

SERİ
SERIE B

CİLT
TOME XXI

SAYI
FASCICULE 1

1971

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



TOPRAKLARDA EROZYON EĞİLİMİNİN TESBİTİNDE KULLANILAN BAZI ÖNEMLİ İNDEKSLER

Yazan :
Dr. Necdet ÖZYUVACI

G İ R İ Ő

Erozyon terimi jeolojik yönden ele alındığında, yüz yıllar boyu süregelen ve doğal cereyanı içersinde yeryüzünün, kıyıların şekillenmesi ve bugün verimli tarım sahaları olarak faydalandığımız ovaların teşekkülünü sükûnet içersinde gerçekleştiren bir olayı ifade eder. Bu şekilde dikkati çekmeyen erozyon olayının bir problem olarak karşımıza çıkışını ise, insanoğlunun tarımsal faaliyetlere başladığı devirlere kadar götürmek mümkündür. Zira, doğal bitki örtüsüne yapılan müdahale ile arazi kulanma şeklinin değiştirilişi doğal dengeyi bozmuş ve taşınan toprağın artık yeniden oluşum suretiyle karşılanamamasına yol açmıştır. Genel anlamda hızlı erozyon veya toprak erozyonu diye terimlendirdiğimiz bu olay, meydana gelişinde rol oynayan temel faktörler bakımından ele alındığında; su ve rüzgâr erozyonu olarak iki grupta mütalâa edilebilir. Yurdumuzun % 27 si üzerinde tamamlanan erozyon etüdleri bu sahaların % 31.54'ünde toprakların su erozyonu ile tamamen taşındığını ve tarımsal amaçlara hizmet edecek toprak kalmadığını % 28.53 ünde ise yine su erozyonunun ciddi bir problem teşkil ettiğini ortaya koymuştur (26). Dünyanın en susuz ülkeleri arasında zikredilen (10) ve büyük bir kalkınma çabası içersinde bulunan yurdumuzda 1927 yılında 13.648.000 olan nüfusumuzun (12) 1970 yılı nüfus sayımında 36 milyona yaklaşarak 43 yıllık bu surede ikibuçuk mislini aştığı düşünülürse gıda ve diğer tüketim maddeleri üretimi yönünden toprak ve su korumasının önemi kendiliğinden ortaya çıkar.

Nitekim çeşitli örgütlerce bütün yurt çapında doğal olanaklardan faydalanmayı öngören çalışmalara girişildiğini ve yeni yeni tesislerin plânlanmakta ve inşa edilmekte olduğunu görmekteyiz. Bunları; içme-kullanma, endüstri ve tarım alanındaki ihtiyaçlar için su tedariki ve enerji temini gayesiyle yapılan bir çok büyük barajlar, sulama tesisleri, siltasyonu önlemek ve taşkın zararlarını azaltmak için toprak ve su koruması alanındaki çeşitli yardımcı tesisler olarak toplamak

mümkündür. Ancak, büyük yatırımları gerektiren bütün bu tesislerin verimli bir şekilde realize edilebilmeleri ve uzun vadeli tesisler haline getirilebilmeleri ise özellikle aktüel ve potansiyel sedimentasyon şartlarının detaylı ve sıhhatli bir şekilde bilinmesini zorunlu kılar.

Bunların yanısıra yurdumuzda arazinin hemen tamamı herhangi bir sınıflamaya tabi tutulmadan kabiliyeti dışında kullanılmaktadır. Arazinin kabiliyetine göre sınıflandırılmasında üzerinde öncelikle durulan kıstas ise; o sahadaki toprakların sahip olduğu erozyon tehlike ve taşınma potansiyelidir (15). O halde bu konuda yapılacak çalışmalar her şeyden önce gerek silt materyalinin kaynağının araştırılması ve gerekse arazi sınıflamasında önemli bir kıstas olan erozyon ve taşınma potansiyelinin ortaya konması bakımından topraklarda erozyon eğiliminin tespitini gerektirir. Oysa ki yurdumuzda bu konudaki çalışmaların mazisinin çok yeni oluşu nedeniyle güvenilir sonuçların azlığı bilgilerimizin genellikle tahminden ileri gidememesine yol açmaktadır.

Yurdumuz şartları gözönüne alınarak derlenen bu yazıda; yurt ölçüsündeki etkisinin daha geniş oluşu nedeniyle su erozyonu üzerinde durulmuş ve topraklarda erozyon eğiliminin tespitinde kullanılan indeksler ayrı ayrı ele alınarak çeşitli araştırmacılarca bu konuda ortaya konmuş pratik değer taşıyan bulgular bir araya toplanmaya çalışılmıştır.

1 — Su Erozyonu :

Birçok faktörler kompleksi tarafından etkilenen su erozyonunu analiz edersek bunun her şeyden önce; suyun dispersleştirme tesiri ve taşıma kuvvetine bağlı olduğunu görürüz. Suyun dispersleştirme tesiri ve taşıma kuvveti ise; bir taraftan düşen yağmur danelerinin dispersleştirme kuvveti ve yüzeysel akışa geçen suyun miktar ve hızı, diğer taraftan da toprağın dispersleşmeye ve taşınmaya karşı mukavemeti ile tayin edilir (6). O halde, muayyen bir yağış - yüzeysel akış şartı altında muhtelif topraklar gösterdikleri mukavemete göre muhtelif derecelerde erozyona maruz kalacak, başka bir deyimle erozyon eğilimleri farklı topraklar farklı şekilde erozyon göstereceklerdir. Yine yüzeysel akışa geçen suyun miktar ve hızının az veya fazla oluşu ise toprak hareketinin yahut meydana gelecek taşınmanın büyüklüğünü etkileyecektir. Nitekim Ellison, damla erozyonu ve bunu etkileyen faktörleri inceleyen araştırmasında yukardaki hususlarla ilgili olarak erozyon olayını iki komponente ayırmış ve bunları a) toprağın parçalanması (Soil Detachment) b) taşınma (Transportation) şeklinde tavsif etmiştir (4).

