
SERİ B

CİLT 34

SAYI 1 1984

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



EROZYON KALDIRIMI

Doç. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU¹

Kı s a Ö z e t

Çakıllı ya da taşlı topraklarda öncelikle ince materyalin erozyona uğrayarak taşınıp gitmesiyle, toprak yüzeyinde sadece iri materyaller kalır. Zamanla biriken bu taş, çakıl ya da iri toprak partiküllerinin oluşturduğu yüzey örtüsüne «erozyon kaldırımı» adı verilir.

Erozyon kaldırımı, belli alanlardan yüzeysel erozyon sonucunda taşınan toprak miktarının belirlenmesinde bir kriter olarak değerlendirilebilir.

1. GİRİŞ

Özellikle kumlu topraklar orta şiddette yağmurlara maruz kaldıklarında, toprak yüzeyinde küçük ve hafif partiküller koparılarak yüzeysel akışla taşınırlar. Bu «elutriasyon» ya da «seçici erozyon» süreci sonucunda toprak yüzeyinde daha ağır partiküller kalır. Böylece, ağır kumlu balçık bazen hafif kumlu balçığa, hattâ kuma dönüşebilir. Benzer şekilde balçık da hafif balçığa, ya da giderek ince kumlu balçığa dönüşebilir. Ancak, kil toprakları ile granüler ve kırıntı strüktürlü topraklarda küçük boyutlu materyalin böyle bir seçici erozyonla taşınması suretiyle tekstür değişikliğine uğrama eğilimi çok daha azdır. Gözlem ve deneyimler, şiddetli yağışlar altında yüzeysel akışın seçici etkisinin pek önemli olmadığını, böyle durumlarda eğilimin daha çok toprağın kütleli olarak taşınıp götürülmesi doğrultusunda olduğunu ortaya koymuştur.

Seçici erozyonun belirgin ve dikkatli çeken bir etkisi, «erozyon kaldırımı» oluşumunda görülür. Bu oluşumda küçük partiküller çakıllı ya da taşlı topraktan yavaş yavaş yıkanarak taşınıp götürülmekte ve giderek artan miktarlarda iri materyal yüzeyde kalıp birikmektedir. Zamanla arazi yüzeyi çeşitli yüksekliklerde taşlarla kaplanmakta, adeta kaldırılmış gibi bir görünüm kazanmaktadır. Böyle bir taş örtüsü, şiddetli yağmurlardan kaynaklanan ve taşları harekete geçirerek alttaki toprağı da kazanabilen yüzeysel akışlar bir yana bırakılırsa, erozyonun ilerlemesini yavaşlatır ve hattâ hemen tümüyle engelleyebilir (BENNETT, 1939).

¹ I.O. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı.

2. EROZYON KALDIRIMI

Erozyon kaldırımı, toprağın küçük boyutlu ve hafif partiküllerinin yüzeyel akışın yol açtığı tabaka ya da çizgi (çığır) erozyonu ile taşınıp gitmesinden sonra geriye kalan taş, çakıl ya da iri toprak partiküllerinin oluşturduğu bir yüzey örtüsüdür. Erozyon kaldırımı oluşumu, toprak kütesinin ince bir tabaka halindeki yüzeyel akış tarafından harekete geçirilemeyecek kadar büyük parçalar ya da çimentolanmış agregatlar içerdiği yerlerde görülür. Tabaka erozyonu her zaman sınırsızdır ve sonuçta erozyon kaldırımı oluşumuna yol açacak iri materyaller toprakta mevcut değilse, tabaka erozyonunun etkileri hiç farkedilmeden devam edip gidebilir. Ancak, toprak kütesinin bir miktar taş, çakıl ya da iri kum ihtiva ettiği yer ve durumlarda böyle bir erozyon bir süre sonra, hattâ şiddetli bir yağıştan hemen sonra gözle görülür ve böyle topraklarda tabaka erozyonunun izleri, örneğin toprak işlemeyle de ortadan kalkmaz; zira bu iri parçalar yağıştan sonra arazi yüzeyinde birikip kalırlar. Bu birikmeye, yukarıda değinildiği üzere, daha küçük boyutlu materyali yüzeyden süpürüp götüren ve kısmen de perkolasyonla bir miktar ince materyali toprak içine doğru «yıkayan» tabaka ya da çizgi erozyonu yol açar.

