

Yağışla Meydana Gelen Toprak Kaybının Yüzey Akış Miktarı ve Yağış Süresine Bağlı Değişiminin Modellenmesi¹

Murat KILIÇ² Gökçen YÖNTER³

Summary

Modelling of Soil Loss Caused by Precipitation, According to the Amount of Surface Flow and Precipitation Period

In this study, it is aimed for modelling the variation of soil loss, caused by precipitation, in related with amount of surface flow and precipitation period under definite conditions. The process was carried out as laboratory studies and modelling stage. The soil samples used in laboratory experiments were taken from the Gediz Basin that extensively influenced by water erosion. While the parameter of soil loss was defined as an dependent variable, precipitation period and amount of surface flow were defined as independent variables in the model. As a result of the analysis after devising and running the model, it is determined that, there is an important relation between these parameters. It is determined that, variations in soil loss can be explained by duration of precipitation period and amount of surface flow for definite conditions.

Key words: Water erosion, soil loss, mathematical model

Giriş

Sanayileşmekte olan ülkemizin en önemli doğal kaynaklarından birisi olan toprak hızla tükenmektedir. Türkiye'nin çok engebeli bir topografyaya sahip olması, uygulanan yanlış tarım teknikleri, orman yangınları gibi olumsuz etkiler sonucu her yıl ülkemizden 750 milyon ton toprağın erozyonla kaybolduğu saptanmıştır (Taysun ve Uysal, 1996). Zamanımızda bu miktarın daha da yükseldiği tahmin edilmektedir.

¹ Bu çalışmada yararlanılan veriler E.Ü.Araş. Fon Say. tarafından desteklenen 97-ZRF-020 No'lu projeden sağlanmıştır.

² Araş.Gör.Dr.E.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova-İZMİR
e-mail: murat.kilic@mailcity.com

³ Araş.Gör.Dr. E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bornova-İZMİR

Ülkemizde, halkımızın büyük çoğunluğunun tarımla uğraştığı göz önüne alınırsa, topraklarımızın korunmasının önemi daha iyi anlaşılacaktır. Türkiye’de tarım alanlarının %3.8’inde çoraklık, %9’unda drenaj bozukluğu, %13.6’sında taşlılık, %72.1’inde su erozyonu, %1.5’inde rüzgar erozyonu görülürken, tüm alanın %1.7’sinde çoraklık, %3.1’inde drenaj bozukluğu, %31.5’inde taşlılık, %63.2’sinde su erozyonu, %0.5’inde de rüzgar erozyonu görülmektedir (Taysun, 1989). Bu veriler, Türkiye’de erozyon, taşlılık, drenaj bozukluğu ve çoraklığın önemli bir sorun olduğunu göstermektedir.

Box (1981), yapay yağmurlayıcı koşulları altında, çok sleytli milli tın, sleytli milli tın, milli killi tın ve tınlı topraklarda toprak kaybı ve yüzey akış arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Yapılan çalışma sonunda, toprak kaybı ile toprak yüzeyini kaplayan sleyt fragmentleri arasında ilişki olduğu saptanmıştır. Sleyt fragmentlerinin etkisinin, Universal Denklem’de düzeltilmiş C faktörü olarak kullanılabilceği belirtilmiştir.

Poessen (1990) tarafından, taş fragmentlerin, erozyonu malç örtüsü gibi önleyebildiği belirtilmiştir. Aynı araştırmacı, oluk tabanı eğimi ile oluklar içerisinde meydana gelen akışların, 9 cm. çapından daha büyük taş fragmentlerin taşınmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Benkobi ve ark. (1993) tarafından yapılan araştırmada da taş örtününün, toprakları su erozyonuna karşı korumada etkili olduğu belirtilmiştir.

Chow ve ark. (1992), Kanada New Brunswick bölgesinde taş örtülü ve tanık konularda toprak kaybı, yüzey akış ve patates verimi arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, patates yumruları makine ile hasat edilirken, yumru miktarının %38’i tanık, %17’si taş örtülü konuda zarar görmüştür. Yüzey akış, tanık konularda taş örtülü konulara göre 1.5-3.0 kat, toprak kaybı ise 1.2-2.0 kat daha fazla olmuştur.

