

ARA FOSİLLER İLE İLGİLİ YENİ BİR DÜŞÜNCE

Semih ULAKOĞLU

I.Ü Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET:

- a— Dünyamızın eski devirlerinde de canlıların yaşamış olduğunu,
- b— Bu eski devirlerde yaşamış canlılar zamanımıza ne kadar yakın devirlerde yaşamışlar ise bugün yaşayanlara o kadar çok benzediklerini,
- c— Canlı gruplarının en eski fosillerinin ortaya çıktıkları devirler ile botanik ve zooloji sistemleri arasında bir paralellik görülebileceğini,
- d— Hatta bazı hayvan gruplarında ara dereceleri ile bu günkü hale gelişi takip etmek olasılığının bulunduğunu göstermektedirler. Bu olaylara dayanarak bugünkü canlıların eski devirlerde yaşamış canlıların değişmesi ile oluştukları ileri sürülmektedir.

Ancak sistematik sırada ordolar, sınıflar ve filumlar arasında geçit teşkil eder gibi görünen fosil materyal bir kaç istisna ile bulunamamaktadır. Acaba:

- a— Araformlar hiç bir zaman oluşmamış mıdır?
- b— Araformlar henüz bulunamamış mıdır?
- c— Araform olarak kabul edilebilecek fosiller dünyanın oluşumu esnasında aşınmalarla (erozyon) yokmuş olmuşturlar mı?
- d— Puntuativistlerin ileri sürdüğü gibi büyük sıçramalarla birdenbire ayrı bir sınıfa özel, karakterler mi oluşmuşlardır?

Bu soruların hepsinin lehinde veya aleyhinde uzun uzun tartışılabilir. Bu makalenin amacı, dünyanın oluşumu esnasında geçirmiş olduğu büyük kriz devreleri ile birçok canlı gruplarının yok oluşları ve bunların yerine yeni canlıların gelişi arasında bir paralellik bulunduğunu belirtmektir. Dış şartların geniş ölçüde değişmesi birçok canlıların yok olmasına neden olduğu gibi:

- a— Eski dış şartlarda yaşayan canlıların yeni şartlara uymak için çaba harcamalarına, yeni ortamlarda yaşamaya başlamalarına,
- b— Eski şartlarda yaşayamıyacak mutantların yeni şartlar altında bir vitalite üstünlüğü sağlamalarına,
- c— Ortamın hızlı ve çok sık değişmesi ile çok sayıda yeni türlerin ortaya çıkmasına,
- d— Sürekli ortam değişikliğinin belli yapıda bir canlı tipinin iyice çoğalıp yayılmasına imkan vermeden onun yerine bir başkasının oluşmasına,
- e— Oluşum ve yokoluş kısa sürelerde ceryan etmiş olacağı için ara formlar ile ilgili az sayıda ve belli bölgelerde bulunan kalıntıların fosilleşmeden yokolmasına neden olmuş olabilir.

THE NEW IDEAS ON THE TRANSITION FOSSILS

SUMMARY:

- a— The organisms were living in the ancient period of the earth,
- b— The resemblance of the organism in the ancient period and organisms living in the present time is increased by the closing of the time interval.
- c— The periods of the oldest fossils of organisms have a parallelism with botanic and zoologic systems.
- d— Even it is possible to trace the evolving of the transitional forms of some living groups from the ancient forms to the present forms.

These results lead us to conclusion that the living organisms in present time were formed by the evolution of the ancient forms. But the transitional fossil materials in the systematic order of ordos, classes and filums could not be found except few cases for:

- a— The transitional forms may have never been existed
- b— The transitional forms may have not been found yet
- c— The fossils which could be accepted as transitional forms may have been destroyed as a result of erosion or of other factors.
- d— As suggested by the Punctuativists, characters of the special classes formed may be changed suddenly.

These questions can be discussed in very detail aspects. The aim of this conversation is to note that there are many parallelism between the disappearing of the living organisms and genesis of the new organisms and the catastrophic periods of the earth. The changing of the external conditions may result the disappearing of many living organisms but on the other hand:

- a) Some of the living organisms lived in the old external condition may adapt, by changing to new condition.
- b) The mutants with negative selective value in the old condition of the biotop may gain a vitality under the new conditions
- c) Sudden changes of the enviroment may cause to originate new species
- d) Continued changing of enviroment may result the genesis of the new mutants and may kill the former living organisms
- e) As genesis and disappearing of species ocured in the short period, the scarce transitional forms which ocured in restricted areas may have been lost without being fosils.

