

## HISTORY OF GEOMORPHOLOGY 2: DEVELOPMENT PERIOD (1669-1850)

### Jeomorfoloji Tarihi 2: Gelişme Dönemi (1669-1850)

Murat KARABULUT<sup>1</sup>

#### Öz

Bu makale, Aydınlanma Çağı'nın başından 19. yüzyılın ortalarına kadar süreçte Jeomorfoloji tarihini tartışmaktadır. Bu bağlamda, aydınlanma çağında Jeomorfoloji biliminde meydana gelen gelişmeler ve değişimler çeşitli zaman dilimlerine bölünerek değerlendirilmiştir. Çalışma periyodu boyunca Jeomorfoloji 'nin düşünce yapısında çok belirgin ve hatta dramatik olarak düşünülebilecek dönüşümler ve değişiklikler meydana geldi. Dünya'nın nasıl şekillendirildiğine dair ilk düşünceler Mısır, Çin ve Mezopotamya'da ortaya çıktı. Daha sonraki dönemlerde, söz konusu medeniyetlerle etkileşime giren antik Yunan dünyasında bilimsel düşünce doğdu. Orta çağ boyunca Avrupa'da göz ardı edilen bilimsel bakış açısı İslam dünyasında varlığını devam ettirdi. Ancak yer yüzeyinin nasıl şekillendiği meselesi 15. Yy' dan itibaren Avrupalı düşünürlerin ilgi odağı haline gelmeye başladı. Özellikle Kopernik' le başlayan süreç, Da Vinci ile devam ederek Dekart'la birlikte önemli aşama kaydetti. Yer bilimleri (Jeoloji ve Jeomorfoloji) ayrı birer bilim dalı olarak kendi prensip ve teorilerine ilk defa 1669'da Nicolaus Steno sayesinde sahip oldu. Dönemin filozofları gerçek gözlemlere dayanarak yerküre ile ilgili bilgiyi sistematikleştirme, genelleştirme ve teoriler ile üretme çabasına girdiler. İlk zamanlarda İncil'in etkisinden kurtulamayarak yer yüzeyini Katastrofik olaylar ve süreçlerin şekillendirdiği fikri kabul gördü. Ancak 18 yy. sonlarına doğru James Hutton'la birlikte yeni bakış açısı ortaya çıktı. Katastrofizmin karşıtı bir düşünce akımı olarak Üniformiteryanizm benimsenmeye başladı. İlk başlarda yavaş bir gelişim gösteren Jeomorfoloji ancak 19. Yüzyılın Ortalarına doğru Lyell'in de katkılarıyla önemli aşama kaydetti.

**Anahtar Kelimeler:** Jeomorfoloji, Aydınlanma Çağı, Katastrofizim, Üniformiteryanizm, Hutton, Werner, Lyell

#### Abstract

This article discusses the history of Geomorphology from the beginning of the Enlightenment to the middle of the 19th century. In this study, the developments and changes in the geomorphology in the age of enlightenment were evaluated by dividing them into various time periods. During this period, very distinct and even dramatic transformations and changes occurred in the thinking structure of Geomorphology. The first ideas about how the world was shaped came about in Egypt, China, and Mesopotamia. Later on, scientific thought emerged in the ancient Greek world, which interacted with these civilizations. The ignored scientific perspective in Europe throughout the Middle Ages continued to exist in the Islamic world. However, the question of how the surface of the Earth is shaped has become the center of attention of European thinkers since the 15th century. The process, which started especially with Copernicus, continued with Da Vinci and continued with Descartes. The Earth Sciences (Geology and geomorphology), as separate branches of science, had their own principles and theories for the first time in 1669 thanks to Nicolaus Steno. The philosophers of the period attempted to systematize, generalize and produce theories based on actual observations. In the early days, under the influence of the Bible, the idea that catastrophic events and processes shaped the surface of the earth was accepted. However, towards the end of the 18th century, a new perspective emerged with James Hutton. Uniformitarianism began to be adopted as an anti-catastrophic movement. Geomorphology, which developed slowly at first, made significant progress towards the mid-19th century with the contributions of Lyell.

**Keywords:** Geomorphology, Age of Enlightenment, Catastrophism, Uniformitarianism, Hutton, Werner, Lyell

---

<sup>1</sup> Prof., Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Geography, Avşar Campus, 46100, Kahramanmaraş, TURKEY., <https://orcid.org/0000-0002-1456-6908>, [mkarabulut@ksu.edu.tr](mailto:mkarabulut@ksu.edu.tr)

## GİRİŞ

16. yüzyılda başlayıp 17. yüzyıl boyunca güçlenen, Avrupa'da toplumsal yapıyı derinden etkileyen, politik karar verme süreçlerini belirleyen ve kültürel dönüşüm sağlayan; düşünce, bilgi ve inanç sistemlerinde bir dizi değişiklik yaşandı. Doğanın nasıl işlediğini bilme ve doğal yasaları anlama adına ortaya çıkan bu çabalar, aslında gerçek bir zihinsel devrime karşılık geliyordu. Başlangıçta astronomi ve matematikte belirginleşen bilimsel bilgideki ilerleme; bir dönemin alışkanlıklarını, kültürünü ve sosyal davranışlarını ortadan kaldıran güçlü bir dalgayla sonuçlandı. Dünya tarihinde bu dönem Bilimsel Devrim olarak adlandırıldı (Shapin, 1996; Feingold, 2003; Gil, 2016).

Tarihçiler hala bu devrimin ne zaman başladığını ne zaman bittiğini, asıl aktörlerin kimler olduğunu ve nasıl geliştiğini tartışmaktadır. Bazı tarihçiler Bilimsel Devrimin başlangıcı olarak Nicolaus Kopernik'in (1473-1543) heliosentrik teorini ortaya koyduğu tarihi, diğerleri ise Francis Bacon (1561-1626)'nın bilimsel yöntemi tanımladığı zamanı kabul etmektedir. Bu dönemin diğer bazı önemli aktörleri ise Tycho Brahe (1546-1601), Zacharias Janssen (1585 – 1632), Rene Descartes (1596-1650), Johannes Kepler (1571-1630), Galileo Galilei (1564-1642), Evangelista Torricelli (1608-1647), Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) ve Isaac Newton'dur (1642-1727). Bilimsel devrimin, evrensel yasalar ve mekanik evren anlayışını öneren Isaac Newton (1642-1727) ile tamamlanmış olduğu söylene de sürecin hala devam ettiği düşünülmektedir.

Yüzyıllar boyunca evrenin araştırılması ve dünyayı anlama pratikleri, fenomenleri anlamaya ilişkin ipucu veren sebepleri veya açıklamaları ortaya çıkarmaya çalışan farklı sorular üzerinde derin düşünmeye dayanıyordu. O nedenle değişik araştırma yolları, pozitif bilgi birikimi, ayrıntılı ve uzun süreli gözlem ve deneysel araştırmalar antik dönem düşünürleri tarafından keşfedilemedi. Yeni sorgulama ruhu ve araştırma metotları (deney, gözlem, ölçme) daha önceki filozoflar tarafından bilinmeyen bir biçimde ilk olarak İslam dünyasında ortaya çıktı. Bu bakış açısı İslam medeniyetini inceleyen ve takip eden çeşitli bilim insanları tarafından ortaçağ sonlarına doğru Avrupa'ya transfer edildi (Karabulut, 2019). Bu sayede deneysel bakış açısının oluşmasıyla birlikte 16. ve 17. yüzyıllarda, antik çağın bazı filozoflarına ait doğa ile ilgili kanıtlanmamış teorileri reddedilmişti. Sözü edilen eski paradigmlar yerine gözlem ve deneye dayanan kesin ölçümler gerektiren yöntemler ortaya çıkmıştı (Shapin, 1996; Hakim, 2005; Karabulut, 2013). Bu yeni paradigmayı, Francis Bacon *The New Organon* (1620) adlı eserinde detaylarıyla açıkladı. Bacon, yaşamı boyunca hiçbir deney yapmamış olsa da ortaya koyduğu vizyonla bilgiye giden yolu açan bir filozof oldu. Fransız matematikçi ve filozof olan Röne Dekart (1637), Bacon tarafından önerilen bilimsel yöntemi genişleterek, analiz kavramını ve yöntemini açıkladı. Dekart, bilimdeki herhangi bir sorunun, karmaşıklığına rağmen, sorunları parçalara ayırarak ve her bir parçayı ayrı ayrı değerlendirmek suretiyle çözülebileceğini ortaya koydu. Ona göre parçalar bütünün daha kolay ve doğru anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Dekart'a göre; akıl ve matematiksel kanıtlar neredeyse her soruya ışık tutabilir (Descartes, 2019).

Daha önce de belirtildiği gibi, matematik ve astronomi Bilimsel Devrimi öne çıkaran bilim dallarıydı. Bunun temel nedeni ekonomi idi. Osmanlıların İstanbul'u fethi, Avrupa'da var olan ticareti etkiledi ve bölgedeki ticaret üslerinin kademeli olarak önemlerinin azalmasına neden oldu. Bu durum ise tüm Avrupa'yı ekonomik olarak sarstı ve alternatif ticaret yolları aramaya zorladı. Ticaret o dönemde başlıca gelir kaynağıydı ve tacirler daha güvenli ticaret yolları bulmak adına yeni araçlar tasarlamayı ve dünyayı keşfetmeyi istediler. Bu hedefe ulaşmak için daha önceki dönemlerde evrenle ilgili yazılmış kaynakları (özellikle eski Yunan ve İslam filozofları tarafından kaleme alınan) incelediler, gökyüzünden ve yıldızlardan yararlanabilecekleri sonucuna vardılar. Astronomik ölçümler için özellikle İslam dünyasında icat edilen usturlap, kadran, pergel ve pusulaları yeniden dizayn ederek daha gelişmiş seyir cihazları tasarladılar ve ürettiler. Gökbilimciler gözlemler yapmak ve yıldızların gökyüzündeki yerlerini tam olarak belirlemek için, yeni ve geliştirilmiş çember küreler ve gök küreleri kullandılar. Kesin gözlemler elde etmek için yeni araçların kullanılması teleskobun icadıyla zirveye ulaştı. Aslında en son Galileo tarafından geliştirilen ve optik mekanizması Kepler tarafından tarif edilen Teleskop ilk defa icat edilmiyordu. Fakat Ay, Güneş, Jüpiter ve Samanyolu'nu keşfedecek kadar gelişmiş ilk kez üretiliyordu (Hakim, 2005; Gil, 2016).

Avrupa'da 17. yüzyılda bilimin gelişmesinde önemli rol oynayan sebeplerden biriside sosyal yapıda meydana gelen değişimlerle birlikte bilime ve bilim insanına olan inancın artması ve sonuçlarının adalet sisteminde gözlemlenmeye başlamasıdır. Bu dönemde mahkemeler sadece filozofların canlarını güvence altına almakla kalmayıp aynı zamanda fikirlerini açıklayıp tartışabilecekleri ortamların oluşmasını desteklediler. İmparatorlar, zenginler ve mahkemeler matematikçileri ve doğa filozoflarını himayelerine aldılar. Dahası, yıldızların ve gezegenlerin konumlarını bilen, savaşların sonucunu tahmin eden ve yeni doğan çocukların kaderini öngören astrologlara güvendiler. Kesin astronomik gözlemler elde etmek, gezegenlerin yörüngelerini ve hareketlerini anlamak için sarayda görevlendirilen astronom Brahe ve Matematikçi Kepler bunlara örnektir (Gil, 2016).

17. yüzyılın doğa ile ilgilenen filozofları henüz dinin etkisinden tam anlamıyla kurtulamadıkları için, Tanrı'nın aklını anlamak amacıyla doğanın kanunlarını kavramak istiyorlardı. Keşiflerini, Yaratan'ı yüceltme arzusuyla yaptıkları için, bulgularını ve çıkarımlarını zamanın dini sistemleri ve felsefi doktrinleri bağlamında açıkladılar. Benzer şekilde,

filozofların da söylemlerini yeni keşiflere uyarlamaları için bilimdeki yeni sistemi takip etme ihtiyacı vardı (Langone vd., 2006; Gil, 2016). Filozofların iyi niyetle bulgularını Tanrıya atfetme çabalarına rağmen dini kurumların bilime karşı bakış açıları farklıydı; Hristiyan din adamları, keşifleri reddedip bazı filozofları sapkınlıkla suçlayarak yeni bilim anlayışına karşı çıktılar. Katolik Kilisesi, yüzyıllar boyunca eski felsefeleri “Hristiyanlaştırmak” için çalışmıştı. Örneğin; Aristoteles ve Batlamyus’un öğretilerini kabul etmek, yazılarını Kutsal Yazılarla uyumlu olması ve kilisenin öğretilerine göre okunabilmesi için uğraşmışlardı. Ancak yeni bilim ve felsefe sistemi, geçmişin bu düşünürlerinin otoritesini sorguladı, fikirlerini tartıştı ve bazı iddialarını reddetti (Shapin, 1996).

Geleneksel bilime yapılan eleştiriler, kilisenin bazı kolları tarafından Hristiyanlığa yapılan bir saldırı olarak görüldü. Bazıları ise yeni kavramları benimsedi, deneylerin sağladığı faydaları kabul etti, teleskoplar, mikroskoplar ve barometreler gibi diğer yeni icatları kullandılar. Ancak yeni doğa felsefesi deneyimine Aristotelesçi temel sağlamak için uğraşılar. Tarihsel olarak öğretileri gerici ve muhafazakâr olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen bazı tarikatların pek çok üyesi (örneğin Cizvitler) matematiksel ve bilimsel araştırmalar yaptılar. Bunlar yeni bilim anlayışıyla hareket ederek 17. yüzyılın bilimsel kültürüne önemli katkılarda bulundular (Gil, 2016; Feingold, 2003).

Bilimsel Devrim, tüm Avrupa’yı aynı şekilde etkileyen homojen bir süreç değildi. Bölgesel ve ulusal farklılıklar, toplumun bilimsel yöntemin getirdiği dönüşümlere cevap verme biçimini şekillendirdi (Porter ve Teich, 1992). Bu dönemde Avrupa’nın farklı bölgelerinde farklı ulusal bağlamları olan bilimsel gelişmeler yaşandığı için, tek bir Bilimsel Devrimin varlığı hakkında konuşmak zordur.

1300’lerin ortalarında İtalyan Rönesans’ı ile başlayıp, 1600’lerin başında Protestan ve Katolik reformlarının sonuna kadar süren bu devrim, esasen Avrupa dünyasını altüst etti. On yedinci yüzyılın sonuna gelindiğinde, Avrupa genelinde politika, din, bilim, ekonomi, eğitim, sanat ve toplumda benzeri görülmemiş değişiklikler meydana geldi. Karanlık Çağ sonrası modernliğe geçiş döneminde, Avrupa özünü sarsan bu köklü değişiklikleri dramatik biçimde yaşadı. Gelişmelerden biri Antik eserlerin yeniden keşfi ile karakterize olan Rönesans’tı. Bu sayede eski kültürün yeniden canlanması ile fiziksel dünyanın anlaşılmasının önemi fark edildi. Bu farkındalık ise sanat ve bilimde dikkate değer kültürel ve entelektüel ilerlemeyle sonuçlanan güçlü bir etki yarattı. En önemli gelişme ise kitle iletişimini kolaylaştıran ve ileri bilgi teknolojisinde ilk adım olan matbaanın icadıdır. Eşzamanlı olarak, Martin Luther’in başlattığı Reform hareketi, Avrupa’yı Katolik ve Protestan bölgelerine böldü. Bunun sonucunda da farklı topraklarda yüzlerce yıldan fazla sürecek olan kargaşa ve savaş dönemi başladı. Değişen dini inanç pratikleri ve kozmosun farklı şekilde değerlendirilmesi, evreni yorumlamanın yeni yollarını açtı. Bilime ve teknolojiye karşı artan merak, çoğu fikir ve düşüncelerin yayılmasını sağlarken, literatürü popüler ve erişilebilir kılacak olan matbaanın icadına çığır açan birçok teknolojik gelişmeyi tetikledi. Bu senaryolar, Bilimsel Devrim olarak bilinen olaylar, teoriler ve fikirler için mükemmel bir beslenme alanı oldu (Feingold, 2003; Carney, 2001).

