



Kara Yıpranır

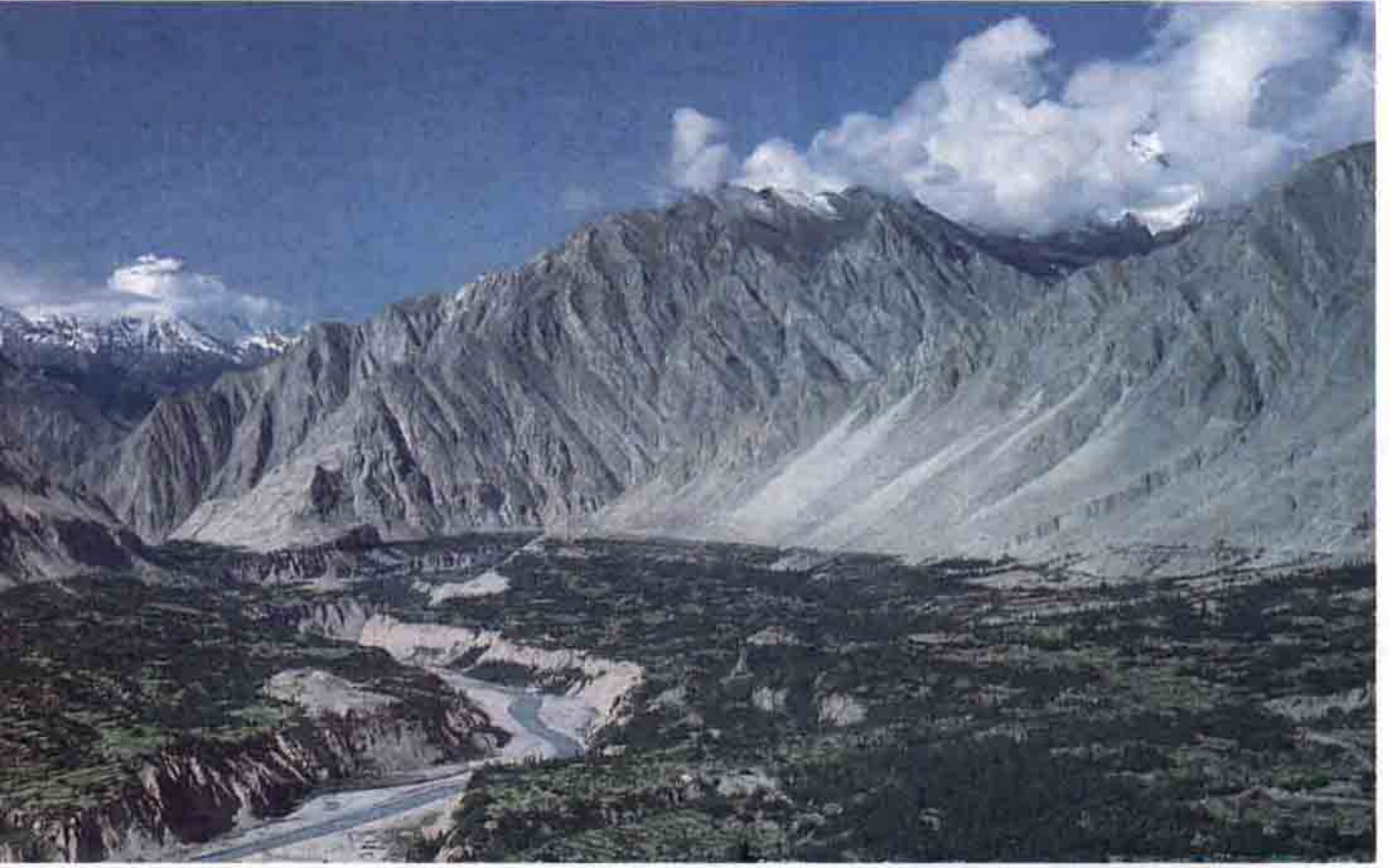
Sıcaktan bunaldığımız kimi yaz günlerinin sonunda ansızın gökyüzünde beliren bulutlar, belki de katlandığımız eziyetin karşılığında şiddetli bir yaz sağanağını armağan ederler. En çok bir iki saat süren böylesi bir yağışın, hoşgörü sınırlarımızı zorladığı hafta sonu pikniklerinde, dinen yağmurun ardından boz bulanık renkleriyle çevremizde beliren derecikleri ise atmosferde ve yerkabuğunda milyarlarca yıldır tekrarlanan aşınma ve taşınma süreçlerinin işaretçisidir.

