

## RESİFLER: GENEL KARAKTERLERİ, FASIYESLERİ, EVRİMİ VE EKONOMİK ÖNEMİ

Reefs: General characteristics, facies, evolution and economic importance

Sevim TUZCU MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri Dairesi, ANKARA  
Mustafa KARABIYIKOĞLU MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Resifler, karbonat çökelme sistemleri içerisinde, deniz düzeyi oynamaları, paleontoloji, paleoekoloji ve petrol araştırmalarındaki önemleri nedeni ile uzun yıllar boyunca ayrıntılı olarak incelenmişlerdir. Günümüzde resifler ve resifal karbonatlar konusunda yayınlanmış geniş bir bilgi birikimi bulunmaktadır. Bu derleme niteliğindeki yayın, resif konusundaki çalışmalara katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Resif, katı ve dalgaya dayanıklı organik bir yapıdır. Bu yapı, çatı oluşturucu iri iskeletli metazoalar (mercanlar, mercanimsi algler) ile kabuk bağlayıcı foraminiferler, çeşitli kalkerli algler, bryozoalar, mollusklar, süngerler gibi diğer çatı bağlayıcı ve çökel üretici işlevleri gören organizmalardan oluşur.

Resifler, pasif kıta kenarlarındaki şelflerin veya karbonat platformlarının bol ışıklı, oksijen ve besleyicilerle zengin ılık sığ sularında gelişir. Bir resif büyümesi ve gelişimi resifi oluşturan organizmaların doğası, deniz tabanının topografyası, deniz düzeyi oynamaları, dalga enerjisi gibi bir dizi fiziksel ve biyolojik faktörler tarafından denetlenir. Resifler, biçimleri ve boyutları farklı olmakla beraber asimetrik bir profil gösteren morfo-ekolojik kuşaklar ve fasiyesler ile karakterize edilen topoğrafik bir yapı oluşturlar.

Resifler, jeolojik geçmiş boyunca evrim geçirerek Prekambriyen ve Erken Paleozoyik'in stromatolitli yığılımlarından, Mesozoyik'teki Tubiphyt'li mercanlı ve rudistli resiflere, Tersiyer ve günümüzde ise scleractinian mercanlar ve mercanimsi alglerin oluşturduğu organik çatı dokulu resifler konumuna gelmişlerdir.

**ABSTRACT:** Reefs have long been subject of considerable interest for their importance in carbonate depositional systems, sea-level changes, paleontology and hydrocarbon exploration. At present there exist a large amount of information on reefs and reefoid carbonate bodies in the related literature. The aim of this paper is to provide an introductory review on reefs to contribute towards reef studies.

Reef is a rigid, wave resistant organic structure, mainly built by large, frame building skeletal metazoans (corals and coralline algae) and the associated accessory organisms, such as encrusting foraminifers, calcereous algae, bryozoans, mollusk, sponges etc., that act as framebinders and sediment producers.

Reefs develop at the well-lighted, aerated, nutrient-rich, warm and shallow waters of the stable shelf seas and carbonate platforms of passive continental margins. Reef growth and development is controlled by a number of physical and biological factors including nature of the reef building organisms, underlying topography, sea-level changes and wave energy. Reefs, though differing in shape and dimensions, form topographic highs with a well-developed asymmetrical cross-profile characterised by morphological and ecological zones and the associated facies.

Reefs evolved through the geological time from Precambrian-Early Paleozoic stromatolite buildups through Mesozoic reefs with Tubiphytes and coral-algal communities and rudistid reefs to Tertiary and Modern organic framework built by hermatypic scleractinian corals and coralline algae.

### GİRİŞ

Resif deniz tabanından yukarıya doğru büyüyen ve kendine özgü yapısı olan organik kökenli bir sedimanter sistemdir. Bu sistem, iri güçlü ve dalgaya dayanıklı iskeletli metazoalar (mercanlar, mercanimsi algeler) ile algler, süngerler, foramlar ve mollusklar gibi karbonat salgılayan organizma topluluklarından oluşur. Masif ve kubbeimsi görümlü yapısı ile çevresindeki diğer katmanlı karbonat çökelmelerinden kolayca ayırt edilebilir.

Resifler, biyolojik ve paleontolojik bilgi depolarıdır. Güncel olanları bentik deniz ekolojisini çalışmaya yarayan doğal laboratuvarlardır. Resifler, karbonat platformunun doğasını ve evrimini ortaya koymaya yönelik çalışmalarda önemli yer tutar. Ayrıca, diğer sedimanter depo tiplerine göre oranlanamayacak ölçüde petrol ve doğal gaz içermektedirler.

Metalik madenlerin de zaman zaman tercihli olarak resiflerin içerisinde yatakladığı bilinmektedir. Bu neden ile güncel ve eski resifler biyolog, ekolog, paleontolog ve sedimantolog gibi doğabilimciler için önemli bir ilgi odağı olmuştur.

Özellikle petrol içermelerindeki ekonomik önemleri bakımından resifler, sedimantolog ve paleontologlar tarafından diğer sedimanter birimlere oranla, çok daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmaların doğal sonucu olarak da resifler konusunda günümüzde yoğun bir bilgi birikimi oluşmuştur. Ancak, ülkemizde bu konuya ilişkin yapılan çalışmalar sınırlı düzeydedir.

Bu derleme türündeki yayın resif konusunda yurdumuz yerbilimcilerine kapsamlı bilgi sunmak amacıyla hazırlanmış olup, bunun için aşağıda sunulan konuya ilişkin temel yayınlar esas alınmıştır:



Adey (1978), Bathurst (1975), Braithwaite (1973), Chapman (1977), Dunham (1962, 1970), Embry ve Klovan (1971), James (1978, 1983), Jones ve Endean (1977), Heckel (1974), Henson (1950), Ladd (1950, 1977), Link (1950), Longman (1981), Milliman (1974), Newell (1972), Steers ve Stoddart (1977), Stoddart ve Steers (1977), Toomey (1981), Wilson (1974, 1975).

Konu, kapsam olarak dört ana bölümde ele alınmıştır. Birinci bölümde resif ve resifal kireçtaşlarının tanım ve terminoloji sorunu, resif oluşumunun dinamiği, morfolojisi ve ekolojik kuşakları ile fasiyesleri ele alarak tanıtılmakta ve resif diyajenezi açıklanmaktadır. İkinci ve üçüncü bölümlerde, resif yapıcı organizmaların genel karakterleri ile güncel ve eski resiflerin doğası ve jeolojik evrimi konu edilmektedir. Dördüncü bölümde ise resiflerin ekonomik önemi ele alınmaktadır.

## RESİF VE RESİFAL KİREÇTAŞLARI

### Tanım ve Terminoloji

Resif (reef) terimi eski Norveç dilinde kaburga anlamına gelen "rib" sözcüğünden türetilmiştir. Terim ilk olarak Güney Denizlerine açılan denizciler tarafından, deniz seviyesine değin uzanan ve gemiler için tehlike oluşturan dar kaya sırtları ve/veya kum/çakıl sığlıkları (shoals) gibi hertürlü doğal engeli tanımlamak için kullanılmıştır.

Resif konusunda ilk özgün çalışmalar, bir doğa bilimcisi olan Adalbert von Chamiso'ya aittir. Hint Okyanusu ve Güney denizlerinde 1814-1819 yılları arasında geziler yapan Chamiso, hemen hemen deniz düzeyinde uzanan adaların gerçekte mercan resifleri olduğunu gözlemiştir. Chamiso 1821 yılında yayımladığı çalışmasında resiflerin biçimi, etkin rüzgara göre konumları, resifler arasındaki geçitler ve lagünler konusunda ayrıntılı bilgiler vermiştir (Ladd, 1977).

Ancak resiflerin oluşumu, doğası ve kökeni üzerine yapılan bilimsel içerikli ayrıntılı çalışmalar, Darwin'in 1842 yılında yayımlanan "Mercan Resifleri" adlı yapıtı ile başlar. Darwin bu yapıtında resiflerin sınıflanması, yapısı, dağılımları, kökeni ve evrimi konusunda ayrıntılı bilgiler vermekle birlikte, resiflere ilişkin belirleyici bir tanımlama yapmamıştır.

Eski ve güncel resifleri tanımlamaya yönelik ilk jeolojik yaklaşımlar Duncan (1963) tarafından başlatılmıştır. Çalışmalar 20. yüzyılın başlarında Vaughan (1900,1911,1919) tarafından sürdürülmüştür. Vaughan'a göre bir mercan resifi, üst yüzeyinin oluşumu sırasında deniz seviyesine yakın bulunan bir kireçtaşı sırtı veya tümseğidir ve bu tümsek egemen olarak başta mercanlar olmak üzere, kalsiyum karbonat salgılayan organizmalardan oluşmuştur (1911, s.238). Vaughan, resif tanımlamasında, resifin özgün biçimini gözetmekle beraber, bol mercan içeren katmanlı kireçtaşlarını mercan resifi kapsamına alırken yoğun alg ve diğer organizmaları içeren kireçtaşı kütlelerini resif tanımlaması dışında tutmaktadır.

Vaughan (1911)'in tanımlamasından 1970 li yıllara değin resif konusunda çalışma yapan çeşitli araştırmacılara resif tanımı ve terminolojisi konusunda çok farklı görüşler öne sürmüşlerdir. Bazı araştırmacılar resifleri içerdikleri organizmalara göre tanımlarken, bazı araştırmacılar da resifin biçimini, bileşimini veya dalgaya dayanma özelliğini esas olarak resifleri biyoherm, biyostrom, organik resif, stratigrafik resif, bank, karbonat yığılması veya çamur

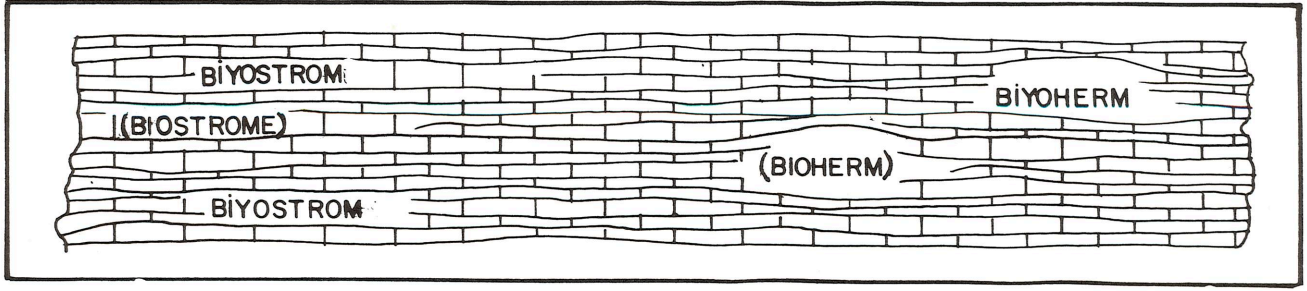
tümsekleri gibi genetik veya tanımsal içerikli terimler ile açıklama yoluna gitmişlerdir. Dolayısıyla ilgili literatürde resif tanımı ve terminolojisine ilişkin bir kavram kargaşası olmuştur. Bu neden ile konuya ilişkin önerilmiş temel tanımların ve terimlerin kapsamlı açıklamaları aşağıda verilmiştir.

**Biyoherm ve Biyostrom:** Biyoherm ve biyostrom terimleri resif ve resif benzeri karbonat kayalarını ayırt etmek için Cummings ve Schrok (1928) ve Cummings (1932) tarafından önerilmiştir (Şekil-1). Biyoherm biyolojik resif anlamına gelmektedir. Cummings ve Schrok'a (1928) göre biyoherm, farklı türden kayalar arasında yer alan tamamen organik kökenli bir içeriğe sahip, tümsek veya mercer biçimli karbonat kütleleridir. Ancak Cummings (1932), bu tanım kapsamında, yerli yerinde büyüyen ve biriken iskeletlere sahip organizmaların kalıntıları yanı sıra dayanıklı veya dayanıksız iskeletlere sahip organizmalar topluluğunun oluşturduğu sırt biçimli yapıları da ele almaktadır. Ladd (1954) ve MacNeil (1954) biyoherm terimini, iskeletli organizmalar tarafından oluşturulmuş, dalgaya dayanımlı topoğrafik engebeleri tanımlamak için kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. Twenhofel (1950) ve Henson (1950) ise biyoherm tanımını resif tanımı ile eş anlamlı olarak ele almışlardır. Tümsek veya mercer biçimli organik kökenli karbonat birikimlerinin akıntılar veya dalgalar gibi hidrodinamik süreçler ile taşınarak oluşabileceği görüşünden kalkan Nelson ve diğ. (1962) biyoherm teriminin, yerli yerinde büyüyen ve biriken organizmaların oluşturdukları karbonat yapılarını tanımlamak için kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır. Troell (1962) ve Pray (1969) biyoherm terimini farklı bir yaklaşımla ele alarak, geride iz bırakmayan organizma büyümelerinin neden olduğu ve başlıca kireç çamurundan oluşan birikimleri tanımlamak için kullanılması gerektiğini dile getirmişlerdir.