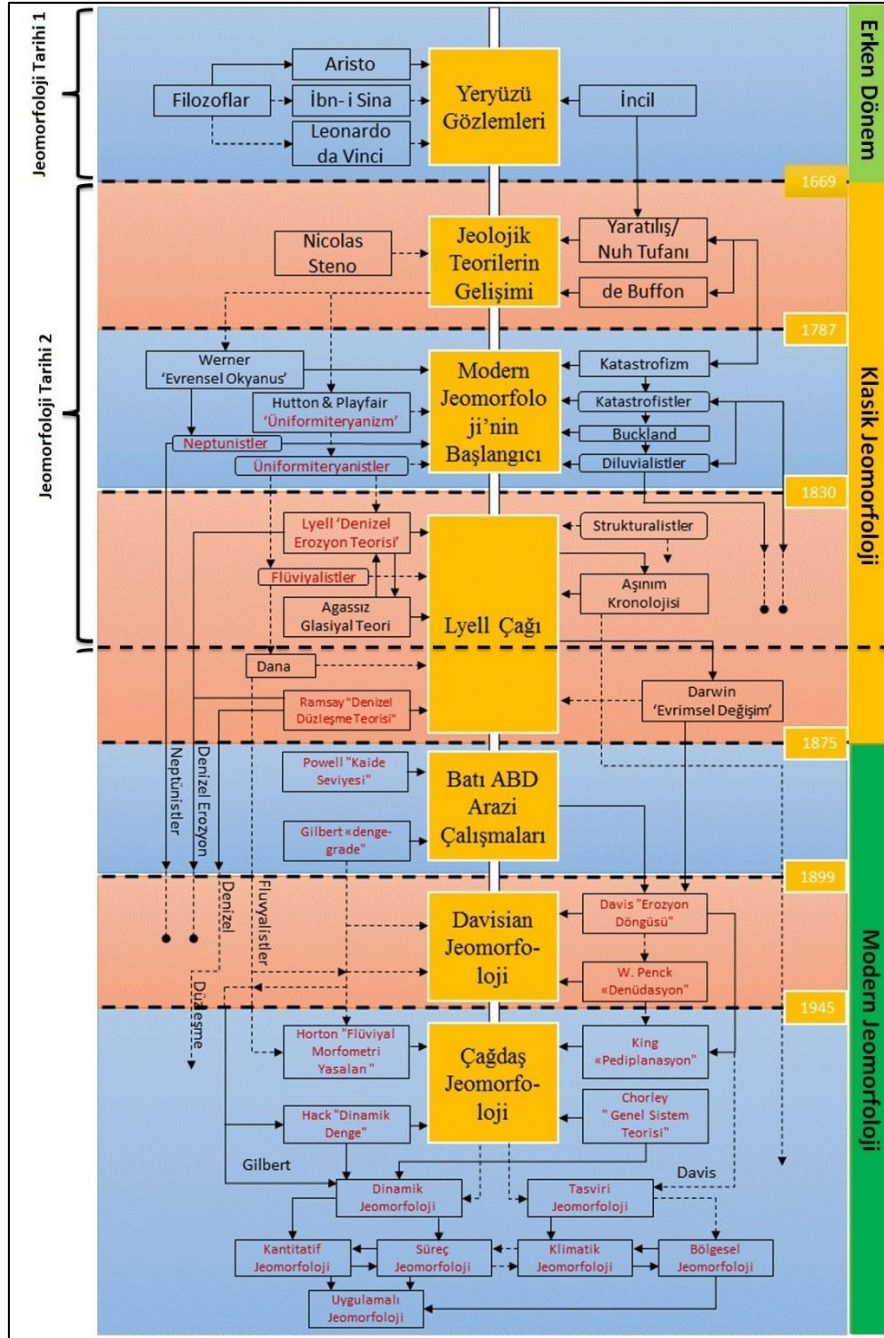
Yerkürenin’nin kökeni ve gelişimi ile ilgili teoriler Avrupa’daki bu olumlu bilimsel iklimin etkisiyle, Bilimsel Devrim ve Aydınlanma döneminde çoğaldı ve ivme kazandı (Chorley ve ark., 1964; Davies, 1969). Tarihsel bir yerküre bilimi olarak Jeomorfolojinin temeli bu dönemde atıldı. Bu çalışmada yukarıda özellikleri açıklanan dönemde jeomorfolojinin geçirdiği evreler değerlendirildi. Bu dönemde Jeomorfoloji’nin düşünce yapısında belirgin hatta dramatik sayılabilecek dönüşüm ve değişimler meydana geldi. Bu gelişim ve değişim; ne tekdüze, ne de tedrici olmuştur. Yumuşak ve göreceli geçişlerle günümüze ulaşmadığı açıkça anlaşılmaktadır. Bu çalışmada *Klasik Jeomorfoloji* döneminde meydana gelen paradigmatik değişimler Chorley ve ark. (1964) tarafından yapılan çalışma da dikkate alınarak *Jeolojik Teorilerin Gelişimi, Modern Jeomorfoloji’nin Doğuşu ve Lyell çağı* gibi çeşitli dönemlere ayrılarak incelenmiştir (Şekil 1).

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Bilimsel Devrim ve Aydınlanma döneminde, genel olarak yer bilimleri özelde ise Jeomorfoloji konusunda yapılan çalışmalar çeşitli zaman periyotları temelinde gözden geçirilmiş ve özellikle zaman içerisinde ortaya çıkan ya da gelişen fikirler, teoriler, metotlar ve bakış açıları değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda tarihin akışı içinde dönemin bilim insanları tarafından ortaya konan yer yüzeyinin şekillenmesi ve değişmesi ile ilgili düşüncelerin aktarılması hedeflenmiştir. Yazılı kaynakları günümüze kadar ulaşan ilk eserlerle (1669 yılında Steno tarafından yazılan *Prodromus* başlangıç kabul edilmiştir) başlayan değerlendirmeler, yer bilimleri ile ilgili 17. ve 18. yüzyıllarda ortaya konan düşüncelerin incelenmesi ile devam etmiş ve 19. yy ortalarında Lyell dönemi ile bu bölüm son bulmuştur. İki yüz yıllık dönemde ortaya çıkan çalışmalar ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Makale hazırlanırken bibliyografya kısmında verilen Türkçe ve İngilizce eserler (Kitap, makale ve ansiklopedi) ile internet aracılığı ile hizmete sunulan çok sayıda kaynaktan yararlanılmıştır. Çoğu bilgi orijinal eserlerden elde edilmiştir. Ancak İngilizce ya da Türkçeye çevirilerin bulunmadığı durumlarda ise orijinal eserlere yapılan atıflar ya da aynen alıntılar kullanılmıştır. Dolayısıyla bazı durumlarda orijinal metinler yerine diğer kaynaklardan toplanan bilgilere dayanılarak

değerlendirmeler yapılmıştır. Bu tür alıntılar yapılırken yanlış düşmemek adına farklı kaynaklar karşılaştırılmış ve gözden geçirilmiştir. Birbiriyle uyumsuz ve objektif olmayan kimi yorumlar değerlendirme dışı tutulmuştur. Ancak bütün dikkatimize rağmen bazı eksikliklerin olabileceği göz ardı edilmemelidir.



Şekil 1: Jeomorfolojinin Tarihsel Gelişimi (Beach, 1981; Karabulut, 2019).

## JEOLJİK TEORİNİN GELİŞİM DÖNEMİ (1669-1787)

Klasik Yunan ve İslam filozoflarının yer şekillerinin oluşumu ile ilgili görüşleri Rönesansa kadar ulaşırsa da Jeoloji ve Jeomorfoloji ayrı birer bilim dalı olarak kendi prensip ve teorilerine ilk defa 1669'da *Nicolaus Steno* (1638-1686) sayesinde sahip oldu. O nedenle bu dönemin özelliklerine geçmeden önce Steno'ya özel bir paragraf açmak gerekir. Aslen Danimarkalı olan Steno İtalya'da bulunduğu sırada Toskana bölgesinde taş ocaklarını, madenleri, mağaraları, Carrara Mermerini, Apenin Dağları'nı, Arno Nehri'ni ve kıyı ovalarını inceledi. Elde ettiği bilgileri kısaca *Prodromus* olarak adlandırılan eserinde bir araya getirerek yayınladı. 1669'da Steno'nun bu jeolojik çalışması, daha sonraki dönemlerde ortaya çıkacak olan tarihsel Jeomorfoloji için temel oluşturdu. Çalışmasında fosillerin organik kökenleri ve kaya

tabakaları içerisinde nasıl korunduğu konusunu ele alan Steno bugün dahi kabul gören Stratigrafinin temel ilkelerini ortaya koydu ve açıkladı. İlk önce ortaya koyduğu kriterler konusunda insanları ikna etmek için bazı kavramsal ölçütler belirledi (Hansen, 2009).

- *Kronoloji kriteri- stratigrafi ve süperpozisyon yasalarını içerir.*
- *Tanıma kriteri- benzer nesnelere benzer ortamlarda benzer yollarla meydana gelir.*
- *Koruma kriteri- katı malzemelerdeki bilgiler yalnızca katı yapılar olarak korunabilir, ancak katı malzemeler aşırırsa, parçalanırsa veya değişime uğrarsa bu bilgi kaybolur.*

Kronoloji kriterleri ile ilgili olarak Steno, stratigrafi yasaları olarak bilinen çeşitli ilkeler formüle etti (Hansen, 2009).

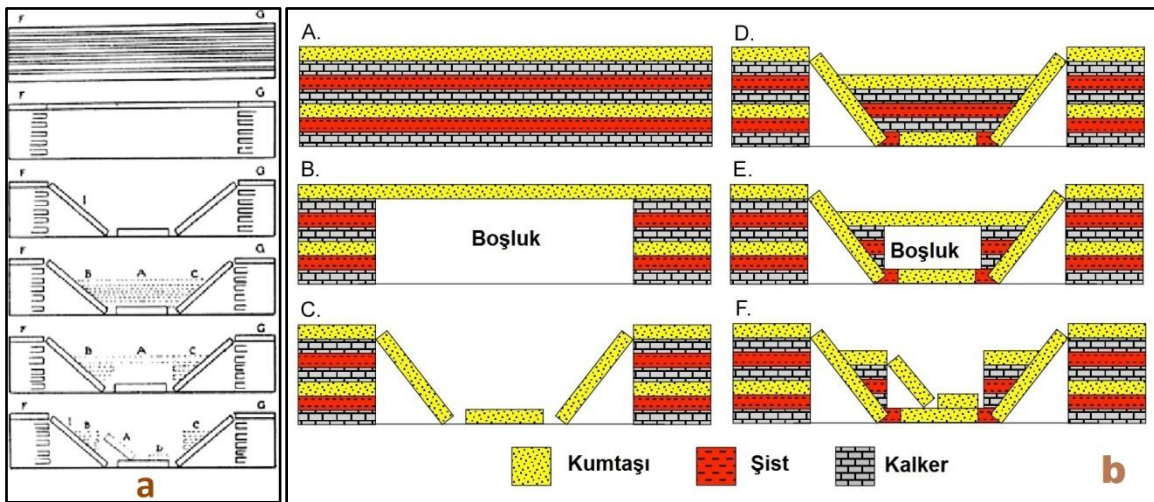
*Yatay tabakalanma prensibi-* her tabaka, katı bir yüzey üzerinde sırasıyla biriken malzemelerden meydana gelir; sert (katı) fosiller bu aşamada yumuşak (gevşek) tortuya dahil olur. Steno çökel tanelerinin yerçekimi etkisi altında suda birikmesinden ötürü sedimanın başlangıçta yatay tabakalar olarak depolandığını gözlemledi (*orijinal yataylık ilkesi*). Bu yüzden yatay olmayan çökel tabaka istifi depolanma ve katılma sonrasında eğimlenmiş olmalıdır.

*Süperpozisyon prensibi-* çökellerin tabakalaşması veya istiflenmesi alttan yukarıya doğru yaşanma veya birikme sırasına göre gerçekleşir. Ardışık taşkınlar önceki çökellerin üzerine gelen ya da depolanan yeni çökel tabakalarını oluşturur. Bu çökel tabakaları taşlaşarak tortul kayaç haline gelir. Bu yüzden bozulmamış bir tortul kayaç tabakası diziliminde en yaşlı tabaka en altta ve en genç tabaka en üsttedir. Bu üst üste bulunma durumu katmanların ve içerdikleri fosillerin göreceli yaşlarının belirlenmesi için temel oluşturur.

*Yanal süreklilik prensibi -* her tabaka yanal olarak süreklidir. Bir vadinin her iki tarafındaki benzer tabakalar veya başka bir bozulma başlangıçta sürekli ve tutarlıdır. Sedimanter birimler depolandıkları ortama bağlı olarak uzun mesafelerde devamlılıklarını korurlar. Steno'nun üçüncü ilkesi olan yanal devamlılık ilkesi, çökellerin depolanma havzasının kenarında inceliyor, sıkışıyor ya da ortadan kalkıncaya kadar tüm yönlerde yanal olarak yayıldığını belirtir.

Bu yasalar modern jeoloji ve paleontolojinin temelini oluşturur. Steno'ya göre fosiller anatomik olarak canlı organizmaların parçaları olup özellikle dişler, kemikler ve kabukları ile aynıdır. Kristal malzemeye fosilleşme, uzun zaman içerisinde gerçekleşir. Steno, tüm kayaları sıvıdan tortu birikmesi açısından yorumladı. Görünüşe göre Toskana'da olmayan granit ya da lav hakkında hiçbir şey bilmiyordu. Toskana dışında az sayıda (varsa) jeolojik gözlem yaptı.

Steno Prodomus'ta, Toskana'nın genel bir jeolojik tarihini ana hatları ile ortaya koyarak ilk kez yazılı bir jeolojik tarih denemesi yaptı. Stratigrafik ilkeleri açıkça anladığını gösteren bir dizi diyagram sundu. Ayrıca akarsuyun peyzajı değiştirmedeki önemini kabul etti. Toskana'nın jeolojik oluşumu için altı aşama öngördü ve bu süreçlerinin bütün yerküre için geçerli olduğunu ileri sürdü (Şekil 2).



**Şekil 2:** Steno'ya göre Toskana Ovasının oluşumunu gösteren altı aşama (a- Steno, 1669; b- Macleod, 2005). A. sürekli sedimanlar deniz sularının altında yatay tabakalar oluşturacak şekilde birikir. B. Taşlaşan sedimanlar kuru bir düzlük oluşturacak şekilde yükselir ve yeraltı sularının aşındırıcı etkisiyle yeraltı boşlukları veya mağaralar oluşur. C. Yeraltı boşlukları yeteri kadar büyüdüğünde, üstteki katmanlar çöker ve aşağı inen düz katmanlar ile yüksekte kalan alanlara bitişik blokların eğimli duvarlar oluşturmasına neden olur. Ortaya çıkan çukur alanlar su ile dolar. D. Tüm kara yüzeyinin suya batması, bir kez daha sürekli yatay sedimanların birikmesine neden olur. E. Bu yeni çökeltiler taşlaşır ve yeni yeraltı boşluklarının ortaya çıkışıyla yükselirler. F. Yeni bir çöküş turu başlar ve en son manzara ortaya çıkar.

Katolik sansürcüler, Steno zamanında tüm bilimsel yayınları onaylamak zorunda kaldı. Steno'nun geçmiş olayların anlaşılması için kullandığı tarihsel yöntem *pragmatik kademeli-evrimsel* geleneğin öncüsü oldu. Daha sonraki dönemlerde Dünya'nın kaotik gelişimi hakkındaki tarihsel anlayışını bir dizi önemli bilim insanı takip etti (Chorley ve ark., 1964; Hansen, 2009).

Stenonun yayını ile Antik jeomorfolojinin sona erdiği ve Klasik Jeomorfoloji döneminin başladığı kabul edilir. Bu yeni dönemde rasyonel gerçekler temelinde ilk teoriler ortaya çıkmaya başladı. 1669 yılı jeomorfolojinin tarihsel başlangıcı olsa da klasik jeomorfolojiye geçiş tedrici bir yapıda gerçekleşti. Steno görüşlerini Avrupa'nın Dünyayı keşfetmeye başladığı ve buna bağlı olarak yeni gözlem ve buluşların sel gibi aktığı bir dönemde dile getirdi. Bu dönemde doğal olaylarla ilgili hipotez ve sınıflama sistemlerinin oluşturulması ihtiyacı ve isteği ortaya çıktı. Bu dönem aynı zamanda akademik dünyanın uzmanlaşma yoluyla ayrılmaya başladığı bir zaman dilimini oluşturdu (Beach, 1981).

Başlangıçta, bu yeni sistematik düşünme, tecrübe edinme ve gözlemlerin kaydedilmesi gibi süreçler henüz antik Yunan filozofları ve İncilin etkisinden tamamen kurtulamamıştı. 17. yy sonlarında ve 18.yy başlarında jeoloji düşünürleri, jeoloji ve jeomorfoloji konusundaki teorilerini İncil'le bağlantılı olması gerektiğini vurguladılar. Bir grup düşünür stratigrafik depo ve yer şekilleri ile ilgili bilimsel açıklamaları katastrofik olaylara bağlama eğilimi gösterdi. Erken katastrofistler olarak Thomas Burnet, John Woodward ve Comte de Buffon sayılabilir. Bu düşüncedeki bilim adamları yeryüzünün büyük bir sel tufanı ile şekillendiği görüşündedir (Chorley ve ark., 1964).