KARALARIN YIPRANMASI yani aşınma, yeryüzü tarihi boyunca süren, insan yaşamıyla kıyaslandığında çok yavaş, jeolojideki zaman kavramı göz önüne alındığında ise oldukça hızlı bir süreçtir. Yamaçlar, ovalar, vadiler, tepeler, kayalıklar gibi yüzey şekilleri arasındaki yükseklik farklarını ortadan kaldırmaya yönelik bir etkinlik sergileyen aşınma süreçleri, yağmur ve rüzgâr gibi doğrudan atmosferle ilgilidir. Aşınmayı sağlayan olaylar diyebileceğimiz bu etkinliklerin, bu işi başarmasını sağlayan enerjinin kaynağı ise atmosferdeki su döngüsünün sürmesini sağlayan Güneş'ten başkası değil. Sözü geçen sürecin tortul kayalar olarak ortaya çıkan ürünleri ise karalardaki kayaların büyük çoğun-

luğun oluştururlar. Genellikle akarsularla ve denizlerdeki akıntılarla karalardan taşınan malzeme, kıta plakalarıyla okyanus plakalarının buluştukları hendeklerde yani jeosenklinallerde birikerek kalınlıkları onbinlerce metreye varabilen tortul kayaların oluşumuna yol açarlar. Bu tortul kayaları deniz diplerinden karalara çıkaran, belki bir anlamda aşınma sürecine yeniden malzeme sunan dağ oluşumları da bu sayede önemli bir işlevi yerine getirmiş olur. Denizlerle karalar arasında böylesi bir malzeme dolaşımı olmasının yanı sıra, litosferle üst manto arasındaki birbirine dönüşümünü sağlayan büyük kaya dolaşımı, aşınmanın da aralarında bulunduğu çok sayıda farklı sürecin gerçekleşmesinin sonucudur.

Parçalanma

Bir yağmurun ardısına oluşan dereciklerden, yüzlerce metre genişlikteki ırmaklara ve nehirlere kadar akar halde bulunan tüm yeryüzü suları ise karaları kazıyan ve koparabildiği parçaları taşıyan büyük bir sistemi oluştururlar. Karaların tümünü bir ağ gibi kaplayan bu kanallar sisteminde akan sular, aslında aktıkları yatakların tabanını aşındırarak deniz seviyesine indirmek için bize boşuna gibi gözükken bir çaba içindedir. Ancak, kıtalardaki malzemeyi (yer malzemesini) göl ve deniz gibi birikinti ortamlarına taşıyan araç ne olursa olsun, öncelikle malzemenin küçülebilmesi, basit şekliyle parçalanıp ufalanarak bu araçlarla; çakıl, kum, silt, kil gibi taşına-



bilecek boyutlara gelmesi gerekir. Bu da, karaları (ya da kıtaları) oluşturan katı malzemenin yani kaya kütlelerinin öncelikle yağmur, kar ve rüzgâr gibi atmosfere ait doğal oluşlardan etkilenebilecek durumda olmasıyla sağlanabilir.

Yeryüzünde ya da yeryüzüne yakın derinliklerde, yani yeraltına süzülen yeryüzü sularının ve havanın ulaşabileceği derinliklerde bulunan kayalar, yer bilimlerindeki tabiriyle günlenme (weathering) adı verilen önemli bir sürecin malzemesini oluştururlar. Atmosferdeki hava ve suyun ulaşabileceği derinliklerde bulunan büyük kaya kütlelerinin hemen tümü, içine havanın ve suyun girebileceği ve dolaşabileceği gözenek ve çatlakları barındırır. Yağışlarla yeryüzüne inen su, kayalardaki bu gözenek ve çatlakları doldurur. Mikrondan santimetreye kadar değişen genişlikteki bu boşlukları dolduran suyun donarak genişlemesi de çatlakların biraz daha genişlemesine ya da gözeneklerin çeperini kesen herhangi bir diğer çatlakla neden olur. Özellikle, kayaların, çakıl, kum ya da toprak gibi kırıntılı bir malzemeyle örtülmediği yerlerde, örneğin dağların yüksek yamaçlarında, boşluklardaki suyun geceleri donup, gündüzleri tekrar erimesi kırılmayı ve parçalanmayı hız-

landırır. Kayaların boşluklarında gezinen suyun parçalanmayı sağlayan fiziksel etkisinin yanı sıra, kimyasal etkisi de söz konusudur. Dipolar (çift kutuplu) molekül yapısından dolayı çözücü gücü yüksek olan suyun, kayalardaki etkisi de yine bu yöndedir. Örneğin, bir yer malzemesi olan ve NaCl içeren halit minerali, su ile kolayca eriyebilen bir yapıya sahiptir. Çoğu yer malzemesi ha-