Biyostrom terimi, tamamen veya büyük bir bölümüyle kavkı, mercan, krinoid gibi organizma parçalarından oluşan ve karakteristik olarak katmanlı bir yapı sunan karbonat birikimleri ile tümsek veya mercer benzeri bir görünüm kazanacak şekilde gelişme gösteremiyen sedenter (bir yere tutunarak yaşayan) organizmaların oluşturduğu yapılar için önerilmiştir. (Cummings, 1932). Ancak, Nelson ve diğ. (1962) biyostrom terimini "pozitif topoğrafik röliyefi" olan yığılımları tanımlamak için de kullanmışlardır. Bu çalışmacılar biyoherm ve biyostromu ayırt etmek için genişlik/yükseklik oranının kriter olarak ele alınması gerektiğini vurgulamışlar ve ayırdedici limit olarak 30:1 oranını önermişlerdir. Bazı araştırmacılar bu oramı 100:1'e değin genişletmektedirler.

**Resif ve Bank:** Resif terimi, yerli yerinde büyüyen iskeletsel organizmaların oluşturduğu karbonat yığılımlarını tanımlar (Heckel, 1974; Ladd, 1954; Longman, 1981; Lowenstam, 1950; Nelson 1962; Newel, 1953). Ayrıca hidrodinamik etkenler ile yığılmış kavkılar, oolit tümsekleri ve aşındırma sonucu ortaya çıkmış kireçtaşı tümseği gibi deniz tabanında bir topoğrafik engebe oluşturan tüm karbonat kütlelerini tanımlamak için de kullanılmıştır. Ancak günümüz araştırmacıların hemen hemen hepsi resif tanımında iki temel nokta üzerinde aynı görüşte birleşmişlerdir. Bunlardan birincisi resiflerin dalgaya dayanıklı iskeletlere sahip organizmalar tarafından oluşturulması, ikincisi ise resiflerin deniz tabanında belirgin bir topoğrafik engebe oluşturmalarıdır.





Şekil 1. Karbonat kaya istiflerindeki mercek biçimli biyohermler ile katmanlı bir yapı sunan biyostromların genel görünümü

Ladd (1954) sadece dalgaya dayanıklı organik yapıların resif olarak tanımlanması gerektiğini önermiştir. bu yaklaşım Wilson (1950) tarafından da benimsenmiştir. Lowenstam (1950) ise çatı oluşturucu ve çökel bağlayıcı organizmaların biyolojik potansiyel olarak sert, dalgaya dayanıklı yapılar oluşturabilme özelliğinin ilke olarak esas alınması gerektiğini dile getirmiştir. Lowenstam (1956) resifin çatı yapıcı organizmalar içermesi yanısıra, oluşumu sırasında çökel kapanlanması ve bağlanmasının da önemli ölçüde gerçekleşmiş olması gerektiğini vurgulamıştır. Newel ve diğ. (1953) resifleri çatı oluşturucu organizmaların meydana getirdiği katı yapılar olarak tanımlamıştır. Henson (1950) resifin ana kütesini oluşturan organik çatı dokusunu, resif çekirdeği veya gerçek resif (reef proper) olarak gözetmiş ve resif çekirdeği, resif kanadı ve resif gerisi karbonatlarından oluşan kütleli resif karmaşığı (reef complex) olarak adlandırmıştır.

Bank terimi, Lowenstam (1950) tarafından tabanını yükseltebilme yeteneğine sahip olmayan organizmaların oluşturduğu yapıları tanımlamak için önerilmiştir. Burada "tabanını yükseltebilme kavramı" organizmaların biyolojik doğası gereği, büyümeleri sırasında üst üste gelişerek deniz tabanında belirgin bir topoğrafik engebe oluşturarak gelişim göstermelerini belirtir. Bazan banklar, topoğrafik olarak belirgin bir yapı da sunabilir. Bu durumda düşük açılı yamaçlar ile karakterize edilen karbonat kütleleri görünümündedir. Banklar, oluşumları sırasında çökel bağlayıcı organizmalardan yoksun olup, tutturulmamış resifal gereç içeren karbonat kütleleridir. Lowenstam (1950a) göre resif ve bank ayrımı organizmaların topoğrafik olarak dalgaya dayanıklı bir engebe oluşturup oluşturamadıklarına bağlıdır. Resif, topoğrafik bir rölyef oluşturur; bank ise herhangi bir rölyefe sahip değildir. Lowenstam, resifal organizmaların üzerinde yer aldıkları zemini, gelişimlerine bağlı olarak devamlı yükselttikleri ve dolayısıyla buldukları ortamı denetlediklerini vurgulamaktadır. Ancak bankların oluşumunu denetleyen organizmalar için bu görüş geçerli değildir. Ayrıca bankların oluşumunu sağlayan organizmalar, çökel üretiminde edilgen bir rol oynamakta ve buldukları ortam tarafından denetlenmektedir.

Wilson (1975) ise, bank terimini, bileşimi genellikle organik kökenli olan çökellerin, kapanlanarak veya engellenerek yerli yerinde birikmeleri sonucunda oluşan karbonat yığılımlarını tanımlamak için kullanır. Wilson'a göre banklar, kısmen akıntılar ile depolanmış olabilir.

**Organik Resif, Ekolojik Resif ve Stratigrafik Resif:** Organik resif terimi MacNeil (1954a) tarafından önerilmiştir. MacNeil'e göre organik resif, üst bölümü deniz düzeyine yakın bulunan ve kalker iskeletli çeşitli organizmaların içiçe geçecek şekilde büyüyerek oluşturduğu sert bir yapıdır. Bu yapı, iskeletlerin parçalanması ile oluşan kırıntılı gerecin iskeletsel doku ile birbirlerine kaynarak kenetlenmesi ve çimento ile bağlanması sonucunda oluşmaktadır.

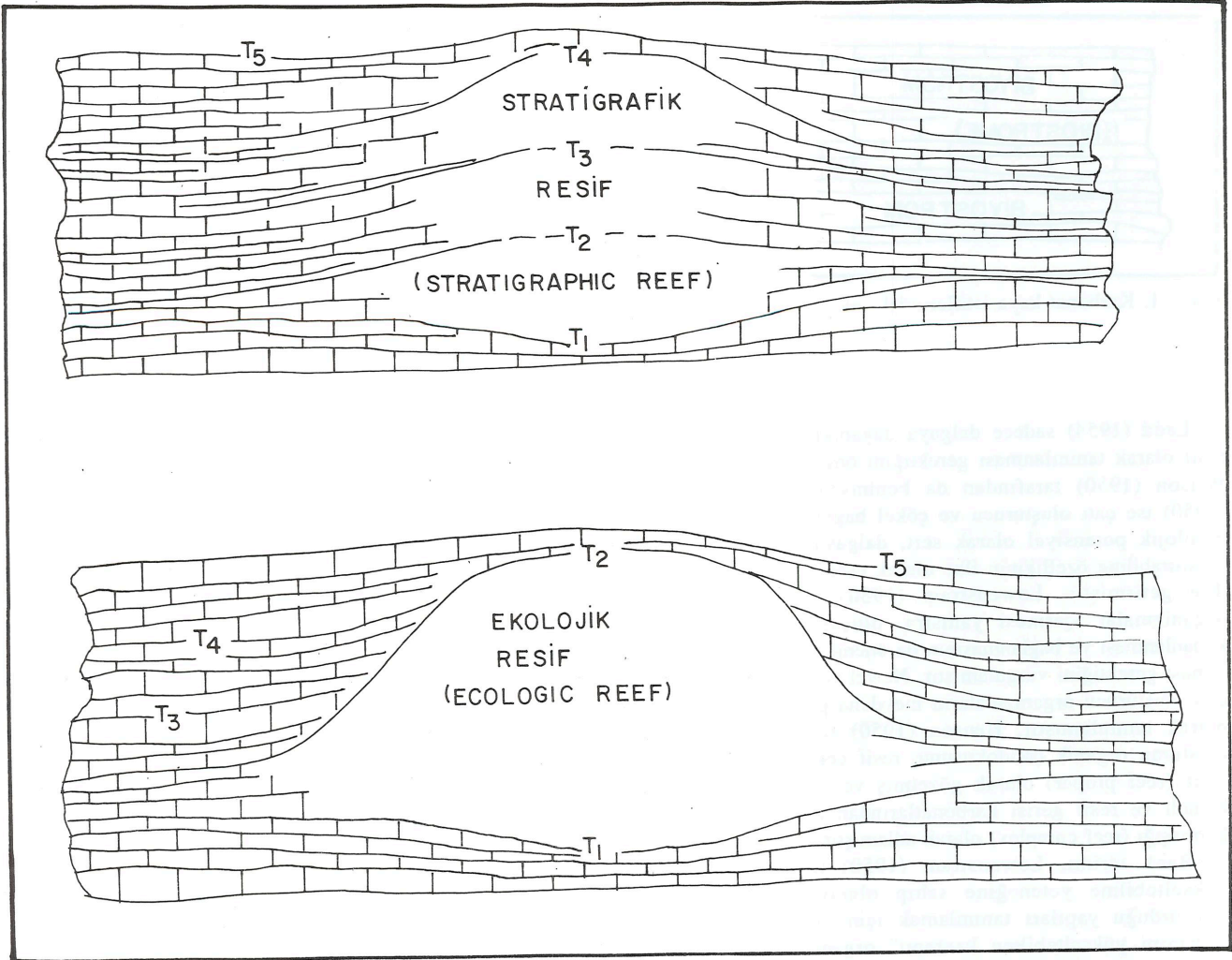
Dunham (1970), jeolojik istiflerdeki farklı karakterlere sahip karbonat kütlelerinin ayırte edilmesi görüşünü savunarak ekolojik resif ve stratigrafik resif kavramlarını gündeme getirmiştir (Şekil-2). Bunlardan ekolojik resif terimi, topoğrafik bir rölyefe sahip, sert dalgaya dayanıklı bir yapı sunan ve resif yapıcı organizmalar ile resifal gerecin organik olarak bağlanması sonucu meydana gelen karbonat kütlelerini tanımlar.

Stratigrafik resif, bütünüyle veya büyük bir bölümü ile karbonat kayalardan oluşan, kalın fakat yanall olarak sınırlı kütlelerdir. Bu tanımlamada karbonat kütlelerinin sadece geometrik yapısı gözetilmiştir. Ancak Dunham, stratigrafik resifin ekolojik resiften ayırte edilmesinde geometrik yapı yanısıra, resifal gerecin bağlanmasının da önemli bir yeri olduğunu vurgular. Stratigrafik resifte, resifal gereç sparikalsit çimento ile bağlanmıştır. Bu özelliği ile organik olarak bağlanmış ekolojik resiften ayırte edilebilir. Herhangi bir stratigrafik resif ekolojik resif içerebilir. Boyutları bakımından stratigrafik resif olarak tanımlanan bazı büyük yapılar çoğu kez yerel olarak gelişmiş, ancak gelişme aşamasında deniz tabanı üzerinde belirgin bir engebe oluşturamamış biyostromlardan ve/veya biyoherm yığılımlarından meydana gelmiş olabilir. Diğer bir deyişle bazı stratigrafik resifler üst üste gelişmiş biyostromlar ve/veya biyohermlerdir.

**Karbonat Yığılımları:** Heckel (1974) resifal karbonatların kökenine ve adlanmasına ilişkin tartışmaların "nesnel karakterlerin öznel yorumlanmalarından" kaynaklandığına dikkati çekerek bu tür yapıların genetik terimler yerine, tanımsal içerikli terimler ile adlandırılması gerektiğini savunmuştur. Heckel bu nedenle pozitif bir topoğrafik yapı sunan karbonat kütlelerini karbonat yığılımları (carbonate buildup) olarak tanımlar. Bu tanım Wilson (1974, 1975) tarafından da benimsenmiştir.

Heckel'e göre tüm biyohermler ve kireç çamuru birikimleri





Şekil 2. Stratigrafik ve ekolojik resiflerin karbonat istiflerindeki konumları ve geometrileri, T1-T5 zaman aralıklarını göstermektedir.

karbonat yığışlarıdır. Salt organik kökenli gereçten oluşan yığışları biyohermler olarak tanımlayan Heckel, biyostromları karbonat yığışları olarak gözetmez. Heckel karbonat yığışını; "1.Çevresindeki ve üzerindeki eşdeğer depolardan doğası bakımından belirli ölçülerde ayrılan; 2. Kendisine eşdeğer karbonatlardan tipik olarak daha kalınca olan; 3. Çökelişi sırasında çevresindeki çökellere göre daha yüksekçe bir topoğrafya oluşturan bir karbonat kütesidir veya bir karbonat biriminin yerel parçası" (1974, s.91) biçiminde tanımlar. Resifler ise dalga kuşağında veya türbülanslı sulara büyüebilme potansiyeline sahip ve çevresindeki ortamı denetleyebilen sert ve dalgaya dayanıklı karbonat yığışlarıdır.