Thomas Burnet (1635?–1715), Nuh tufanına kadar içi su ile dolu olan ve boşluklardan meydana gelen bir yerküre modeli önerdi (Kutsal Yerküre Teorisi). Burnet'e göre sıra dağlar ve okyanuslar büyük sel sırasında meydana geldiler. Dış kabuğun kırılan parçaları daha sonra dağları oluşturdu. Katastrofizmin ilk örneklerinden olan bu düşünce belli oranda taraftar bulsa da özellikle boşluklardan meydana gelen yerküre düşüncesi büyük oranda tenkit edildi (Chorley ve ark., 1964; Stokes, 1969). John Woodward (1665–1728) eserlerinde (*Dünyanın Doğal Tarihine Yönelik Yazılar*), yeryüzünün sert yüzeyinin tabakalardan meydana geldiğini ve içindeki fosillerin ise başlangıçta denizlerde üretildiğini ifade etti. 1695'te Woodward, Tanrı'nın öfkeyle gönderdiği Sel'in yeryüzünün kaya malzemesini çözdüğünü (Puche-Riart, 2005) ve daha sonra bu malzemelerin bazılarının bitkisel ve hayvan yaşamının fosil kalıntılarını içeren tabaka ya da tabakalar şeklinde depolandığı fikrini ortaya attı (Chorley ve ark., 1964). Çökeltme sırasında ağır olan malzemelerin altta, hafif olanların ise üst bölümlerde biriktiğini bu sürecin hem fosiller hem de diğer materyaller için geçerli olduğunu vurguladı (Stokes, 1969).

Comte de Buffon'un (1707–88) argümanları Woodward'a göre daha zekice ve anlamlıydı (Chorley ve ark., 1964). Buffon, tüm gezegenlerin uzaydan gelen büyük bir kuyruklu yıldızın güneşe çarpması sonucu oluştuğunu (McCallien, 1950) ve Yerkürenin kutuplardan soğumaya başlayarak bugünkü haline geldiğini öne sürdü (Şengör, 2016). Dekart gibi Buffon da dağların Dünya'nın soğuması sırasında sıkışma ile oluştuğunu düşünüyordu. Buffon 18. yüzyılda katastrofistlerin öne sürdüğü açıklamaların güvenilirliğini artıracak bir katkı sağladı. Ammonit gibi fosilleri gözlemledi ve bu tür hayvanların artık yeryüzünde hayatta olmadığını söyledi. Dolayısıyla, Baron Cuvier'den önce, katastrofik yok olma olgusunu tartışmaya açan öncü kişi oldu. Ayrıca, Üç temel fikir ortaya attı: 1) daha uzun bir jeolojik zaman (İncil hesabına kıyasla); 2) transmutasyon ve evrimciliğin önünü açan organik evrim ve 3) paleocoğrafya. Soğuma süresini dikkate alarak Yerkürenin olası yaşını 75000 yıl (bu süreden daha uzun olma ihtimaliyle birlikte) olarak tahmin etti (İzbrak, 1979; Orme, 2013). Bununla birlikte, depremlerin Yer kürenin boşluklarındaki gazların patlamasından kaynaklandığı veya yanardağların kükürt ve katranın yanması sonucu ortaya çıktığı görüşü gibi bazı eski fikirleri de savunmaya devam etti (Buffon, 1749).

Aynı dönemde Edmund Halley'den etkilenen William Whiston (1667 –1752) yerküreye yaklaşan bir kuyruklu yıldızın Ay'ın çekim gücüne benzer bir etki yaratarak denizleri taşıyarak sele neden olduğunu ispat etmeye çalışan matematiksel çözümlerinde bulundu. Ancak özellikle din adamları tarafından güçlü bir şekilde tenkit edildi (James ve Martin, 1981).

Giovanni Targioni-Tozzetti (1712-84), Buffon'un taşkın erozyonu teorisini tenkit etti. Tozzetti, Toskana bölgesinde yaptığı seyahatlerle çoğunluğu jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerle ilgili olmak üzere altı ciltlik rapor yayınladı. Toskana dağlarını iki birime ayırarak açıklamaya çalıştı (Vaccari, 2006). Kendi gözlemlerinden, vadilerin kökeninin mevcut nehirlerin aşındırması sonucunda olduğunu ileri sürdü. Tozzetti'ye göre sel veya deniz suyu vadilerin oluşumunda etkili olsalardı, bunun kesin kanıtlarını görebilirdik. O'na göre nehirlerin vadilerinde gözlenen düzensizlikler kazdıkları yüzeyin farklılığından kaynaklanır ki bu durum günümüzde seçici erozyon (aşındırma) olarak adlandırılır (Huggett, 2007).

Bu dönemde (1770 yılında), Fransız doğa yazarı Jeanne Etienne Guettard (1715-1786), farklı nehir havzalarının petrografik varyasyonlarını belirttiği "Zamanımızda şiddetli yağışlar, nehirler ve denizden etkilenen dağların degradasyonu üzerine" adlı bir hatıra yayınladı. Bu yazıda nehir havzalarının geçici fakat uzun süreli alüvyon birikme alanları olduklarını ve sediment kalınlığının denize yaklaştıkça arttığını ifade etti. Konglomeraları puding taşı

(poudingues) olarak isimlendirip eski ve güncel taşları karşılaştırdı (Miall, 2006). Kısaca yaklaşık 800 yıl önce El Biruni'nin Ganj nehri ile ilgili yorumları seviyesinde olmasa da benzer açıklamalarda bulunduğu görülmektedir.

18. Yüzyılda neredeyse her türlü araştırmaya ve düşünmeye dayalı bilgiyi doğa bilimleri temelinde açıklamak çağın düşünürleri arasında popülerdi. İngiltere'nin kömür alanlarındaki kayaların art arda dizilimleri iyi belgelendi ve çok daha geniş alanlara uygulanabileceğine inanıldı. 1719 ve 1725'te John Strachey, İngiltere'nin güneybatısındaki tabakaların dizilim sırasını gösteren iki çalışma yayınladı. Makalede kömür tabakalarının eğimli olmasına rağmen, üstteki tabakaların yatay olarak durduğunu belirtti. Avrupa'nın başka yerlerinde, tabakalara sistematik alt bölümler uygulamak için ilk gerçek girişim İtalya'da Giovanni Arduino (1714-1795), Almanya'da Johann Lehmann (1719-1767) ve Rusya'da Peter Pallas (1741-1811) tarafından yapıldı. Arduino, Kuzey İtalya'daki kayaları Primer, Sekonder, Tersiyer ve Volkanik olarak sınıflandırdı (Martin, 2005; Chorley ve ark., 1964). Sınıflandırması kayaların görünümüne ve fosillerin oluşumuna dayanıyordu. 1756'da Lehmann dağları üç gruba ayırdı (Primefacts, 2007):

- Dünya oluşurken meydana gelen dağlar;
- Su altında tabaka halinde biriken tortulardan oluşanlar;
- Volkanik dağlar.

Lehmann'ın çalışmalarını, George Fuchsel (1722-1773) izledi (Chorley ve ark., 1964). Stratigrafik oluşumlar fikrinin temelini attı ve tabakalı katmanların ölçümlerini yapmaya çalışan ilk düşünürlerden oldu. Ayrıca Almanya ve çevresinin ilk jeolojik haritasını yapan kişi oldu (Martin, 2005). Pallas (1741-1811), Rusya'da üç geniş dağ ve kayaç grubunu tanımladı (Martin, 2005). Bazı bölgelerde denizin mevcudiyeti ile ilgili net kanıtlar olduğunu gördü ve "Kaotik Küre" olarak adlandırdığı dönemde dağların yükselerek oluştuğunu farz etti (Primefacts, 2007).

### MODERN JEOMORFOLOJİNİN DOĞUŞU (1787-1830)

On sekizinci yüzyıl, batı uluslarının ekonomik yönden geliştiği ve demokratik ideallerin ortaya çıktığı bir dönem olarak kabul edilir. Bilimsel ve teknolojik ilerlemenin etkisiyle birlikte hurafelere dayanan bakış açılarının yerlerini akılcı yaklaşımlara bırakmaya başlamasıyla aydınlanma dönemine girildi. Yeni eğitim kurumları açıldı, eğitilmiş burjuvazi için bilimsel yayınlar ortaya çıktı. Deney ve gözlem gibi bilimsel yöntemler, yer küre ile ilgili çalışmalarda da büyük önem kazandı. Bu dönem akılcı yaklaşımların yüceltildiği ve nicel yaklaşımların gerçeği anlamada tek yol olduğu düşüncesinin hâkim olduğu bir zamanı temsil ediyordu. Üzerinde çalışılan objenin özelliklerinin sayılması, ölçülmesi ve tartılması o obje hakkında bilgi edinmenin tek yolu (Puche-Riart, 2005).

On sekizinci yüzyılın sonu, temelleri demir, kömür, buhar ve tekstil üreticileri olan Endüstri Devrimi'ne (İngiltere) denk geldi. Ek doğal kaynaklara olan ihtiyaç madencilğe olan ilgiyi artırdı ve 1766 ile 1788 arasında Freiberg, Chemnitz (şimdiki Banka Stiaivnica), St Petersburg, Almaden ve Paris madencilik akademileri sırasıyla kuruldu. Yeraltı geometrisi ve mineraloji öğretili. Mineraloji, petrografi, stratigrafi, paleontoloji (daha sonra) ve nihayetinde jeoloji (on sekizinci yüzyılın sonlarında) haline gelmeye başladı. İngiltere, bu tür bir merkezi teknik eğitime geri döndü (Puche-Riart, 2005).

Modern jeomorfolojinin başlangıcı Avrupa ve ABD'de, politik, sosyal, ekonomik ve entelektüel reform dönemine denk gelmektedir. Büyük değişimler döneminde politik olarak ABD demokratik bir yönetimi benimserken, Fransız devrimi eşitsizlikleri giderme amacıyla yapılmıştır. İngiltere'de ise şehirleşme ve sanayileşme ile birlikte ekonomik refahın yaygınlaştığı gözlemlenmektedir.

Entelektüel cephede ise birbirleri ile uyuşmayan bilimsel ve ortaçağ görüşleri bir arada bulunuyordu. Aydınlanma çağı filozoflarından Montesquieu, Voltaire, Rousseau, Hume ve Kant sosyal ve doğal olaylarla ilgili önemli değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Bu dönemde yapılan tartışmalara kendilerini jeolog olarak kabul eden bilim adamlarının da dahil olduğu görülmektedir. Birçok Avrupalı bilim adamı Newton'un görüşlerinden etkilenmiştir. Bu bilim adamlarına göre Newton Aristo ile başlayan Kopernik, Kepler ve Galileo ile devam eden süreci tamamlamıştır. Ancak bu fikirlere kilisenin devamlı bir şekilde karşı olduğu bilinmektedir (Bu yeni fikirler kilise tarafından tepkiyle karşılanmıştır). Benzer şekilde yeryüzünün şekillenmesi ile ilgili yeni görüşler kilise tarafından kabul görmemiş ve reddedilmiştir (Beach, 1981).

Jeoloji ve jeomorfolojinin bilim dalı olarak gelişimi, 1787-1830 yılları arasında gerçekleşti. Bu dönemde jeomorfolojin birçok temel prensibi ortaya konuldu ve tanımlandı. En önemli teorisyenlerden bazıları İskoçya'da James Hutton, İngiltere'de William Smith, Fransa'da Georges Cuvier ve Almanya'da Abraham Werner oldu.

### Abraham Werner ve Evrensel Okyanus

Modern jeomorfolojinin kurulması ile ilgili ilk adımın Almanya'da Abraham Gottlob Werner tarafından 1787'de "evrensel okyanus" fikri ile atıldığı kabul edilir. Werner teorilerinden sadece birkaçını yayınlamasına rağmen derslerinde

ifade ettiği fikirleri kısa sürede öğrencilerinin coşkusu ile popüler hale gelerek Avrupa'ya yayıldı (Geikie, 1905). Aslında Werner'in düşünceleri tamamen yeni değildi (Şengör, 2016). Pek çok popüler fikri, özellikle Johann Gottlob Lehmann (1719-1767), Georg Christian Fuchsel (1722-1773) ve Peter Simon Pallas'ın (1741-1811) çalışmalarını birleştirdi (Beach, 1981; Puche-Riart, 2005). Lehman'ın kaya tabakalarının düzeniyle ilgili görüşünden hareketle madenciler için pratik bilgiler içeren sunumlar yaptı (Puche-Riart, 2005). Tabakaların zaman içinde art arda oluştuğunu öne süren Fuchsel'in bakış açısını kullanan Werner, gözlemlenebilir tabakaların tarihsel açıklamalarına yeni bir bakış açısı kazandı. Teorisini gününün jeolojik bilgisine etkili bir şekilde dayandırarak, tüm yerküre yüzeyinin oluşumunu açıklayan küresel bir şema önerdi. Werner'in hipotezine göre yerkabuğu büyük bir okyanusun dibinde düzenli olarak biriken çökel depolarından meydana geldi. Werner, büyük selin sularında çözülen malzemelerin, soğanın yapısında olduğu gibi bir dizi katman oluşturacak biçimde üst üste depolandığını ifade etti (Chorley ve ark., 1964; Rudwick, 2005).

Avrupa'da önceden var olan stratigrafi ve kozmogoni geleneklerinden hareketle, Werner, süperpozisyon kuralını kullanıp bir sınıflandırma şeması geliştirdi. Bu sınıflamada Yer kürenin beş farklı formasyondan oluştuğunu kabul etti (Chorley ve ark., 1964; Puche-Riart, 2005; Laudan, 1987; Wikipedia, 2019):

- *İlksel (Primitive) Seriler*: İntrüsif magmatik kayalar ve yüksek dereceli metasedimentler karaların ortaya çıkmasından önce okyanus tabanında oluşan ilk çökellerdir.
- *Geçiş (Transition) Serileri*: Okyanus tabanlarında ilk düzenli çökeltiler olarak kireçtaşı, dayk, sill ve kalın grovak (gri kumtaşı) dizileri oluştu. Bunlar, dünya çapında kesintisiz bir şekilde uzanan "evrensel" oluşumlardı.
- *İkincil veya Tabakalı (Flötz) Seriler*: Tabakalı fosilleşmiş kayaları içerir. Bunların, okyanusların altındaki dağların ortaya çıkışını temsil ettiği ve yanlarında biriken erozyon ürünlerinden oluştuğu düşünülmektedir.
- *Alüvyon veya tersiyer (Recent) Seriler*: Okyanusların kıtalardan çekilmesiyle oluşan zayıf konsolide kumlar, çakıllar ve killer.
- *Volkanik Seriler*: Genç lavlar gözle görülür biçimde magma çıkış alanları ile ilişkilidir. Werner, bu kayaların yanın kömür yataklarının yerel etkilerini yansıttığına inanıyordu.

Werner'in teorisi, fiziksel kanıtlara dayanarak Yerküreyi oluşturan katmanlarının geçmişini açıklayan ilk kapsamlı jeolojik çalışmaydı. Werner, granit gibi kayaların dünya çapında bir okyanusun tabanında kristalleşerek oluştuğunu savundu. Bu nedenle, herhangi bir bölgedeki en yaşlı kayaların granit ve diğer kristal kayalardan meydana geldiği sonucuna vardı (Baker, 1998). Volkanların geçmiş jeolojik çağlarda önemli olduklarına inanmadı ve bugün magmatik kayalar olarak bilinen taşların deniz dibinde tortulanmayla meydana geldiklerini ileri sürdü. Başlangıçta evrensel okyanusa yapılan vurgu ile birlikte bu düşünceyi savunanlar "Neptunist" olarak adlandırıldı (Rappaport, 1964; Erinç, 2012).

Werner tarafından sunulan bu bakış açısı jeomorfolojide yaklaşık yüzyıl boyunca etkisini sürdürdü. Diğer bir ifade ile bu paradigma yüzyıl boyunca kabul gördü ve birçok taraftar topladı (Robert Jameson, Gustav Bischof, Johann Wolfgang von Goethe, Juan Ignacio Molina). Aslında bu görüşün bu kadar uzun süreli kabul görmesinin en temel sebebi İncil temelli "büyük sel" görüşü ile paralellik taşımasıdır. Ancak Werner'in teorisi birçok yönden zayıf kaldı. Sözü edilen zayıflıklardan birincisi, bütün kayaların tortul kökenli olduğunu kabul etmesi, ikincisi ise sözü edilen büyük evrensel okyanusa daha sonra ne olduğunu ifade eden mantıklı bir açıklamasının olmamasıdır. İsviçreli bilim adamı Horace Benedict de Saussure, büyük sele ait suların mevcut okyanus havzalarına geri döndükleri sırada Alp Dağlarındaki vadilerin bu güçlü seller tarafından oluşturulduğunu öne sürerek Werner'i destekledi (Martin, 2005).