Kısaca yapılan bu analiz, sudan mütevellit toprak erozyonunun yağış ve toprak karakteristiklerinin bir bileşkesi olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Günümüze kadarki bilgilerimizin yağış karakteristiklerinin kontrolüne imkân veremeyişi bu konuda yapılan çalışmalarını genellikle toprak karakteristikleri üzerine yöneltmiştir. Toprak taşınmalarının tespitinde kullanılan indekslerde genellikle alanın gözönüne alınışı bunlara kantitatif bir hüviyet kazandırmaktadır. Diğer taraftan, uzun süre toprakla meşgul olan bir kısme bir toprağın erozyona müsait bulunup bulunmadığını gözlemlerine dayanarak söyleyebilir. Ancak, bizce mühim olan husus erozyon eğilimi dediğimiz bu toprak özelliğinin kişisel etkilerden uzak ve kantitatif bir şekilde ifade edilebilmesidir. İşte yıllarca kendilerine bu konuda bir kıstas bulmaya çalışan araştırmacılar topraklarda erozyon eğiliminin genellikle fiziksel karakteristiklere ilişkin bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Örneğin; Cook (8) erodibilitiyi etkileyen toprak karakteristiklerini (a) dane boyutu dağılımı (b) toprağın agregatlaşma durumu (c) Rutubet muhtevası (d) Yoğunluğu (e) Kimyasal bileşimi ve (f) Toprak'taki biyolojik şartlar olarak gruplandırır. Dikkat edilirse burada daha çok, toprağın fiziksel karakteristiklerine yer verildiği görülür. Nitekim Anderson da bir yağış havzasının sediment veriminin tayininde toprak karakteristiklerinin önemli yeri olduğunu ifade etmekte ve sediment verimi üzerinde hangi toprak karakteristiklerinin etkili olabileceği ve bunların nasıl tayin edilerek kullanılacakları hususundaki sorunun cevaplandırılmasında yine fiziksel toprak karakteristikleri üzerinde durmaktadır (1).

O halde şimdi, topraklarda erozyon eğiliminin tespitinde ele alınan bu karakteristikler ile bunlara dayanılarak ortaya konulan ve pratik değer taşıyan indeksleri tayin metodlarıyla ayrı ayrı görelim :

2 — Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tespitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler :

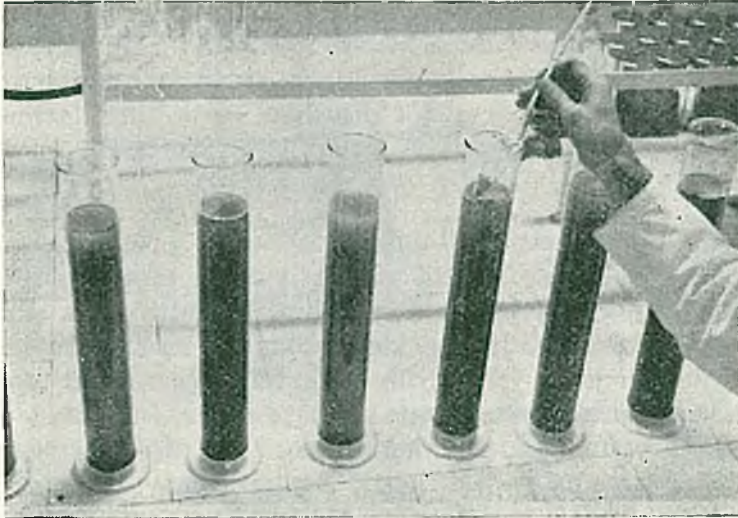
Toprak fizik vasıflarıyla erozyon eğilimi arasında ilişki kurmak hususunda ilk teşebbüs Middleton'dan gelmiştir (17) Bu teşebbüs sonunda topraklarda erozyon eğilimini kantitatif olarak izah etmek mümkün olmuş (1) ve değerini günümüzde dahi muhafaza eden üç önemli indeks ortaya konmuştur. Aşağıda sırasıyla ele alınacak olan bu indeksler; dispersiyon oranı, kolloid - rutubet ekivalanı oranı ve erozyon oranıdır (16).

2.1 — Dispersiyon Oranı (Dispersion ratio)

Toprakların erozyon eğilimini tayinde bugün dahi kıymetli bir kri-

ter olarak kullanılan dispersiyon oranı (9) toprak tekstürü ile daneciklerin dispersleşebilme kolaylığı esasına dayanır. Büyük kısmıyla kolay dispersleşen toz ve kil'den müteşekkil topraklar, yüksek bir dispersiyon oranına sahip olup düşük oran gösteren topraklara nazaran erozyona daha müsaittirler (16). Bu oran, saf suda çalkalanarak meydana getirilen toprak solusyonunda bir dispersleşme yapmadan tayin olunan «toz + kil» miktarının, toprakta mevcut «total toz + kil» miktarına bölünmesiyle elde edilir (6).