Heckel resifleri, dalgaya dayanma özelliklerini gözönünde tutarak dört alt sınıfa ayırmıştır. Bunlar: 1. Çatıdokulu resif, 2.Organik çatıdokulu resif, 3.Organik olmayan çatıdokulu resif ve 4.Çamur çatıdokulu resif.

Çatıdokulu resif (framework reef) dalgaya dayanımlı, katı, taşlaşmış çatıdokusu özelliği sunan molozlardan oluşmuş karbonat yığışıdır. Organik çatıdokulu resif, organik olarak bağlanmış çökellerden ve koloni yaşamı sürdüren

organizmaların iri parçalarından oluşan karbonat yığışıdır. Bu tanım Lowenstam'ın "resif", Dunham'ın ise "ekolojik resif" tanımlamaları ile de eşanlamlıdır. Spar çimentolu, çökel parçalarından oluşan molozların oluşturduğu karbonat yığışını ise "organik olmayan çatıdokulu resif" veya "spar çimentolu çatıdokulu resif" dir. Stromatolit parçalarından oluşan karbonat yığışları "stromatolit resifi", laminalanma özelliği göstermeyen kalsilütlerin oluşturduğu karbonat yığışları ise "çamur çatıdokulu resif" olarak tanımlanmıştır.

Heckel (1974) karbonat yığışlarını bileşenlerine, biçimlerine, içerdikleri iskeletsel malzemenin tipine ve özelliğine göre de sınıflamıştır (Çizelge-1). Bileşenleri bakımından karbonat yığışları, iskelet kökenli kırıntılar, iskelet kökenli olmayan kırıntılar veya kireç çamurundan oluşabilir. İskelet kökenli kırıntılar, alglerin ve invertebraların salgıladığı, tanımlanabilir karbonat gereçidir. İskelet kökenli olmayan kırıntılar ise ooidler, pelletler ve intraklastlardır. Kireç çamuru tane boyu olarak 0,062 mm. den küçük silt ve kil boyutlu karbonat çökellerini içerir. Bu neden ile bu tür yığışlar "iskeletsel yığışlar", "iskeletsel olmayan yığışlar" ve "kireç çamuru yığışları" olarak adlanmıştır.



Temel Bileşim	İskeletsel Taneler	Kireç Çamuru	İskeletsel Olmayan Taneler
Egemen Kayaç Tipleri	İstiftaşı Tanetaşı Bağlamtaşı	Vaketaşı Çamurtaşı	% 70 den fazla İskelet kökeni Olmayan Taneler
Genel Terim	İskeletsel Yığışım	Kireççamuru Yığışımı	Oolit (v.b.gibi) Yığışımı
Şekil Göre Ayırımı	İskeletsel Kubbe, Tümsek Tepe, Bar, Sed resifi, Atol v.s.	Kireççamuru Tümseği Kireççamuru Barı	Oolit Tüseği Oolit barı
İskeletsel Malzemenin Tipine göre Ayırımı	Örg.Sünger Tümseği, Mercan-Stromatoporoid yama resifi, Brakiyopod tepesi, İskeletsel atol		
İskeletsel Gerecin Egemen formuna Göre Ayırımı	Kabuklu Bryozoa tümseği, kabuklu ıstiridye resifi Tutturulmamış foram tümseği, tutturulmamış yeşil alg-pelmatozoa resifi. Aşınmış çeşitli iskeletsel barlar Karışık iskeletsel kireç çamuru-pisolitli sed resifi		

Çizelge 1. Heckel (1974)'in karbonat yığışımına ilişkin önerdiği tanımsal terminoloji.

Karbonat yığışımaları biçimleri gözeticilerle "tümsek" veya "tepe (knoll)", "yama resifi" ve "masa resifi" (Şekil-3); çizgisel uzanım gösteren karbonat yığışımaları ise "bar" terimi ile tanımlanmıştır. Farklı fasiyesleri ayırtan ve dalgaya dayanma özelliği gösteren çizgisel karbonat yığışımaları ise "sed resifi" ve "saçak resifi" terimleri ile tanımlanmıştır. Atol terimi ise yuvarlak, ellipsoidal veya atnalı biçimli karbonat yığışımalarını tanımlamaktadır.

İskeletsel gerecin tipine göre karbonat yığışımaları "sünger tümsekleri", "mercanlı, stromatoporoidli yama resifleri" veya "brakiyopoda tepeleri" olarak da tanımlanmaktadır.

Karbonat yığışımaları, iskeletsel gerecin olduğu yerde birikmesi (organik kökenli), karbonatlı gerecin hidrodinamik/aerodinamik kökenli süreçler ile taşınarak birikmesi (hidrodinamik kökenli) veya organik büyüme yanısıra hidro-aerodinamik süreçlerin de etkili olduğu koşullarda (karmaşık kökenli) depolanması ile oluşabilir.

**Resifal Kireçtaşları:** Resifal kireçtaşı terimi, resife özgü veya resiften kaynaklanmış karbonat kayacı anlamına gelen tanımsal içerikli ve genel kapsamlı bir terimdir. Bu terim bir resifin/resif kompleksinin herhangi bir bölümünü oluşturan veya resif yakınında çökelen resif kökenli karbonat kayalarını

tanımlar.

Araştırmacılar arasında karbonat kayaların tanımlanması ve sınıflandırılması konusunda çok farklı yaklaşımlar ve tartışmalar vardır. Bu tartışmalar karbonat kayaların bir bölümünü oluşturmaları nedeni ile resifal kireçtaşları için geçerlidir. Konuya ilişkin literatürün çok kapsamlı bir değerlendirilmesi Altınlı (1975) ve Keskin (1978) tarafından yapılmıştır. Dolayısıyla burada resifal kireçtaşlarının tanımlanması ve sınıflandırılmasına, konuya ilişkin terminolojiye açıklık getirmek için, kısa olarak değinilecektir.

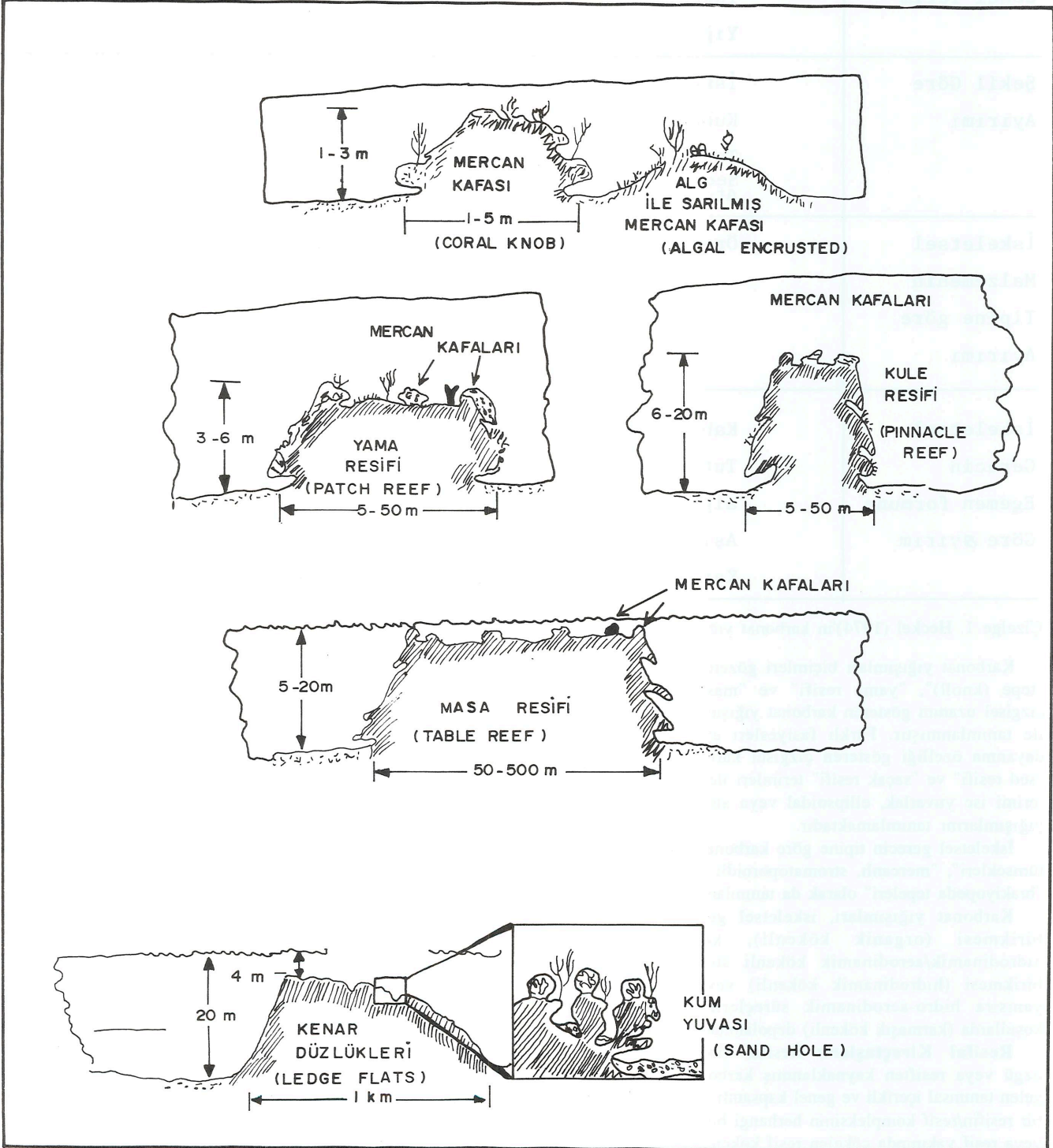
Resifal kireçtaşlarının sınıflandırılması konusunda çeşitli yaklaşımlar olmakla beraber, günümüzdeki geçerli yaklaşımlar Folk (1962), Dunham (1962) ve Embry ve Klovan (1971) tarafından önerilmiştir. Folk, resifal kireçtaşlarını diğer karbonatlardan farklı kabul ederek genel bir terim olan biyolititler (biolithites) adlanmasını önermiştir. Dunham ise bu kayaçların, resif gelişimi sırasında birbirlerine bağlanarak oluşmasını gözeterek bağlamtaşı (boundstone) terimini gündeme getirmiştir. Ancak resifal kayaçlar, çoğu kez irice parçalardan meydana gelmekte ve yerinde büyüyen organizmaların oldukları yerde depolanmaları sonucu



oluşmaktadır. Bu neden ile Folk ve Dunham sınıflamaları yerine resifal kireçtaşlarının dokusal özelliklerini ön plana alan Embry ve Klovan (1971) sınıflaması araştırmacılar arasında daha geçerlidir.

Embry ve Klovan sınıflama sistemi Dunham sınıflamasının geliştirilmiş biçimidir ve resifal kireçtaşları, yerinde oluşmuş (autochthonous) ve taşınmış (allochthonous) olmak üzere iki temel bölümde değerlendirilmiştir (Şekil-4) Taşınmış kireçtaşları ince taneli çökellerin sınıflanmasında olduğu gibi ele

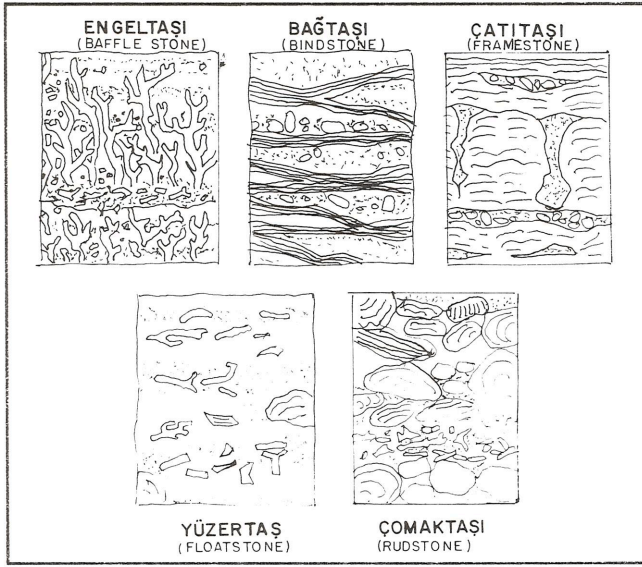
alınmıştır. Kireçtaşının kaba taneli bölümlerini de değerlendirebilmek için iki kategori daha eklenmiştir. Örneğin, tanelerin % 10 dan fazlası 2 mm. den büyük olan matriks destekli resifal kireçtaşı, tanelerin matriks içerisinde yüzer durumda bulunmaları nedeni ile yüzertaş (floatstone) olarak tanımlanmıştır. Genellikle çubuk biçimli mercan parçalarından oluşan ve tane destekli yapı sunan kireçtaşı ise çomaktaşı (rudstone) olarak adlanmıştır. Yerinde oluşan kireçtaşının sınıflanması ise daha yorumsaldır. Örneğin