Guyton de Morveau (1737-1816), Horace Be'ne'dict de Saussure (1740-1799), De'odat Gratet de Dolomieu (1750-1801), Juan Jose' Elhuyar (1754-1896), Fausto Elhuyar (1755-1833), Andre's Manuel del Ri'o (1765-1849), Alexander von Humboldt (1769-1859), Leopold von Buch (1774-1853), Robert Jameson (1774-1854) gibi yer bilimciler Werner'in Stratigrafik dizilim kuralını Dünyanın diğer bölgelerine uygulamayı denediler (Puche-Riart, 2005).

Werner'in görüşlerinden bazıları günümüz için çok anlam ifade etmese de jeomorfoloji bilimine zamanında yaptığı katkı yadsınamaz bir gerçektir (Beach, 1981). Çünkü bu düşünce akademik jeoloji ve jeomorfolojinin sınırlarının belirlenmesine yardımcı oldu. Gözlem, deney ve tarihsel jeolojik süreçleri anlama girişimi temelinde dünyanın oluşumu hakkında yeni bir düşünme yolu açtı (Puche-Riart, 2005). Yer kabuğunun anlaşılmasına yönelik toplanan ve metodolojik yaklaşımlar sözü edilen sınırların belirlenmesini sağladı. İkinci olarak yerkürenin bütüncül bir bakışla incelenmesi gerektiği düşüncesini diğer bilim adamlarının nazarına sundu. Werner ve öğrencileri tartışmalarında çok hoşgörüsüz ve sert olduklarından dolayı birçok karşı düşüncenin ve bakış açısının çıkmasına neden oldular. Dolayısıyla yer şekillerinin oluşumu ile ilgili düşünce yoğunluğunun ortaya çıkmasını sağlayarak jeomorfolojiye olan ilginin artmasına neden oldular (Chorley ve ark., 1964; Beach, 1981). İzbırak'a (1979) göre Werner okulunun dönemindeki diğer görüşlerle çarpışması jeomorfolojinin sistemli olarak gelişmesini sağlayacak şekilde jeoloji ile sıkı bir birleşme süreci ortaya çıkardı. Ancak gerçek gözlemlere dayalı olmayan katastrofizmi ön plana çıkaran bir etki yarattı.



Werner'in "evrensel okyanusu" ile Hutton'un "uniformiteryanizmi" arasında de Saussure yer aldı. Benedict de Saussure Alp dağlarındaki derin vadilerin büyük okyanusun geri çekilmesi sırasında oluşan büyük bir sel ile meydana geldiğini söyleyerek Werner'e paralel bir görüş ileri sürdü. Ancak Saussure bir taraftan vadilerin oluşumunu "büyük sel"e bağlayarak İncil etkisinde kalırken, buzulların oluşumu ve hareketleri ile ilgili açıklamaları ile modern görüşe yaklaştı. Bu nedenle Saussure bazı bilim adamları (Chorley ve ark., 1964) tarafından orta çağ ve modern dönem karışımının güzel bir örneği olarak gösterildi.

### James Hutton ve Üniformiteryanizm (Aktualizm)

Daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere 15. yy. dan 18. yy. kadar olan dönemde yer şekillerinin oluşumu ile ilgili görüşler iki kategoride toplanıyordu. Birincisi yer şekillerinin ilahi bir güç tarafından yaratıldığı, ikincisi ise büyük bir okyanusun geriye çekilmesi sırasında gerçekleşen yavaş bir erozyon süreci ile meydana geldiği düşüncesidir. James Hutton bu tartışmalara farklı bir düşünceyle müdahil oldu (Johnston, 2000; Johnson, 2004). Hutton yer şekillerinin ve altındaki yapının daha önce ifade edildiği gibi büyük bir selle meydana gelmediğini kararlı bir şekilde ifade etti. Hutton'a göre yer şekilleri günlük olarak çevremizde gerçekleşen süreçlerle bağlantılıdır ve benzer süreçler günümüzde olduğu gibi geçmişte de vardı. Hutton, Werner'in tersine dağların ve vadilerin akarsuların aşındırmasıyla meydana geldiklerini ifade etti. Aynı bilim adamı akarsuların aşındırma yoluyla bünyelerine aldıkları malzemeleri taşıyıp daha sonra biriktirmek suretiyle de etkili olduklarını belirtti. Hutton düşüncesini "Hal geçmişin anahtarıdır" ifadesi ile özetlemiştir. Ortaya çıkan bu bakış açısı daha sonra "üniformiteryanizm" terimi ile ifade edildi (Dodick ve Orion, 2003; Beach, 1981).

Hutton'a göre yer yüzeyindeki şekiller bir yandan meydana gelirken, bir yandan da aşınmakta ve ayrıntıları sürekli değişime uğramaktadır. Ancak artılarla eksileri birbirini götürüp genelde değişmeyen bir doğa görünümü ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla sistem bir makine gibi işlemekte ve kendini sürekli yenilemektedir (Dodick ve Orion, 2003; Johnson, 2004). O nedenle işleyen bu kusursuz yapıyı katastrofik olaylarla ilişkilendirmemek gerekir. Söz konusu bu düşünceyi Hutton şu şekilde ifade etmiştir:

*"Kaos ve karışıklık Doğa düzenine dahil edilmemelidir, çünkü bazı şeyler kısmi görüş açımız (yetersiz bilgiden dolayı) nedeniyle bize olduğundan farklı gözükebilir. Deneyimlerimiz yetersiz olduğunda, bunlar hakkında uydurma nedenler bulabiliriz" (Hutton, 1795).*

Hutton (1788) yerkürenin 'bir başlangıcı ya da sonu olmadığı' görüşü temelinde gezegenin değişken ve döngüsel bir sisteme sahip olduğunu öngörmüştü (Ne bir başlangıcın izlerini, nede bir sonun uzak olasılığını bulabiliyorum). Hutton'un konu ile ilgili meşhur pasajını burada alıntulamakta fayda bulunmaktadır:

*"Artık akıl yürütme sürecimizin sonuna geldik; şu anki bilgimizin aksine sonuçlanacak bir veriye sahip değiliz: Ancak yeterli olanı elde ettik; doğada bilgelik, sistem ve tutarlılık olduğunu bulmaktan memnuniyet duyabiliriz. Yerkürenin doğa tarihinde, bir birini izleyen oluşumların gerçekleştiği görülmektedir, buradan da doğada bir sistemin olduğu sonucuna ulaşabiliriz; gezegenlerin döngüsel özelliklerinde olduğu gibi, bu döngüsel süreçleri devam ettiren bir sistemin var olduğu sonucuna varabiliriz. Fakat süreçlerin ardılı olması doğa sisteminin bir gereği ise, Yerküre gezegenin kökeninde daha yüksek bir şey aramak boşunadır. Bu nedenle, şimdiki araştırmamızın sonucuna göre, ne bir başlangıcın izlerini, nede bir sonunun uzak olasılığını bulabiliriz" (Hutton, 1788: 304; King, 1976).*

Hutton'un teorisi katastrofizmi reddetmesi nedeniyle önceki görüşlerden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Bu teori ile Hutton sadece üniformiteryanizm okulunun ortaya çıkmasına sebep olmadı, aynı zamanda jeomorfolojinin münferit bir disiplin olarak ortaya çıkışına da neden oldu. Hutton'un teorisi ilk defa 1788 yılında basıldığında, döneminde bilim adamlarının çoğu tarafından incelemeye değer bulunmadı ya da önemsenmedi. Özellikle Neptunizm (Evrensel sel hipotezi savunucular) ve katastrofizm yanlıları (İncil hikâyeleri temelinde yeryüzünün sel, volkan ve depremler gibi katastrofik olaylarla şekillendiğini savunan görüş) Hutton'un görüşlerine şiddetle karşı çıktılar. Çünkü her iki görüşün aksine bu yeni düşünce yeryüzünün başlangıçtan beri akarsular tarafından şekillendirildiği ve sürekli bir değişimin olduğu, başlangıç ve sonu olmadığını ileri sürmekteydi. Diğer bir ifade ile yeryüzünü şekillendiren süreçler gezegen var olduğundan bu tarafa kesintisiz olarak çalışmakta ve sürekli bir biçimde yer yüzeyini değiştirmektedir.

Hutton, jeolojik uyumsuzlukların önemini fark etti ve birçok magmatik kayacın çevrelerindeki yapıları belirgin bir şekilde etkilediğini ve bu nedenle daha genç olduklarını belirtti. Hutton ve takipçileri, magmatik kayaların dünya içindeki erimiş malzemeden geldiğini savundukları için plutonist olarak adlandırıldılar (Primefacts, 2007).

Hutton'un yerkürenin şekillenmesi ile ilgili görüşleri "Yerküre teorisi: Delil ve Şekilleriyle Beraber" isimli bir kitapta bir araya getirilerek 1795 yılında basıldı (McIntyre, 1999). Aslında bu düşünce yer şekillerinin gelişim ve oluşumunun döngüsel olduğunu ifade etmektedir (Craig, 1987). Belki de bu düşüncenin gelişmiş hali Davis tarafından yüzyıl sonra ortaya atıldı. Hutton'a göre yer şekillerinin oluşum süreci İbni Sina'nın ifade ettiği gibi dağların yükselmesi ile başlamakta, devamında erozyon ve depolanmaya maruz kalmakta ve en sonunda ise tekrar yükselme ile sonuçlanmaktadır. Böylece yer yüzeyi yavaş fakat sürekli bir biçimde değişmektedir.

Hutton kendi zamanındaki düşünürler tarafından çok fazla dikkate alınmadığı gibi taraftar da bulamamıştır (Erinç, 2012). Bu durumun bazı sebepleri bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Hutton'un anlaşılması zor bir dille görüşlerini yazmasıdır. Çok uzun ve takip edilmesi zor olan cümleler kurması eleştirilmiştir (Chorley ve ark., 1964). Ancak 1802 yılında Jhon Playfair "Huttonian Yerküre teorisi Çizimleri" eseri ile Hutton'un karmaşık ve anlaşılması zor ifadelerini basit ve anlaşılır hale getirdi. Çünkü Playfair yazdığı eserde açık ve anlaşılır bir dille Hutton'un teorilerini, kendi ilave ettiği yeni fikirlerle anlaşılması kolay bir sunumunu yaptı. Dolayısıyla Hutton'un teorisi, Charles Lyell ve diğerleri tarafından, orijinal haliyle değil, John Playfair (1748-1819) tarafından tarif edilen daha fiziksel bir versiyonuyla yaygın olarak tanındı (Chorley ve ark., 1964; Beach, 1981).

Playfair, Hutton'un düşüncelerinin tamamını eksiksiz bir şekilde değerlendirip, açıklayıp, yenilerini ekleyerek daha da anlaşılır bir dille ortaya koyarken durumu kısaca şu şekilde özetlemektedir:

*"Dünyanın tüm devrimleri arasında doğa ekonomisi tekdüze idi ve onun yasaları genel harekete direnen tek şeydi. Nehirler ve kayaçlar, denizler ve kıtalar kendi içinde değişmiştir; ancak bu değişiklikleri yönlendiren yasalar ve tabii oldukları kurallar her zaman aynı kalmıştır."* (Playfair, 1802: 374)

Ayrıca Playfair akarsuların yer yüzeyini şekillendirmedeki rollerini çok etkileyici bir sunumla ifade etti.

*"Su ... şeffaf buhardan katı buza, en küçük dereden en büyük nehre kadar her durumda... deniz seviyesinin üzerinde ortaya çıkan şeylere saldırır ve onu aşındırıp alçaltmak için durmadan çalışır. Kimyasal maddeler tarafından gevşetilen ve serbest bırakılan parçalar yağmurlar tarafından aşağı taşınır ve aşağı inişleri sırasında, diğer yapılara sürtünerek parçalar koparıp yüzeylerini aşındırır... hepsi birlikte çalışan çok küçük, ancak yorulmaz maddelerin sonucu ve yerçekimi lehine olan, dağın tepesinden deniz kıyısına kadar, arazinin tüm yüzeyinde izlenebilen evrensel bir aşındırma sistemi oluşturur"* (Orme, 2013; Playfair, 1802: 99–100).

Playfair'e göre akarsular sadece kendi havzalarında vadilerini oluşturmazlar, aynı zamanda kendisini oluşturan bütün kollarıyla uyumlu bir sistem meydana getirirler. Bu sistem daha sonra "uyumlu bağlantılar" yasasının da açıklaması haline geldi (Beach, 1981).

*"Her nehir, her biri büyüklüğüyle orantılı bir vadiye akan çeşitli dallardan beslenen bir ana gövdeden oluşur. Ve hepsi birlikte bir vadiler sistemi meydana getiriyor, birbirleriyle iletişim kuruyor ve eğimlerini çok iyi ayarlıyorlar, hiçbir ana vadiye çok yüksek ya da çok düşük bir seviyede katılmıyor; eğer bu vadilerin her biri, içinde akan derenin işi olmasaydı, sonsuz derecede imkânsız bir durum olurdu"* (Orme, 2013; Playfair, 1802: 102).

İbni Sina ve Biruni'nin 11. yüzyılda temelini attığı, Avrupa'da 18. Yüzyılın sonlarına doğru Hutton tarafından ilk defa ortaya konan ve Playfair tarafından açık ve anlaşılır hale getirilen "üniformiteryanizm" jeomorfoloji biliminin gelişmesine çok önemli katkı sağladı. Böylece daha önce hiçbir teorinin açıklayamadığı kompleks yer şekillerinin oluşumu ile ilgili süreçler açık ve anlaşılır hale gelmeye başladı. Bu iki düşünür sayesinde yeni gözlemlerin yapılması ve yeni hipotezlerin üretilmesi mümkün hale geldi.

### William Buckland ve Diluviyalizm

Hutton ve Playfair, Neptunistler tarafından ileri sürülen bütün kayaçların evrensel bir okyanusun altında meydana geldiği düşüncesini birçok yönden eleştirdiler. Ancak bu bilim adamlarının gayretleri jeomorfolojide o dönemde kabul gören neptunist ya da katastrofist bakış açısında belirgin bir zayıflama yaratamadı (Chorley ve ark., 1964: 99). Bu iki paradigma neredeyse 19. yy. sonlarına kadar popülerliğini korudu. Ancak 19. yy ikinci yarısının son çeyreğinde ABD kökenli düşüncelerin ortaya çıkmasıyla zayıflamaya başladı. Neptunist düşüncenin hakim olduğu dönemde rahip James Ussher yer kürenin MÖ 4004 yılında yaratıldığını ifade ettiği görüşü önemli ölçüde kabul görmüştü. Bu bakış açısına göre ise yer yüzeyi çok kısa sürenin bir ürünü olarak karşımızda durmaktadır. Fosiller ise yavaş süreçlerin neticesinde meydana geldi (Chorley ve ark., 1964: 99). Tekrarlamak gerekirse bu dönemde yerküre ile ilgili her türlü düşüncenin İncil'e aykırı olmaması bir gereklilik olarak kabul gördü.

Katastrofistlerin daha önceki görüşlerini bir araya getiren William Buckland, bilim dünyasını "büyük sel" teorisi konusunda ikna etmek üzere ciddi çalışmalar yaptı (*Vindiciae Geologicae ve Reliquiae Diluvianae*). Buckland düşüncesini din ile bilim arasında herhangi bir çatışmanın olamayacağı temeli üzerine kurmuştu (Gillispie, 1951). Buckland'a göre İncil'de anlatılan büyük sel meydana geldiğinde yüksek dağların zirveleri hariç bütün yeryüzünü etkiledi. Bu büyük selin yavaş bir ritimle geri çekilişi sırasında yer yüzeyi bugünkü görüntüsünü aldı. Buckland'ın düşünceleri o dönem için yeni değildi. Ancak bütün tartışmalar Hutton ve Playfair'in düşüncelerini değersizleştirmek üzerine odaklanmıştı. Bu temelde yapılan tartışmalar sonucunda 1820 yılında neptunizm yerine "diluvializm" terimi (konsepti) kullanılmaya başladı.

19. yüzyılın ilk bölümü aktif arazi gezilerinin yapıldığı ve yoğunlaştığı bir periyottur. Dönemin kabul gören prensibi araziden gözlemler yoluyla bilgilerin toplanması ve daha sonra hipotezlerin oluşturulmasına dayanıyordu. Buckland'ın görüşüne ilk itiraz arazide gözlem yoluyla veri toplayan bir grup fluvialist ve strüktüralist'ten geldi (Chorley ve ark., 1964). Hutton ve Playfair'in görüşlerinden hareketle fluvialistler akarsu aşındırma ve biriktirme süreçlerinin yer

şekillerinin ortaya çıkışının temel sebebi olduğunu savundular. Bu düşünceye yeryüzünün şekillenmesinde yapı ve kayaç kompozisyonunun daha önemli olduğunu savunan yapısalcılar tarafından karşı çıktı (Chorley ve ark., 1964).