Erozyon kaldırımı, yüzeyin aşınması (denudasyon) süreci içerisinde tabaka erozyonunun etkinliğini gösteren bir oluşum ve kesin bir belirtidir.

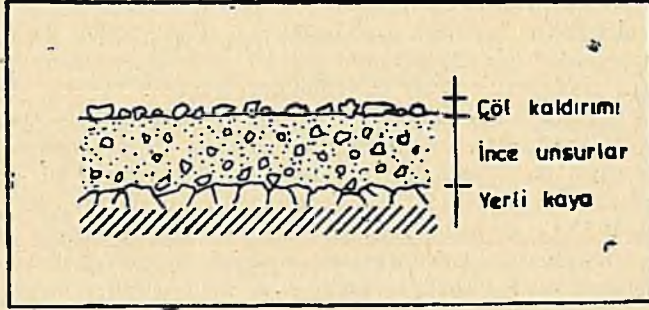
Suyun yol açtığı tabaka erozyonu sonucunda oluşan erozyon kaldırımı, kurak bölgelerde rüzgâr erozyonu nedeniyle oluşan «çöl kaldırımı»na benzer (SHAW, 1929). Rüzgâr erozyonu sürecinde yüzeydeki ince partiküllerin seçilerek götürülmesi, yani rüzgâr erozyonunun «seçici» niteliği, su erozyonundakine oranla daha da belirgindir (BENNETT, 1939). Burada çöl kaldırımı konusunda bazı bilgiler vermek yararlı olacaktır :

Rüzgârın yer şekillerini işleme doğrultusundaki etkileri (1) deflasyon, (2) korazyon olmak üzere iki grupta toplanabilir. Deflasyon, tozların, kumların ve bazı durumlarda küçük blokların rüzgâr tarafından buldukları yerlerden kaldırılarak başka bir yere taşınmalarını ifade eder. Korazyon ise, rüzgârın beraberinde sürüklediği kum gibi irice, sert ve köşeli partikülleri büyük bir hızla kayalara çarpması sonucu oluşan aşınmadır.

Deflasyonun şiddetli ve devamlı olduğu alanlarda en çok havalanan ve uzaklaştırılan maddeler, toz ve kum gibi ince partiküllerdir. Buna karşılık iri ve ağır taşlar, çakıllar ve bloklar oldukları yerde kalır ve ancak çok şiddetli fırtınalar esnasında biraz yer değiştirirler. Çeşitli boyutlardaki unsurlardan oluşmuş gevşek bir depo, çakıl ya da enkaz örtüsü ile kaplı olan yerlerde bu olayın uzun bir süre devam etmesi ve unsurların boyutlarına göre elenmesi sonucunda ince unsurlar uzaklaşmış ve geriye ancak iri ve ağır unsurlar, bloklar, ya da taşlar kalmış olur. Bu unsurlar zemin üzerinde adeta arnavut kaldırımını hatırlatan bir taş kaplama meydana getirirler ve bu nedenle de sözkonusu oluşuma «çöl kaldırımı» adı verilmiştir. Bu taş örtüsü, üzerinde yayıldığı zemini deflasyona karşı koruduğundan çöl kaldırımına «çöl zırhı» da denilmektedir.

Çöl kaldırımı, kurak bölgelerde çok yaygın bir oluşumdur. Dünyanın çeşitli kurak bölgelerinde değişik terimlerle ifade edilen ve bazı özellikler gösteren çöl kal-

dırımı tipleri meydana gelmiştir. Örneğin yerli kayayı örten alüvyal bir örtünün deflasyona uğraması sonucunda oluşan çöl kaldırımına «hamada» denir (Şekil 1). Hamadalar genellikle düz alanlarda oluşmakla birlikte, yüzeyin 10 - 17 dereceye kadar eğimli olduğu hamadalar da vardır.



Şekil 1. Yerli kayayı örten alüvyal örtünün rüzgâr erozyonuyla taşınması sonucu oluşan çöl kaldırımı («Hamada») (Eriñç, 1971'den).