Erozyon etkisiyle toprak katmanı zamanla azalmakta, bunun sonucu olarak da yüzeyde çıplak kayalar görülmektedir. Çekoslovakya’da Krkonose dağlık arazisinde Sach (1990) tarafından yapılan bir araştırmada son 4 yıl içerisinde erozyon nedeniyle çıplak kaya oranının %6’dan %19’a çıktığı, toprak katmanının da 19 cm.’den 13 cm.’ye kadar azaldığı saptanmıştır.

Poessen ve Ingelmosanchez (1992), laboratuarda yapay yağmurlama uygulayarak yaptıkları bir araştırmada, taş fragmentleri toprak katmanına kısmen gömmüşler ve yüzey akışla toprak kaybının arttığını saptamışlardır. Araştırmacılara göre, taş fragmentlerin konumu ve tipleri poroziteyi etkilemektedir. Bunte ve Poessen (1993) yaptıkları

çalışmada, taş örtüyle yüzey akış ve toprak kaybı arasında ters yönlü ilişki bulmuştur. Deneme sonuçlarına göre, %20'den fazlası taş örtüyle kaplı alanlarda, yüzey akış ve toprak kayıplarının büyük oranda azaldığı belirtilmiştir.

Agassi (1995), toprak yüzeyinde bulunan 38 mm.'den büyük çaplı taşların ortamdan uzaklaştırılmasıyla, erozyonun %28 oranında arttığını tespit etmiştir. Chow ve Rees (1995), yapay yağmurlayıcı koşulları altında, 1*1 m² olarak hazırlanan parsellerde, 1.0-1.9, 5.0-5.1 ve 5.2-7.6 cm çaplarındaki taşlarla, %0, %7, %15 ve %25 oranlarında örtülü topraklar üzerinde erozyonun etkisini saptamak amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Deneme sonucunda araştırmacılar, taş fragmentlerin toprak yüzeyini örtme oranlarının, erozyonu önlemede taş çaplarından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Mollenhauer ve ark. (1996), yapay yağmurlama koşullarında taş örtüsü ve taş örtü içeriklerinin sıçrama, toprak kaybı ve yüzey akışlar üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen veriler, taş örtüsünün, toprakta infiltrasyon özelliğini koruduğunu, yağmurlama süresine bağlı olarak da toprak kaybını ve yüzey akışları farklı ölçüde etkilediğini göstermiştir. Bununla beraber, taş içeriğinin, taş örtü oranına göre erozyonu önlemede daha etkili olduğu saptanmıştır.

Spaan ve Dijk (1998), Burkino-Faso'da yaptıkları araştırmada, yüzey akışları ve toprak kayıplarını azaltmak amacıyla taş örtüden yararlanılarak yapılan engellerle, bitki artıklarıyla yapılan malçlama yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Elde edilen veriler, yüzey akışlarla meydana gelen toprak kayıplarının azaltılmasında taş örtüyle yapılan engellerin daha etkili olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, yapay yağmurlayıcı koşullarında, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak meydana gelen toprak kaybının matematiksel bir modelinin kurulması amaçlanmıştır. Böylece, erozyona karşı alınacak tedbirlerde, karar vericiye bir öngörü sağlayacak bilimsel bir yaklaşım sunulmaya çalışılmıştır.

Materyal

Çalışmada kullanılan erozyon kapları, 50*100*15 cm. boyutlarında olup, Abraham ve Rickson (1989) ve Grill ve Ark. (1989) tarafından açıklanan teknik özelliklere uygun olarak tasarlanmıştır.