Şekil 3. Biçim, boyut ve su derinliğine göre yama resifi tipleri (James, 1983)



çatıtaşları (framestone) yer yer destekleyici çatıyı oluşturan mercan ve mercanimsı algler gibi iri fosiller içerir. Bağtaşlarında (bindstone) ise çökeltme olayı sırasında, çökelleri birbirine bağlayan veya kabuk gibi saran algler,

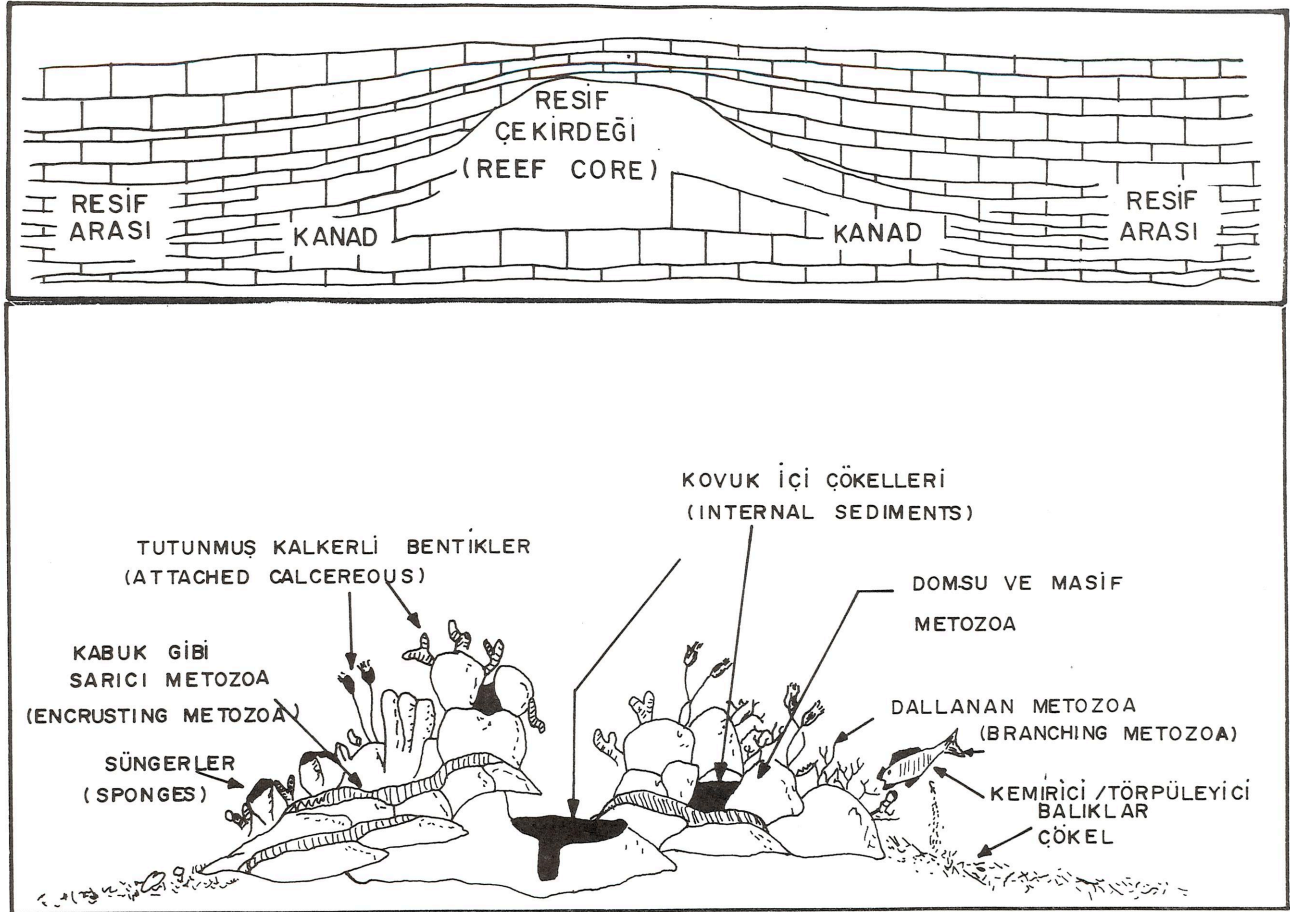


Şekil 4. Embry ve Klován (1971) sınıflamasına göre resif kireçtaşı tipleri (James, 1983)

mercanlar, foranlar gibi (Homotrema) tabuler ve lameller fosiller bulunur. Engeltaş (bafflestone), su içerisindeki salınım hareketleri ile çökelleri perdeleyerek engelleyen ve kapanarak depolanmasına neden olan, saplı ve dallı fosiller (stalked organism) içerir.

**Resif Gelişiminin Dinamiği:** Resif, deniz tabanından yukarıya doğru büyüyen ve bütünü ile kendine özgü yapısı olan organik kökenli bir sedimanter sistem olarak gelişir (Braitwaite, 1973; James, 1983). Bu sistem, büyük bir bölümü ile dalgaya dayanıklı mercanlar ve mercanimsı algler ile karakterize edilen, kalsiyum karbonat salgılayan çok sayıda organizmalardan oluşmaktadır. (Şekil-5). Bu organizmalar çoğunlukla duraylı sert bir taban veya kendilerinden önce varolan organizmaların kalıntıları üzerinde büyüyerek gelişim gösterir. Gelişim süreci boyunca bu organizmalar, kendileri ile birlikte yaşayan birçok organizmanın iskelet kalıntıları ve karbonat çökelleri ile sarılarak/örtülerek, çevresindeki katmanlı karbonat çökellerinden kolayca ayırtedilebilen dalgaya dayanıklı masif ve kubbemsi görünümlü özgün bir yapı kazanır.

Resiflerin dalgaya dayanıklı olma özelliği, resif yapıcı organizmaların biyolojik doğaları gereğidir. Ancak bu özellik resiflerin geliştikleri ortamsal koşullara bağlı olarak farklılık sunabilir. Özellikle su altı ve su üstü koşullarında gerçekleşen inorganik spar çimentolanma, sert ve yumuşak iskelet çatıdokusunun organik yapısı, çökellerin alg yaygıları veya organizma kökleri tarafından bağlanması veya tüm bu



Şekil 5. Resifi oluşturan organizma ve çökelt dokusunun genel yapısı. Üst kare gelişmiş bir resifteki resif çekirdeği ve kanat bölümlerinin enine kesitteki konumları (James, 1983).



faktörlerin birlikte etkileşimi resifin dalgaya dayanma özelliğini belirler.

Resif büyümesi ve gelişimi, resif yapıcı organizmaların biyolojik doğası, resifal ortamın ekolojik ve sedimanter özelliği, taban topoğrafyası, deniz düzeyi oynamaları ve diyajenez olayı ile bağlantılı bir dizi biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçler tarafından denetlenir (Fairbridge, 1961; Mac Neil ve diğ., 1978; Milliman ve Eney, 1968; Orme ve diğ., 1978; Purdy, 1974; Stanton, 1967; Stoddart, 1969, 1978).

Deniz suyunun tuzluluğu, ışık yoğunluğu, sıcaklığı, oksijen miktarı, besleyici maddelerin yeterliliği ve asılı çökel oranı gibi ekolojik ve ortamsal değişkenler resif büyümesini ve gelişmesini denetleyen temel faktörlerdir. Bu faktörler nedeni ile resifler devamlı olarak değişen dinamik bir yapıya sahiptir. Normal koşullarda resif, kendisini erozyona karşı devamlı olarak yeniler ve deniz düzeyine doğru büyümesini ve yanal gelişmesini sürdürür.

Ayrıca herhangi bir resif gelişiminin dinamiği, iri iskeletli metazoaların yukarı doğru büyümeleri ve yanal gelişmelerinin hızı ile bu organizmaların resifal ortamda yaşayan törpüleyici,

BÜYÜME	BİÇİMİ	ORTAM	
		Dalga enerjisi	Sedimantasyon
	Narin, dallı	düşük	yüksek
	İnce, narın, Levha biçimli	düşük	düşük
	Küremisi, ampul biçimli, sütunsal	orta	yüksek
	Dayanıklı, dallı, ağac gibi dallanan	orta yüksek	orta
	Yarı küresel, kubbemsi, masif	orta yüksek	düşük
	Kabuk gibi sarıcı	yoğun	düşük
	Tablamsı	orta	düşük

Şekil 6. Iri iskeletli metazoaların büyüme biçimleri ve geliştikleri ortamlar (James, 1983'den alınmıştır.)

oyucu ve gezici/ otlayıcı (grazing) organizmalar tarafından devamlı olarak tahrip edilmeleri (biyoerozyon) ve resif ortamında hızla büyüyen kısa yaşamlı diğer kalkerli benthosların ürettiği çökel miktarı arasındaki karşılıklı etkileşim ve denge ile de bağlantılıdır. Örneğin mercanlar, ortamsal koşullara ve dalga enerjisine bağlı olarak farklı büyüme biçimleri sunarlar (Şekil-6).

Resif oluşturan çökellerin büyük bir bölümü, ölen organizmaların iskeletlerinin parçalanması sonucu oluşur. Bu organizmalar resifin boşluk ve kovuklarında yaşayan krinoidler, kalkerli yeşil algler, iki kapaklılar, brakiyopodlar ve foraminiferler gibi organizmalardır. Çökellerin diğer bölümü ise resifi aşındıran çeşitli cinsler ve türler tarafından sağlanır. Bunlar kurtcuklar (serpulidler), süngerler, iki kapaklılar gibi oyucu organizmalar ile resifin yüzeyinde gezinen ekinoidler ve bazı balıklardır (örneğin papağan balığı perrot fish). Delici ve oyucu organizmalar ise resifi törpüleyerek kum ve silt boyutlu çökel gercin oluşmasına olanak sağlar. Bu çökeller resif etrafında depolandığı gibi, resif içi kovuk ve boşluklarına da sızarak içsel çökellerin (internal sediments) oluşmasına da katkıda bulunur (Şekiller-7). Kabuk gibi sarıcı organizmalar (encrusting forms) genellikle ölü yüzeyler üzerinde gelişir ve yapının duraylı bir hale gelmesine neden olur. Dallı resif oluşturuvcu mercanlar ise parçalandıklarında, resif çevresinde iskelet parçalarından meydana gelen çakıltaşlarının gelişmesine neden olur.

Resif büyümesi ve gelişimi dört aşamada ele alınarak irdelenmiştir (James, 1973 ve 1983). Bunlar:1.Öncü (yerleşme), 2. Kolonileşme, 3.Çeşitlenme, 4.Baskın olma (yayıma) evreleridir (Şekil-7).

Bu dört aşamalı resif büyümesi ve gelişmesinin gerçekleşebilmesi için en önemli unsur, güçlü, dalgaya dayanıklı iskeletleri ile karakterize edilen yarıküresel veya tabuler metazoaların varlığıdır. Aksi takdirde dalgaların neden olduğu yoğun türbülanslı bir ortamda, narın yapılı formlardan oluşan resif gelişmesini düşünmek olası değildir. Çünkü bu narın yapılı formlar güçlü dalga enerjisi ile kolaylıkla kırılacak

	EVRE	KİREÇTAŞI TİPİ	TÜR ÇEŞİTLİLİĞİ	RESİF YAPICILARIN BİÇİMİ
	BASKINLAŞMA		düşük orta	Laminalı kabuk gibi sarıcı
	ÇEŞİTLENME	Çamurtaşı - vaketaşı matriksli Çatıtaşı (bağtaşı)	yüksek	Domsu Masif Lavhamsı Dallı Kabuk gibi sarıcı
	KOLONİLEŞME	Çamurtaşı - vaketaşı matriksli engeltaşı - yüzertası	düşük	Dallı Lavhamsı Kabuk gibi sarıcı
	DURAYLILAŞMA	Tanetaşı çatıtaşı (istiftaşı - vaketaşı)	düşük	İskelet molozları

Şekil 7. Resif gelişiminin aşamaları, kireçtaşı tipleri, resif oluşturuvcuların çeşitliliği ve biçimleri (James, 1983).



ve hızlı bir çimentolaşmanın gerçekleşmediği ortamlarda, bu parçalar akıntılar ile resif ötesine taşınacaklardır. Dalga enerjisinin ve türbülansın yüksek olduğu, asılı gereçten arınmış ve beslenme bakımından zengin bu temiz su ortamı, resif büyümesi ve çeşitlenmesi için çok elverişli koşulları oluşturmaktadır.