Paleontolojik (mevcut fosil) materyel Evolusyonun açıklanmasında yeterlidir, mevcut fosil materyel Evrim kuramını ne ölçüde destekler? Diğer bir ifadeyle canlı grupları arasındaki geçişleri fosil materyel ile doldurmak mümkünmüdür?

Paleontolojinin ve Tarihsel Jeolojinin en önemli sorunlarından birisi, jeolojik zaman ve devirler boyunca yaşamış çeşitli canlıların fosil kalıntılarının aralarında geçit olabilecek formların ve organik bağların tam olmayışıdır.

Bu boşluklar nasıl doldurulur, geçit devreleri var mıdır? Yoksa:

- a— Henüz bir çok ara formlar bulunamamış mıdır?
- b— Ara formlar vardı, fakat aşınmalarla (erozyon) yokmu olmuştur?
- c— Metamorfizma (başkalaşım) nedeniyle bozulmuş mudur?
- ç— Puntuativizm kuramında değinildiği gibi canlı gruplarının aralarındaki farklar büyük zıplamalarla mı? oluşmuştur. Onun için mi ara formlar yoktur, yani geçit formları (canlıları) hiç yaşamamışlardır mıdır?
- d— Ara formlar çok kısa bir zaman süreci içerisinde yaşamış ve yokmu olmuşlardır?
- e— Ara formlar fosil bırakmayacak kadar az ve yumuşak yapıydılar da, onun için mi fosil bırakmamışlardır?

f— Büyük kitle kırılmaları (Katastrofik olaylar) esnasında saklanabilmiş az sayıda küçük formlar, ara dereceleri oluşturmuş olabilirler mi?

Bütün bu sorulara yanıt vermek hiç de kolay değildir. Çünkü, milyonlarca yıl sürecinde geçen olayları yinelenenin olanağı yoktur. Ancak konuya yaklaşım üç ana esastan birisi olabilir:

- 1— Yeterli fosil materyal mevcuttur.
- 2— Yeterli fosil materyal yoktur.
- 3— Henüz herşey tam olarak bilinmemektedir.

Bu sıralanan maddelerden birisini seçebilmek için konunun temelini oluşturan görüşleri incelemek gerekmektedir.

Schopf (1982)'ye göre; şimdiye kadar varolan canlıların % 99.9999'u yokolmuştur.

Sepkoski (1982)'ye göre ise; yokolma zonunun üzerinde gözlenen çoğu canlı türlerinin, yokolma zonunun altında gözlenen canlı türleriyle yakından ilişkisi olmayabilir.

Toplu yokolma olayı (Katastrofe, Yıkım), var olan bir çok canlı türlerinin stratigrafik bir horizontda kısa bir zaman süreci içinde, belirlenir. Bu zaman süreci 100.000 yıl gibi kuramsal bir kavramdır.

İki büyük (En büyük) yokolma (Katastrofe) olayı (Üst Permien- Alt Triyas) ile (Üst Kretase - Alt Paleosen) devirleri arasında, yani Paleozoyik (I. zaman) sonu ile Mesozoyik (II. zaman) sonunda gerçekleşmiştir.

Üst Permiyen - Alt Triyas arasındaki yokolma; "Kıtaların Parçalanması" veya bu günkü görüşle "Plaka Tektoniği" ile çok yakından ilişkilidir. Bu devirler arasında Pangea kıtası parçalanmaya, Tetis denizi açılmaya ve oluşmaya başlamıştır. Ayrıca yine bu devirler arasında Hersiniyen (Palatiniyen ve Appalaşiyen) büyük orojenezleri (Dağ oluşumları) gerçekleşmiştir. Yine bu devirler arasında kuraklıklar meydana gelmiş, bu çöl rejimi (bu döneme "Kriz Devri" adı verilir) birçok bitki ve hayvan topluluklarının yokolmasına neden olmuştur. Bu olay sonunda canlı türlerinin % 50'si yokolmuştur. Bu büyük değişiklikler bir çok küçük biyotoplar veya biyotop olabilecek ve hayat şartları birbirinden çok farklı bölgelerin oluşmasına neden olmuştur. Canlıların yokolmalarına en çarpıcı örnek olarak iki önemli katastrofu (kriz dönemini) gösterebiliriz. Bunlardan birisi; I. ve II. zaman arasındaki yokolma olayıdır. Bu kriz döneminde, daha önce varolan canlılardan 2500 familyanın türleri yokolmuştur. Bu miktar, o zamana kadar yaşayan canlıların % 50'si demektir. Buna göre,