Malzemenin, erozyon kabı içerisine yerleştirilmesi işlemi şu şekilde yapılmıştır; altında drenaj delikleri bulunan kabın tabanına bir tülbent konularak, üzerine 7 cm. kalınlığında bir kum tabakası serilmiştir. Bu tabakanın üzerine, kabın boyutlarına uygun olarak imal

edilmiş ve drenaj delikleri bulunan bir metal levha yerleştirilmiştir. Bu tabaka üzerine de bir tülbent serildikten sonra, 8 mm. elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örneği, kabın yüzey akış seviyesine kadar serilmiştir. Bu işlemden sonra, kaptaki toprak örneğinin üzerine, çapları 2.5-5.0 cm. arasında değişen taş örtü malzemesi serilmiştir. Bu işlem yapılırken taşların, parsel yüzeyinin %25'ini örtmesi sağlanmıştır. Burada amaç; farklı çaptaki taşlarla, belirli oranda örtülmüş toprak üzerinde su erozyonunun etkisini incelemektir. Erozyon kabının, üzerine yerleştirileceği sehpa, %9 eğime göre ayarlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan toprak örneği, Uşak iline bağlı Fakıllı köyüne 1.5 km. mesafedeki bir tarım arazisinden alınmıştır. Örneklemenin bu bölgeden yapılma nedeni; Gediz Havzası'nın genel olarak su erozyonundan büyük ölçüde etkilenmesi ve bunun sonucunda da tarım topraklarının hızla aşınarak azalmasıdır.

Yöntem

Bu çalışma, yapay bir yağmurlayıcı ve özel olarak tasarlanan erozyon kapları kullanılarak laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Yapay yağmurlayıcı, Bubenzer ve Meyer (1965) tarafından geliştirilmiş, yüksek kinetik enerjili Veejet 80100 tipi bir püskürtücü ile çalışan modelin, Taysun (1986) tarafından modifiye edilmiş bir benzeridir. Püskürtücü, parsel yüzeyine 2.57m. yüksekten salınım yaparak yağış yağdırmaktadır. Yağışın ortalama intensitesi 65 mm/saat olup çok şiddetli yağış sınıfına girmektedir.

Erozyon parseli üzerine, yapay yağmurlayıcıdan 1 saat süreyle yağış yağdırılmıştır. Bu esnada, infiltrasyonun yenildiği ve yüzey akışın başladığı zaman kaydedilmiştir. Ayrıca, her 10 dakikada bir yüzey akış miktarı ve sediment ölçümleri yapılmıştır. Bu işlemler, Taysun (1986) ve Yönter (2001) tarafından açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonraki aşamasında; laboratuvar ölçümleriyle elde edilen verilerin matematiksel bir modelinin kurulması işlemine geçilmiştir. Bu kısımda, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yüzey akış miktarı ve yağış süresine bağlı değişiminin modellenmesi amaçlanmıştır. Model kurulurken, Green ve Margerison (1978) tarafından açıklandığı şekilde, en küçük kareler esasına dayalı hesaplama tekniğinden yararlanılmıştır.

Yağışla meydana gelen toprak kaybı (kg/m^2) modelde bağımlı değişkeni oluştururken, yüzey akış miktarı (lt/m^2) ve yağış süresi de (dakika) bağımsız değişkenleri oluşturmuştur. Kurulan modelde, toprak

kaybı Y ile gösterilirken, yağış süresi ve yüzey akış miktarı sırasıyla, X ve Z simgeleriyle ifade edilmiştir. Laboratuvar ölçümleri sonucunda elde edilen verilere göre, söz konusu parametreler arasındaki ilişkiyi en iyi ifade eden Logistic modelin doğrusallaştırılması ile; $Y = a + bX_i + cZ_i$ genel denklemine ulaşılmıştır. Denklemden, toprak kaybındaki değişim miktarı, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak ifade edilmiştir. a, b ve c parametrelerinin değerini belirleyebilmek için, üç bilinmeyenli üç denklem elde edilmiştir. Bu denklemler, Green ve Margerison (1978) tarafından açıklandığı şekilde, sıfır orijinine göre tanımlanmış ve sırasıyla aşağıda sunulmuştur.