Dispersiyon oranının tayininde aşağıdaki yol izlenir; aynen mekanik analizde olduğu gibi 2 mm. lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinden rutubet muhtevaları gözönünde tutulmak suretiyle ağır tekstürlü topraklarda 50 gr., kumlu topraklarda ise 100 gr. alınarak 500 cm³ lük bir behere konur. Örnek üzerine tamamen örtecek şekilde distile su ile ıslatılarak bir gece bekletilir. Ertesi gün beher muhteviyatı pisetle iyice yıkanarak hidrometre silindirine aktarılır ve distile su ilâvesi ile 1000 ml. ye tamamlanır. Bouyoucos'un hidrometre metodu uygulamasında olduğu şekilde (Resim 1) yapılan okumalar ve değerlerin sıcaklık tashihleri sonucunda kum, toz ve kil fraksiyonlarının miktarı hesaplanır. Bulunan bu değerlerden toz ile kil fraksiyonlarının toplamı aynı örneğin mekanik analizi ile elde edilmiş olan total toz + kil miktarına bölünmek suretiyle dispersiyon oranı tayin edilir (14).



Resim 1. Hidrometre metodunun uygulamasından bir safha.

Bu şekilde tayin edilen dispersiyon oranı yine Middleton'un vermiş olduğu aşağıdaki ıskalaya göre değerlendirilir (16).

	<i>Erozyona müsait topraklar</i>	<i>Erozyona müsait olmayan topraklar</i>
Dispersiyon Oranı	> 15	< 15

2.2 — Kolloid - Rutubet Ekiyalanı Oranı :

Baver (6) Kolloid - rutubet ekiyalanı oranının, toprağın suya karşı gösterdiği rölatif permeabilitenin (geçirgenliğin) izahında kullanıldığını ifade eder. Lutz (16) ise bu orana bir permeabilite indeksi olarak bakılabileceğini ileri sürerek; kolloid - rutubet ekiyalanı oranında vukubulacak bir yükselmenin toprağın tarla kapasitesinde bir düşmeye delâlet edeceği ve buna paralel şekilde infiltrasyon kapasitesinin artacağı, dolayısıyla, şiddetli yağışlar esnasında meydana gelecek yüzeyel akışta bir azalmanın bahis konusu olacağından bahsetmektedir. Yine aynı müellif Kolloid - Rutubet ekiyalan oranı yüksek bulunan toprakların düşük oran gösteren topraklara nazaran daha az erozyon gösterme istidatında olduklarını da ifade etmektedir.

Kolloid - Rutubet ekiyalanı oranı; kil ve daha düşük boyuttaki kolloidal fraksiyonların miktarının, rutubet ekiyalanına bölünmesiyle elde edilir (5). Burada kil ve daha küçük boyuttaki kolloid fraksiyonların miktarı olarak o örneğin mekanik analizi sonucunda bulunan kil yüzdesi alınır. Aynı örneğin rutubet ekiyalanı ise bu amaçla imal edilen özel başlıklı santrifuj (Resim 2) kullanılarak aşağıdaki şekilde tayin edilir :

2 mm. lik elekten geçirilmiş örneklerden ± 0.1 gr. hassasiyetle tartılmış 30 gr. lık kısımlar alınır. Bunlar elekli taraflarına Whatman No. 2 filtre kâğıdı yerleştirilmiş özel santrifuj kutularına aynı örnekten çift olmak üzere konur. Örneklerin bulunduğu bu kutular, tabanı düz satırlı uygun bir kaba yerleştirilir ve kutular içersindeki toprak seviyesi dikkate alınarak kaba distile su ilâve edilir. Bu şekilde bir gece bekletilerek doygun hale getirilen örnekler, rutubetli havlu veya kurutma kâğıdı arasına yerleştirilerek (buharlaşmayı önlemek için) 30 dakika serbest drenaja tabi tutulur. Müteakiben, paraleli ile karşı karşıya gelecek şekilde santrifuj başlığına yerleştirilen örnekler 30 dakika süre ile (2440 devir/dak.) da santrifuje edilir ve mümkün olan çabuklukla darası belli tartı kaplarına aktarılarak tartılır. Sonra 105°C de



Resim 2. Santrifuj, özel başlık ve kutuları.

kurutularak fırın kurusu ağırlıkları tespit edilir ve bu iki ağırlık arasındaki farktan rutubet ekivalanı bulunur (11).

Kolloid - rutubet ekivalanı oranının erozyon eğilimini tespit için bir indeks olarak değerlendirilişi ise aşağıdaki ıskalaya göre yapılır (16) :

	<i>Erozyona müsait</i>	<i>Erozyona müsait olmayan</i>
Kolloid - rutubet ekivalanı oranı	< 1.5	> 1.5

2.3 — Erozyon Oranı (*Erosion ratio*) :

Erozyon oranı; dispersiyon oranı ile kolloid - rutubet ekivalanı oranının bir tek isim altında kombine edilmiş şeklidir. Bu kombinasyon, erozyon eğilimi ile doğru orantılı olarak değişen dispersiyon oranının, yine erozyon eğilimi ile ters orantılı olarak değişen kolloid - rutubet ekivalanı oranına bölünmesiyle elde edilir. Sonucun değerlendirilişi ise; yine Middleton tarafından verilmiş olan ıskalaya göre yapılır (16).