Amfibilerin % 75'i

Reptillerin % 80'i

Trilobit ve Fusulinlerin % 100'ü yokolmuştur.

Diğeri ise II. ve III. zaman arasındaki yokolmadır. Bu kriz döneminde ise, daha önce yaşamış olan canlılardan Ammonitlerin % 95'i, Belemnit, Rudist, Bryozoa ve Foraminiferlerin büyük bölümü yok olmuşlardır.

KUVATERNER (4. Zaman)	Holosen	% 100	Bu tablodaki % değerleri III. Zaman başından beri yaşamış olan canlılardan bugüne kadar gelmiş olabilenlerin miktarlarını göstermektedir (Baykal- 1974'e göre).
	Pleyistosen	% 90-100	
TERSIYER (3. Zaman)	Pliyosen	% 50-90	
	Miyosen	% 20-40	
	Oligosen	%10-15	
	Eosen	% 1-5	
	Paleosen	% 0	

Bu gün yaşamakta olan canlı türleri ile II. ve III. zaman arasında geçen kriz döneminden sonra yaşamış olan canlı türlerinin %'lerini gösterir tablo aşağıdadır.

Böyle değişik hayat şartları olan bölgelere kaçabilen az sayıda canlılar oralarda çoğalmış ve farklı populasyon, tür, genus ve familyaların oluşmasını sağlamıştır. Günümüzde birbirinden yüzlerce kilometre uzaklıkta olan ve yaklaşık bundan 300-350 milyon yıl önce bitişik olan; Güney Amerika, Afrika, Madagaskar, Hindistan, Avustralya ve Antarktika kıtalarında ayrı ayrı yerlerde aynı fosillerin bulunuşu bunu açıklamaktadır. Örneğin; Permiyen florasına ilişkin Glossopteris yine bu devir faunasına ait Mesosaurus (Reptil) v.b.g.

Üst Kretase - Alt Paleosen arasındaki toplu yokolmaya ise; Süpernova (Güneş sistemindeki patlamalardan

oluşan kozmik radyasyon), zehirleyici iz element konsantrasyonundaki yükselme, Okyanus ve Atmosferdeki oksijen - karbondioksit dengesinin bozulması (Fitoplankton üretkenliğindeki periodik değişkenliğin oksijen miktarına olan etkisi), okyanuslardaki besin maddelerinde önemli düşüş (Okyanuslarda başlıca besin kaynaklarından olan Planktonlarda önemli ölçüde azalma), buzulların erimeleleriyle deniz suyunda tuzluluğun ve sıcaklığın düşmesi, karbonat çözülmesinde yükselme (Deniz dibi volkanizmalarından oluşan gazlar kalkerli madelerin çözülmesine neden olur), Volkanik olaylar (gaz ve metal zehirlenmesi), iklim değişikliği ve yer yuvarının manyetik alanının değişmesi ve yine bu dönemde Alpin (Laramiyen) büyük orojenezinin başlaması etken ve neden olmuş olabilir.