#### **Öncü Evresi (Pioneering/Stabilization Stage):**

Bu evre genel olarak iskelet kırıntılarından oluşan kireç kumu sığıkları veya benzeri çökeltme kütlelerinin oluşumu ile bunların üzerinde ilk resif oluşturuca organizma kolonilerinin gelişmesini belirler. Sığıklar ve sığık benzeri çökeller, Paleozoyik ve Mesozoyik'de pelmatozoa ve ekinoderm molozlarının kırıntılarından, Senozoyik'de ise kalkerli yeşil alglerin plakalarından oluşmuştur. Bu çökel kütlelerinin yüzeyleri kalkerli yeşil algler, deniz çayırları ve pelmatozoa kolonileri tarafından kaplanır. Bu organizmalar, kökleri ve tutucu organları ile üzerinde geliştikleri çökel kütesini bağlar ve duyarlı hale getirirler. Çökel kütesinin duraylı hale gelmesi ile birlikte, bu ana fauna topluluğu arasında dağınık dallı algler, bryozoalar, mercanlar, yumuşak süngerler ve diğer metazoalarda yerleşerek büyümeye başlar.

**Kolonileşme Evresi (Colonization Stage):** Resif oluşturuca metazoaların yerleşerek ilk kolonileri oluşturma aşamasını belirler. Bu evre, tüm resif kütesi gözetildiğinde, görece olarak ince birimler ile temsil edilir. Bu birimler, genel olarak dallı formlar yanı sıra masif veya lameller formlardan oluşan birkaç tür ile karakterize edilmektedir. Senozoyik yaşlı resiflerde bu evreye ilişkin görülen ilginç bir durum da, tüm mercanların bu aşamada poliplerini temizleyebilme ve çökellerden arınma yeteneklerinin geliştirmiş olmalarıdır. Bu neden ile mercanlar yoğun bir çökelinin geliştiği ortamlarda da yaşamlarını sürdürebilmişlerdir. Mercanların bu evrede dallı bir biçimde büyümeleri, resif ekosisteminin ilk evresini oluşturan çeşitli yapışık ve kabuk gibi sarıcı organizmalar için elverişli alt ortamların ve küçük yaşam alanlarının gelişmesine olanak sağlar. Bu dönemi tanımlayan kayaçlarda laminalı, lifli, kalsit ve çökelden oluşan kovul dolgusu (stromatactis) yaygın olarak görülür.

#### **Çeşitlenme Evresi (Diversification Stage):**

Genellikle resif kütesinin ana bölümünü oluşturur. Bu evre, resifin deniz düzeyine doğru en fazla gelişme gösterdiği ve belirgin yanal fasiyelerin geliştiği evredir. Bu evrede, ana resif oluşturuca organizmaların büyüme biçimlerinde de çok büyük ölçüde değişiklikler görülür. Çatı yapıcı ve bağlayıcı görev yapan organizmaların büyüme biçimlerinde ve çeşitliliğinde görülen bu değişiklikler, resif içi oyuk, oluk ve kovuklarında oransal olarak artmasına neden olmuştur. Bu gelişme ayrıca resif içi boşluklarda yaşayan moloz oluşturuca organizmaların da daha çeşitlenmesine olanak sağlamıştır.

**Baskın Olma Evresi (Domination Stage):** Resif büyümesinin ve gelişmesinin çoğu kez ani olarak kesildiği veya değişim gösterdiği evredir. Resiflerin çoğu bu evrede dalga çatlama kuşağına özgü süreçlerin etkisine açıktır. Çomaktaşı katmanlarının oluşumu bu süreçlerin bir sonucudur. Bu evreye ilişkin karakteristik kaya türü, sadece birkaç organizma çeşiti ile karakterize edilen kireçtaşıdır. Organizmalar büyüme biçimleri bakımından genellikle kabuk gibi sarıcı ve laminalı gelişim gösteren formlardan ibarettir. Organizma çeşitliliğinde görülen bu azalma, bazı

araştırmacılara göre derin su topluluklarının yerini, resif büyümesine bağlı olarak sığ su topluluklarının almasına bağlanmaktadır. Ancak ilk iki evrenin de sığ su koşullarında geliştiğini gösteren yeterli veriler bulunmaktadır. Bu neden ile bu değişimi denetleyen etken, topluluğun gelişimine bağlı olarak, organizmaların giderek üzerinde geliştikleri ortamın enerji akış düzenini değiştirmelerinde yatmaktadır.

Yüzeyleyen karbonat kayaçlarda veya sondajlarda elde edilen verilerde, resiflerin çoğu kez yanal ve düşey olarak büyük boyutlara ulaştığı görülmektedir. Stratigrafik olarak kalın istifler oluşturan resifler çoğu kez tek bir resif yapısı olmaktan öte, aynı yerde üst üste gelişmiş katlı resiflerdir. İstifi oluşturan resifler, birbirilerinden deniz düzeyine ulaşmaları nedeni ile, geçirdikleri günlenme (subaerial exposure) süreçlerine ilişkin kanıtlar olan kalker kabuk (calcrete) veya eski toprak (paleosol) seviyeleri yanı sıra farklı diyajenez özellikleri ile ayırtedilebilirler. Deniz düzeyine ulaşmış ve atmosfer koşullarına açılmış bir resif, herhangi bir neden ile yeniden deniz suyu altında kalırsa, gelişecek olan yeni resif gelişimine, çeşitlenme evresi ile başlayacaktır. Bu gelişim, resifin tabanında sert ve yükselmiş bir zeminin (eski resif) olmasından kaynaklanmaktadır.

**Resif Morfolojisi ve Kuşakları:** Resif morfolojisi hem harita, hem de enine kesit bazında ele alınan bir kavramdır. Resif büyümesine ve gelişmesine bağlı olarak resifin kazandığı tüm küçük ve büyük ölçekli yapıları tanımlar. Ancak resif morfolojisi kavramı genel olarak literatürde resifin enine kesitte gösterdiği biçimi ve bu biçime ilişkin büyük ölçek yapılarının oluşturduğu kuşakları tanımlamak için kullanılmaktadır (Şekil-8). Resif morfolojisi ve bu morfolojiye ilişkin kuşaklar, aynı zamanda resifin ekolojik kuşaklarını (yapısını) ve fasiyelerini de belirlemeleri nedeni ile ayrı bir öneme sahiptir.

Resif morfolojisi, karşılıklı etkileşim içerisinde olan birdizi faktörün fonksiyonudur. Resifi oluşturan organizmaların ve çökellerin doğası, resifi yıpratıcı fiziksel ve biyolojik süreçler, denizel çimentolaşma, deniz tabanının topoğrafyası, östatik deniz düzeyi oynamaları ve deniz tabanının çökmesi veya yükselimi resif morfolojisini denetleyen temel faktörlerdir (Longman, 1981). Bu faktörlerin önemi resif büyümesinin duraylı deniz düzeyi koşullarında geçirdiği zaman aralığı ile doğru orantılıdır. Ancak, hızlı deniz düzeyi oynamalarını izleyen evrede, deniz tabanı topoğrafyasının resif morfolojisini çok önemli ölçüde denetlediği görülmüştür (Longman, 1981).

Resifler harita bazında dairesi, oval, elipsoid veya ince uzun (elongate) biçimli bir geometri ile karakterize edilmektedir. Ancak Şekil-8 den de görüleceği üzere açık denizden lagüne doğru alınacak enine kesitte resifin bir dizi kuşakla karakterize edilen asimetric bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Goreau ve Goreau, 1973; Goreau, 1959; James, 1978, 1983; Longman, 1981; Maxwell, 1968; Stanton, 1967; Stoddart, 1969). Bu yapı özellikle saçak ve sed resifleri ile atollerde çok belirgin olarak gelişmiştir. Resif morfolojisine ilişkin başlıca kuşaklar şunlardır: 1. Resif önü, 2. Resif cephesi, 3. Resif doruğu, 4. Resif düzlüğü ve 5. Resif gerisi

**Resif Önü Kuşağı:** Dış yamaç (outer slope) olarakta bilinen resif önü (fore reef) kuşağı, mercan ve alg büyümesinin gerçekleştiği resif cephesi (reef front) kuşağının açık



deniz/havza tarafına doğru olan uzantısıdır. Bu kuşak genel olarak resifin derin su altında kalan büyük bölümünü oluşturur. Çeşitli bentik organizmaların yaşadığı bu bölüm resif molozlarının, karbonat kumlarının, kireçtaşı bloklarının ve mercan parçalarının depolandığı alandır.

**Resif Cephesi kuşağı:** Resifin açık denize bakan tarafında yer alan resif cephesi (reef front), düzensiz ve dikçe eğimli bir yamaçla karakterize edilen bölümdür. Bu kuşak genellikle dalga çatlama kuşağından (surf zone) 100 m. derinliği kadar uzanır ve resifteki mercan-alg büyümesinin en yoğun olarak geliştiği bir kuşaktır. Resif cephesi kuşağı günümüz resiflerinde genellikle dik bir falez ile bitmektedir. Ancak fosil resiflerde bu kuşak resif önü kuşağına geçiş yapmaktadır. Bu kuşak, sırt ve oluş (spur and ridges) olarak adlanan özgün bir topoğrafyaya da sahiptir. Bu topoğrafya denize doğru birbirine paralel bir dizi çizgisel sırtlar ile bunlar arasında yer alan, tabanları çökel kaplı kanalların oluşturduğu oluklar ile karakterize edilir. Kanallar, açık deniz ile şelf lagünü arasındaki su dolaşımı ve çökel taşınımını denetleyen geçitlerdir.

Resif cephesi kuşağının ana bölümü zengin bir fauna içerir. Bu faunanın büyüme biçimleri, yarı küreselden, dallanan; sütunsaldan, dendroid ve yaygın biçimli tiplere değin değişir. Resif oluşturu formular yanısıra brakiyopodlar, iki kapaklılar, mercanimsi algler ve Halimeda (Kalkerli alg) ile karakterize edilmektedir.

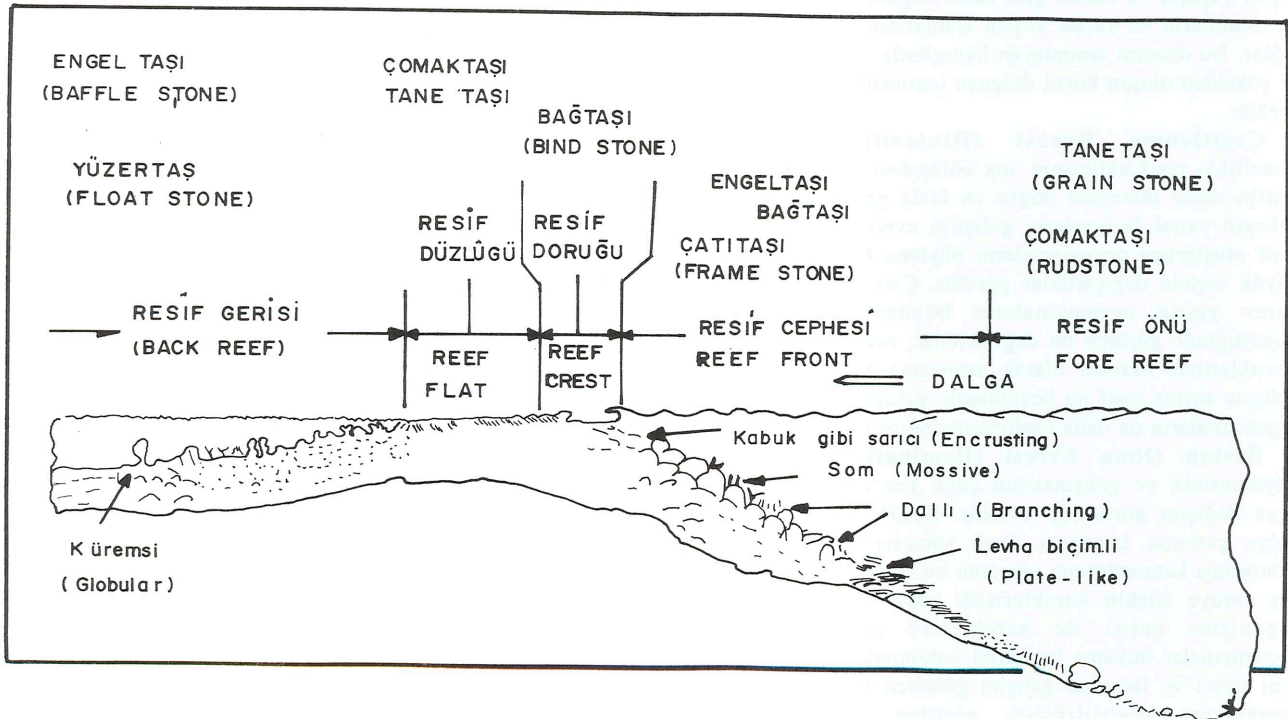
Mercan ağırlıklı resif oluşturu formuların, günümüz resiflerinde, resif cephesi kuşağından yaklaşık 30 m. derinliğe kadar uzandıkları gözlenmiştir. Yaklaşık 30 m. nin altında dalga etkinliği hemen hemen hiç yoktur ve ışık çok azdır. Resif oluşturan metazoaların pekçoğunun ışık azlığına tepkisi, deniz tabanına küçük bir bağlantı ile tutunarak yüzey alanlarını genişletmeleri ve geniş fakat narin tabak biçimli şekillerde gelişmiş olmalarıdır. Bu kuşaktaki kayaç tipleri de bağlam taşlarına benzemektedir. Ancak bağlanma olayı bu kayaçların

oluşmasında herhangi bir rol oynamaz. Günümüz mercan resiflerinde, mercan ve yeşil kalkerli alglerin geliştiği en derin kuşak 70 m. civarındadır. Büyümeyi denetleyen bu en alt sınır, en önemlilerinden birisi sedimantasyon olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olabilir. Dolayısıyla fosil resiflerin açıklanmasında bu derinlik sınırı dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır (Longman, 1981).