$$-I- \quad \sum Y_i = n * a + b * \sum X_i + c * \sum Z_i$$

$$-II- \quad \sum X_i Y_i = a * \sum X_i + b * \sum X_i^2 + c * \sum X_i Z_i$$

$$-III- \quad \sum Z_i Y_i = a * \sum Z_i + b * \sum X_i Z_i + c * \sum Z_i^2$$

Daha sonra bu denklemler, en küçük kareler tekniğine uygun olarak, ortalamalar orijinine taşınmıştır. Bu aşamada, II ve III no'lu denklemlerin çözülmesiyle b ve c parametrelerinin değeri elde edilmiştir. Bu iki parametre, hem sıfır orijinine ve hem de ortalamalar orijinine göre değişmeyip sabit kaldığından, a'nın değeri, yukarıda sıfır orijinine göre tanımlanan I no'lu denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

İşlemin daha sonraki aşamasında, modelin yarayırlılığı test edilmiştir. Bu amaçla, modelde bağımsız değişkenleri oluşturan yağış süresi ve yüzey akış miktarının, bağımlı değişken olan toprak kaybı ile ilişkisi ortaya konmuştur. Bunun için, "çoklu belirlilik katsayısının (R^2)" değeri hesaplanmıştır. Söz konusu katsayının anlamlılığı, Green ve Margerison (1978) tarafından açıklandığı şekilde, F testi yardımıyla analiz edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Gediz Havzası'nda en yaygın toprak grubunu oluşturan Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarından alınan ve araştırmada kullanılan örneğin pH değeri 7.34, total tuz içeriği %0.030'dan küçük, kireç oranı %1.81 ve organik madde oranı %0.103 olarak laboratuvarda belirlenmiştir. Toprak örneği, kumlu tınlı bir bünyeye sahip olup, kation değişim kapasitesi 19.80 me/100 gr. olarak bulunmuştur.

Laboratuvarda yapılan analizler sonucunda, toprak örneğinin nötr tepkimeli olduğu ve herhangi bir tuzluluk sorunu bulunmadığı, iskelet yüzdesinin de düşük olduğu (%2.7) belirlenmiştir. Kireç yönünden fakir olan toprak örneğinin organik maddesi çok düşük bulunmuştur. % mil oranı $1.48 < 2.5$ olduğundan dayanıksız toprak

grubuna girmektedir. Süspansiyon yüzdesi ve dispersiyon yüzdesi etkisiyle dispersiyon oranı yüksek olan toprağın agregatlaşmış mil+kil yüzdesi düşük, erozyon oranı yüksektir. % dispersiyon oranı 51.42 >15, % erozyon oranı 67.30 >10 olduğundan, toprak örneği, erozyon etkisi altında kalan alanda yer almaktadır (Akalan, 1967).

Yapay yağmurlayıcı ve erozyon parselleri kullanılarak laboratuarda gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak elde edilen toprak kaybı değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deneme parselinde meydana gelen yüzey akış miktarı ve toprak kaybının zamana bağlı değişimi

Yağış süresi (dakika)	Yüzey akış miktarı (lt/m ²)	Toprak kaybı (kg/m ²)
5.18*	0.00	0.000
10.00	0.00	0.000
15.47**	0.00	0.000
20.00	1.47	0.008
30.00	6.54	0.033
40.00	7.30	0.034
50.00	7.69	0.035
60.00	7.98	0.036

* : Göllemenin başladığı zaman

** : Yüzey akışın başladığı zaman

Çizelge 1'de verilen ölçüm değerlerine göre, 5.18. dakikada parsel üzerinde göllenme başlamış, 15.47. dakikada da yüzey akış meydana gelmiştir. Bir saatlik yağış süresince, farklı zaman dilimlerinde meydana gelen toprak kaybı, yüzey akış miktarına bağlı olarak artış göstermiştir.

Bu parametreler arasındaki ilişki, aşağıda sunulan genel denklem yardımıyla tanımlanmıştır;

$$Y_i = a + bX_i + cZ_i$$

Burada yer alan a, b ve c parametrelerinin değeri, Yöntem bölümünde tanımlanan denklemlerin çözülmesiyle elde edilmiştir. Bunlar sırasıyla; $1.7636 \cdot 10^{-3}$; $-1.2733 \cdot 10^{-4}$ ve $5.2182 \cdot 10^{-3}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yüzey akış miktarı ve yağış süresine bağlı değişimini ifade eden model;

$$Y_i = 1.7636 \cdot 10^{-3} - 1.2733 \cdot 10^{-4} X_i + 5.2182 \cdot 10^{-3} Z_i$$
şeklini almıştır.