Kayaların çatlak ve yarıklarına sızan suların, geceleri donup gündüzleri erimesi parçalanmayı sağlayan önemli bir nedendir.

lit kadar olmasa da yine de suyun bu özelliğinden etkilenir. Her ne kadar, su güçlü bir çözücü olsa da havadaki O₂ ve CO₂ in de katı yer malzemesinin çözünmesinde yani bir anlamda çürütmesinde suyu daha etkili kılan yardımcı sözkonusudur. Havadaki oksijenin, metal yüzeyleri kaplayan ince su zarında kolayca eriyebiliyor olması, söz gelimi demirli yüzeylerde demir oksidi yani pası oluşturur. Bu durum, minerali demir içeren kayalarda da gözlenir. Örneğin, olivin mineralinin içeriğindeki demir iyonlarının sudaki oksijenle birleşmesiyle oluşan demir oksit nedeniyle çürürebilir. Bu demir oksit de bozunmuş mineral parçacıkları üzerinde lekeler oluşturur. Bu sayede demir oksit kaya yüzeylerinin değişik renklere bürünmesini sağlar. Sudaki erimiş oksijen miktarı yüksekse mineral parçacıkları dolayısıyla kaya yüzeyindeki lekeler, sarımsı veya kırmızımsı, düşükse mavimsi ve boz renkte olurlar.

Karbondioksit gelince, havadaki karbondioksitin de bir bölümü yağmur suyunda erir. Hayvanların ve bitkilerin solumasyonu bir miktar CO₂'i açığa çıkar. Bitki yaprakları CO₂'i kullanır ve fotosentez sırasında O₂ açığa çıkarır, ayrıca kökleri de oksijenli solunum gerçekleş-



Mikron boyutunda çatlak ve gözenek buluduran kaya yüzeyleri, likenlerin yaşayabilmesi için elverişli ortamlardır. Bu çatlak ve gözeneklere yerleşen likenler ise kayanın parçalanmasını hızlandıran bir etkinlik sergilerler.



tirir ve böylece toprağa CO₂ salar. Bu şekilde açığa çıkan CO₂ ise yine suda eriyebilen bir bileşik olarak H₂O+CO₂⇌H₂CO₃ tepkimesi ile karbonik asiti oluşturur. Bitki köklerini ve kaya parçalarını çevreleyen zar halindeki suda eriyen H₂CO₃, başka bir tepkime (H₂CO₃⇌H⁺+HCO₃⁻) sonucu hidrojen iyonu verir. Hidrojen iyonları kayaları oluşturan mineral bileşimindeki kalsiyum (Ca⁺⁺) ya da (K⁺) gibi iyonlarla yer değiştirebilirler. Bu sayede kalsiyum, potasyum iyonları bitkilerce besin olarak kullanılabilirken, ilk haline oranla kayanın dayanımı azalmış, yani daha kolay parçalanabilir hale gelmiş olur.

Bu durumu belki de en basit şekliyle kaya yüzeylerinde yaşamını sürdüren likenlerde görmek olası. Gündüzleri fotosentez yapan likenin, geceleri açığa çıkardığı CO₂'in, kaya yüzeyindeki suyla birleşerek oluşturduğu karbonik asit bozunmaya (çürümeye) neden olur.

Likenin, bitkilerin yaşayamayacağı yerlerde bile yaşayabiliyor olması, bozunmadan etkilenmiş kaya yüzeylerinin de artışına neden olurken, likenin kaya yüzeyinde meydana getirdiği bozunma ürünleri (kaya, dolayısıyla mineral parçacıkları) organik artıklarla birlikte birikir. Biriken bu malzeme ise, başta bitkilerin yaşama olanağı bulabildiği, dolayısıyla canlı yaşamı için çok önemli olan toprağın oluşumunu sağlar. Bu arada kaya parçaları yani inorganik malzeme ile birlikte toprağı oluşturan organik malzeme, ölü bitki ve hayvan artıklarını parçalayan bakteriler ya da kara algleri gibi mikro-organizmalardan etkilenir. Mikro-organizmaların parçaladıkları bu organik malzeme de ortamdaki mineral parçacıklarının yüzeyine yapışarak toprağa koyu rengini kazandırır.