Çöl kaldırımının ikinci tipini, kum, çakıl depoları, birikinti konileri ve yelpazeleri, ya da taraça dolguları gibi yerli olmayan, taşınmış detritik maddeler üzerinde oluşanlar meydana getirir. Bu tip çöl kaldırımlarına «serir» ya da «reg» denir. Bunları meydana getiren unsurlar genellikle daha küçüktür (ERİÑÇ, 1971).

3. TAŞINAN TOPRAK DERİNLİĞİNİN HESAPLANMASI

Erozyon kaldırımı, tabaka erozyonu derinliğinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılabilir. Bir zemin üzerinde suyun akış hızının, eğimin karekökü ile orantılı olarak arttığı bilinmektedir. Yani eğim x kat arttığında suyun akış hızı \sqrt{x} kadar artmaktadır. Herhangi bir eğimde akış hızı sabittir. Öte yandan suyun taşıdığı toprak partiküllerinin boyutu, suyun akış hızı ile orantılı olarak büyür. Belli bir hızda belli boyutun altındaki partiküller taşıyıp gidecek, o boyutun üzerindeki ise yerlerinde kalacaktır. Tabaka erozyonunda iri partiküllerin yüzeyde birikmesi ve erozyon kaldırımı oluşturmaları ile sonuçlanan süreç işte budur. Dolayısıyla, iri partiküllerin birikme ve erozyon kaldırımı oluşturma derecesi, erozyonun bir ölçüsü olarak değerlendirilebilir.

Bu amaçla toprağın taşınıp gitmiş bulunan üst tabakasının içerdiği iri partiküllerin oranının, erozyon kaldırımının hemen altındaki toprak tabakasının halen içermekte olduğu iri partiküllerin oranına eşit olduğu kabul edilir¹.

Erozyon kaldırımından ve onun altındaki toprak tabakasından alınacak örneklerden belli bir boyutun üzerindeki iri partiküllerin ağırlıkları bulunur. Bundan sonra ağırlıkla derinlik arasında;

¹ Mümkün olan, yani yakın çevrede - örneğin, üzerindeki bitki örtüsü sayesinde - erozyondan korunabilmiş toprak profilleri bulunabilen yerlerde üst ve alt toprağın içermekte olduğu iri partikül oranları belirlenmeli ve hesaplar buna göre yapılmalıdır.

$$\frac{\kappa + d}{W_x} = \frac{D}{W_D}$$

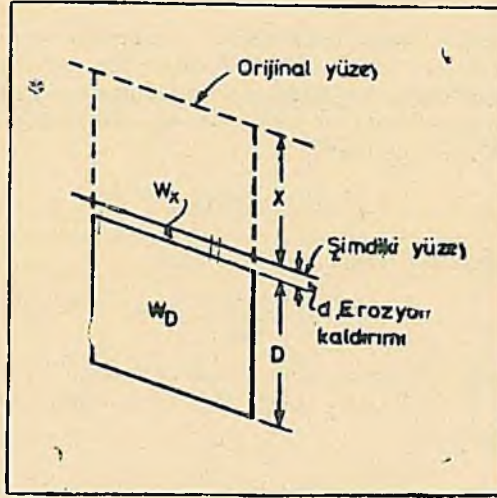
şeklinde bir orantı kurulabilir (Şekil 2). Burada :

- κ = tabaka erozyonuyla taşınmış olan toprak derinliği,
- d = erozyon kaldırımının derinliği,
- D = erozyon kaldırımının hemen altında örneklenen toprak derinliği,
- W_x = erozyon kaldırımındaki iri partiküllerin ağırlığı,
- W_D = erozyon kaldırımının hemen altında örneklenen toprak derinliğindeki iri partiküllerin ağırlığı

dır. Taşınmış olan toprak derinliği;

$$\kappa = \frac{D \cdot W_x}{W_D} - d$$

şeklinde bulunur.



Şekil 2. Erozyon kaldırımının, erozyonla taşınmış toprak derinliğinin hesaplanmasında kullanılmasına ilişkin ögeler (Kittredge, 1948'den).