Bunun dışında toplu yokolmalara neden olan başlıca olaylar şunlar olabilir diye düşünülmektedir:

Çarpma kuramını destekleyen ve savunanlara göre; (Alvarez et al, 1984); büyük bir asteroit (10 ± 4 km çapında) Yeryuvarına çarpmış ve bu parçalanma sonucu büyük bir toz bulutu oluşarak atmosfere yayılmıştır. Bu toz bulutu güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasına engel olduğundan flora ve faunada olumsuz etki yaratarak toplu yok olmayı gerçekleştirmiştir. Diğer bir kurama göre ise (Officer ve Drake, 1983 - 1985); deniz dibi ve karalarda meydana gelen yoğun volkanik faaliyetler, sudaki ve havadaki mevcut kimyasal ve fiziksel dengeleri bozmuştur. Örneğin SiO_2 miktarı ve zehirli gazların etkilerine ait belirtiler

çok açıktır (Silisli canlıların artması ve kayalarda As, Sb, Ir elementlerinin varlığı). Diğer bir durum ise deniz dibi volkanizmalarının oluşturdukları gazların kalker kavkılı veya kalker iskteletli canlılara etki yaparak onların bu kırsımlarına çözümleyici etkilerinin olmasıdır (Ekdale ve Bromley-1984). Bu durumda deniz yüzey suyu gazlarla daha doygun olacağından bu biyotoptaki canlılar daha çok öleceklerdir. Nitekim bu devirde Planktonların yokolma oranlarının, bentik canlılara göre çok daha fazla olduğu fosil bulgulardan da anlaşılmaktadır.

Gerek karalarda gerekse deniz veya okyanuslardaki ani sıcaklık değişimleri canlıların kitle halinde kırılmalarına neden olabilmektedir. Örneğin; buzulların erimesiyle deniz yüzey suyu sıcaklığının düşmesi veya karalarda aşırı kurak bir iklimin hüküm sürmesi canlıların topluca yokolmalarına neden olabilir. Burada dikkat çekici bir hu-

susda yüzey alanları geniş olan canlıların, yüzey alanları küçük canlılara göre sıcaktan daha fazla etkilenmelidir.

Emilliani (1980); sıcaklığın düşmesinden çok, sıcaklığın yükselmesinin canlıların yokolmasına neden olacağını ileri sürmektedir.

Raup ve Sepkoski (1984) ise; canlıların topluca yok olmalarını istatistiksel sonuçlara bağlayarak; bunun periyodik olduğunu ve son 250 milyon yılda oluşan belirgin yokolma olaylarının yaklaşık her 26 milyon yılda bir tekrarlandığı sonucuna varmışlardır.

Buna karşılık Patterson and Smith (1987); Echinoderm ve Balıklarda yaptıkları araştırmalarda monofiletik tiplerde böyle bir periyosite görülmediğini ileri sürmektedirler.

Son yıllarda bilim adamları, bazı canlı guruplarının aniden ortadan yokolmalarına önemli bir neden olarak da, yeryüzünde bazı jeolojik dönemlerde İridyum birikiminin olmasını göstermektedirler (Hsu et al, 1982). Özellikle Dinosaur'ların Üst Kretase - Tersiyer sınırındaki dönemde son bulması önemli bir örnek olarak sunulmaktadır.

Andel (1981); fosil serilerindeki ara boşlukların, stratigrafi tarihindeki çökme noksanlıklarına ve tortulların aşınma eksikliklerine de bağlı olduğunu, bundan dolayı jeolojik kayıt yetersizliği doğduğunu söylemektedir.

Fisher (1988) ise; canlıların yok olmasına neden olan teoriler zincirine çok ilginç ve önemli bir halkanın daha eklendiğini yazmaktadır. Fisher'e göre dünyanın manyetik kutupları milyonlarca yıl süreç içerisinde bir çok defa (yaklaşık 30 milyon yılda bir) yer değiştirmekte ve bu olaylar da kraterlerin oluşmasına ve iklimlerin değişmesine sebep olmakta ve dolayısıyla, canlıların kitleler halinde kırılmalarına neden olmaktadır. Bu düşünceye başta jeofizikçiler olmak üzere pek çok bilim adamı katılmaktadır.

Hallam, (1984) da; Deniz seviyesinin yükseliş ve düşüşlerinin canlı yokoluşları ile yakından ilgili olduğuna dikkati çekmektedir.

Canlılar çevresel değişikliklere karşı oldukça duyarlıdır. Herhangi ani ve büyük bir çevresel değişiklik biyolojik strese yolaçar. Canlılar karşılayamadıkları veya etkisiz hale getiremedikleri çevresel değişikliklere; kaçmak, değişmek veya ölmekle karşılık (tepki) verirler.