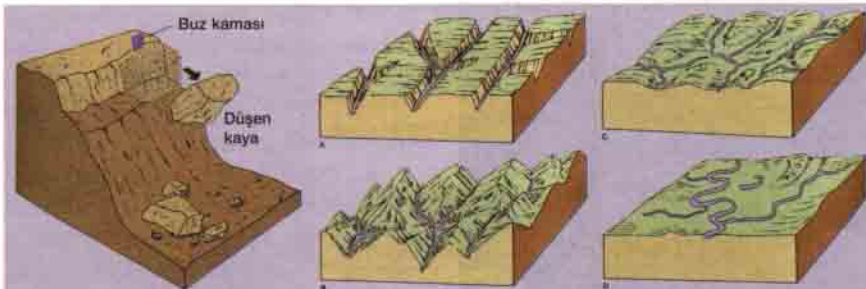
Karaların ana yer mazemesini oluşturan granit türü kayaların genel olarak kuvars, mika ve feldspat grubu mine-

rallerden oluştuğu görülür. Farklı fiziksel ve kimyasal özellikler sergileyen ve bu sayede de birbirinden ayrılabilen minerallerdeki bu farklılık, onların bozunmalarının da farklı sürelerde gerçekleşmesini sağlar. Yani aynı ortamda bulunan farklı mineraller farklı hızlarda bozunabilirler. Aşınmaya ve bozunmaya karşı dayanıklı olan ya da sert olarak nitelenebilen mineraller yavaş bozunurlar; irili ufaklı fakat her zaman taneler halindedirler. Bunun tersi özellikler sergileyen mineraller ise uzun süre suda asılı halde kalabilecek kadar ufalanarak çok uzun mesafelerce taşınabilen kolloidler ve suyun eritme gücü sayesinde de iyonlar halindedir. Yer malzemesinin bozunmasıyla ortaya çıkan ürünleri böylece kırıntılı, kolloid ve iyon halde olmak üzere üç farklı grup içinde ele alınabilir.

Aşınma ve Taşınma

Yeryuvarının oluşumundan bu yana milyonlarca hatta milyarlarca yıldan beri gerçekleşen bozunmanın ürünleri oluşturulan yerde kalmış olsaydı, böylesi bir yeryüzünün nasıl olabileceğini düşünmek, geniş bir düşünme gerekebilir. Havadaki oksijenin; gaz, sıvı ve katı haldeki suyun ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farklarının sağladığı bu parçalanma süreci sonucunda ortaya çıkan malzeme, kıtaların tamamını eşit dağılımlı bir birikme alanı halinde kullanmadığına göre, bu malzemenin yoğunlukla birikebildiği alanlar olmalıdır. Denizler, göller, okyanuslar ve vadi yamaçları bu tür birikme alanlarına örnek gösterebilirler. Ancak, yer malzemesinin aşınma alanlarından birikme alanlarına aktarılması ise kolayca tahmin edilebileceği gibi, bir taşınma işi ile gerçekleşir.

Her ne kadar parçalanmış yer malzemesinin bir anlamda yer değiştirmesini sağlayan araçları su, rüzgâr, belki buzul ve dalga hareketleri olarak görsek de tüm bu araçların taşıma işini gerçekleştirmesini sağlayan temel etmenin yerçekimi olduğu açıktır. Yeryüzündeki tüm cisimlere etki eden yerçekimi, yüksek dağ yamaçlarına düşen suyun denizlere ulaşmasını, hava kütlelerinin sıcaklık farkları ile yer değiştirmesi sonucu rüzgârın oluşmasını, bir yamaçtaki buzulun kaymasını, yani taşıyıcı araçların hareket etmesini sağlar. Bunun ya-



Kayaların çatlaklarında donarak genişleyen sular, kaya parçasını ana kütlede ayıran bir buz kaması gibi düşünülebilir. Karaların aşınmasında çok etkili olan bu olay, taşıma araçlarının etkinliğiyle de desteklenince, yer şekillerinin giderek daha yumuşak hatlı olmasını sağlar.