Resif cephesi çökelleri iki tiptir: 1- Resif içi çökelleri, 2. Kaba kumlar ve çakıllar. Resif içi çökelleri genellikle kireç çamurundan (lime mud) oluşur ve resifal kayaca, kireç çamurtaşından (lime mudstone) vaketaşına değin uzanan bir matris özelliği kazandırır. Kaba kumlar ve çakıllar ise resif sırtları arasındaki kanallarda görülür. Ancak bu çökeller fosil resiflerde çok ender olarak saptanmıştır.

Günümüz resifleri üzerinde yapılan çok sayıda gözlemler, resif cephesinin yukarı bölümünde ve resif doruğu üzerinde oluşan çökellerin pekçoğunun, zaman zaman fırtınalar nedeni ile taşınarak, resif çatısı gerisindeki resif düzlüğü ve resif gerisi kuşaklarında depolandığını ortaya koymaktadır. Resif cephesinin orta ve alt bölümlerindeki çökeller ise resif önü kuşağına taşınmaktadır. Sığ su (şelf lagünü) çökelleri ise ancak özgün koşullarda, resif sırtları arasındaki kanallar yolu ile resif önü kuşağına aktarılabilir (James, 1979, 1983).

**Resif Doruğu Kuşağı:** Resif doruğu (reef crest), resif büyümesinin her evresinde resifin daima en yüksek bölümünü oluşturur. Bu kısım sığ su koşullarında resifin en yoğun bir şekilde rüzgar ve dalga enerjisine açık, en tepe bölümüdür. Bu neden ile resif doruğunun niteliği, rüzgar gücü ve deniz kabarmasının derecesine bağlıdır. Rüzgar ve deniz kabarmasının yoğun olduğu yerlerde kabuk bağlayıcı (encrusting forms) ve genellikle yaygın biçimli organizmalar yaşayabilmektedir. Dalga ve deniz kabarmasının orta/şiddetli olduğu ortamlarda kabuk bağlayıcı formular baskın olmakla beraber, yassı kısa, küt dallı formular da görülür. Dalga enerjisinin orta düzeyde olduğu yerlerde ise yarıküresel ve masif



Şekil 8. Bir resifin morfolojik ve ekolojik kuşakları ile bu kuşaklara ilişkin kireçtaşı tipleri (James, 1983).



formlar yanısıra dallı formlarda yer alır. Ancak bu yerlerdeki topluluklar çok düşük çeşitlilik sunar (James, 1983).

**Resif Düzlüğü Kuşağı:** Resif düzlüğü (reef flat) resif çatısının dulda kalan tarafında yer alır. Oldukça sığ su koşullarının egemen olduğu bir düzlüktür ve dalga enerjisine bağlı olarak farklılıklar gösterir. bazı yerlerde bu düzlük alg modülleri içeren, yer yer çimentolanmış iri iskeletsel molozlardan oluşur. Dalga enerjisinin orta düzeyde etkin olduğu yerlerde ise bu düzlük iyi boyanma gösteren kireç kumu çökellerinden oluşmuş sığıklar biçimindedir. Kireç kumları çoğunlukla resifin denize bakan tarafında büyüyen kalkerli alglerden (Halimeda) kaynaklanmaktadır. Kum sığıkları, resif düzlüğüünün karaya bakan tarafında da bulunabilir. Dalga geliş yönündeki değişimler bu sığ kumlukların ufak kum adalarına dönüşmesine neden olabilir. Bu adalar engel oluşturarak, resif çatısına çok yakın yerlerde küçük korunmuş ortamlar meydana getirirler. Bu zondaki su derinliği birkaç metreyi geçmez ve resif oluşturan metazoalar dağınık parçalar halinde bulunur.

**Resif Gerisi Kuşağı:** Resif gerisi, resifin yüksek enerjili açık deniz koşullarından korunmuş, karaya bakan taraftır. Buradaki ortamsal koşullar görece olarak sakindir. Organik, biyoklastik ve bazende karasal çökeller ile karakterize edilir. Resif cephesinde oluşan çamurun büyük bir kısmı da asılı gereç olarak buraya taşınır ve çökler. Ayrıca burada kalkerli yeşil algler, brakriyopodlar ve ostrakodlar gibi çamur oluşturan zengin bir dip fauna bulunur ve ortamda çamurlu litolojilerin oluşmasına neden olur. Bu ortamdaki resif oluşturuçuların büyümeleri yaygın olarak iki şekilde gerçekleşir. Bunlar çoğu kez küt ve çalı görünümü dendroid formlar ile, çamurlu ve çalkantılı ortam koşullarına uyum sağlayacak şekilde, taban üzerinde gelişen tomurcuk (bulbous) ve globular biçimli formlardır.

**Resif Fasiyesleri:** Resiflerin kökenini, yayılımını, konumunu ve evrimini ortaya koymaya yönelik çalışmalarda, resifal karbonat kütlelerinin morfolojisi, boyutları, tipi ve içerdiği organizmaların doğası ile sedimanter yapısı belirleyici rol oynamaktadır. Güncel resiflerde genel karakterler kolayca tanımlanabilmektedir. Ancak jeolojik kayıtlardaki fosil resiflerin tanımlanması, yüzeylenen karbonat çökel istiflerinin doğası ve yayılımını veya sondajlardan elde ettiğimiz bulguların sınırlılığı nedeni ile oldukça zor bir olaydır. Resif yapıcı organizmaların jeolojik geçmişte evrime uğramaları, farklı dönemlerde değişik özellikler gösteren resiflerin gelişmiş olması, tanımlamaya ilişkin çalışmalarda karşılaşılan diğer bir sorundur. Bu nedenle eski resiflerin tanımlanması ve yorumlanmasına ilişkin çalışmalarda, resif fasiyeslerinin saptanması ve bu fasiyeslerin yanal ve düşeyde (mekan ve zamanda) gösterdikleri fasiyes birlikleri çok önemlidir.

Resif fasiyesleri, resif oluşumu sırasında etkin olan sedimantolojik ve biyolojik süreçlerin bir sonucudur. Bu neden ile resif fasiyesleri, üç bağımsız kriter gözetilerek kurulmuştur (James, 1978, 1983; Longman, 1981; Stoddart, 1969; Wilson, 1974, 1975): 1. Büyük iskeletsel metazoaların ve çökellerin görece oransal bolluğu ve aralarındaki ilişkileri, 2. Resif oluşturan türlerin çeşitliliği, 3. Resif yapıcı organizmaların büyüme biçimleri.

Resif fasiyeslerinin saptanmasına ilişkin bu bilgiler genellikle sert dalgaya dayanıklı çatıdokusu ve dikçe eğimli resif cephesi çökelleri ile karakterize edilen güncel ve Tersiyer

mercan resiflerinin çalılışılması ile oluşan bilgiler üzerine kurulmuştur. Ancak günümüzdeki resiflerin son birkaç bin yıldır geliştiğini ve Flandrian transgresyonundan önemli ölçüde etkilendiğini unutmamak gerekir (Chappel ve Polach, 1976).

Longman (1981) de herhangi bir resif veya resif kompleksinde açık denizden, kara yönüne doğru 8 fasiyes ayırtmıştır. Bunlar: 1. Uzakça moloz çökelleri (Distal talus), 2. Yakınca moloz çökelleri (Proximal talus), 3. Resif yamacı (Reef slope), 4. Resif çatıdokusu (Reef framework), 5. Resif doruğu (Reef crest), 6. Resif düzlüğü (Reef flat), 7. Resif gerisi kumu (Back reef sand) ve 8. Lagün (Lagoon) fasiyesleridir.

James (1979, 1983) ise bu fasiyesleri, üç temel fasiyes kapsamında ele alarak tanımlamıştır. Bunlar: 1. Resif kanadı (Reef flank), 2. Resif çekirdeği (Reef core), 3. Resif arası (Inter reef) fasiyesleridir. Resif çekirdeği fasiyesi, kapsam olarak Longman'ın resif çatıdokusu, resif doruğu, resif düzlüğü ve resif gerisi fasiyeslerini içermektedir. Resif kanadı fasiyesi ise, resif yamacı, yakınca ve uzakça moloz fasiyeslerini kapsamaktadır. Benzer fasiyeslerin genel özellikleri çizelge 2'de özetlenmiştir. Bu çizelgeden görüleceği gibi fasiyesler, aynı zamanda resif morfolojisi ve ekolojisini de belirleyen kuşakların genel yansımasıdır. Resif fasiyeslerinin yanal dağılımlarının genel olarak düzenli bir sıra gösterdiği varsayılmaktadır. Ancak fasiyesler arası sınırlar çoğu kez geçişlidir ve fasiyeslerin tümünü her resifte görmek olası değildir. Ayrıca her fasiyesin yanal ve düşey dağılımları önemli derecede farklılıklar gösterebilir. Bu farklılıklar büyük ölçüde deniz tabanının topoğrafyası, yağış düzeni, karasal koşullara (subaerial exposure) açık olması, denizel ortamdaki akıntı düzenleri, rüzgar ve dalga enerjisi gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Resifal fasiyeslere ilişkin diğer bir nokta da fasiyeslerin oluşturulmasında derinlik faktörü yerine, sedimantasyon ve organik gelişimi denetleyen süreçlerin esas alınmış olmasıdır. Bu neden ile resif çatıdokusu ve resif yamacı fasiyesleri arasındaki ayırım, derinlik faktörü yerine çatıdokusunu oluşturan temel organizmaların yaşam sınırları gözetilerek oluşturulmuştur. Örneğin resif çatısı ile resif yamacı arasındaki sınır, çatı oluşturan organizmaların yaşayabileceği derinliğin alt sınırına karşılık gelmektedir. Resif çatıdokusu ve resif doruğu fasiyesleri arasındaki sınır ise, zaman zaman günlenme koşullarına açılan bir kuşağı belirler. Resif çatısı ile resif düzlüğü, resif düzlüğü ile resif gerisi fasiyesleri arasındaki sınır ise, görece su derinliği farklılığını ve/veya azalan akıntı etkinliğini yansıtmaktadır.

Aşağıda Longman (1981)'in fasiyes tanımlamaları esas alınarak anlatılmıştır:

**Resif Çatıdokusu Fasiyesi:** Bu fasiyes, resif yapıcı organizmaların iskeletlerinde ve kireç çamuru matrisinden oluşan masif karbonatlar ile karakterize edilir. Resif çekirdeği fasiyesi olarak tanımlanan bu fasiyes, resifin ana büyüme kütlelerini oluşturan, sert organik çatıdokusunu belirtir. Egemen olarak resif çatıdokusunu oluşturan mercan ve mercanımsı alglerin iskeletleri ile bu iskeletlerin biyerozyon ve dalga/akıntı işlevi ile parçalanması sonucu oluşan molozlardan meydana gelmektedir. Çatıdokusu, organizmaların oyucu işlevleri, çimentolanma ve sedimantasyon nedeni ile tamamen bozulmuş olabilir. Engeltaşı ve çatıtaşı bu fasiyesi tanımlayan özgün litolojilerdir. Ancak organizmaların değişik çeşitteki



büyüme biçimleri nedeni ile bağlantıları da yaygın olarak bulunur. Herhangi bir resifte çatıdokusu fasiyesi oranı % 30 civarındadır. Ancak bu oran resiften resife % 10 ile % 70 arasında oynayabilir. Çatıdokusu fasiyesinin bu yüzde oranlarının farklılığı, genellikle çatıdokusu oluşturan organizmaların doğası ve resif gelişimini olumsuz yönde etkileyen yıpratıcı süreçlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca biyolojik ve diyajenetik süreçlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca biyolojik ve diyajenetik süreçlerin neden olduğu yaygın mikritleşme de çatıdokusu gelişimini etkiler. Resif çatıdokusu fasiyesi kapsamında cepler, kanallar veya birkaç metre kalınlıktaki mercerler halinde, resifal organizmaların iskelet kırıntularından oluşan kumlar bulunabilir. Akıntı etkinliğinin engellendiği yerlerde ise kireç çamuru çökebilir. İnce taneli gercin büyük bir bölümü yerel olarak oyuncu organizmalar tarafından üretilir (Land ve Moore, 1977). Resif çekirdeğindeki bu organizmaların olumsuz etkileri yer yer resif çatıdokusunu bozacak düzeyde yaygın bulunabilir (Moore ve Shedd, 1977). Resif çatıdokusu fasiyesi çökeltileri, ince taneli gercin kaba taneli iskelet parçaları ile birlikte bulunması nedeni ile kötü boylanmalı bir karakter kazanmıştır. Çatıdokusu, organizmaların oyuncu işlevi yanı sıra, yinelenen çimentolaşma ve sedimantasyon nedeni ile de bozulabilir. Buradaki çimento malzemesi aragonit ve Mg-kalsit ile karakterize edilen denizel çimentodur.