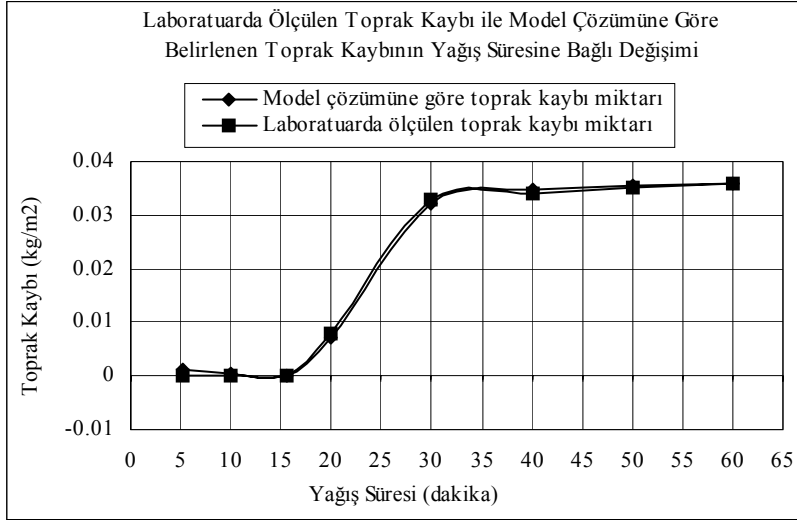
Kurulan modelin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlar, laboratuvar ölçümleriyle belirlenen toprak kaybı miktarlarıyla karşılaştırılmış ve bu değerler Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Model çözümüne göre belirlenen toprak kaybı ile, laboratuvar elde edilen ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

Yağış süresi (dakika)	Yüzey akış miktarı (lt/m ²)	Modele göre toprak kaybı (kg/m ²)	Ölçülen toprak kaybı (kg/m ²)	Fark (%)
5.18	0.000	0.0011	0.000	≈
10.00	0.000	0.0005	0.000	≈
15.47	0.000	(-)0.0002	0.000	≈
20.00	1.470	0.0070	0.008	12.5
30.00	6.540	0.0321	0.033	2.7
40.00	7.300	0.0348	0.034	2.4
50.00	7.690	0.0355	0.035	1.4
60.00	7.980	0.0358	0.036	0.5

Çizelge 2’de görüldüğü gibi, model çözümüne göre elde edilen toprak kaybıyla, laboratuvar elde edilen ölçüm sonuçları arasında, %12.5 değeri hariç, %2.7 ile %0.5 arasında değişen farklar meydana gelmiştir. Bu farklar, yağış süresiyle ters orantılı olarak azalma eğilimi göstermiştir. En yüksek fark, %12.5 ile 20. dakikada, en düşük fark ise %0.5 ile 60. dakikada meydana gelmiştir. 5.18, 10.0 ve 15.47. dakikalarda bir yüzey akış ve toprak kaybı gözlenmediğinden, Çizelge 2’de bu değerlere ilişkin fark sütunu “≈” simgesiyle işaretlenmiştir.

Laboratuvar ölçülen toprak kaybı miktarı ile, model çözümüne göre belirlenen toprak kaybının yağış süresine bağlı değişimi Şekil 1’de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Laboratuarda ölçülen toprak kaybı miktarı ile, model çözümüne göre belirlenen toprak kaybının yağış süresine bağlı değişimi

Şekil 1’de görüldüğü gibi, model çözümüne göre belirlenen toprak kaybı ile laboratuarda ölçülen toprak kaybı miktarları, zamana bağlı olarak birbirleriyle örtüşen yönde bir değişim göstermiştir.