ında, parçalanma süreci sonunda ortaya çıkan kırıntılı malzemeye ya da bir çakıla, hatta bir kaya bloğuna doğrudan etki ederek de malzemenin yer değiş-tirmesini sağlar.

Yerçekiminin, malzemeyi taşınmasını sağlayan birincil etmen olarak kendini göstermesi, çekim kuvvetinin yeryüzündeki tüm cisimlere kazandırdığı gizli enerji (potansiyel enerji) ile sağlanır. Cisimlere daha aşağıya inme eğilimini kazandıran potansiyel enerjinin, cisim yükseklik kaybettiği oranda azaldığını söyleyebiliriz. Yerçekiminin sahnelediği bu oyunu, bir yamaçta kopmak üzere olan bir kaya parçası üzerinde izleyecek olursak, ana kayayla olan bağına sabaha karşı esen kuvvetlice bir esintinin kopardığı bu kaya parçası, bulunduğu yamaçtan aşağı yuvarlanmaya başlar. Sürtünmenin ve çarpmanın etkisi ile parçalanmalara uğrayarak daha alçakta bir yerlerde durur. Başka bir bakışla, bu kaya parçasının başlangıçta sahip olduğu potansiyel enerji, koptuktan sonra giderek kinetik enerjiye dönüşür ve bu enerjinin sürtünmelerle tükendiği noktada da kaya parçası durur. Fakat yeni bir tetikleme etkisi (su, rüzgar vb) ile harekete geçinceye kadar, daha önceki durumuna kıyasla daha az olmakla beraber, hâlâ bir potansiyel enerjiye sahiptir. Yani yeryüzünde inebileceği daha düşük yükseklikler olduğu sürece belli bir potansiyel enerjisi barındırır.

Su, Rüzgâr ve Buzul

Yerçekiminin malzemeyi taşımada ki sözkonusu etkisi, bu örnekte olduğu gibi, dolaylı olarak da gözlenir. Suyun, rüzgârın ve bunlar gibi doğal olayların hareketliliğini sağlayacak, onların birer aracı, daha doğru bir deyişle birer taşıyıcı olarak iş görmesini sağlar.



Denizlerin oluşumundan bu yana, kıyıları aralıksız döven dalgalar, kıyılarıdaki girinti ve çıkıntıları törpülemeye yönelik bir çaba içindedir. Üzerinde güneşlendiğimiz sahiller gibi birçok kıyı şekilleri de böylesi bir çabanın ürünüdürler.

Yaz aylarındaki erimenin, kar şeklindeki yağışa oranla az olduğu bölgeler, yani kutup ve kutuplara yakın yerlerle, fazla yağış alan yüksek dağların kuzey yamaçları buzul yerleşimi için elverişli bölgeleri oluştururlar. Buralarda, erimeden üst üste biriken kalın kar kütlelerinin yaptığı basınç, alttaki kar katmanlarının kristalleşerek gözeneksiz buza dönüşmesini sağlar. Bu sayede, aşırı kalınlık yüzünden buzun artan ağırlığı, onun yerçekimi altında yamaç aşağı yavaş fakat sürekli bir şekilde kaymasına neden olur. Buzulun aşındırma etkisi ise kristalleşen alt katman içinde kalabilen ve böylece onunla taşınmakta olan irili ufaklı kaya parçalarını sağlar. Bu parçalar buzulun yamaç aşağı hareketi sırasında dev bir zımpara taşı gibi davranmasına, dolayısıyla yeryüzünün aşınmasına neden olur. Bu alanlarda, aşınmadan dolayı oluşmuş olan çizik ya da oyuklar, aşınmanın buzul hareketi ile