**Resif Doruğu Fasiyesi:** Resif yüzeyinde gelişen ve sığ su koşullarını yansıtan fasiyestir. Pekçok yönü ile resif çatıdokusu fasiyesine benzer. Ancak buradaki mercanlar parmak görünümlü, kısa küt formlar ile yassı ve levhamsı mercanlardan

oluşmaktadır. Mercan büyümesi bu fasiyeste hemen hemen yatay düzlemler şeklinde gerçekleşir. Formların çeşitliliği çatıdokusu fasiyesine göre daha sınırlıdır. Mercanların yassı formlar şeklinde büyümeleri, sığ su ortamını daha yeterli bir şekilde kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Bu ortamın düşük gel (low-tide) zamanlarında atmosfer koşullarına açık hale gelmesi, mercanların düşey gelişimini engellemektedir. Buna rağmen bu fasiyeste, büyüme konumunu nadiren korumuş mercanlara rastlanılması ve mercan büyümesinin görece olarak gelişme göstermesi, resifin henüz olgunlaşma safhasına ulaşmamış olmasıdır. Duraylı deniz düzeyi koşullarında, mercan büyümesi giderek deniz düzeyine ulaşacağı için resif doruğu fasiyesi, fırtınalar ile resif çatıdokusundan koparılan mercan parçalarından oluşmuş bir moloz örtüsü ile karakterize edilecektir. Mercan parçaları kum ile blok arasında yer alan boyutlardadır. Bu mercan moloz örtüsü yoğun olarak organizmalar tarafından oyulmuş ve çeşitli tiplerdeki algler tarafından kabuk gibi sarılmıştır. Bu fasiyeye ilişkin litolojiler bağlantıtaşlarından çatıtaşlarına değin uzanan bir çeşitlilik gösterir.

**Resif Düzlüğü Fasiyesi:** Resif yapıcı organizmaların iri iskelet molozlarından ve kumlarından oluşan çökeller ile karakterize edilir. Kireç çamurunun büyük bir bölümünün akıntılar tarafından taşınması nedeni ile çökeller iyi, orta boylanma gösterir. Bu fasiye özgü litolojiler, iskelet parçalarından oluşan çomaktaşları ile iskelet kumlarının oluşturduğu tane taşlarıdır. Kaba moloz çökeltileri ve kumlar genellikle köşeli, yarı yuvarlak taneli, mercan, alg, mollusk, ekinoderm ve foraminifer parçalarından oluşmaktadır. Masif ve

FASİYESLER		Çökeltim Süreci ve Organizmalar Üzerindeki Denetimi	Olasılıklı Korunmuş Organizma Tipleri	Tane Boyu	Boylanma	Çatıdokusu Oranı (%)	Tipik Derinlik (m.)	Egemen Kayac Tipi
James 1978, 1983	Longman 1981							
RESİF ARASI FASİYESİ	LAGÜN	Düşük enerji, yoğun eşeleme ender akıntılar ve türbiditler, karasal çökelti girdisi olasılığı	Molluskler, ekinodler, miliolidler, foraminiferler, ostrakodlar	Kaba iskelet molozları ile karışık çamur	Kötü	0	5-30	Vaketaşı
	RESİF GERİŞİ KUMU	Resifi etkileyen ender fırtınalar ve akıntılar, sıçramalı taşınma, gravite ve kayma	Halimeda, miliolidler, kırmızı algler, ender parmak mercanları	Kaba	Orta-iyi	0	1-10	Tanetaşı
RESİF ÇEKİRDEĞİ FASİYESİ	RESİF DÜZLÜĞÜ	Ender fırtınalar, iyi su dolaşımı, çamurdan arınma	Parmak mercanları, kırmızı ve yeşil algler, bentik foraminiferler, masif mercanlar	Kaba-çok kaba	Orta	0-10	1-3	Tanetaşı, Dağınık mercanlar
	RESİF DORUĞU	Yüksek dalga enerjisi, sürekli türbülans, iyi su dolaşımı	Dalgaya dayanıklı mercanlar ve algler	Çok kaba	Orta-iyi	0-80	0-2	Tanetaşı (az bağlantı)
	RESİF ÇATIDOKUSU	İyi su dolaşımı, derinlerde ender olmak üzere yüksek dalga enerjisi	Bol mercanlar, algler, molluskler, ekinoderm, foraminiferler	Çatıdokusu ve kum	Kötü, bazı oyuklarda çamur	20-80	1-30	Bağlantı taşı
RESİF KANADI FASİYESİ	RESİF YANACI	Sınırlı ışık, ender türbülans, gravite ile taşınmış resif molozları	Yumuşak mercanlar, yassı mercan levhaları, süngerler	Yarışık	Kötü	5-40	20-50	İstiftaşı Bağlantı taşı
	YAKINÇA MOLOZ	Ender türbülans, gravite ile taşınma, az ışık, duraysız taban	Sınırlı organizma	Orta-Kaba	Kötü-iyi	0	40-100	Tanetaşı İstiftaşı
	UZAKÇA MOLOZ	Durgun su, ışıksız, gravite ile kayan çökeltiler	Planktonik foraminiferler	İnce	Orta-iyi	0	100-200	İstiftaşı

Çizelge 2. Çağdaş resiflerin fasiyes özellikleri



parmak biçimli küt mercanlar bu fasiyeste yerel olarak bol bulunmaktadır. Masif olarak korunmuş mercanlarda ve moloz çökellerinde diğer organizmalara ilişkin oyuklar görülebilir. Bir-iki metreyi geçmeyen su derinliği nedeni ile de ortamın bol ışık alması, başta Halimeda olmak üzere yeşil ve kırmızı alglerin de oldukça yoğun gelişmesine olanak sağlamıştır. Ancak bu ortamdaki dalga ve akıntı enerjisinin, resif çatısı ve doruğuna göre daha düşük olmasından kaynaklanan sınırlı su dolaşımı ve çökellerin devamlı olarak yer değiştirmesinin neden olduğu bulantılı su koşulları, besinlerini sudan sızma yolu ile alan, diğer resifal organizmaların çeşitli ve bol olarak gelişmesini engellemiştir.

**Resif Gerisi Kum Fasiyesi:** Bu fasiyes dalga enerjisinin alabildiğince sönmüldüğü ve su derinliğinin genellikle 10 m. yi aşmadığı koşullardaki resif ortamını tanımlar. Çökeller karakteristik olarak karbonat kumu ve çamurundan oluşmaktadır. Ortam resif gelişimi için elverişli değildir. Karbonat kumlarının ana bileşeni mercan, mercanimsi algler olmakla birlikte, ekinoderm, mollusk ve foraminifer kumları da yaygın olarak bulunur. Çamur, ender olarak deniz çayırının gelişmiş olduğu yerlerde görülür. Çökel boylanması iyidir.

Bu fasiyesi oluşturan çökeller, genellikle fırtınalar ile resif önünden taşınmıştır. Fasiyesin genişliğinin değişken olması; genellikle taban topoğrafyasına, resif önünden gelen çökel miktarına ve zamana bağlıdır. Genellikle onlarca metre genişlikte olup, deniz düzeyinin uzun süreli olarak duraylı kaldığı ve karbonat çökellerinin resif önünden bol olarak sağlandığı koşullarda, kilometrelerce enlilikte gelişebilirler. Tersiyer resiflerinde çok yaygın olarak bulunan bu fasiyes, iyi gelişmiş gözeneklilik içermesi nedeni ile, hidrokarbon birikimi bakımından en elverişli olanaklara sahiptir.

**Lagün Fasiyesi:** Oldukça durgun ve sınırlı su koşullarının egemen olduğu bir fasiyestir. James (1979, 1983)'in tanımlamasındaki resif arası fasiyese eşdeğerdir. Karakteristik olarak gelgit altı kuşağında yeralan çamurlu sığ su karbonatlarından oluşur. Lagün çökelleri resiften kaynaklanabildiği gibi karasal kökenli de olabilir. Lagün fasiyesi çökelleri kötü boylanmalı olup, mollusk, foraminifera ve Halimeda içerir. Foraminiferler, özellikle miliolid ve peneroplid gibi, sınırlı su ortamı formlarıdır. Bu fasiyeste açık deniz faunası olan planktonik formlara genellikle rastlanmaz. Varolan planktonik formlar, fırtınalar etkisi ile açık denizden taşınmış olanlardır. Lagün fasiyesi hidrokarbon birikimi bakımından önemli olmamakla beraber, kaynak kayacı olarak önem taşımaktadır.

**Resif Yamacı Fasiyesi:** Bu fasiyes, resif çatı dokusu fasiyesinin açık denize bakan tarafında yer alır. İnce, kalın katmanlı ve dikçe eğimli (50° - 90°) tanetaşları ile istiflaşlarından oluşur. Çökeller, resif çatı dokusundan kaynaklanan iskelet molozları ile resifal kireçtaşı bloklarından oluşur. Çökel taşınması gravite kaymaları ile gerçekleşir. Bu fasiyes, genellikle onlarca metre derinliğindeki su ortamında geliştiği için, dalga enerjisi ve ışık durumu diğer fasiyeslere göre düşüktür. Bu neden ile bu fasiyeste scleractinian mercanların yerini yumuşakça mercanlar olan alcyonarianlar almıştır. Mercanlar levhamsı biçimde olup, ayrıca Halimeda ve süngerler gibi organizmalar da görülür.

**Yakınca Moloz Fasiyesi:** Resif yamacının aşağısında

yeralan bir fasiyestir. Resiften kaynaklanan molozlardan oluşur. Bunlar, bileşim olarak mercan parçaları, çapları birkaç metreye ulaşan resif blokları, Halimeda, kırmızı algler ve diğer resif oluşturuca organizma kırıntıları içerir. İskeletsel istiftaşı, tanetaşı ve çamurtaşı, bu fasiyese özgü kayaçlardır. Bazı yerlerde resif molozu ile birlikte karasal gereç de görülebilir. Bunlar kalınlıkları birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişen ve yanal olarak devamlılık sunan katmanlar halinde bulunur.

**Uzakça Moloz Fasiyesi:** Yakınca moloz fasiyesinin yamaç aşağı bölümüdür. Resiften kaynaklanmış fakat daha ince taneli olan molozlar, planktonik organizma kırıntılarından oluşan çökeller ile karakterize edilir. Yakınca ve uzakça moloz fasiyesleri arasındaki sınır geçişlidir. Ancak uzak moloz fasiyesi yanal olarak derin deniz ortamı fasiyeslerine geçiş yapar. Bu geçiş, planktonik formlarda görülen oransal artma ile kolayca ayırtedilebilir.

**Resif Diyajenez:** Platform kenarı boyunca yer alan resif çökellerini etkileyerek büyük ölçüde değişime uğratan iki süreç denizel çimentolanma ve biyoerozyondur. Denizel çimentolanma resif/resif kompleksini oluşturan iskeletsel yapıyı ve çökelleri birbirine bağlayarak kayaçlaşmaya dönüşümünü sağlar (James, 1976; Longman, 1981). Denizel çimento malzemesi Mg-Kalsit ve/veya aragonitten oluşmaktadır (Land ve Goreau, 1970; Macintyre, 1977). Çimentolanma olayı çoğunlukla açık deniz tarafında yeralan resiflerde görülmektedir. Çimentolanma özellikle, resifin yüksek dalga enerjisine açık olan resif doruğu kuşağında gerçekleşir (James ve Ginsburg, 1981). Resif/resif kompleksinin su altında bulunan derince bölümlerinde ise çok az bir çimentolanma olayı gerçekleşmektedir. Bunun da başlıca nedeni, düşük enerji koşullarının egemen olduğu bu yerlerde, çökeller içerisindeki su hareketinin sınırlı olmasıdır.

Biyoerozyon, lagün resiflerinde yoğundur ve çoğu kez erken kayaçlaşmanın (early lithification) gerçekleştiği aşamada resifin çökel dokusunu değiştirir (Kobluk ve Risk, 1977; Land ve Moore, 1977; Friedman, 1978; Longman, 1981). Biyoerozyon devamlı olarak yinelenen bir süreçtir. Bu süreç resifin süngerler, ikikapaklılar ve kayaç içinde yaşayan mikrodeleri organizmalar (endolitler) tarafından devamlı olarak yapılması, oyucu organizmaların ölümü, oyukların çökeller tarafından doldurulması ve bu çökellerin kayaçlaşmaya dönüşmesinden oluşan bir döngüdür. Bu döngü, kayaçların tekrar kayaç içinde yaşayan organizmaların yeni soyları tarafından yapılması ile başlayan yeni bir süreç ile yinelenerek devam eder.