Russel (1979); jeolojik devirlerde çevre değişikliğinin kaynaklarını şöyle sıralamaktadır:

- 1—Deniz seviyesinde değişimler; Transgresyon (Deniz basmaları) ve Regresyon (Deniz çekilmeleri),
- 2— Sıcaklık,

- 3— Volkanizma,
- 4— Kuyruklu yıldız veya büyük çaplı meteoritlerin yeryuvarına çarpması,
- 5— Ultroyivole ışın radyasyonu,
- 6— İyonlaşma radyasyonu,
- 7— Süpernova (Kozmik radyasyon),
- 8— Periyodik galaktik olaylar,
- 9— Beslenme etkisi (Fitoplanktonlar, okyanuslardaki besin zincirinin en önemli halkasını oluştururlar, bu gurubun herhangi bir nedenle toplu yokolması diğer canlıları da dolayısıyla etkilemektedir),
- 10— Ozon tabakasının delinmesi (gelecekte, canlıların yaşamlarının sona ermesinde önemli rol oynayabilir).

Bütün bu olaylar, jeolojik devirlerde canlıların yaşam şartlarını, hem geniş hem de dar alanlarda fazlasıyla etkilemiş olabilirler.

Sonuç olarak; denilebilir ki: Canlıların geçmişteki topluca yokolmaları yalnız tek bir katastrofik olayın değil, birbirinden farklı yokolma nedenlerinin etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bunda başlıca etken, yaşam koşullarında Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik ani büyük değişikliklerin oluşmasıdır.

Durum böyle iken, yaklaşık yarım milyar (570 milyon) yıllık bir geçmişi olan canlı yaşamının zaman zaman kesikliklere uğradığı, fakat bu duraksamaların canlı evrimini aksatmadığı anlaşılmaktadır. Daha önemlisi eski devirlerde yaşamış ve şimdi yaşamakta olan canlılar arasındaki boşlukların diğer canlılarla (ara fosil materyel ile) tam olarak doldurulamamasına rağmen, ilkel canlı formlarının yerini, gelişmiş yeni canlı formlarının almış olmasıdır.

Buna en güzel örnek K.Amerika'da Kolorado nehrinin açtığı ve uzunluğu 20-25 km olan Kolorado Kanyonu (Grand Canon)'dur. Bu uzun vadi 1200-1600 metre derinliğinde olup, Prekambriyen'den-Kuvaterner'e, yani günümüze kadar gelmiş olan eksiksiz çökel formasyonları kesmektedir. Bu tortul formasyonlarda, alttan üste doğru jeolojik yaşları düzenli bir istif şeklinde izlemek mümkün olmaktadır. Buradaki paleontolojik kalıntılarda yaş devamlılığı olmasına rağmen, canlı evrimini açıklayacak bir devamlılık veya evrim sürekliliği bulunmamaktadır. Yani fosil gurupları arasında evrim açısından boşluklar, kesiklikler vardır. Ancak bir formasyondaki canlılar arasındaki ara derecelerinin yokluğu kesinlikle iddia edilemez. Çünkü belli bir zamanda, veya zaman zaman bölgeye başka yerlerden yabancı canlı guruplarının gelmiş olması ve bunların eskilerin yerini almış olması ihtimal dışı değildir.

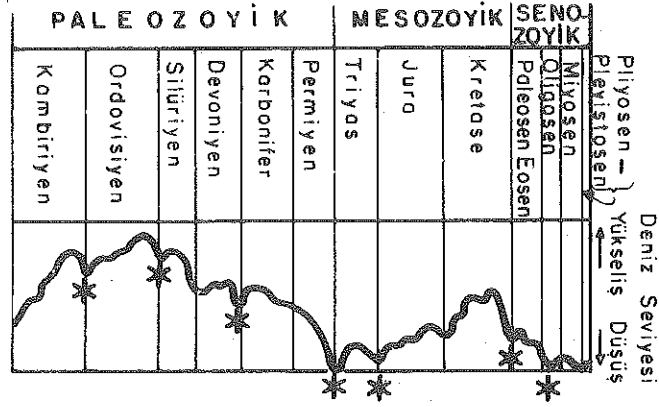
Öyle ise bütün bulgulardan şu sonuç düşünce ortaya çıkmaktadır: "Fosil materyal evolüsyonun açıklanmasında yeterli değildir". Ancak bunun nedeni yukarıda kısaca anlatılan katastrof olaylardır. Bu olaylar esnasında birçok grupların sayıları çok azalmıştır ve bu az sayıda bireyler birbirinden çok farklı hayat sahalarına geçmiş küçük populasyonlar oluşturmuş ve oralarda kısa zamanda farklı yeni canlı gruplarının ortaya çıkmasına neden olmuşlardır. Bu canlı gurupları arasında genetik bağlantı kesilmiş olduğundan her biri özel bir gelişme yapmıştır. Oralara ilk giden birey sayıları çok az olduğundan fosil bırakmamışlar ve dolayısı ile ara dereceleri belli olmayan yeni canlılar ortaya çıkmıştır. Bu düşünceyi kuvvetlendiren iki önemli paleontolojik bilgi vardır. Biri katastrof dönemlerinde kitle halinde ölümlerin oluşu, diğeri de yeni formların katastrof devirlerinin hemen ardından gözükmesidir.