1820-1830 arasındaki on yıllık dönemde kısa bir zaman aralığı olmasına rağmen birçok yeni görüş ileri sürülmüştür. Jeomorfoloji konusunda ilk defa ulusal nitelikte farklı görüşler benimsendi. Örneğin Almanya’da neptunist görüş kabul görürken en önemli savunucularından birisi Humbolt oldu (Humbolt Amerika kıtasında incelediği volkanik arazilerden elde ettiği bilgiler nedeniyle Neptunizmi terk ederek Plutonist düşünceyi kabul etti). ABD’de ise yavaş bir hızla neptunist düşünce yerine Diluvial görüşe yönelim başladı. Diğer taraftan İngiltere’de ise üniformiteryanistler ile diluvialistler kendi bakış açılarını kabul ettirme çabası içerisine girmişlerdi. Burada ifade edilen görüşlerin çarpıştığı dönemde Jeomorfolojide etkili bir figür olan Charles Lyell ortaya çıktı (Beach, 1981).

### Charles Lyell Dönemi (1830-1850)

Charles Lyell 19. yüzyılın başlarında Üniformiteryanizm düşüncesinin en önemli savunucusu oldu (Lyell, 1830-1833; Thornbury, 1969). Lyell, tıpkı Hutton ve Playfair de olduğu gibi yer yüzeyinin katastrofik olaylarla değil, sürekli ve seri karakterdeki süreçlerle değiştiğini vurguladı (Gregory, 2000). Kendisinden önceki düşünceleri de harmanlayarak, yer yüzeyinin sürekli, kademeli ve çok yavaş olarak değiştiğini belirterek üniformiteryan görüşü benimsedi. Lyell, yerküredeki değişimlerin tekdüze ve istikrarlı olduğuna, dolayısıyla geçmişte meydana gelmiş her şeyin bugün hala süregelen olaylarla açıklanabileceğine inanıyordu. Konuyu temel prensiplerine kavuşturmak için 1830-1833 yılları arasında “Jeolojinin İlkeleri” ismini verdiği üç ciltlik bir eser yazdı. Eser, *şu anda işlemekte olan süreçlere bakarak yerküre yüzeyinde geçmişte olmuş değişimleri açıklama girişimi* olarak kabul edildi (Oldroyd, 1996). Bu dönemde Katastrofizmin gerilemesi ve Üniformiteryanizmin kabul görmeye başlaması Lyell sayesinde oldu. Lyell güncel bilgilerin geçmişi anlamının anahtarı olduğunu ve yer yüzeyinin tedrici ve sürekli bir şekilde halihazırda var olan (etkin olan) süreçlerle şekillendiğini açığa kavuşturdu. İngiltere’de yavaş bir başlangıç yapan üniformiteryanizm, ABD’de daha hızlı kabul görmesiyle birlikte 19.yy ortalarına gelindiğinde jeomorfolojide en dominant görüş haline geldi. Charles Lyell ise bu düşüncenin en önemli figürü kabul edildi (Chorley ve ark., 1964; Oldroyd, 1996).

Jeomorfolojik düşünce hızla gelişiyor olmasına rağmen Lyell’in çalışmalarının büyük bir bölümü denizel erozyon temeline dayanmaktaydı. Lyell’e (1830-1833) göre denizler zaman zaman yükselmekte karalar su altında kalmakta, zaman zaman ise denizler çekilmekte ve deniz tabanları karalaşmaktadır. Bu süreçle birlikte yer yüzeyi yavaş fakat sürekli olarak değişmekte ve yenilenmektedir. Lyell hareket eden suyun çok önemli bir jeomorfolojik ajan olduğu düşüncesiyle denizel erozyona büyük ilgi gösterdi (Thornbury, 1969; Rudwick, 1970; Beach, 1984). Bu sayede denizel erozyona ilgi artarken, akarsu aşındırma ve biriktirme süreçlerine olan ilgi yetersiz kaldı ve ilerleme sağlanamadı. Lyell’in bu abartılı sayılabilecek denizel aşındırma düşüncesi bazı Hutton taraftarları ve Agassiz gibi yeni buzul bilimcileri tarafından eleştirildi. Ancak Lyell’in kolay anlaşılır sunumları ve yüksek kalitedeki stratigrafik çizimleri sayesinde yarım yüzyıl etkisinin devam etmesine sebep oldu (Chorley ve ark., 1964; Beach, 1981).

Lyell tarafından geliştirilen “denizel erozyon” teorisi kendi döneminde hiçbir zaman dominant bakış açısı haline gelmedi (Palmer, 2003). Bu dönemde yeni gözlemlerin yapıldığı, hipotez ve teorilerin üretildiği görülmektedir. Bu dönemde iki baskın görüşün varlığından söz edilebilir. Bunlardan birincisi, dünya genelinde benzer yer şekillerinin karşılaştırılmasını içerir. Bu bağlamda 19. yy ortalarında coğrafi jeomorfolojinin parlamaya başladığını söylemek mümkündür (Beach, 1981). İkincisi ise yer şekillerinin yaşı ve bulunduğu aşama olarak söylenebilir (Oldroyd, 1996).

### Glasyal Teori

Charles Lyell’e ilave olarak bu dönemde “glasyal teori” geliştirildi ve bir zamanlar Avrupa’nın büyük bir bölümünün buzullarla örtüldüğü görüşü dile getirildi. Buzullaşma ile ilk önemli değerlendirmeler Louis Agassiz’den önce yapılmıştı. Özellikle oluştukları yerlerden çok uzaklarda biriken malzemeler ve bulunduğu yere yabancı eratik kayaların varlığı bugün glasyoloji diye adlandırdığımız konunun ilk tartışmalarının temellerini oluşturdu. Özellikle bazı seyyahlar gezileri sırasında rastladıkları ve buldukları yerin özelliklerini yansıtmayan büyük kaya bloklarının kökenleri hakkında yorumlar yaptılar ve kendilerine göre teoriler ileri sürdüler. İlk yorumlarda kökenlerinin gökyüzünden gelen meteorlarla ilişkili olduğuna dair ifadeler söz konusudur. Yapılan bu açıklamalar çok fazla dikkat çekmedi. Ancak merak uyandırma yönünde bir işlev gördü.

Bu gezgin taşlar için ilk bilimsel sayılabilecek açıklama Emanuel Swedenborg tarafından yapıldı. 1719’da, buldukları yere yabancı ve üzerinde durdukları kayalardan farklı karakterlere sahip olan kaya bloklarına dikkat çektiği ve İsveç’te Asar olarak bilinen uzun dalgalı kum ve taş sırtlarıyla ilişkilendirdiği küçük bir anı yayınladı. Kendisi Sırtların birbirine az ya da çok paralel olduğunu fark etmiş içlerindeki taşların ovalmuş ve cilalanmış olduğuna dair işaretler gösterdiğinin farkına vardı. Ayrıca kayaların yalnızca ovalarda değil, göllerde ve hatta dağların arasındaki vadilerin içerisinde de var olduğunu gözlemledi (North, 1943). Swedenborg, kayaların etrafında pürüzsüz taşların ve kumun varlığından hareketle

taşların bugünkü pozisyonlarına gelmelerinin temel nedeninin büyük bir deniz etkisinde kalmalarıyla ilgili olabileceğine çağrışım yaptı. Çok büyük dalgaların taşları, kum ve kili deniz tabanından taşıdığını ve onları dağların tepelerine bile taşıyarak yığıldığını düşündü.

Daha sonraki dönemde Daniel Tilas (1740), İsveç'te bulunan dağlık granit blokların, çevredeki dağlardan farklı mesafelerden taşındığını ve kat ettikleri mesafe arttıkça kenarlarının daha yuvarlaklaşmış olduğunu gözlemledi. Kayaların dağıtım aracının büyük bir sel olduğunu, ancak blokların en büyüğünün, Kutuptan çıkan buz kütleleri tarafından taşınmış olabileceğini, dolayısıyla Lyell tarafından kabul edilen teoriden neredeyse yüzyıl önce ifade etmiş gibi gözükmektedir (North, 1943).

De Saussure ise Alp dağlarında yaptığı gözlemler (1786-1796 yılları arasında) neticesinde buzulların taşıma gücünü kabul etmiş, ancak Jura'da yer alan kaya bloklarının daha önce vadileri dolduran denizin hızla geri çekilmesi sonucu bugünkü konumlarına geldiklerini ileri sürdü. Ancak, buzulların geçmişte mevcut sınırlarının çok ötesine geçtiklerini anlamada başarısız oldu (North, 1943).

Buzulların taşıma gücüne sahip olduğunu 1723 yılında ilk defa dile getiren John Woodward'ın destekçisi olan doğa yazarı Scheuchzer oldu. Yazara göre dağlardan inen sular buzul üzerinde hareket etmekte ve zaman zaman buz çatlaklarını doldurmaktadır. Soğuk mevsimde çatlaklarda donan suyun hacmi genişlemekte ve buzun hareketine sebep olmaktadır. Bu süreç sürekli tekrarlandığı için buzullar ilerlemekte ve üzerlerinde yer alan malzemeleri de beraberinde taşımaktadır. Daha sonra (1744 yılında) İsviçreli bir mühendis olan Peter Martel buzulların mevcut sınırlarının ötesinde görülen taşların taşınımından sorumlu olduğunu ifade etti. Bölgede yaşayan yaşlı insanların bu durumu gözlemlediklerini vurguladı (North, 1943; Davies, 1969).

Oluşum yerlerinden çok uzaklarda bulunan eratik bloklar, on sekizinci yüzyılın son yıllarında da dikkat çekmiş ve tartışma yaratmıştır. Bu dönemde hem Hutton hem de Playfair buzulların yer yüzeyini şekillendirmede etkili olabileceklerini ifade etseler de konuyu derinlemesine tartışmamışlar ve tartışma yaratacak hale getirmemişlerdir (Davies, 1969; Seylaz, 1962).

*"Bir zamanlar alçak alanlara doğru uzanan ve içlerinde her yöne doğru kayan buzulların bulunduğu vadiler vardı, bunlar büyük granit bloklarını uzak mesafelere taşıyorlardı, uzun yıllar sonra bunlar hayranlık uyandıran nesnelere oldular, nereden ve nasıl geldikleri tahmin edilmeye çalışıldı. Bugün bu granit bloklar Saleve'nin sırtlarında durmaktadır." Hutton (1795: 218).*

19. yy'ın başlarında Berlinli Wrede, Lyell (1930) ve Murchison eratik kaya bloklarının deniz üzerinde yüzen buz kütleleri tarafından taşındığını dile getirdiler ve konuyla ilgili detaylı açıklamalarda bulundular. Lyell'e göre Buzullar, yüksek alanlarda biriken kar ve buzun ağırlığı ile aşağı doğru hareket eden plastik özellikte kütlelerdir. Buzullar Alp dağlarındaki vadilerin ve İskandinavya'daki fiyortların oluşumunda etkili olmuştur. Buzullar ayrıca, büyük kayaları parçalayıp içine ya da üzerine alarak, uzun mesafeler boyunca taşıyıp sonunda buzun eridiği yerde bırakarak, önemli bir taşıma gücüne sahiptir (Wool, 2001).

Ancak yapılan açıklamaların hiç birisi Agassiz tarafından ortaya atılan buzullaşma teorisi seviyesine ulaşamadı. Çünkü Agassiz'in açıklamaları bir teori kıvamında ve detayındaydı. Agassiz buzulların sadece lokal etkilerinin olmadığını, iklimsel değişimlere bağlı olarak Avrupa'nın büyük bir bölümünü etkilediğini vurguladı. Agassiz İsviçre'deki eratik ve cilalı taşlarla, morenleri inceleyerek buzulların bir zamanlar geniş alanlar kapladığını dile getirdi. Grönland'da bulunan buzul örneğinden hareketle değerlendirmelerini gerçekleştirdi.

Glasyoloji, büyük sel karmaşasından bağımsız olarak yavaş bir şekilde 1845' ten sonra ayrı bir bilim alanı olarak ortaya çıktı. Aynı yolla, jeomorfoloji diluvializm düşüncesinden glasyal teorinin kabulünün de etkisi ile tedrici bir şekilde tekrar üniformiteryanizme dönüş yaparak, yer yüzeyinin şekillenmesinde fluvial ve denizel süreçlerin birincil etken faktör olduğu bakış açısının hâkim olduğu döneme girildi.

## KANTİTATİF ÇALIŞMALAR

Yer yüzeyi birçok kompleks fiziksel, kimyasal ve biyolojik sürecin neticesinde oluşmakta ve değişmektedir. Konu ile ilgili birçok bilim dalı bu süreçleri incelemekte ve kendilerine has sonuçlara ulaşmaktadır. Özellikle süreçlerin çeşitli kantitatif metotlarla analiz edilmesi eski geleneklerden birisini oluşturur. Yerküre ile ilgili teorik düşüncelerin ilk kez ortaya çıkışından sonraki dönemlerde çeşitli kantitatif ölçüm metotları geliştirildi. Özellikle matematik bilminde meydana gelen gelişmelere paralel olarak bazı bilim insanlarının yerküre ile ilgili hesaplamalar ve ölçümler yaptığını görüyoruz. Başlangıçtaki hesaplamaların çoğunun yerin şekli ve boyutları ile ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Mezopotamya ve Roma topraklarında tarımsal sulama sistemlerinin varlığı o dönemdeki insanların akışkanlar dinamiği hakkında önemli sayılabilecek tecrübeye sahip olduklarını ifade etmektedir. Romalılar, özellikle kapsamlı pratik hidroloji bilgisine sahipti ve çoğu hala ayakta olan su kemeri sistemleri kurdular (Karabulut, 2019).

İslam dünyasında yerküre ile ilgili ölçümlerin yeni geliştirilen aletler ve metotlarla çok daha ileri düzeylere ulaştığı bilinmektedir. Batı dünyasında Reform ve Rönesans'la başlayan aydınlanma dönemi başlangıcından itibaren hesaplama ve ölçümlerin önemli düzeyde geliştiği görülmektedir. Birçok düşünür yeryüzü süreçlerini matematiksel olarak ölçme denemelerinde bulundu. Ancak çeşitli nedenlerden dolayı dönemin yer bilimcileri arasında kantitatif yöntemlerin çok fazla tercih edilmediği anlaşılmaktadır. Bu durumun sebeplerinden birisi erken dönemlerde Steno'da olduğu gibi düşünürlerin yatay tabakalama süreçlerine odaklanmış olmalarıdır. Aynı dönemde benzer şekilde taşların ve yer şekillerinin yatay dağılımları da ilgi çektir. Dolayısıyla yer yüzeyinin şekillenmesinde etkili olan süreçlerin detaylı analizleri yerine stratigrafik ve dağılımsal özellikleri anlaşılmasına çalışıldı. Aslında bu durum bazı istisnalar hariç 19. yy boyunca ve 20. yy'ın ilk yarısında da devam etti. Bir kaç deneme dışında yer bilimcilerin süreçler üzerinde durmadığı görülür.

Ancak her nedense akışkanların yeryüzünü şekillendirmedeki rollerinin düşüncenin konusu haline gelmesi çok uzun zaman aldı. Bu bağlamda belki de çok daha fazla tecrübe gerekiyordu (Biswas, 1970; Orme, 2013). 1800'lerden önce yeryüzü süreçleri ile ilgili yer bilimleri dışında kalan bazı bilim insanlarının önemli sayılabilecek fikirler ortaya koydukları görülür. Özellikle akarsularla ilgili yapılan kantitatif değerlendirmelerin 17. ve 18. yy boyunca kimisi teorik düzeyde olmak üzere yapıldı. Erken dönem hidrolik mühendisleri diyebileceğimiz kişiler akarsu yataklarının oluşumu, akım-yük taşıma ilişkileri konusunda hesaplamalar yapıp çeşitli formüller geliştirdiler.