Modelde, bağımsız değişkenleri oluşturan yağış süresi ve yüzey akış miktarının, bağımlı değişken olan toprak kaybı ile ilişkisini ortaya koymak için “çoklu belirlilik katsayısı (R^2)” hesaplanmış ve bunun değeri $R^2 = 0.99$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç; belirli eğim (%9), yağış şiddeti (65 mm/saat), toprak özelliği ve belirli dane çapındaki (2.5-5.0 cm.) taş örtü malzemeyle belirli oranda (%25) örtülü toprak koşulları için; toprak kaybındaki değişimin, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak büyük ölçüde açıklanabileceğini göstermiştir.

Çoklu belirlilik katsayısının anlamlılığı F testiyle kontrol edildiğinde, hem 0.01 ve hem de 0.05 önem düzeyinde, toprak kaybı ile, yağış süresi ve yüzey akış miktarı arasında önemli düzeyde bir ilişkinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuçlar

Bu çalışmada, belirli koşullar altında, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yüzey akış miktarı ve yağış süresine bağlı değişiminin modellenmesi amaçlanmıştır. Kurulan modelde, toprak kaybı bağımlı değişkeni oluştururken, yağış süresi ve yüzey akış miktarı da bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır. Yapılan laboratuvar çalışmaları ve

analizler sonucunda, söz konusu parametreler arasındaki ilişkiyi en iyi ifade eden genel denklem;

$$Y_i = 1.7636*10^{-3} - 1.2733*10^{-4} X_i + 5.2182*10^{-3} Z_i$$

olarak bulunmuştur. Modelde yer alan X_i ; yağış süresini (dakika), Z_i ; yüzey akış miktarını (lt/m^2) ve Y_i ; toprak kaybını (kg/m^2) ifade etmektedir. Modeldeki bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için çoklu belirlilik katsayısı (R^2) hesaplanmış ve bunun değeri 0.99 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, belirli koşullar altında toprak kaybı miktarındaki değişimin, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak açıklanabileceğini göstermiştir. Çoklu belirlilik katsayısının anlamlılığı, hem 0.01 ve hem de 0.05 önem düzeyi için F testi uygulanarak kontrol edilmiştir. Bu işlem sonucunda, modeli oluşturan parametreler arasında önemli düzeyde bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir.

Özet

Bu çalışmada, belirli koşullar altında, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yüzey akış miktarı ve yağış süresine bağlı değişiminin modellenmesi amaçlanmıştır. İşlemler, laboratuvar çalışmaları ve modelleme süreci üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar denemelerinde kullanılan toprak örneği, büyük ölçüde su erozyonuna maruz kalan, Gediz Havzası'nın Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarından alınmıştır. Kurulan modelde, toprak kaybı miktarı bağımlı değişkeni oluştururken, yağış süresi ve yüzey akış miktarı da bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır. Modelin kurulup çalıştırılmasıyla yapılan analizler sonucunda, söz konusu parametreler arasında önemli düzeyde bir ilişkinin bulunduğu ve toprak kaybı miktarında meydana gelen değişimlerin, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olarak açıklanabildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Su erozyonu, toprak kaybı, matematiksel model

Kaynaklar

- Abraham, Y.B. and Rickson, J.R., 1989, The Effectiveness of Stubble Mulching in Soil Erosion Control, Soil Erosion Protection Measures in Europe Soil Technology Series, 1, 115-126.
- Agassi, M., 1995, Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation, Soil Erosion Research Station Soil Conservation and Drainage Division Ministry of Agriculture Emeq-Hafer, Israel.
- Akalan, İ., 1967, Toprak Fiziksel Özellikleri ve Erozyon. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yıllığı, (3-4): 490-503, Ankara.
- Benkobi, L., Trlica, M.J. and Smith J.L., 1993, Soil Loss as Affected by Different Combinations of Surface Litter and Rock, J. of Environ. Quality, 22(4): 657-661.
- Box, J.E., 1981, The Effects of Surface Slaty Fragments on Soil Erosion by Water, Soil Science Society of America Journal, 45(1): 111-116.