	<i>Erozyona müsait topraklar</i>	<i>Erozyona müsait olmayan topraklar</i>
Erozyon oranı	> 10	< 10

2.4 — *Suya Dayanıklı Agregatlar (Water Stable Aggregates) :*

Agregatlar, toprağın katı fazını meydana getiren primer elemanların bir araya gelmesinden oluşmuş sekonder parçacıklardır (4). Bunların dağılma hususunda suya karşı gösterdikleri mukavemet, topraklarda meydana gelecek erozyonun derecesini yahut erozyon eğilimini ön plânda etkileyen bir unsur olmaktadır. Slater C.S. ve Carleton E.A. erozyonla taşınan materyalin değişkenliği üzerine yaptıkları araştırmada, kaba tekstürlü materyalin daha geniş ölçüde erozyona maruz kaldığını fakat taşınan materyalin kompozisyonunun ise hiç bir zaman geliştiği materyal kadar kaba bir tekstür göstermediğini tespit etmişlerdir. Yamamoto T. ve Anderson H.W. (25) ise toprakların suya karşı dayanıklılığını izah ederlerken bunun; toprağın erozyona hazır fraksiyonları şeklinde de ifade edilebileceğini ileri sürmüşler ve 0.25 mm. den küçük agregatları erozyona hazır fraksiyonlar olarak almışlardır.

Yine Diseker ve Yoder, Cecil kili adı verilen topraklarda erozyonla taşınan materyalin karakteri üzerine yapmış oldukları analizde; agregatların, tekstür ayrımında yer alan fraksiyonlardan daha fazla taşındığını ortaya koymuşlardır (6).

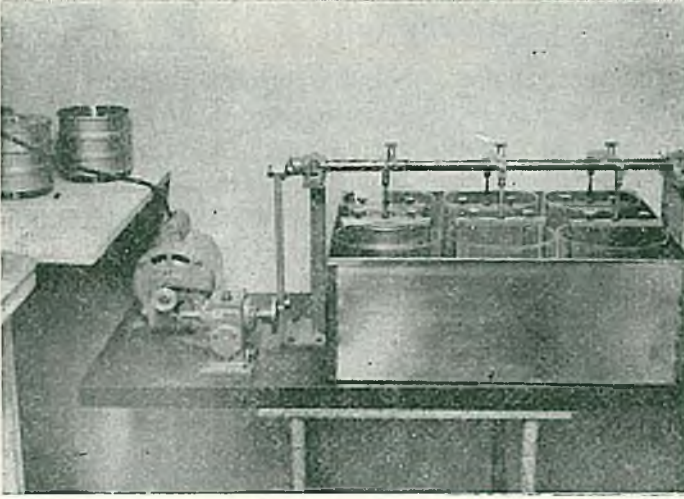
Gessel (14) suya dayanıklı agregatların tayin edilerek bunun ortalama agregat çapı gibi bir değere tahvilinin, erozyon tehlikesini tayinde kantitatif mukayeseler için uygulanan bir indeks olarak en pratik metodu teşkil ettiğini ileri sürmektedir.

Ortalama agregat çapının tayini Yoder (27) tarafından geliştirilen ve Türkçe'ye «Islak eleme» (Wet Sieving) veya «suda eleme» diye çevrilebilecek olan agregat analizi esasına dayanır (4). Aşağıda ayrıntıları ile verilen metod Yoder'in izlemiş olduğu yolun biraz değiştirilmiş şeklidir. Bu değişiklikler ise; işlemlerin hacim ağırlığı örnekleri üzerinde uygulanması, 3,2,1, ve 0.5 mm. lik eleklerden müteşekkil bir elek takımının kullanılması ve eleme süresinin de 30 dakika olarak alınmasıdır (24).

Uygulamada bu amaç için inşa edilmiş bulunan bir apereyden faydalanılır. Resim 3 de görülen aperey; üst üste geçebilen 3,2,1, ve 0.5 mm. lik elekler, hareketi sağlayan motor ve bağlantı çubukları ile su içersinde elemeye imkân veren cam silindirlerden ibarettir.

Ortalama agregat çapı tayin edilecek topraktan alınan hacim ağırlığı örneği distile su ile doygun hale getirildikten sonra, çok dikkatli şekilde keskin bir bıçakla ikiye kesilir (Resim 4). Parçalar apereyde birbirinin simetriği durumunda olan iki eleğin üst kısmına yer-

leştirilir. Diğer örneklerde apereye konduktan sonra cam silindirler içersine, toprak örneğini örtecek seviyeye kadar distile su doldurulur ve alet çalıştırılır. Su içersinde aşağı yukarı iniş çıkışlar şeklinde yapılan eleme ameliyesi 30 dakika devam eder. Bundan sonra her eleğin üzerinde kalan agregatların fırında kuru ağırlığı tespit edilir. 0.5 mm.



Resim 3. Suya dayanıklı agregatların analizinde kullanılan aparey (Balci N.)



Resim 4. İkiye kesilmiş bir hacim ağırlığı örneği

den küçük olup cam silindirler içersindeki solusyonda süspansiyon halde toplanan fraksiyonlar ise hidrometre metodu ile tayin edilir.

Fırında kuru ağırlıkları ayrı ayrı tespit edilen bu agregatlar örneğin, total ağırlığının yüzdesi olarak değerlendirilir ve bu değerler ordinatta, elek gözeneklerine tekabül eden agregat çapları da apsiste gösterilmek suretiyle noktalanarak elde edilen eğri yardımıyla ortalama agregat çapı tayin edilir (14).

Bu şekilde tayin edilen ortalama agregat çapının yukarıda izah edilen diğer indekslerde olduğu şekilde bir değerlendirme ıskalası bulunmamasına rağmen; topraklarda erozyon eğiliminin kantitatif şekilde değerlendirilişinde sayısal değerler olarak rölatif bir mukayeseye imkân vermesi ve matematik istatistik metodların bu konuda uygulanmasını sağlaması yönünden pratik faydası büyüktür.