Kanal projelerinde çalışan Leonardo da Vinci 1500'lü yılların başlarında kendi geliştirmiş olduğu oluklu ahşap bir düzenek üzerinde yüzer sediment hareketliliğini kullanarak yüzey akış hızını ölçtü. Deneyleri neticesinde Akış sürekliliği, türbülans ve hızın kanal şekliyle ilişkili olduğu sonucuna vardı. Özellikle taban ve yanal sürtünmenin bu durumun ortaya çıkışında etkili olduğunu gözlemledi. Da Vinci'nin çalışmaları teorik kavramlardan gözlemsel araştırmalara geçişi işaret ediyordu. Daha sonraki yıllarda akışkan mekaniği konusunda Simon Stevin (1548–1620), Benedetto Castelli (1577–44), Henri de Pitot (1695–1771), Evangelista Torricelli (1608–47), Pierre Perrault (1611–80) ve Edme' Mariotte (1620–84), Daniel Bernoulli (1700–1782), Leonhard Euler (1707–1783), Antoine de Chézy (1718–1798), gibi bilim insanları katkı sağladılar. Ancak, 1697 yılında Domenico Guglielmini (1655–1710) akarsu akımlarını inceledi çok önemli sonuçlara ulaştı. Ortaya koyduğu sonuçlar nedeniyle kimi yazarlar kendisine akarsu mekaniği biliminin babası unvanını yakıştırdı. Guglielmini derinlik ve eğime bağlı akış hızının değişimini, akış ivmelenmesi ve denge akışına yol açan sınır direncinin doğasını, kanal şekli ile sediment hareketliliği arasındaki ilişkileri tanımlamayı başardı (Rouse ve Ince, 1963; Orme, 2017). Ayrıca akarsuyun taşımış olduğu partiküllerin büyüklüğünün akım miktarındaki azalmayla birlikte küçüldüğünü ifade etti (El Biruni'nin 700 yıl önce Ganj nehri ile ilgili vardığı sonuçlara ulaştığı görülmektedir). Guglielmini başlangıçta Toricelli tarafından geliştirilen ve akarsu hızı ile derinliği arasında doğrusal ilişki olduğunu ifade eden teoremi ( $v = \sqrt{2gd}$  burada  $d$  derinliği ifade etmektedir) kabul etmiş, ancak yatak zemininde meydana gelen sürtünmenin hızı yavaşlattığını fark ederek vazgeçmiştir (Rouse ve Ince, 1963). Guglielmini ulaştığı sonuçları aşağıdaki şekilde ifade etmiştir:

*“Yeterli hıza ulaşan bir akarsu yatağını aşındırır ve derinlikteki artışla birlikte eğim azalır ve hareketinin sonunda, bulanık akmaya başlarsa, yatağına sediment biriktirir ( bırakacaktır). Akarsuyun yatağına sediment biriktirebilmesi için başka eğim koşullarına sahip olması gerekliliği konusunda başka bir sebep göremiyorum veya eğer eğim gereğinden fazla olsaydı yatağı çok fazla aşındırmayacaktı. Akarsuların hareketin şiddeti oranında yatak kenarlarında ve zemininde aşındırma yaparak yataklarını genişletip derinleştirdikleri kesindir; bu nedenle, aşındırma gücü yerin veya zemini oluşturan diğer materyallerin karşı gücünden büyüktür, çünkü biri diğerine eşit olsaydı, orada kazma işi gerçekleşmezdi ve eğer karşı direnç büyük olsaydı sonuç değişmezdi. Herhangi bir akarsuyun yatağını sonsuza kadar derinleştirmeyeceği de açıktır; Aksi halde dünyanın başından beri yataklarını oluşturan akarsuların kanalları... Günümüzde, dünyanın başından beri derinde olurdu. Akarsuyun kazma işlemi ya suyun kuvvetinin kademeli olarak azalmasıyla ya da toprağın direncinin artmasıyla bir çeşit dengeye ulaşınca kadar devam eder.”*

Chorley vd. (1964) yukarıdaki ifadeleri şu şekilde özetlemektedir:

- Akarsular, kuvvet ve direnç arasında denge sağlanana kadar yataklarını aşındırır veya biriktirir;
- Eğim bu nedenle hız ile ters orantılı olarak değişir;
- Yatak malzemelerinin direnci ne kadar az olursa, kanalın eğimi de o kadar az olur;
- Eğim normal akımın tersine değişir;
- Bu nedenle hareketli bir yatak, içbükey ve yukarı doğru olan uzunlamasına bir profil verecek şekilde modifiye edilir (Rouse ve Ince, 1963; Baulig, 1926; Chorley ve ark., 1964).

Akışkanlar statik ve dinamik üzerinde çalışmalar yapan Daniel Bernoulli sürekli sıvı akım durumunu ifade eden bir formül geliştirdi. Bernoulli'ye göre, bir akışkanın hızındaki bir artış, basınçta meydana gelen düşüşle veya sıvının potansiyel enerjisindeki azalma neticesinde eşzamanlı olarak gerçekleşir ( $u/2 + gz + p/\rho = Sabit$ , Burada,  $u$  = bir noktadaki sıvı akış hızı,  $g$  = Yerçekimi nedeniyle oluşan ivme,  $z$  = Bir referans düzlemin üzerindeki noktanın yükseltisi,  $p$  = Seçilen noktadaki basınç,  $\rho$  = Sıvının yoğunluğuna karşılık gelmektedir).

A. Brahms, nehirlerin aşağı akış yönünde neredeyse sabit bir hıza sahip olmalarının, kanal sürtünmesinin yerçekimi ivmesine eşit ve buna karşı olduğunun bir göstergesi olarak kabul etti. Brahms akarsu içerisinde sürüklenen sedimentlerin kritik yatak akış hızı ve malzemenin ağırlığı ile ilişkili olduğunu düşündü ve aşağıdaki şekilde formüle etti ( $(Vb)_{cr} = krW^{1/6}$ ) (Rouse ve İnce, 1963).

Brahms, aynı zamanda “A” kanalının kesit alanı, “P” ıslak alanı ve “R” hidrolik yarıçapı arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir denklem de oluşturdu ( $RH = A/Pv$ ).

Üniform akış teorisinin doğrulanması Antoine de Chézy (1718-98) ve Pierre Du Buat'tan (1734-1809) geldi. Söz edilen teoriye göre nehirlerde akışın karakteri kanalın şekli, pürüzlülüğü, akan suyun kinematığı ve dinamiği arasındaki etkileşimi ile ilişkilidir. Açık kanallarda üniform akış, sürtünme kuvveti yerçekimi kuvvetine eşit ve zıt olduğunda meydana gelir.

Chézy tarafında geliştirilen formül  $Vm = C\sqrt{RS}$  şeklinde ifade edilir. Burada,  $Vm$  ortalama hız (m/s),  $C$  Chézy katsayısı ( $m^{1/2}/s$ ),  $R$  hidrolik (m) ve  $S$  ise hidrolik eğimdir (m/m).

Du Buat'a (1734-1809) göre ise üniform akış, karşı güçler olan sürtünme ve viskozitenin toplamına eşit harekete neden olan hızlandırıcı bir kuvvete ihtiyaç duyar. Geliştirdiği formül  $V^2 = mgS$  şeklinde ifade edilir. Burada  $m$  hidrolik yarıçap ve kanal pürüzlülüğü faktörü,  $g$  yerçekimi ivmesi,  $V$  ortalama hız ve  $S$  hidrolik eğimdir (Orme, 2017). Du Buat deneysel hidroliğin öncüsü olarak kabul gördü. 1779 yılında yazdığı kitabı akış direnci, açık kanal hidroliği ve tortu taşınması konusundaki düşüncelere büyük katkı sağladı. Ancak yazarın düşünceleri hidrolikçiler arasında değer bulsa da yer bilimciler tarafından göz ardı edildi. Ortaya koyduğu görüşler neredeyse Davis tarafından ileri sürülen yer şekillerinin devrilliliği teorisine altlık oluşturacak niteliktedir:

*“Kaynağından denize kadar uzanan bir nehir farklı insan yaşlarını betimler. Başlangıcı hiç bir şeydir; yeryüzünden yükselir, ancak cennette ortaya çıkar. Bebekliği eğlenceli ve kaprislidir; değirmenleri ve dişlileri çiçeklerin altında eğlenceli bir şekilde döndürür. Gençliği çok coşkulu ve acelecidir; Boşuşur, kökünden söker ve ters çevirir. Orta yaşta ciddi ve akıllıdır; dolambaçlı güzergah çizer ve zengin koşullara yol açar. Yaşlılıkta adımı ölçülebilir, barışçıl, görkemli ve sessizdir; sakin suları yumuşakça akar ve kısa bir süre sonra kendisini devasa bir okyanusta kaybeder” (Du Buat, 1786: 32-33; Chorley ve ark., 1964).*

Neredeyse Hutton'un üniformiteyanismin temellerini attığı ve akarsuların yer şekillerinin oluşumundan sorumlu olduğunu söylediği tarihlerde Du Buat (Nuh tufanını da hatırlatarak) akarsuların vadilerin oluşumundan sorumlu olduğunu net bir şekilde ortaya koydu:

*“Günümüzde tüm dünya nehirlerinin içinde aktığı vadilerin genişliğini ve derinliğini göz önüne aldığımızda, yataklarının bir dereceye kadar stabiliteye sahip olmasına rağmen, akan su ile kademeli olarak kazıldıklarını açıkça görüyoruz. Çok uzun bir süre boyunca durmadan akan suyun yaptığı muazzam çalışma, kutsal tarihçilerin bize söylediği gibi 4.000 yıldan beri dünya yüzeyinin Nuh Tufanı ile sular altında kalmasından beri devam etmektedir. Belirli bir planı kabul etmeden, yaylaların veya deniz seviyesinden yükselen alanların yüzeyinin sürekli değiştiği ve bugün ayak altındaki toprağın atalarımızın üzerinde olduğu gibi olmadığı kesindir. Yağmurlar ve nehirler ... tepeleri aşındırarak, vadileri doldurarak ve dağların içindeki kayaları açığa çıkararak; ve alçak alanları ... daha sonra, ama sırayla, tahrip ederek okyanuslarda biriktirir. Daha sonra, korkunç bir seviyeye aşındırılmış araziler, gelecekte sadece muazzam ve yaşanmaz bir bataklık sunacak...” (Du Buat, 1786: 105-106; Chorley ve ark., 1964).*

Akarsuların hız rejimleri üzerinde matematiksel anlamda çalışmalar yapan Du Buat G.K. Gilbert'tan neredeyse bir asır önce akarsularda stabilite, denge veya kararlı durum konusunda önemli fikirler üretmiş bir nevi dinamik fluvial jeomorfolojinin temellerini atmıştır.

*“En büyük sel zamanlarında, akarsu yatağının dayanıklılığı aşındırma gücüne eşit olduğunda ve sadece tabanı değil aynı zamanda yatak kenarları ve kenar dikliklerinin ayak kısmı erozyona karşı koyduğunda, akarsu dengeye ulaşır veya hızı kararlı hale gelir. Hız çok büyükse, erozyon ve taşıma meydana gelir ve bu durumda hız dengeden daha büyüktür. Burada denge ile akış hızı ve ana kayanın direnci arasındaki ilişkiyi kastediyoruz. Denge hızı yatağın doğasına göre değişecektir ve Rhône, büyük taşlardan oluşan bir yatağa sahip olduğundan, küçük çakılların üzerinden akan Meuse veya Seine'den daha yüksek bir hıza sahip olmalıdır” (Chorley ve ark., 1964; Du Buat, 1786: 110).*

Hidrolik ilkeler, Henry Darcy (1803–1858) ve Henri Bazin (1829-1917)'in hidrolik araştırmaları ile birlikte Robert Manning (1891) gibi birçok kişi tarafından ileriki dönemlerde daha da geliştirildi. Manning Chézy formülünü revize ederek  $V = kS^{1/2}R^{2/3}/n$  şeklinde ifade etti ( $n$  = Manning pürüzlülük katsayısı) (Wikipedia, 2019).

## DÖNEMİN TEMEL YAKLAŞIMLARI

### Katastrofizim

Katastrofizim, yüzey şekillerinin (dağlar, vadiler ve göller de dahil olmak üzere) temel olarak uzun bir süre boyunca gerçekleşen kademeli değişimin aksine, periyodik ancak ani kuvvetlerin bir sonucu olarak oluştuğu ve şekillendirildiği argümanıdır. Katastrofizim geçmiş jeolojik değişimi ani, felaket olaylarıyla ilişkilendiren bir teoridir (Hooykaas, 1970; *Encyclopedia of Historica*, (2019b); Baker, 1998). Teoriye göre jeolojik çağlar, büyük sel veya dağ zincirlerinin hızlı oluşumu gibi şiddetli ve ani doğal felaketlerle sona ererler. Bu tür olayların yaşandığı dünyanın bazı yerlerinde yaşayan bitkiler ve hayvanlar, fosillerin jeolojik tabakalarda gösterdiğine göre aniden yok oldular. Bazı Katastrofizistler, bu değişiklikleri İncil’de anlatılan Nuh tufanı ile bağlantısını kurmaya çalıştı. 17. ve 18. yüzyıllarda, bilim insanlarının İncil’i ve diğer dini belgeleri bilimsel bir belge olarak kullanmaları sonucunda katastrofizim gelişti. İncil’deki yaratılışçı bakış açısına göre, bu ani ve şiddetli olaylar tipik olarak menşeleri bakımından doğaüstü olarak görülür ve küresel etki yaratan olaylardır. Buckland (1784-1856), Cuvier ve Sedgwick (1785-1873) gibi erken yer bilimciler, katastrofizmin sağlam bir bilimsel teori olduğunu iddia ettiler (Hooykaas, 1970). Terim ilk olarak 1832 yılında, Cambridge Üniversitesi filozoflarından birisi olan William Whewell (1832) tarafından kullanıldı.

Katastrofizmin öncüsü olarak çoğunlukla Cuvier (1769-1832) kabul edilir. Ancak birçok bilim insanının bu düşüncenin ortaya çıkmasında ve gelişiminde katkısı olduğu göz ardı edilmemelidir. Cuvier, yerküre tarihi boyunca yer yüzeyinin coğrafi görünümünü değiştiren, hemen hemen tüm flora ve faunayı yok eden küresel depremler şeklinde birçok katastrofik olay yaşandığını öne sürdü (Goudie, 2014) ve Üniformiteryanizmi reddetti:

*“Yerküre dış kabuğunun üzerinde izlerine rastladığımız değişimlerin ve katastrofik olayların üretilmesine sebep olan faktörleri hala dünyanın yüzeyinde etkin olan çeşitli güçler arasında boşuna arıyoruz: ve eğer şimdiki kadar tanıdığımız sabit dış nedenlere baş vurursak, daha büyük bir başarı elde etmeyi beklememeliyiz” (Cuvier, 1817: 36–37).*

Cuvier’e göre her katastrofik olaydan sonra, yeni bir bitki örtüsü ve fauna ortaya çıktı. Teori 17. ve 18. yüzyıllarda yüksek oranda kabul görse de Lyell’le birlikte hızla terk edildi.

### Uniformiteryanizm (Aktüalizm)

Günümüzde gözlemlenen mevcut jeomorfolojik süreçlerin benzer şekilde aynı oranlarda geçmişte de etkili olduğunu savunan yaklaşımdır. Bu teoriye göre, jeomorfolojik süreçlerin gözlemlenemeyen geçmişten bugüne kadar temelde değişmediği ve yer yüzeyinin hiç bir zaman katastrofik olaylarla şekillenmediği varsayılmaktadır (Baker, 1998). Bu yaklaşıma göre mevcut süreçlerin tüm geçmiş olayları açıkladığı düşüncesinden hareketle “bugün geçmişin anahtarı”dır. Üniformiteryanizm James Hutton'un çalışmalarına dayanan ve 19. yüzyılda Charles Lyell'in popüler hale getirdiği bir teori (*Encyclopedia of Historica*, 2019a) olsa da terim ilk olarak 1832 yılında, Cambridge Üniversitesi filozoflarından birisi olan William Whewell tarafından kullanıldı (Pidwirny, 2006). O zaman hakim olan görüş, Dünya'nın doğaüstü yollarla yaratıldığı ve İncil’de anlatılan Büyük Sel gibi bir dizi felaket olayından etkilendiğini ileri süren Katastrofizim bakış açısı idi. Bu düşünce çoğu zaman döneminde daha gerçekçi gibi görünen aktüalizm kavramı ile birlikte kullanıldı. Ancak bu kavramı *tedricilik* (gradualizm) ile karıştırmamak gerekir. Çünkü tedricilik değişimin tekdüze olduğunu ifade eder. Bununla birlikte, Üniformiteryanizm konsepti zaman içinde terk edildi, çünkü Katastrofizistler ile arasındaki tartışma büyük ölçüde ortadan kalktı.

### Neptunizm ve Plutonizm

Bu zamanda diğer bir tartışma, Neptünistler (Abraham Werner ve öğrencileri) ve Plütonistler (James Hutton, John Playfair) arasında olan idi. Neptünistlere göre magmatik kayalar da dahil olmak üzere bütün kayalar küresel bir okyanusun sularındaki katı malzemelerin dipte birikmesi ile oluştu. Plütonistler ise volkanik kayaların magma kökenli olduğunu vurguladılar (Oldroyd, 1996). Aslında dönemin tartışmaları iç içe geçmişti: üniformiteryanistler genellikle Plütonist ve katastrofizistler ise Neptünistlerdi. Neptünistlerin aynı zamanda katastrofizist olmaları şaşırtıcı değildi, çünkü tüm kayaların çökeldiği bir küresel eritici maddeye veya ilkel bir okyanusa ihtiyaç duyuyorlardı ve bu okyanus, yerküre tarihi boyunca bir kereden fazla karaları kapladı ve geri çekilmişti (Johnson, 2004). Hutton’a göre ise erozyonla birlikte yer yüzeyi aşındıktan sonra magmatik faaliyetlerle tekrar gençleşmektedir (O’Hara, 2018). Hutton uyumsuzlukların önemini kabul etti ve pek çok magmatik kayacın etrafındaki tabakaları kestiğini bu nedenle daha genç olduklarını belirtti.