- Bubenzer,G.D. and Meyer, L.D., 1965, Simulation of Rainfall and Soils for Laboratory Research. Trans. ASAE.,8:73-75.
- Bunte,K. and Poessen, J., 1993, Effects of Rock Fragment Covers on Erosion and Transport of Noncohesive Sediment by Shallow Overland Flow, Water Resources Research, 29(5):1415-1424. Soil and Fert.Abs. Vol.: 56, 1993.
- Chow, T.L. and Rees, H.W., 1995, Effects of Coarse Fragment Content and Size on Soil Erosion Under Simulated Rainfall. Canadian Journal of Science, 75(2):227-232. Soil and Fert.Abs. Vol:55, 1992.
- Chow, T.L.,Rees, H.W. and Moodie, R.L., 1992, Effects of Stone Removal and Stone Crushing on Soil Properties, Erosion and Potato Quality, Soil Science, 183(3): 242-249. Soil and Fert. Abs. Vol: 55, 1992.
- Green, J.R. and Margerison,D.,1978, Statistical Treatment of Experimental Data, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 382 pp.
- Grill, J.J.Canler,J.P. and Carsouille,J.,1989, The Benefit of Permanent Grass and Mulching for Limiting runoff and Erosion in Vineyards. Experimentations Using Rainfall Simulations in the Beaujolais. Soil Erosion Protection Measures in Europe Soil Technology Series,1,157-166
- Mollenhauer, K.,Fritz, E.M., Feldwisch, N., Look, A., Taysun, A., 1996, Influence of Rock Fragments of Soils on Runoff Generations, Infiltration and Soil Loss, Zeitschrift fur Kulturtechnik und Landentwicklung, 37:5, 202-206, 5 ref.
- Poessen, J. and Ingelmosanchez, F., 1992, Runoff and Sediment Yield from Topsoils with Different Porosity as Affected by Rock Fragments Cover and Positions, Catena, 19(5): 451-474, 62 ref.,Belgium, Soil and Fert. Abs. Vol: 56, 1993.
- Poessen, J., 1990, Conditions for the Evacuation of Rock Fragments from Cultivated Upland Areas During Rain Storms. Wallingford, Oxon, OX 108 BB, UK; IAHS Press, Institute of Hydrology IAHS Publication, No:189, 145-160, ISBN, 0-947571-37-X 31 ref., InErosion Transport and Deposition Processes (Proceeding of the Jerusalem Workshop, March-April, 1987). Soil and Fert. Abs. Vol: 54, 1991.
- Sach. F., 1990, The Danger of Soil Erosion on Stony Slopes. Nebezpeci Vnitropudni Eroze Na Kamenitysh Svazich Lebinska Prace, 69(10): 304-309, Vulhm-VS Opcno, Czechoslovakia. Soil and Fert.Vol.: 56, 1993.
- Spaan, W.P. and Dijk, K.J.Van., 1998, Evaluation of the Effectiveness of Soil and Water Conservation Measures in a Closed Sylvo-Pastoral Area in Burkino Faso. Advances in Geoecology, No:31, 1295-1301, 8 ref. CAB Abs., 1998-1999.
- Taysun, A. ve Uysal, H., 1996, Türkiye’de Su Erozyonu Tehlikesi ve Tarım Arazilerinde alınması Gereken Önlemler, E.Ü.Z.F. Tarımsal Uyg. ve Araşt. Mrkz. Yayın Bülteni, 27.
- Taysun, A., 1989, Toprak ve Su Korunumu, E.Ü.Z.F. Teksir No: 92-III.
- Taysun,A.,1986, Gediz Havzası’nda Rendzina Tarım Topraklarında Yapay Yağmurlayıcı Yardımıyla Taşlar, Bitki Artıkları ve Polyvinil Alkolün (PVA) Toprak Özellikleri ile Birlikte Erozyona Etkileri Üzerine Araştırmalar. E.Ü.Z.F. Yayın No: 474.
- Yönter,G.,2001, Toprak İskeletinin Yapay Yağmurlayıcı Koşulları Altında Su Erozyonuna Etkisi, Doktora Tezi, E.Ü.Fen Bil. Enst.,Bornova-İzmir, 86 s.