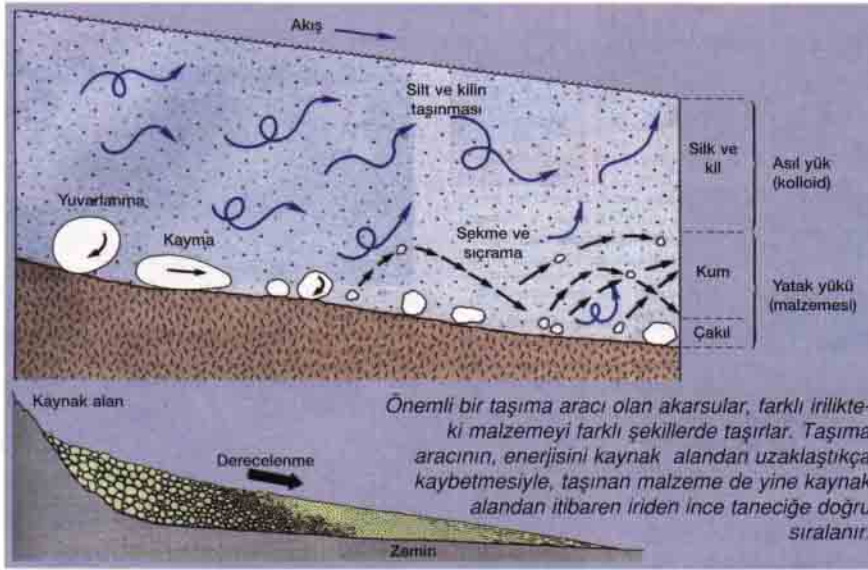
gerçekleşmiş olduğunu ortaya koyarlar. Çok önemli olmamakla birlikte böylesi izlerin, yer tarihi içinde buzul devirlerinden etkilenen alanların belirlenmesinde zaman zaman önemli bir ipucu oluşturduğunu söyleyebiliriz. Ancak buzul çağı olarak nitelenen dönemlerde bile karaların ancak %30'unu kaplamış olan buzulların bugünkü oranı ancak %10'u bulur. Dolayısıyla yeryüzünün tümü göz önüne alındığında, buzul hareketlerinin aşınma ve taşınma süreçleri içinde pek de önde gelmediğini söyleyebiliriz.

Özellikle eş boyutlu, kırıntılı yer malzemesinin taşınmasında suya oranla daha etkili olan rüzgârlar ise, kıta içlerinde yer alan geniş çöllerde tonlarca kumun çok kısa sürelerde yer değiştirmesini sağlayabilirler. Öyle ki şiddetli bir kum fırtınasıyla bir gecede yer değiştiren kumul tepelerine rastlamak olağandır. Dolayısıyla, ilk bakışta sabitmiş gibi gözükken kumullar aslında sürekli hareket halindedirler. Örneğin, kil ya da silt gibi tane çapı 0.07mm'den küçük parçaları kolaylıkla havalandıran rüzgâr, taşıdığı bu tür yer malzemesini kilometrelerce sürükleyebilir. Daha iri taneli malzemeyi taşıyamayan rüzgârın, bu sayede farklı irilikteki malzemeyi birbirinden ayırdığını ya da tam anlamıyla bir eleme işi yaptığını söyleyebiliriz.

Su, rüzgâr ve buzul hareketleri kadar geniş çaplı olmasa da, kıyıları döven



Buzulların gözle kolay kolay farkedilemeyen yavaş hareketleri, yerleştiği yamaçın aşınmasına neden olurlar.



dalgalar da aşınmayı sağlayan araçlardan biridir. Sahiller boyunca dalgaların etkilediği şeridin genişliği 200 m olarak düşünülse bile, dünyanın tüm kıyıları göz önüne alındığında, dalga hareketlerinin toplam kara alanlarının ancak %2'sinin aşınmasını sağladığı görülür.

Atmosfer ve yer arasında döngü halinde gidip gelen su, en büyük etkisini ise aşındırma ve taşıma sürecini başlatan sıvı olarak yeryüzüne düşüşüyle gösterir. Aslında yeryüzüne düşen ve yüzeyde sellenen yağmur suyunun gördüğü iş akıl almayacak kadar büyüktür. Deniz kıyısından yüzlerce, belki binlerce kilometre içeride bir vadi yamacına düşen yağmur damlasının düşüş anında yaptığı iş, aslında aşınma etkinliği olarak nitelenebilir. Damlanın düşüşüne kadar nem ve sıcaklığın pekleştirdiği kırıntılı malzeme ya da toprak, bu düşüşle beraber tekrar parçalanır. Öyle ki hızı saatte 30 km'yi bulan iri damlalar, kum taneciklerini yerden yaklaşık 30-40 cm havaya fırlatabilirler. Bitki örtüsü ile korunmayan alanlarda ise bu hız, tek başına parçacıkları yamaç aşağı indirmek için yeterlidir. Karalara düşen toplam yağışın yılda 125 000 km³ olduğu ve bu toplam yağışın %75'inin buharlaşma ve terlemeyle atmosfere geri döndüğü düşünülürse, karalardan denizlere yılda yaklaşık 30 000 km³ suyun sellendiği söylenebilir. Bu da yüzeyden akışın, karayı aşındırma yeteneğinin diğer aşındırma araçlarıyla karşılaştırılmayacak kadar üstün olduğunu gösterir.