TEŞEKKÜR

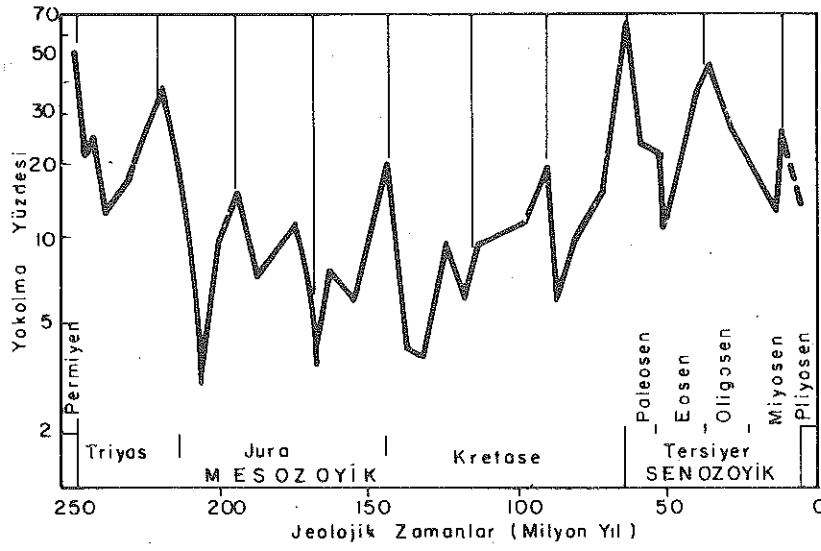
Yazar bu makalesinde değerli bilimsel katkı ve yardımlarını gördüğü; Prof. Doç. Dr. Atif ŞENGÜN ve Doç. Dr. Şener ÜŞÜMEZSOY'a teşekkür eder.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

