "Prediction of ephemeral gully erosion on cropland in the south-eastern United States", in: *Soil Erosion on Agricultural Lands*, edited by J. Boardman, I.D.L. Foster, and J.A Dearing, John Wiley & Sons, Chichester, 419-460.
- TOPRAKSU (1974), *Burdur-Göller havzası toprakları* (Burdur Goller Basins Soils) Topraksu Genel Müdürlüğü Yayını, 223.
- Torri, D., Regüés, D., Pellegrini, S. & Bazzoffi, P. (1999), "Within-storm soil surface dynamics and erosive effects of rainstorms", *Catena*, 38, 131-150.