2.5 — Yüzey Agregatlaşma Oranı (Surface Aggregation Ratio) :

Her hangi bir toprakta erozyon eğiliminin; agregatlaşmaya ihtiyaç gösteren toprak yüzeyine — ince kum veya daha büyük boyut — karşılık, topraktaki kilin bağlayıcı hassasına dayandığı hipotezini ileri sürerek yüzey agregatlaşma oranını erozyon eğilimi tayininde bir indeks olarak ilk defa uygulayan Anderson'dur (3). Bu indeks araştırmacı tarafından 33 yağış havzasında yapılan çok taraflı regrasyon analizlerinde süspansiyon haldeki sediment verimi ile yüksek bir korelasyon göstermiştir (2). Yine, Andre J.E. ve Anderson H.W. (3) Kuzey Kaliforniya'da yer alan ve doğal vejetasyonla kaplı bulunan topraklarda erozyon eğiliminin değişimi üzerine yaptıkları araştırmada bir erozyon eğilim indeksi olarak aldıkları yüzey agregatlaşma oranı ile jeolojik yapı, dolayısıyla jeolojik toprak tipi, vejetasyon örtüsü ve coğrafik zon arasında önemli derecede bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Walis, J.R. ve Anderson H.W. ise sediment şebekesinin plânlanması için yaptıkları çok taraflı bir analiz uygulamasında (23), Wallis, J.R. ve Willen, D.W. nin toprağın oluşumunda rol oynayan faktörlere ilişkin olarak Kaliforniya'nın bazı yüzey topraklarında tekstür, yüzey agregatlaşma oranı ve dispersiyon oranının değişimi üzerine yaptıkları araştırmalara (22) dayanarak, 0-6 inç derinlikten alınan yüzey toprağında tespit edilen yüzey agregatlaşma oranını yağış havzası litolojisinin bir fonksiyonu olarak almışlardır.

İşte, bilhassa sediment problemlerinin ortaya konması ve kontrolu bakımından büyük ölçüde faydalar sağlayan bu indeks; toprakta yer alan 0.02 mm. (ince kum fraksiyonu) den büyük danelerin yüzey ala-

nını aynı toprağın agregatlaşmış (toz + kil) muhtevasına bölmek suretiyle elde edilir (3). Bunu dimensiyonları ile göstererek şu şekilde formüle edebiliriz.

$$\text{Yüzey agregatlaşma oranı (cm}^2\text{/gr)} = \frac{\text{> 0.02 mm. danelerin yüzey alanı (cm}^2\text{)}}{\text{Agregatlaşmış toz + kil (gr)}}$$

Aşağıda formülün tayininde izlenecek laboratuvar metodları ve değerlendirme şekilleri hakkında bilgi verilecektir :

Yüzey agregatlaşma oranının tayini ile ilgili olarak yapılacak laboratuvar çalışmaları toprakta; a) 0.02 mm. den büyük ve küçük fraksiyonların dağılımı b) dispersleştirme yapılmadan (toz + kil) miktarı ve c) dane yoğunluğunun tespitini kapsar.

a) Bu amaçla alınan toprak örnekleri laboratuvarda 5 mm den büyük, 5 - 2 mm. arası ve 2 mm. den küçük olmak üzere fraksiyonlarına ayrılır (13). 2 mm. den küçükler ise; yine (2 - 0.05 mm.), (0.05 - 0.02 mm.) ve (< 0.02 mm.) fraksiyonlar şeklinde gruplandırılır. Bu ayırım da ilk iki kademe eleme suretiyle, 2 mm. nin altında kalanlar ise örneği mekanik analize tabi tutmakla tayin olunur. Kademeleri teşkil eden fraksiyonların ağırlıkları, örneğin total ağırlığının yüzdesi olarak değerlendirilir. Bouyoucos'un hidrometre metodu uygulamasında * okumalar; 40 saniye, 4 dakika 48 saniye, 60 ve 120 dakika sonlarında yapılır. 40 saniye sonunda hidrometrede okunan değer (sıcaklık tashihi dikkate alınarak) gr/lt. olarak 0.05 mm. den küçük fraksiyonları verir. Diğerleri de aynı şekilde; 4.48" dakika sonunda 0.02 mm. den, 60 dakika sonunda 0.005 mm .den ve nihayet 120 dakika sonunda da 0.002 mm. den küçük çaptaki fraksiyonları verirler (6).

b) Dispersleştirme yapılmadan (toz + kil) miktarının tayini, dispersiyon oranının tayininde olduğu şekilde, saf suda çalkalanarak meydana getirilen toprak solusyonunda yapılır.

c) Dane yoğunluğu su - toprak yer değiştirmesi esasına dayanılarak tayin edilir. Bu tayinde toprak örneğinin hacmi, ihtiva ettiği organik madde miktarı göz önünde tutularak değişik iki yolla bulunabilir :

1) Organik maddece zengin topraklarda özel piknometreler kullanılır. Piknometre 20°C sıcaklıktaki distile su ile doldurularak tartılır ve hassas olarak dolu ağırlığı tespit edilir. Bu ağırlığa, iki milimetrelük

*) Uygulamayla ilgili olarak fazla bilgi için bakınız (7).

elekten geçirilmiş ve rutubet muhtevası göz önünde tutularak hassas bir şekilde tartılmış toprak örneğinin ağırlığı (C) ilâve edilir ve ağırlıkların toplamı (A) bir yere kaydolur. Sonra örnek, ayrı bir kapta distile su ilâvesiyle yarım saat kadar kaynatılır ve bu esnada tahta bir çubukla itina ile karıştırılarak iyice dispersleştirilir (19). İçindeki havanın çıktığına kanaat getirildikten sonra soğumaya terkedilir ve bilâhère örnek, zayıatsız bir şekilde piknometreye aktarılarak sıcaklık kontrolü altında (20°C) distile su ilâvesiyle seviye tamamlanır. Bu esnadaki ağırlık hassas olarak tespit edilir (B).