Plütonistler ve Neptünistler arasındaki tartışma yaklaşık 1820 yılına kadar devam etti, ancak sonuçta plütonistlerin görüşleri geçerli bulundu. Werner'in en iyi öğrencilerinden bazıları, saha kanıtlarıyla ikna edildikten sonra Plütonist oldular. Özellikle Leopold van Buch (1744-1852), Auvergne'nin sönmüş yanardağlarını doğru bir şekilde tanımladı,

böylece eski volkanik aktivitenin anlaşılmasına önemli katkı sağladı (Primefacts, 2007; Oldroyd, 1996). Ancak bu dönemdeki tartışmaların kayaçların kökeni konusunda olduğu ve sanıldığı gibi yer yüzeyinin şekillenmesi konusunda olmadığı düşüncesini de savunan bilim insanları da mevcuttur. Bu konuda Davies (1969) durumu şu şekilde ifade etmektedir:

*“Fluvial doktrin, Hutton'un ölümünden hemen sonraki yıllar boyunca garip bir şekilde yanlış anlaşıldığı bir dönem oldu. Tarihçiler doktrini Neptünistler ile Plütonistler arasındaki tartışmada söz konusu olan konulardan biri olarak görüyorlardı ve jeomorfoloji tarihi Hutton'cu jeomorfoloji karşısında Werner'cilerin karşı ataklarını yazdı. Gerçekten böyle bir olay gerçekleşmedi. Neptünistler ile Plütonistler arasında kuvvetli bir tartışma yaşandı, kesinlikle ... Jeomorfoloji bu tartışmada hiçbir zaman yer almadı; tartışmacılar neredeyse sadece bir sorunla ilgileniyorlardı- granit kimyasal ya da magmatik kaynaklı bazalt mıydı?” (Davies, 1969: 223-224).*

## Diluvializm

Büyük jeolojik olayları açıklamak için İncil'deki Nuh Tufanı anlatımını kullanan yerküre teoridir. 1800'den önce Nuh Tufanı; fosilleşme, sedimantasyon, tabakalaşmanın nedeni olarak gösteriliyordu. 19. yüzyılda ise teori, türlerin yok olmasına ve büyük oluşumlar arasındaki kopmalara neden olan bir dizi tufana inanan Cuvier, Buckland ve diğerleri tarafından genişletildi. Terim bazen Werner teorisini tanımlamak için de kullanıldı. 1830'larda taşınımın karmaşık stratigrafisinin farkına varılması ve Buzul çağlarının öneminin keşfedilmesi ile birlikte diluvializm bakış açısı büyük ölçüde zayıfladı (Dean, 1985).

## SONUÇ

Bilim gözlem, deney, analiz ve tartışma yoluyla gelişir, ilerler ve karakter kazanır. Bu süreçte bulgular dillendirilir, test edilir, denenir ve örneklendirilir. Sonuçta bazıları kabul edilir; bazıları ise reddedilir. Zamanın hâkim dünya görüşü ve kültürel ortamı bu kararlara ulaşmada ve belirlenen yolda ilerlemede önemli bir rol oynar. Benzer bir durum Jeomorfoloji içinde geçerlidir. Bu çalışmada Jeomorfoloji biliminin tarihi süreç içerisinde 1669 yılından başlayıp 1850'li yıllara kadar geçirdiği evreler değerlendirilmiştir. Geçmiş oldukça çok eski dönemlere dayanan Jeomorfolojinin, Aydınlanma çağı adı verilen 17. ve 18. yüzyıllarda düşünce yapısında bilginin gelişmesi temelinde belirgin, hatta çoğu zaman devrimsel nitelikte sayılabilecek dönüşüm ve değişimler meydana gelmiştir. Steno'nun yerbilimlerinin ilk prensiplerini ortaya koymasıyla başlayan dönem yer yüzeyinin nasıl şekillendiği konusunu tartışan iki karşıt düşünce ile karakterize oldu. Bu iki farklı düşünce Katastrofizim ve Uniformiteryanizm şeklinde ifade edildi. Bu iki farklı bakış açısı temelinde yapılan tartışmalar, 20. yüzyılın ortalarına kadar jeomorfolojinin (tarihsel yer bilimi olarak) temelini oluşturdu.

Çalışma periyodunun başlangıcında birbirleri ile uyuşmayan bilimsel ve ortaçağ görüşleri bir arada bulunuyordu. Gerçeklere dayanmayan ve daha çok inanç sistemi içerisinde kalan görüşler Kilise ve devlet kurumları tarafından desteklendi. Dini bilgilerle uyumsuz olduğu gerekçesiyle yeryüzünün şekillenmesi ile ilgili yeni görüşler kilise tarafından kabul görmedi ve reddedildi. O nedenle erken dönemlerde İncil'le uyumlu olması nedeniyle katastrofizim düşüncesi yüksek oranda destekçi buldu. Ancak değişen kültürel ortam, politik devrim, kentleşme ve sanayileşmenin mevcut yapılar üzerinde yeni baskılar yaratarak yeni bakış açılarının desteklenmesi sürecini başlattı. Modern jeomorfolojinin başlangıcı olarak kabul edilebilecek bu periyot Avrupa ve ABD'de, politik, sosyal, ekonomik ve entelektüel reform dönemine denk geldi ve modern bilimin temelleri atılmış oldu. Jeomorfolojinin ayrı bir bilim dalı olarak gelişimi ise, 1787-1830 yılları arasında gerçekleşti. Bu dönemde jeomorfolojin birçok temel prensibi ortaya konuldu ve tanımlandı. En önemli teorisyenlerden bazıları Werner, Hutton, Playfair, Buckland, Lyell ve Agassiz oldu.

Yer yüzeyinin nasıl şekillendiği ile ilgili tartışmalar 18. yüzyılın sonları ile 19. yüzyılın başlarında doruk noktasına çıksa da 1830'lu yıllarda azalmaya başladı. Arazi gözlemleri ile elde edilen bilgiler tartışmaların temelini oluşturduğu bu dönemde bilim insanları düşüncelerini desteklemek amacıyla deliller aradılar. Zaman zaman destekleyici bulgulara erişilse de çoğu zaman arazi gözlemleri hatalı değerlendirmelerin yapılmasına da sebep oldu. Yine bu dönemde yerbilimleri dışında mühendislik konusunda çalışan erken kantitatifçiler olarak adlandırabileceğimiz bilim insanları yeryüzü süreçlerini laboratuvar ortamında test ettiler ve konuya yeni bir bakış açısı kattılar. Böylece yer yüzeyini şekillendiren süreçlere ve olaylara çok yönlü ve sentezci bakma zorunluluğu ortaya çıktı. O dönemde sentezci bakış açısına sahip olan Lyell jeomorfolojiye önemli katkı sağladı. 1850'li yıllara gelindiğinde Agassiz tarafından geliştirilen Glasyal Teorinin de etkisiyle birlikte Jeomorfoloji modern bir bilim olma yolunda önemli bir safhaya ulaştı.



## EXTENDED ABSTRACT

### HISTORY OF GEOMORPHOLOGY 2: DEVELOPMENT PERIOD (1669-1850)

#### INTRODUCTION

For centuries, the exploration of the universe and the practice of understanding the earth have been based on reflecting on different questions that attempt to reveal clues or explanations to understand phenomena. Therefore, different research paths, positive knowledge, detailed and long-term observation and experimental research could not be discovered by ancient thinkers. The new spirit of inquiry and research methods (experiment, observation, measurement) first appeared in the Islamic world, unknown to previous philosophers. This point of view was transferred to Europe towards the end of the Medieval Ages by various scientists studying and following Islamic civilization (Karabulut, 2019). Thus, with the emergence of an experimental perspective, in the 16th and 17th centuries, unproven theories of some philosophers of ancient times were rejected. Instead of these old paradigms, methods requiring precise measurements based on observation and experimentation had emerged during Enlightenment period (Shapin, 1996; Feingold, 2003). Francis Bacon elaborates this new paradigm in *The New Organon* (1620). Bacon was a philosopher who paved the way for knowledge with his vision, even though he had never conducted any experiments during his lifetime. René Descartes (1637), a French mathematician and philosopher, expanded the scientific method proposed by Bacon and explained the concept and method of analysis. Descartes revealed that, despite its complexity, any problem in science can be solved by breaking the problems apart and evaluating each piece separately. According to him, the parts help to understand the whole more easily and accurately. Reason and mathematical evidence can shed light on almost any question (Descartes, 2019).

The Scientific Revolution was not a homogeneous process affecting the whole of Europe in the same way. Regional and national differences have shaped the way society responds to transformations brought about by the scientific method (Porter and Teich, 1992). It is difficult to talk about the existence of a single Scientific Revolution since there were scientific developments with different national contexts in different parts of Europe during this period.

The theories about the origins and development of the Earth have proliferated and gained momentum in the period of the Scientific Revolution and the Enlightenment under the influence of this favorable scientific climate in Europe (Chorley et al., 1964; Davies, 1969). Geomorphology was laid in this period as a historical earth science. In this study, the phases of geomorphology in the period described above are evaluated. During this period, there were transformations and changes in the thought structure of Geomorphology which could be considered as obvious or even dramatic. This development and change; it was neither uniform nor gradual. It is clearly understood that it has not reached to the present day with smooth and relative transitions. From a general point of view, it is possible to evaluate the paradigmatic changes occurring in the Classical Geomorphology period by separating them into various periods such as the development of geological theories, the beginning of modern geomorphology and the Lyell Age (Figure 1).

#### MATERIALS AND METHODS

In this article, the studies carried out in the period of Scientific Revolution and Enlightenment, in general in the field of earth sciences and in particular in the field of Geomorphology were reviewed on the basis of various time periods and especially the ideas, theories, methods and perspectives that emerged or developed over time were evaluated. In line with this purpose, it is aimed to convey the thoughts about the shaping and changing of the surface of the earth which was revealed by the scientists of the period. Evaluations, which started with the first written works (*Prodromus* written by Steno in 1669), reached to the present day and continued with the examination of the ideas, put forward in the 17th and 18th centuries. The studies that emerged in the period of two hundred years are discussed in detail.

## DEVELOPMENT PERIOD OF GEOLOGICAL THEORY (1669-1787)

Although the views of classical Greek and Islamic philosophers about the formation of land forms reached to the Renaissance, Geology and Geomorphology had their own principles and theories as a separate science for the first time thanks to Nicolaus Steno (1638-1686). Steno, originally from Denmark, studied stone quarries, mines, caves, Carrara Marble, Apennine Mountains, Arno River and coastal plains in the Tuscany region during his stay in Italy. He gathered the information and published it in his work called *Prodromus*. In 1669, Steno's geological work laid the foundation for historical Geology at a later date. In this study, Steno discussed the organic origins of fossils and how they were preserved within the rock strata. Steno set out and explained the basic principles of Stratigraphy, which are still accepted today. With the publication of the Steno, it can be assumed that the Ancient Geomorphology ended and the Classical Geomorphology Period began. In this new era, the first theories began to emerge on the basis of rational realities.

In the late 17th and early 18th century, thinkers stressed that their theories of geology and geomorphology should be linked to the Bible. A group of thinkers tended to link scientific explanations of stratigraphic formations and landforms to catastrophic events. Early catastrophists include Thomas Burnet, John Woodward and Comte de Buffon. Scientists in this view think that the earth is shaped by a big flood (Buffon, 1748; Buffon, 2018; Chorley et al., 1964). Burnet suggested a hollow earth with most of the water inside until Noah's Flood, at which time mountains and oceans appeared. In his works (*An Essay toward a Natural History of the Earth*) John Woodward (1665–1728) showed that the stony surface of the earth was divided into strata, and that the enclosed fossils were originally generated at sea. Comte de Buffon conceived the idea that the planets were formed when a comet collided with the Sun, sending matter out to form the planets (McCallien, 1950) and that the Earth began to cool from the poles and become what it is today (Şengör, 2016).

In the 18th century, it became popular among the thinkers of the time to explain all kinds of research and thinking based on natural sciences. The successive alignment of rocks in the UK's coal fields is well documented and believed to be applicable to much larger areas. In 1719 and 1725, John Strachey published two studies showing the sequence of strata in southwest England. In other parts of Europe, the first real attempt to apply systematic subdivisions to the layers was made by Giovanni Arduino (1714-1795) in Italy, Johann Lehmann (1719-1767) in Germany and Peter Pallas (1741-1811) in Russia (Primefacts, 2007).

## BIRTH OF MODERN GEOMORPHOLOGY (1787-1830)

The eighteenth century is regarded as a period of economic development of the western nations and the emergence of democratic ideals. With the impact of scientific and technological progress, the era of enlightenment began to be replaced by superstitious perspectives. New educational institutions were opened and scientific publications appeared for the educated bourgeoisie. Scientific methods, such as experiments and observations, gained great importance in studies related to the earth. This period represented a time when rational approaches were exalted and the idea that quantitative approaches were the only way to understand the truth. Counting, measuring and weighing the properties of the object being studied were the only way to obtain information about that object (Puche-Riart, 2005).

The development of geomorphology and geology as a separate science took place between 1787-1830. In this period, many basic principles of geomorphology were introduced and defined. Some of the most important theorists were James Hutton in Scotland, William Smith in England, Georges Curvier in France and Abraham Werner in Germany.

### Abraham Werner and the Universal Ocean

The first step towards the establishment of modern geomorphology was taken in 1787 by Abraham Gottlob Werner in Germany with the idea of a *universal ocean*. Although Werner published only a few of his theories, the ideas he expressed in his lectures soon became popular with the enthusiasm of his students and spread to Europe (Geikie, 1905). In fact, Werner's ideas were not entirely new (Şengör, 2016). Many of his popular ideas combined the work of Johann Gottlob Lehmann (1719-1767), Georg Christian Füchsel (1722-1773), and Peter Simon Pallas (1741–1811) (Beach, 1981; Puche-Riart, 2005). According to Werner's hypothesis, the Earth's crust consisted of sedimentary depots which accumulate regularly at the bottom of a large ocean. Werner stated that the materials dissolved in the large flood waters were deposited on top of each other to form a series of layers as in the structure of the onion (Chorley et al., 1964; Rudwick, 2005).

## James Hutton and Uniformitarianism

Ideas about the formation of landforms from the 15th to the 18th centuries were grouped in two categories. The first is the idea that earth forms are created by a divine force, and the second is that it occurs through a slow erosion process during the retreat of a large ocean. James Hutton was involved in this period with a different idea (Johnson, 2004). Hutton decisively stated that the landforms and the structure beneath it were not shaped by a large flood, as previously stated. According to Hutton, landforms are connected to the processes that take place around us on a daily basis and emphasized that similar processes existed in the past as they do today. Unlike Werner, Hutton said that the formation of mountains and valleys was caused by erosion of rivers. The same scientist stated that the streams are effective by carrying and collecting the materials they receive by abrasion. Hutton summarizes his thought with the phrase "Present is the key to the past". This emerging perspective was later expressed with the term "uniformitarianism" (Dodick and Orion, 2003; Beach, 1981).

Hutton was ignored by the thinkers of his time and could not find so many supporters. There are some reasons for this. The first is that Hutton writes his opinions in a language that is difficult to understand. He has been criticized for constructing sentences that are too long and difficult to follow (Chorley et al., 1964). However, in 1802, Jhon Playfair made Hutton's complex and difficult-to-understand statements simple and straightforward with his work "Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth". Playfair made Hutton's theories clear and easy to understand with his own new ideas. Hutton's theory was thus widely recognized by Charles Lyell and others not in its original form, but in a more physical version described by John Playfair (1748-1819) (Chorley et al., 1964; Beach, 1981).

## William Buckland and Diluvialism

Combining the earlier views of catastrophists, William Buckland did serious work to convince the scientific world of the "Great Flood" theory (*Vindiciae Geologicae and Reliquiae Diluvianae*). Buckland had built his thinking on the basis that there could be no conflict between religion and science (Gillispie, 1951). According to bucklan, when the Great Flood described in the Bible occurred, it affected the whole earth except for the peaks of the high mountains. During the retreat of this great flood with a slow rhythm, the surface of the earth gained its present appearance. As a result of discussions, the term "diluvialism" (concept) began to be used instead of Neptunism in 1820.