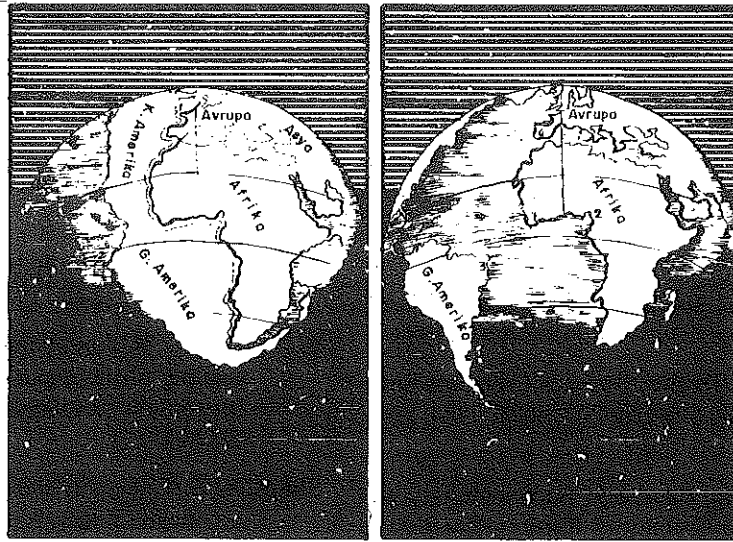
- Şengün, A. ve Ulakoğlu, S.; Evrim (Evolüsyon). I.Ü. Müh. Fak. Yayını, No: 3629/82, 245 s., 1992.
- Orhan, H., Kretase-Tersiyer sınırındaki toplu yokolma olayı. Yeryuvarı ve İnsan dergi, 10, 4, 44-48, 1985.
- Schopf, J.W.; Earliest terrestrial Life. COOSPAR Ple-nary meet., Program Abst., 24p. 1982.
- Sepkoski, J.J.; A Compendium of Fossil Marine, Families Contributions. Biology and Geology, no.51, 1982.
- Baykal, A.F.; Historik Jeoloji, İst. Üniv. Fen.Fak. Yayın. 2002, 127, 436s., 1974.
- Alvarez, L.W. at al; Impact Theory of Mass Extinction Invertebrate Fossil Record, Science, 223, 4641, 1135-1140, 1984.
- Officer, C.B. and C.L. Drake; The Cretaceous-Tertiary Transition Science, 219, 4591, 1383-1390, 1983.
- Officer, C.B. and C.L. Drake; Terminal Cretaceous Environmental Events. Science, 227, 4691, 1161-1166, 1985.
- Ekdale, A.A. and R.C. Bromley; Sedimentology and Ichnology of the Cretaceous Tertiary Boundary in Denmark: Implications for the causes of the Terminal Cretaceous Extinction. Jour. Sed. Pet., 54, 3, 681-703, 1984.
- Emiliani, C.; Death and Renovation at the End of the Mesozoic. EOS, 61, 26, 505-507, 1980.
- Raup, D.M. and J.J. Sepkoski; Periodicity of extinctions in the geologic past. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81, 801-805, 1984.
- Patterson, C. ve A.B. Smith; Is the periodicity of extinction a taxonomic artefact. Nature 330, 248-252, 1987.
- Hsu, K. et al; Mass Mortality and its Environmental and Evolutionary Consequences. Science, 216, 4553, 249-256, 1982.
- Andel, T.H.; Consider the incompleteness of the geological record, Nature, 294, 397-398, 1981.
- Fisher, A.; Dünyanın manyetik kutupları nasıl yer değiştirdi. Bilim ve Teknik Dergisi, 21, 251, 4-8, 1988.
- Hallam, T.; Asteroids and extinction-no cause for concern. New Scientist, 1429, 30-33, 1984.
- Russel, D.A.; The Enigma of the extinction of the Dinosaurs. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 7, 163-182, 1979.
- Schopf, T.J.M.; A critical assessment of punctuated equilibrium, Duration of taxa. Evolution, 36 (6), 1144-1157, 1982.
- Schopf, T.J.M; Extinction of the dinosauria. Special paper-Geological Society of America, 190, 415-422, 1982.
- Berggren, W.A. and J.A. Van Couvering; Catastrophes and Earth History. Princeton Univ. Press. New Jersey 464p., 1984.
- Kerr, R.A.; Periodic Extinction and Impacts Challenged. Science, 227, 4693, 1985.
- Dietz, R.S. and J.C. Holden; Implications of Continental Drift to the Earth. Sciences, 2, 1105-1121, 1973.
- Berkes, M.K. ve Berkes, F.; Dünyadaki türler ve yok olma nedenleri. Bilim ve Teknik dergisi, 21, 246, 26-28, 1988.
- Bakker, R.T.; Evolution by Revolution. Evolutionary Science 85, 72-80, 1985.
- Biémont, Ch., H. Aouar and C. Arnault; Genome reshuffling of the copia element in an inbred line of *Drosophila melanogaster*. Nature, 329, 742-744, 1987.
- Simpson, G.G.; Fossils and the History of Life. Scintific American Library, Ne-York, 1983.
- Crowley, T.J. and G.R.; North Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History. Science, 240: 996-1002, 1982.



Şekil 1— Deniz düzeyinin jeolojik devirlerdeki alçalma ve yükselme periyodları (Hallam-1984'den).



Şekil 2— Jeolojik devirlerde oluşan yokolma dönemleri ve yüzdeleri (Hallam-1984'den).



Şekil 3— Kıtaların kayması veya levha tektoniğine göre kıtaların veya levhaların birbirinden ayrılmaları (Dietz ve Holden-1973'den).