2) Az organik madde ihtiva eden topraklarda ise; aynı şekilde distile su ile dolu (20°C) hassas ağırlıkları tespit edilmiş balon jocular kullanılabilir. Burada da jocuların dolu ağırlığına yine iki milimetrelik elekten geçirilmiş ve hassas bir şekilde alınmış toprak örneğinin ağırlığı (C) ilâve edilir ve (A) ağırlığı kaydedilir. Sonra örnek, ağırlık tespiti yapılmış bir jocularye konur, üzerine distile su ilâve edilerek bir kaç defa çalkalanır ve ağzına takılan lâstik boru yardımı ile vakum tatbik edilir. Bu işlem hava kabakcıkları kayboluncaya kadar devam eder. Sonra balon jocuların iç kenarları da yıkanmak suretiyle distile su ilâve edilerek 20°C de işaret çizgisine tamamlanır ve bu andaki hassas ağırlığı (B) tespit edilir (18).

Yukardaki yollardan herhangi biri uygulanarak elde edilen bu ağırlıklar arasındaki farktan toprak örneğinin hacmi (V) bulunur ve ağırlık - hacim bağıntısından dane yoğunluğu hesaplanır.

$$V = A - B$$

$$\text{(Dane yoğunluğu) } d = \frac{C}{V}$$

Laboratuvarda yapılan bu tayinleri müteakip, fraksiyonların dağılımı çap sınıflarına göre tespit edilerek hesaplamaya geçilir. Bundan sonraki işlemler, daha kolay anlaşılabilirmeleri bakımından bir örnek üzerinde uygulanarak verilecektir.

Örnekte eleme suretiyle tayin edilen ilk iki kademede tespit edilen değerler; 5 mm. den büyük fraksiyonlar için 10.66 gr., 5 - 2 mm. arası için de 19.97 gr. dır. O halde, total ağırlığın yüzdesi olarak verilen bu değerlerden faydalanarak örnekte yer alan 2 mm. den küçük fraksiyonların total iştirak oranları bulunabilir.

$$100.00 - (19.97 + 10.66) = 69.37 \text{ gr.}$$

Şimdi örneğin mekanik analizinde yapılan okumalarla tespit edilen değerleri alalım: (*)

Çap Sınıfı (mm)	Okuma Zamanı	Ağırlığı gr/lt	Farktan hesaplanması
< 0.05	40 saniye	60.48	
< 0.02	4 dak. 48 saniye	51.36	
0.05 - 0.02		9.12	(60.48 - 51.36)
< 0.005	60 dakika	38.36	
0.02 - 0.005		13.00	(51.36 - 38.36)
< 0.002	120 dakika	33.86	
0.005 - 0.002		4.50	(38.36 - 33.86)

Mekanik analizde (gr/lt) olarak tespit edilen bu değerler; toprakta 2 mm. den küçük çap sınıflarında yer alan fraksiyonların iştirak yüzdesine tekabül etmektedir. Burada 0.05 mm. den küçük fraksiyonlar 60.48 gr. olduğuna göre, (2-0.05 mm.) arasındaki fraksiyonlar; $100.00 - 60.48 = 39.52$ gr. dır.

O halde; toprakta 2 mm. den küçük fraksiyonların çap sınıflarındaki iştirak oranları aşağıdaki şekilde toplanabilir :

Çap Sınıfı (mm)	%
2 - 0.05	39.52
0.05 - 0.02	9.12
< 0.02 (toz + kil)	51.36
	100.00

Burada dikkat edilecek husus, değerlerin 2 mm. den küçük 100 gr. topraktaki miktarlar oluşudur. Oysaki hesaplamada bu çap sınıflarının

*) Tablodaki okuma değerleri, 100 gr. mutlak kuru toprak örneğinde yapılmış ve buna göre değerlendirilmiştir.

araziden gelen total toprak örneğindeki iştirak oranlarını bilmemiz gerekir. Yukarıda 2 mm. den büyük fraksiyonların total miktarının 69.37 gr. olduğunu hesaplamıştık. O halde, araziden gelen toprak örneğinin her 100 gramının 69.37 gramı 2 mm. den küçük fraksiyonlarca temsil edildiğine göre; yukardaki değerlerin 69.37 gr. içersindeki iştirak payları aşağıdaki şekilde verilebilir :

<i>Çap Sınıfı (mm)</i>	<i>gr.</i>
2 - 0.05	27.41
0.05 - 0.02	6.32
< 0.02 (toz + kil)	35.64
	69.37

Bu hesaplamalardan sonra, Anderson'un çap sınıfları için tespit etmiş olduğu ortalama çapları da (2) göz önüne alarak, örnekte fraksiyonların gösterdiği dağılımı aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz :

<i>Çap Sınıfları (mm)</i>	<i>İştirak Oranı (gr.)</i>	<i>Ortalama Çap (mm)</i>
> 5	10.66	7.5
5 - 2	19.97	3.5
2 - 0.05	27.41	0.9
0.05 - 0.02	6.32	0.035
< 0.02	35.64	
	100.00	

Her çap sınıfındaki danecikleri birer küre olarak kabul edersek, bunların ortalama çaplarına göre hacim ve yüzey alanlarını;

<i>Ortalama Çap (mm)</i>	<i>Hacim (mm³) (4/3 Π. r³)</i>	<i>Danenin yüzey alanı (mm²) (4. Π r²)</i>
7.5	220.979	176.625
3.5	22.423	38.465
0.9	0.381	2.5434
0.035	0.0000224	0.0038465

ve örneğin dane yoğunluğundan istifade ederek çap sınıfında, ortalama çap'a tekabül eden daneciğin ağırlığını bulabiliriz. (Örnek için tespit edilen dane yoğunluğu 2.52 gr/cm³ tür).