In many ways, Hutton and Playfair criticized the concept of Neptunists that all rocks were formed under a universal ocean. However, the efforts of these scientists could not create a significant weakening of the Neptunist or Catastrophist perspective that was accepted at that time in geomorphology (Chorley et al., 1964: 99). These two paradigms remained popular until the end of the 19th century. However, in the last quarter of the second half of the 19th century, it began to weaken with the emergence ideas originated from US.

## The Period of Charles Lyell (1830-1875)

Charles Lyell was the most important proponent of the idea of uniformitarianism in the early 19th century (Thornbury, 1969). Lyell emphasized that, just as with Hutton and Playfair, the surface of the Earth changes not by catastrophic events, but by processes in continuous and serial character (Gregory, 2000). He also combined the thoughts before him and adopted an uniformitarian view, stating that the Earth's surface changed continuously, gradually and very slowly. Lyell believed that the changes in the Earth were uniform and stable, so that everything that had happened in the past could be explained by the events that are still operating today. To bring the subject to its basic principles, between 1830 and 1833 he wrote a three-volume work, which he called "Principles of Geology". The work was considered an attempt to explain past changes in the surface of the earth by looking at the processes that are currently in progress (Oldroyd, 1996). During this period, catastrophism declined and uniformitarianism began to gain acceptance. Lyell explained that present is the key to understanding the past, and that the surface of the Earth is gradually and continuously shaped by processes that already exist. Uniformitarianism, which had a slow start in England, became the most dominant view in geomorphology by the middle of the 19th century with its acceptance more rapidly in the USA. Charles Lyell was accepted as the most important figure of this thought (Chorley et al., 1964; Oldroyd, 1996).

## Glacial Theory

In addition to Charles Lyell, the "glacial theory" was developed during this period and the idea was expressed that a large part of Europe was once covered by glaciers. The first significant assessments about glaciation were made before Louis Agassiz. In particular, the materials accumulated far away from where they were formed and the presence of erotic rocks alien to their location established the basis of the first discussion of what we call glaciology today. Emanuel Swedenborg made the first scientific explanation for erratic stones. In the later period, Daniel Tilas (1740) observed

that scattered granite blocks found in Sweden were moved from different distances from the surrounding mountains, and their edges became more rounded as the distance they traveled increased. De Saussure accepted the carrying power of the glaciers as a result of his observations in the Alpine mountains (between 1786 and 1796), but suggested that the rock blocks in the Jura came to their present position as a result of the rapid retreat of the sea that had previously filled the valleys (North, 1943). Later (in 1744) Peter Martel, a Swiss engineer, stated that they Glaciers responsible for the transport of stones seen beyond the current boundaries of the glaciers. He emphasized that older people living in the region observe this situation (North, 1943; Davies, 1969). During this period, although both Hutton and Playfair stated that glaciers could be effective in shaping the earth, but they did not discuss the subject in depth and did not create controversy (Davies, 1969; Seylaz, 1962). However, none of the statements reached the level of glacial theory developed by Agassiz, because his explanations were in the form of a legitimate theory. Agassiz emphasized that glaciers do not only have local effects, but also affect most of Europe due to climatic changes.

## QUANTITATIVE RESEARCHES

The surface of the Earth is formed and changed as a result of many complex physical, chemical and biological processes. Many related disciplines examine these processes and reach their own conclusions. In particular, the analysis of processes by various quantitative methods is one of the oldest traditions. But for some reason, it took a long time for fluids to become the subject of thought about their role in shaping the Earth. In this context perhaps much more experience was required (Biswas, 1970; Orme, 2013). Before the 1800s, some scientists outside the Earth Sciences came up with important ideas about Earth processes. Leonardo da Vinci, who worked on canal projects, concluded in the late 1500s that flow continuity, turbulence and speed were related to channel shape. In later years, in the field of fluid mechanics, Simon Stevin (1548–1620), Benedetto Castelli (1577–44), Henri de Pitot (1695-1771), Evangelista Torricelli (1608–47), Pierre Perrault (1611–80) and Edme Ot Scientists such as Mariotte (1620–84), Daniel Bernoulli (1700–1782), Leonhard Euler (1707–1783), and Antoine de Chézy (1718–1798) contributed (Rouse and Ince, 1963; Chorley et al., 1964; Orme, 2017; Wikipedia, 2019).

## BASIC PARADIGMS OF THE PERIOD

### Catastrophism

Catastrophism is an argument that landforms (including mountains, valleys, and lakes) are created and shaped primarily as a result of periodic but sudden forces, unlike the gradual change over a long period of time. Catastrophism is a theory that links past geological change with sudden, catastrophic events (Hooykaas, 1970; Encyclopedia of Historica, 2019a; Baker, 1998). Early geologists such as William Buckland (1784-1856), Cuvier, and Adam Sedgwick (1785-1873) claimed that catastrophism was a reliable scientific theory (Hooykaas, 1970).

### Uniformitarianism

The paradigm suggesting that Earth's geomorphological processes observed today are similarly effective in the past at the same rates. Thus, it is assumed that geomorphological processes have not fundamentally changed from unobserved histories to the present day, and that the Earth's surface has never been shaped by catastrophic events (Baker, 1998). According to this approach, current processes explain all past events. That's why "present is the key to the past." Uniformitarianism is a theory that was made popular by Charles Lyell in the 19th century, based on the work of James Hutton (Encyclopedia of Historica, 2019a). The term was first used in 1832 by William Whewell, a Cambridge University philosopher (Pidwirny, 2006).

### Neptunism and Plutonism

Another discussion at this time was between the Neptunists (Abraham Werner and his students) and the Plutonists (James Hutton, John Playfair). According to Neptunists, all rocks, including magmatic rocks, were formed by the accumulation of solid materials in the waters of a global ocean. Platonist's emphasized that the volcanic rocks are of magma origin (Johnson, 2004; Oldroyd, 1996). According to Hutton, the surface of the Earth is eroded by erosion and then rejuvenated again by igneous activities (O'Hara, 2018). Hutton acknowledged the importance of the discordance and noted that many igneous rocks cut through the layers around them so they were younger. The debate between the Plutonists and the Neptunists continued until about 1820, but ultimately the views of the Plutonists were found valid. Some of Werner's best students became Plutonists after being persuaded by field evidence. In particular, Leopold van

Buch (1744-1852) correctly described the extinct volcanoes of Auvergne, thus making an important contribution to the understanding of ancient volcanic activity (Primefacts, 2007; Oldroyd, 1996).

### Diluvialism

Diluvialism is the theory of the earth that uses the Biblical description of the Noah Flood to explain major geological events. Prior to 1800, the flood of Noah was accepted as the cause of fossilization, sedimentation, stratification. In the 19th century, however, the theory was extended by Cuvier, Buckland, and others, who believed a series of catastrophes that led to the extinction of the species and disturbances between formations. The term was also sometimes used to describe Werner's theory. With the recognition of the complex stratigraphy of transport in the 1830s and the discovery of the importance of The Ice Ages, the diluvialism was greatly weakened (Dean, 1985).

### CONCLUSIONS

Science develops, advances, and gains character through observation, experimentation, analysis and discussion. In this process, the findings are expressed, tested, tried and sampled. In the end, some are accepted; others are rejected. The prevailing philosophy and cultural environment of the time play an important role in achieving these decisions and moving forward on the determined path. A similar case is true within geomorphology. In this study, the phases of geomorphology from 1669 to the 1850s are evaluated. The period that began when Steno laid out the first principles of Geosciences was characterized by two opposing ideas that discussed how the Earth's surface was shaped. These two different ideas were expressed in the form of catastrophism and Uniformitarianism. It constituted the basis of geomorphology as historical Earth Science, which dominated the debate on the basis of two different perspectives until the mid-twentieth century. Many basic principles of geomorphology were laid out and described during this period. Some of the most important theorists were James Hutton in Scotland, William Smith in England, Georges Cuvier in France and Abraham Werner in Germany.

### Kaynakça / References

- Agassiz, L. (1937). Upon Glaciers, Moraines, and Erratic Blocks; being the Address delivered at the opening of the Helvetic Natural History Society, at Neuchatel, on the 24th of July 1837. *The Edinburgh New Philosophical Journal*, 24, 364-383.
- Baker, V.R. (1998). Catastrophism and uniformitarianism: Logical Roots and Current Relevance in Geology. *Geological Society Special Publications*, 143(1), 171-182.
- Baulig, H. (1926). La notion de profil d'équilibre; histoire et critique. *Congrès Internat. Géog*, 3, 51-63.
- Beach, G.L. (1981). Geographical geomorphology: Historical developments, contemporary problems and future prospects. (Master Thesis, USA: Oregon State University).
- Biswas, A.K. 1970. *History of Hydrology*, Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Buffon, Comte de, (1749). *The Natural History of Animals, Vegetables, and Minerals, with the Theory of the Earth in General, Translated in 1776*. London: Bell Yard.
- Buffon, Comte de, (2018). *The Epochs of Nature*. (Çev. Zalasiewicz, J, Milon, A-S & Zalasiewicz, M.), Chicago: University Press.
- Carney, J.E. (2001). *Renaissance and Reformation, 1500-1620: A Biographical Dictionary*. Connecticut: Greenwood Press.
- Chorley, R. J., Dunn A. J. & Beckinsale, R. P. (1964). *The History of the Study of Landforms or the Development of Geomorphology*. USA: Routledge.
- Craig, G.Y. (1987). James Hutton and his theory of the Earth, 1787-1987. *Endoavour*, 11(2), 88-93.
- Cuvier, G. (1817). *Essay on the Theory of the Earth*. (Çev. W. Blackwood). Cambridge: Cambridge University Press.
- Davies, G.L. (1969). *The Earth in Decay: A History of British Geomorphology, 1578-1878*. London: American Elsevier Publishing Company.
- Dean, D.R. (1985). The rise and fall of the deluge. *Journal of Geological Education*, 33(2), 84-93.
- Descartes, R. (2019). *Metot Üzerine Konuşmalar*. İstanbul: EZR Yayıncılık.
- Dodick, J. & Orion, N. (2003). Geology as an historical science: its perception within science and the education system. *Science & Education*, 12, 197-211.
- Du Buat, P.L.G. (1786). *Principes d'Hydraulique*, Paris.
- Encyclopedia of Historica, (2019a). *Uniformitarianism*. 12 Eylül, 2019 tarihinde <https://www.encyclopedia.com/adresinden> alınmıştır.
- Encyclopedia of Historica, (2019b). *Catastrophism*. 18 Eylül, 2019 tarihinde <https://www.encyclopedia.com/> adresinden alınmıştır.
- Erinç, S. (2012). *Jeomorfoloji I*. İstanbul: Der Yayıncılık.
- Feingold, M. (2003). *The New Science and Jesuit Science: Seventeenth Century Perspectives*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Geikie, A. (1905). *The Founders of Geology*, London: Dover Edn.
- Gil, M. P. (2016). *Collecting science in St Andrews: A history in context*. (Master Thesis, School of Art History of the University of St Andrews. Retrieved from <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk>.
- Gillispie, C.G. (1951). *Genesis and Geology*. Boston: Harvard Pr.

- Goudie, A. (2014). *Encyclopedia of Geomorphology*. London: Routledge.
- Gregory, K. J. (2000). *The Changing Nature of Physical Geography*. London: Arnold.
- Hakim, J. (2005). *The Story of Science: Newton at the Center*. Washington: Smithsonian Books.
- Hansen, J. M. (2009). On the origin of natural history: Steno's modern, but forgotten philosophy of science. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 57, 1–24.
- Hooykaas, R. (1970). Catastrophism in geology, its scientific character in relation to actualism and uniformitarianism. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. Letterkunde, Med.*, 33(7), 271-316.
- Huggett, R.J. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*, London: Routledge.
- Hutton, J. (1788). Theory of the Earth. *Royal Soc. Edin. Trans.*, 1, 209–304.
- Hutton, J. (1795). Theory of the Earth, 2 vols. Edinburgh.
- İzbirak, R. (1979). *Jeomorfoloji: Analitik ve Umumi*. Ankara: DTCF Basımevi.
- James, P. & Martin, G.J. (1981). *All Possible Worlds: A History of Geographical Ideas*. New York: John Wiley and Sons.
- Johnson, E. (2004). *James Hutton and Plate Tectonics: Parallels in Time: Honors Thesis Paper*. USA: Washington State University.
- Johnston, I. (2000). *A Handbook on the History of Modern Science*. Canada: Malaspina University-College, Nanaimo, BC.
- Karabulut, M. (2013). Fiziki Coğrafya Tarihi ve Felsefesi, *Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı*, 19-21 Haziran, İstanbul-Türkiye, 407-412.
- Karabulut, M. (2019). Jeomorfoloji Tarihi: Erken Dönem. *International Journal of Geography and Geography Education*, 40 (2), 415-438.
- King, C.A.M. (1976). *Landforms and Geomorphology, Concepts and History*. Stroudsburg: Hutchinson and Ross.
- Langone, J., Stutz, B. & Gianopoulos, A. (2006). *Theories for Everything: An Illustrated History of Science from the Invention of Numbers to String Theory*. Washington, D.C: National Geographic.
- Laudan, R. (1987). *From Mineralogy to Geology: The Foundations of a Science, 1650-1830*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lyell, C. (1830–1833). *Principles of Geology*. London: John Murray.
- Macleod, N. (2005). *Principles of stratigraphy, Encyclopedia of Geology*. London: Elsevier Academic.
- Martin, G. J. (2005). *All Possible Worlds: A History of Geographical Ideas*. London: Oxford University Press.
- McCallien, W.J. (1950). The origin of the earth. *AÜ DTCF Dergisi*, 8, 111-127.
- Mcintyre, D. B. (1999). James Hutton's Edinburgh: a précis. *Geological Society, London, Special Publications*, 150(1), 1-12.
- Miall, A.D. (2006). *The Geology of fluvial Deposits Sedimentary Facies: Basin Analysis and Petroleum Geology*. Newyork: Springer Pub.
- North, F.J. (1943). Centenary of the glacial theory. *Proc. Geol. Assn.*, 54, 1–28.
- O'Hara, K.D. (2018). *A Brief History of Geology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oldroyd, D. (1996). *Thinking About Earth: A History of Ideas in Geology*. Boston: Harvard University Press.
- Orme, A. R. (2017). Dynamic geomorphology: Historical convergence towards modern practice. *Geological Society, London, Special Publications*, 442(1), 141-154.
- Orme, A.R. (2013). The Scientific Roots of Geomorphology before 1830. *Treatise on Geomorphology*, London, 11–36.
- Palmer, T. (2003). *Perilous Planet Earth: Catastrophes and Catastrophism through the Ages*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pidwirny, M. (2006). Concept of Uniformitarianism. British Columbia: *Fundamentals of Physical Geography*.
- Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Edinburgh.
- Porter, R. & Teich M. (1992). *The Scientific Revolution in National Context*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Primefacts, (2007). History of Geology, *PRIMEFACT*, 563, 1-6.
- Puche-Riart, O. (2005). *History of Geology Up To 1780, Encyclopedia of Geology*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Rappaport, R. (1964). Problems and sources in the history of geology, 1749–1810. *History of Science*, 3(1), 60–78.
- Rouse, H. & Ince, S. (1963). *History of Hydraulics*. New York: Dover Publications Inc.
- Rudwick, M.J.S. (1970). The strategy of Lyell's principles of geology. *The History of Science Society Isis*, 61, 4-33.
- Rudwick, M.J.S. (2005). *Bursting the limits of Time. The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*. Chicago: The University of Chicago.
- Şengör, A.M.C. (2016). What is the use of the history of geology to a practicing geologist? the propaedeutical case of stratigraphy. *The Journal of Geology*, 124, 643–698.
- Seylaz, L. (1962). Early discoverers. XV. A forgotten pioneer of the glacial theory: John Playfair (1748- 181 9). *Journal of Glaciology*, 4(31), 124- 26.
- Shapin, S. (1996). *The Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Steno, N. (1669). *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florence.
- Stokes, E. (1969). The six days and the deluge: some ideas on earth history. *The Royal Society of London, Earth Science Journal*, 3, 13-39.
- Thornbury, W. D. (1965). *Regional Geomorphology of the United States*. New York: Wiley and Sons Inc.
- Vaccari, E. (2006). The classification of mountains in eighteenth century Italy and the lithostratigraphic theory of Giovanni Arduino (1714–1795). *Geological Society of America Special Paper* 411, 157–177.
- Whewell, W. (1832). Principles of geology. *Quarterly Review*, 47, 103-132.
- Wikipedia, (2019). *Robert Manning*. 10 Eylül, 2019 tarihinde, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), adresinden edinilmiştir.
- Wool, D. (2001). Charles Lyell - the father of geology - as a forerunner of modern ecology. *OIKOS*, 94, 385-391.