Böyle bir hesabın yapılabilmesi için, herhangi bir topraktaki iri partikülleri ayırmağe elverişli açıklıktaki bir eleğin üzerinde kalan iri partiküllerin tartılması yeterlidir. Bu amaçla farklı açıklıklarda birden fazla elek de kullanılabilir. Bu takdirde bu ölçümlerden en büyük aşınma (erozyon) değerini veren, en güvenilir hesaplama olarak kabul edilir.

Taşlardan ve iri materyalden oluşan bir erozyon kaldırımı için aynı yöntem şu şekilde de kullanılabilir: Bir sepet ya da kutu içerisine, erozyon kaldırımındaki ışıretli (belirli) bir alandan taşlar toplanır. Sepet ya da kutunun dolduğu derinlik,

yanı kabın nereye kadar dolduğu işaretlenir. Sonra kap boşaltılır ve bu defa erozyon kaldırımının hemen altındaki ve aynı en ve boydaki toprak tabakasından, aynı büyüklüğün üzerinde boyuta sahip olan taşlar toplanarak kap daha önce işaretlenmiş olan hizaya kadar doldurulur. Bu durumda, ikinci kez kabı dolduran taşların toplandığı toprak profilinin (çukurun) derinliği, tabaka erozyonuyla taşınmış olan toprak derinliğine eşittir.

Taşınmış olan toprak derinliğinin bu şekilde belirlenmesindeki güçlüklerden biri, erozyon kaldırımı tabakasının derinliğinin ölçülmesidir. İstenen, şimdi taşınmış olan toprak tabakasının içinde bulunan iri partiküllerin temsil ettikleri derinliktir; yani bu iri partiküllerin eriyip boşluksuz bir tabaka oluşturduklarını düşünürsek, o tabakanın ortalama derinliği (kalınlığı) dir. Arazide yapılan ölçmelerin kontrolü şu şekilde yapılabilir: Derinlik, hacmin alana oranıdır. Alanlar, örneklerin alınması sırasında ölçülebilir. Hacım, ağırlığın yoğunluğa oranıdır. İri partiküllerin ağırlığı zaten tartı ile bulunmaktadır ve katı mineral materyalin yoğunluğu yaklaşık olarak 2,65 alınabilir. Bu yoldan hesaplanacak hacim değeri, derinliği veren eşitlikte yerine konulduğu takdirde, erozyon kaldırımının derinliği bir hesapla bulunabilir ve bu değer, ölçülmüş bulunan derinliğin kontrolüne olanak verir (KITTREDGE, 1948).

Bir sağanak yağıştan sonra hafif eğimli bir yamaçta oluşan erozyon kaldırımı üzerinde işaretlenen $10 \times 5 = 50$ cm² lik bir alandan örnek alındığını düşünelim. Örneğin ağırlığı $W_s = 16,1$ gr olarak ölçülmüşse, iri partiküllerin yoğunluğu $\gamma = 2,65$ gr/cm³ olduğundan, örnek hacmi $V = W_s / \gamma = 16,1 / 2,65 = 6,1$ cm³ olarak elde edilir. Bu takdirde erozyon kaldırımının derinliği;

$$d = V/A = 6,1/50 = 0,122 \text{ cm}$$

olarak bulunur.

Bundan sonra, aşınma derinliğinin hesabı için;

$$x = \frac{D \cdot W_s}{W_D} - d$$

eşitliğinden yararlanılır. Erozyon kaldırımının altındaki $D = 10$ cm derinlikte topraktan toplanan iri partiküllerin ağırlığı $W_D = 31$ gr olsun. Bu durumda, taşınmış olan toprak derinliği;

$$x = \frac{10 \cdot 16,1}{31} - 0,122 = \frac{161}{31} - 0,122$$

$$x = 5,2 - 0,122$$

$$x = 5,08 \text{ cm}$$

olarak hesaplanır.

KAYNAKLAR

BENNETT, H. H., 1939. *Soil Conservation*. McGraw - Hill Book Company, Inc., New York - London.

ERİNÇ, S., 1971. *Jeomorfoloji - II*. İ.Ü. Yayın No. 1628, İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 29, İstanbul.

KITTREDGE, J., 1948. *Forest Influences*. McGraw - Hill Book Company, Inc., New York - Toronto - London.

SHAW, C. F., 1929. *Erosion Pavement*. *The Geological Review*, Vol. 19, No. 4, Oct. 1929, New York.