<i>Ortalama Çap (mm)</i>	<i>d (gr/cm³)</i>	<i>Dane ağırlığı (gr)</i>
7.5		0.55640
3.5		0.05654
0.9	2.52	0.00096012
0.035		0.00000056448

Ortalama çap'a tekabül eden dane ağırlığı bilindiğine göre, örneğin bu çaplara tekabül eden kademelerde kaç küre (danecik) bulunduğu, kademelere ait iştirak oranlarını o çap'a tekabül eden dane ağırlığına bölmek suretiyle hesaplayabiliriz.

<i>Ortalama Çap (mm)</i>	<i>İştirak oranı (gr)</i>	<i>Dane ağırlığı (gr)</i>	<i>Dane sayısı</i>
7.5	10.66	0.5564	19
3.5	19.97	0.05654	353
0.9	27.41	0.00096012	28548
0.035	6.32	0.00000056448	111961452

Yine ortalama çap'ı haiz her kürenin yüzey alanını bildiğimize göre, o çapla temsil edilen kademedeki toprak miktarının yüzey alanını dane sayısından faydalanarak bulabiliriz.

<i>Ortalama çap (mm)</i>	<i>Danenin yüzey alan (mm²)</i>	<i>dane sayısı</i>	<i>Kademelerdeki yüzey alanı (mm²)</i>
7.5	176.625	19	3355.875
3.5	38.465	353	13578.145
0.9	2.5434	28548	72608.983
0.035	0.0038465	111961452	430659.725
T o p l a m :			520202.728 mm ² .

O halde; örnekte yer alan 0.02 mm. den büyük danelerin yüzey alanı 5202.03 cm² dir.

Şimdi formülde yer alan diğer unsur olarak agregatlaşmış (toz + kil) miktarının tayinine geçelim :

Agregatlaşmış (toz + kil); örnekte yer alan total (toz + kil) miktarından, yine aynı örnek üzerinde herhangi bir dispersleştirme yapmadan tespit edilen (toz + kil) miktarının çıkarılmasıyla elde edilir (2).

Örnek üzerinde aynen dispersiyon oranı tayininde olduğu şekilde dispersleştirme yapılmadan tespit edilen (toz + kil) miktarı (6.88 + 6.00

= 12.80 gr) dır. Bu tespit, örneğin 2 mm. den küçük kısmı üzerinde yapıldığından, bu kısmın araziden gelen toprak örneğinin her 100 gramına karşılık 69.37 gramını teşkil ettiği göz önünde tutularak yukarıda olduğu şekilde iştirak payının hesaplanması gerekir.

Buna göre dispersleştirme yapılmadan tespit edilen (toz + kil) miktarının hesaplanan iştirak payı 8.93 gramdır.

Örneğimizde daha önce tayin edilen total (toz + kil) miktarı da 35.64 gr. olduğuna göre ;

Agregatlaşmış (toz + kil) = Gerçek (toz + kil) — dispersleştirme yapılmadan tespit edilen (toz + kil)

$$= 35.64 - 8.93$$

$$= 26.71 \quad \text{gramdır.}$$

O halde değerleri formülde yerine koyarsak;

$$\text{Yüzey agregatlaşma oranı} = \frac{5202.03}{26.71} = 194.76 \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

olarak bulunabilir.

Yukarıda tayin ediliş şeklini izaha çalıştığımız yüzey agregatlaşma oranı da belli bir değerlendirme ıskalası olmamasına rağmen, topraklarda erozyon eğiliminin kantitatif mukayesesine imkân vermesi ve sediment problemlerinin ortaya konarak çözümlenmesinde pratik yönden büyük faydalar sağlar.

Buraya kadar verilen indeksler daha ziyade toprak fizik vasıflarına dayanmaktaydı. Oysaki son zamanlarda yapılan çalışmalar bu konuda kimyasal toprak vasıflarından da faydalanmanın mümkün olacağını ortaya koymuştur. Nitekim, J.R. Wallis ve L.J. Stevan (21) Kaliforniya'da yer alan, doğal vejetasyonla kaplı topraklarda yaptıkları araştırmaya dayanarak erozyon eğilimini tayinde indeks olarak aldıkları dispersiyon ve yüzey agregatlaşma oranlarının, topraklarda erozyon eğilimi ile metalik kation mübadele kapasitesi arasındaki ilişkilere dayanarak hesaplanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bölgesel donelelere uyguladıkları regrasyon analizleri sonucunda elde ettikleri denklemler, toprakta mevcut metalik kasyonlardan Ca^{++} , Mg^{++} ve $(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ un bu konuda kullanılabileceğini ortaya koymuştur*. Yine ay-

*) Daha fazla bilgi için bakınız (21).

nı müelliflerce; topraklarda mevcut kabili mübadele katyonlar ile temel kolloidal vasıflar üzerine sürdürülen çalışmaların yakın bir gelecekte topraklarda erozyon eğilimini kimyasal yolla değiştirmeyi mümkün kılacağı da ifade edilmektedir.