Yağışın şiddetlenmesiyle doymuş hale geçen toprağın üzerinde kanallar açan su, beraberinde parçalara ayırdığı toprağı da taşır. Tabii burada suyun taşı-

ma gücünün yağışın miktarıyla doğrudan ilişkili olduğunu söylemeye gerek yok. Bu küçük su kanallarının (drenaj kanallarının) birbirleriyle birleşerek oluşturduğu daha çok su taşıyabilen kanallar, sularla getirilen malzemenin sürüklendiği daha geniş kanallardır. Burada, taşınan malzemenin tane iriliği ve miktarını da suyun hızı ve akım şiddeti belirler. Buna ek olarak arazinin eğimi ve tüm bu etkinliğin geliştiği coğrafyayı oluşturan kaya türünün niteliği de taşınan malzeme miktarı üzerinde etkilidir.

Bir vadinin dik yamaçlarına düşen yağış bu şekilde yamaçtan aşağı küçük akış kanalları oluşturarak vadinin tabanına doğru yol alır. İzlediği yol boyunca aktığı kanalı kazıyan ve çeşitli tane iriliğindeki yer malzemesini de beraberinde götüren suyun aktığı kanalların birleşmesiyle taşıdığı ya da taşıyabildiği malzeme miktarı, su miktarıyla doğru orantılı olarak artar. Kır gezintilerinde



sıkça rastladığımız, özellikle bahar aylarında ya da genel olarak sellenme dönemlerinde canlanan bu dereciklerin aktıkları yataklara bakıldığında, yüzeydeki toprak örtüsünün kazındığı hatta bazılarının derinleşerek örtü altındaki ana kayaya kadar ulaşabildiği gözlenebilir. Böyle dereciklerin vadi yamaçlarından, vadi tabanına getirdiği malzeme de aynı yolu izler. Bu sayede vadi tabanında oluşan akarsu ise yine yoğun bir çabayla yatağını aşındırmaya ve taşıdığı malzemeyi göl ya da deniz gibi gezegenimizin birikinti ortamlarına depolamaya çalışır.

Tabii bu akarsuların, kaynaklandığı alanlardan, yolculuklarının sonunda ulaştıkları birikinti ortamlarına kadar kat ettikleri yol boyunca, kimi zaman desimetre hatta metre ölçeğindeki çaplara sahip kaya parçalarını yuvarlayacak ya da tonlarca çakılı beraberinde sürükleyecek kadar şiddetli aktığını görürüz. Yatak eğimi ve beslenmesi fazla olan akarsular milimetre ölçeğinden desimetre hatta metre ölçeğine kadar değişen irilikte kırıntılı malzemeden, kolloid ve iyon haldeki malzemeye kadar farklı türde yüke sahiptirler. Değişen coğrafyanın azalttığı eğim yüzünden de, kimi zaman ancak milimetre ölçeğinde ya da kolloid ve iyon haldeki malzemeyi taşıyabilecek kadar yavaş akan sular ise alüvyon çökellerinin üzerinde sonu gelmez kıvrımlarla (mendereslenme) üşengeç bir akış sergilerler.

Ancak tüm akarsular, ister dik bir yamaçta koşarsasına isterse eğimi çok az olan düz bir ovada salına salına akışın beraberindeki malzemeyi gücünün yettiği ölçüde taşır. Eğimin azaldığı yerlerde ya da su hacminin azaldığı zamanlarda enerjisini kaybeden akarsuyun yaptığı iş, taşıyamayacağı kadar ağırlaşan yükünü tabana bırakmak olur. Akarsular gibi tüm taşıma araçlarının malzemeyi enerjisi ölçüsünde taşıdığını söyleyebiliriz. Bu tür bir davranışın sonucunu ise ufalanmış, kırıntılanmış malzemenin birikinti alanları yani; güneşlendiğimiz plajlar, üzerinde tarım yapılan baraketli alüvyonlar ya da çakıl ve kumun inşaatlarda kullanılmak üzere alındığı kum ocakları olarak görürüz.

Murat Dirican

Konu Danışmanı: Baki Varol

Prof.Dr., AÜ Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar

Bisque, R. E., Heller, L., R., *Investigating the Earth*, Boston, 1967

Plummer, C. C., McGary, D., *Physical Geology*, 1993