FAYDALANILAN ESERLER

- 1 — Anderson H.W. 1951
Physical Characteristics of Soils Related to Erosion. Journal of Soil and water Conservation Vol. 6 No. 3. 129 - 133 The Soil Conservation Society of America.
- 2 — Anderson H.W. 1954
Suspended Sediment Discharge as Related to Streamflow, Topography, Soil and Land Use. Trans. Am. Geophys. Union, 35 (2), 268 - 281.
- 3 — Andre J.E. and Anderson H.W. 1961
Variation of Soil Erodibility with Geology, Geographic Zone, Elevation, and Vegetation Type in Northern California Wildlands. Journal of Geophysical Research Vol. 66, No. 10 3351 - 3358. The American Geophysical Union.
- 4 — Balcı A.N. 1965
Kurak ve Nemli İklim Şartları Altında Gelişmiş Bazı Orman Topraklarının Erozyonlaşma Karakteristikleri. (Doçentlik Tezi - Yayınlanmamış)
- 5 — Balcı A.N. 1969
İç Anadolu'da, Jeolojik Yapı, Topografik Durum (Bakı) ve Toprak Derinliği Faktörlerinin Erodibilite İle İlgili Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri. (Araştırma Teksir baskısı olarak D.S.İ. Genel Müdürlüğüne sunulmuştur.)
- 6 — Baver D.L. 1961
Soil Physics.
John Wiley and Sons, Inc., New York - London.
- 7 — Bouyoucos G.J. 1961
Toprakların Zerre Ölçü Analizlerini Yapmak İçin İnkişaf Ettirilmiş Hidrometre Metodu. (Çeviren : Doç. Dr. Fuat Saatçi Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1967 Cilt 4, Sayı 1.)
- 8 — Cook H.L. 1936
The Nature and Controlling Variables of the Water Erosion Process.
Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1, 487 - 494.

- 9 — Dyrness C.T. 1967
Erodibility and Erosion Potential of Forest watershed.
International Symposium on Forest Hydrology.
Pergamon Press Ltd. Oxford. (599 - 611).
- 10 — Frank B. 1955
The Story of Water as the Story of Man.
Water U.S.D.A. The Year Book of Agriculture.
Washington 25, D.C.
- 11 — F.S.C.D.F.R. 1953
Sampling procedures and Methods of Analysis for Forest Soils.
University of Washington, College of Forestry,
Seattle - Washington.
- 12 — Genel Nüfus Sayımı 1968
Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- 13 — Gessel S.P., Cole D.W. 1958
Physical Analysis of Forest Soils.
First North American Forest Soils Conference.
Agri - Expt. Sta. Michigan State University,
East Lansing Michigan, U.S.A.
- 14 — Gessel S.P. 1959
Laboratory Methods for the Advance Forest Soils.
University of Washington, Seattle - Washington
U.S.A. (Unpublished).
- 15 — Jacks G.V. 1946
Land Classification For Land Use Planning.
Imperial Bureau of Soil Science, Technical
Communication No. 43 Harpenden, England.
- 16 — Lutz J.H., Chandler F.R. 1947
Forest Soils.
John Wiley and Sons, Inc. New York.
- 17 — Middleton H.E. 1930
Properties of Soils which Influence Soil Erosion
U.S.D.A. Tech. Bul. 178, 1 - 16.
- 18 — Özyuvacı N. 1969
Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki - Toprak - Su İlişkileri.
(Doktora Tezi - Yayınlanmamış).
- 19 — Sevim M. 1956
Belgrad Ormanının Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerine Araştırmalar.
Orm. Fak. Der. Seri A, Cilt VI, Sayı I.

- 20 — Slater C.S. and Carleton E.A. 1942
Variability of Eroded Material.
Journal of Agricultural Research Vol. 65, No. 4
Washington, D.C. (209 - 219).
- 21 — Wallis J.R. and Stevan L.J. 1961
Kaliforniya'da Yer Alan, Doğal Vejetasyonla Kaplı
Bazı Topraklarda Erozyon Eğiliminin Metalik Katyon
Mübadele Kapasitesi İle İlişkisi. (Çeviren : Dr.
Necdet Özyuvacı Orm. Fak. Der. Seri B, Sayı 1, 1971).
- 22 — Wallis J.R. and Willen D.W. 1963
Variation in Dispersion Ratio, Surface Agregation
Ratio, and Texture of Some California Surface
Soils as Related to Soil Forming Factors.
Bull. Internat. Assoc. Sci. Hydrology, VIII, 4 : 48 - 58.
- 23 — Wallis J.R. and Anderson H.W.
An Application of Multivariate Analysis to Sediment
Network Design.
Extract of Publication No. 67 of the J.A.S.H.
Symposium Design of Hydrological Networks, (357 - 378).
- 24 — Wooldridge D.D. 1964
Effect of Parent Material and Vegetation on
Properties Related to Soil Erosion in Central
Washington.
Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28 (3), 340 - 432.
- 25 — Yamamoto T. and Anderson H.W. 1967
Erodibility Indices for Wildland Soils of Oahu,
Hawaii, as Related to Soil Forming Factors.
Water Resources Research. Vol. 3, No. 3 (785 - 798).
- 26 — Yamanlar O. 1965 - 1966
Toprak Koruması (Ders Notları).
- 27 — Yoder R.E. 1936
A Direct Method of Aggregate analysis of
Soils and a study of the Physical nature of
Erosion Losses.
J. Amer. Soc. Agron. 28, 337 - 351.
-