#### RESİF YAPAN ORGANİZMALAR

Resif ve karbonat yığılımlarının oluşum ve gelişim sürecinde mercanlar, hydrozoalar, algler, süngerler, bryozoalar, foraminiferler, krinoidler ve mollusklar gibi organizma toplulukları etkin rol oynarlar. Bu canlıların resif yapısına koydukları katkı iki ana bölümde özetlenebilir: 1. Resifin çatı dokusunu oluşturan veya bu dokuyu birbirlerine bağlayarak dalgaya dayanıklı gövdenin oluşumunu sağlayan temel organizmalar grubu. Bunlar mercanlar, mercanimsi algler (kırmızı algler), kalkerli algler, hydrozolar ve süngerlerdir. 2. Gövdenin çatı dokusu arası boşluklarını iskelet parçaları ve ürettikleri karbonat çökelleri ile dolduran; çatı dokusu ile çökelleri birbirlerine bağlayarak resif gövdesinin örülerek



RESİF TİPİ	RESİF TÜMSEKLERİ	TEPE	DUVARLI
		RESİFLİ YOKUŞLAR	RESİF KOMPLEKSLERİ
KUVATERNER	KRİNOİDLER	DENİZ ÇAYIRI	MERCANLAR
	SÜNGERLER	MERCANLAR	KIRMIZI ALGLER
	MERCANLAR		
TERSİYER	?	NUMMULİTLİ	MERCANLAR
		FORAMLAR VE KIRMIZI ALG DENİZ ÇAYIRI	KIRMIZI ALGLER
KRETASE	SÜNGERLER	RUDİSTLER	STROMATOPOROİDLER
		STROMATOPOROLDLER	MERCANLAR ?
JURA	SÜNGERLER	MERCANLAR	MERCANLAR
	ALGLER		KIRMIZI ALGLER
TRİYAS	SÜNGERLER	MERCANLAR	?
		SÜNGERLER	
		KIRMIZI ALGLER	
PERMİYEN	BRYOZOA	TUBİPHTLER	SÜNGERLER
	BRAKİYOPOD	KALKERLİ ALGLER	KALKERLİ ALGLER
	KALKERLİ SÜNGERLER		
	KRİNOİDLER		
KARBONİFER	PHYLLÖİD ALGLER	KATKERLİ ALGLER	?
	BRYOZOA	TUBİPHYTLER	
	KRİNOİDLER	KRİNOİDLER	
DEVONİYEN	MERCANLAR	MERCANLAR	STROMATOPOROİDLER
	BRYOZOALAR	STROMATOPOROİDLER	
	KRİNOİDLER		
SİLURİYEN	MERCANLAR	STROMATOPOROİDLER	?
	BRYOZOALAR		
	KRİNOİDLER		
ORDOVİSİYEN	BRYOZOALAR	KRİNOİDLER ?	?
	SÜNGERLER		
	MERCANLAR		
KAMBRİYEN	ARCHAEOCYATHİDLER	ARCHAEOCYATHİDLER	?
	RENALCİS		
	EPIPHYTON		
PREKAMBRİYEN	?	STROMATOLİTLER	?

Çizelge 3. Karbonat şelfi kenarlarındaki resif yapıcı organizmaların jeolojik zaman boyunca dağılımı.

gelişmesine de olanak sağlayan yardımcı organizmalar grubu. Bunlar ise çeşitli algler, krinoidler, mollusklar, foramlar ve bryozoalardır.

Resif yapıcı organizmaların işlevine ilişkin yapılacak bir genellemede, organizmaların jeolojik geçmiş boyunca değişim gösterdiğini de gözönünde bulundurmak gerekir. Örneğin güncel resifler egemen olarak hermatipik scleractinian mercanlar ile mercanimsi algler tarafından oluşturulmaktadır (Milliman, 1974; Bathurst, 1975; James, 1979, 1983). Bunların yanısıra, kabuk bağlayıcı foraminiferler (Ör. Homotrema), diğer alg türleri, süngerler ve mollusklar gibi organizmalar ikincil derecede rol oynamaktadırlar. Ancak jeolojik geçmişte bu organizmaların resif oluşumundaki işlevleri çok farklı düzeylerde gerçekleşmiştir.

Ayrıca eski resiflerde bulunan organizmaların doğası, bu organizmalardan pek çoğunun günümüzdeki hermatipik mercanlara benzer düzeyde, sert bir organik çatı oluşturabilecek biçimde gelişmemiş olduklarını da ortaya koymaktadır (Newel, 1972; Heckel, 1974). Eski resiflerin çatıdokularını oluşturan organizmaları, kalkerli iskeletleri olmayan, fakat kireç çamurunu kapanlayarak tutan organizmalardan, narin dallı organizmalar ile masif organik çatı dokularına değin uzanan bir yelpaze kapsamında gözetmek gerekir (Longman, 1981). Örneğin archaeocyathidler, kalkerli alglerin çoğu, kalkerli ve silisli süngerler, rugosa mercanlar, brakiyopodlar, bryozoalar, rudistler ve krinoidler gibi organizmalardan oluşan eski karbonat yığılımlarının pek çoğu güncel resiflerdeki gibi sert organik çatıdokusundan yoksundurlar (Heckel, 1974; Longman, 1981). Resif ve karbonat yığılımlarını oluşturan organizma gruplarının jeolojik geçmiş boyunca dağılımları çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3, Longman (1981) tarafından ilgili literatürün taraması sonucu hazırlanmıştır. Bu çizelge üç önemli noktayı ortaya koymaktadır: 1. Duvarlı resif kompleksleri (walled reef complexis, Wilson 1974) ancak mercanlar ve mercanimsi algler gibi çatıdokusu oluşturan temel organizmaların ortaya çıktığı jeolojik zamanlarda var olmuştur. 2. Paleozoyik'te egemen olarak durgun su koşullarında gelişmiş resif tümsekleri (reef mounds) oluşmuştur. 3. Aynı grup içindeki organizmalar farklı biçimlerdeki resiflerin gelişebilmesine de olanak sağlamaktadır.

**Mercanlar:** Anthozoa sınıfı içerisinde yer alan mercanlar, kalkerli veya boynuzsu dokulu iskeletleri olan ve yaşam dönemleri boyunca polip aşamasında kalmış, omurgasız (invertebrate) hayvanlar grubudur. Tek veya koloniler halinde yaşayan ve sert bir zemine tutunarak gelişen mercanlar güçlü ve dayanıklı kalkerli iskeletlerinin varlığı nedeni ile resif gövdesinin çatıdokusunu oluşturan esas formlardır. Mercanlar geniş bir coğrafik dağılım göstermekle beraber taşımış mercanlar (Scleractinia), yumuşakça mercanlar (Alcyonacea), mavi mercanlar (Coenothecalia) ile yelpaze ve boynuzsu mercanlar (Gorgonacea) genel olarak ılık, sıg sularda bulunurlar.

Mercanlar, dokularında bulunan ve birlikte ortak yaşam sürdürdükleri zooxanthellaların (tek hücreli dinoflagellat) fotosentez için güneş ışığına olan gereksinimleri nedeni ile, derinliği 70m. yi aşmayan bol ışıklı sıg su ortamlarında gelişme göstermektedirler. Ancak bazı mercanların ılıman ve kutup kuşaklarının, derinliği 6200 m. ye varan soğukça

denizlerinde yaşadığı da bilinmektedir (Wells, 1956; Youge, 1968).

Mercanlar karakteristik olarak asılı gereçten arınmış ve ortamsal koşulların ekolojik olarak tekdüze olduğu ılık tropikal kuşağın, duru ve berrak sularında yaşarlar. Yaşamları için en uygun deniz sıcaklığı 25-27°C arasındadır ve 18,5°C den daha düşük sıcaklıktaki sularda yaşayamazlar. Mercanların yaşamı için elverişli tuzluluk oranı ise % 34-37 arasındadır. Mercanlar, yaşam ortamlarını etkileyen kısa aralıklı tatlı su ve çökel girdileri ile aşırı tuzlu su koşullarına karşı çok duyarlıdırlar. Ancak Porites gibi bazı mercan cinsleri ise çamurlu su ortamında gelişim gösterebilir, fakat sert çatıdokusu oluşturmazlar. Bu genellemeler dışında soğuk (11°C) ve sıcak (40°C) su koşulları ile (Macintyre ve Pilkey, 1969), acı ve aşırı tuzlu (%0, 60) su ortamlarına uyum gösteren (Squires, 1962) mercanların varlığı da bilinmektedir. Mercanların büyüme hızları, suyun durulduğu, besleyici maddenin yeterliliği, suyun sıcaklığı, mercanın yaşı ve türü gibi yerel ortamsal koşullara ve biyolojik faktörlere bağlıdır. Örneğin küresel biçimli masif mercan olan *Montastraea annularis* yılda 2-3 cm., geyik boynuzuna benzer dallı bir yapısı olan *Acropora palmata* yılda 2-3 cm., Poritesler ise genel olarak yılda 3-4 cm.'lik bir büyüme gösterir. Öte yandan taş mercanlar (scleractinia) tarafından oluşturulan resiflerin büyüme hızları yılda ortalama 0,5 cm. ile 2,8 cm. arasında değişmektedir. Florida körfezinde yılda 10 cm.'lik bir büyüme gösteren *Acropora* cinsinin büyüme hızı, daha tropikal koşulların egemen olduğu Jamaica denizinde yılda 26 cm. ye kadar ulaşmaktadır (Milliman, 1974). Ancak Teichert (1958) ise resif oluşturan mercanların yılda 15-26 cm. lik büyüme hızına sahip olabileceğini vurgulamıştır. Çeşitli scleractinian ve hydrozoa bireylerinin büyüme hızları ile kalsiyum karbonat üretim miktarları çizelge 4 de gösterilmiştir (Goreau, 1959; Lewis, 1969).

Mercanlar, resif oluşturu (hermatip) ve resif oluşturmayan (ahermatip) mercanlar olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Hermatip terimi (hermatypic) Yunanca resif anlamına gelen "herma" teriminden türetilmiştir ve resif oluşturu anlamına gelmektedir. Genellikle koloni halinde yaşayan sıg su resiflerini oluşturan scleractinian mercanlarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Ahermatip (ahermatypic) mercanlar terimi ise resif oluşturmayan derin su mercanlarını tanımlar. Hermatip mercanlar, ahermatip mercanlardan dokularındaki tek hücreli algler olan zooxanthellaların varlığı ile ayrılırlar. Ancak zooxanthellalar fosil olarak herhangi bir iz bırakmadıkları için, bu ayırımın sadece biyolojik açıdan bir önemi vardır. Jeolojik kayıtlardaki hermatip/ahermatip mercanların ayırtılması koloni oluşturmaları yanısıra ancak beraber buldukları diğer fauna topluluğunun niteliği ile mümkündür. Sıg su faunası ile birlikte bulunan ve zengin çeşitlilik gösteren mercan yığılımları hermatip kökenlidir (Teichert, 1958).

**Hydrozoalar:** Bunlar (hydractinoidler ve hydrocorallinaeler) karbonat salgılayan ve yaşam süreçleri boyunca hem polip hem de meduz formlarına (polymorphic) veya meduz formlarına sahip en önemli organizmalar grubudur (Wells, 1956). Tabak biçimli hydractinoidler K. Amerika ve Sibirya'daki Üst Paleozoyik yaşlı karbonat tümseklerinin oluşumuna önemli katkıda bulunmuşlardır. Hydrocorallinaeler, farklı dağılım gösteren Milleporidler ve Stylasteridler ile



karakterize edilir. Üst Kretase'de ortaya çıkmışlardır. Milleporidler, günümüz tropikal denizlerinde yer alan kırmızı algli hermatipik resif komplekslerinde, yerel çatıdokusu oluşturu ve bağlayıcı organizmalar olarak işlev görmüşlerdir. Millepora cinsi genel olarak resiflerin, resif önü kuşağında yer alır. Stylasteridler alabildiğince yaygın bir dağılım göstermektedir ve güncel derin su ahermatipik karbonat yığışımalarında çatıdokusunu oluşturu organizmalar olarak da katkı koyarlar.

**Algler:** Resif oluşumunda mercanlar kadar önemli rol oynayan diğer bir organizma grubu da alglerdir (Milliman, 1974; Wilson, 1975; Bathurst, 1975). Bitki kökenli olmaları nedeni ile fotosenteze olan gereksinimleri, alglerin karakteristik olarak bol güneş ışığının bulunduğu sığ sularda odaklanmalarına neden olmuştur. Algler üç ana grupta toplanarak irdelenmektedir: 1.Mavi-yeşil algler (Cyanophyta), 2. Yeşil algler (Chlorophyta), 3.Mercanımsı algler olarak da tanımlanan kırmızı algler (Corallinae algae).

**1.Mavi-yeşil algler:** Bu algler çok sığ sularda yaşarlar ve aşırı sıcaklık ve tuzluluk koşullarına karşı büyük bir uyum gösterirler. Bunlar bazı tek hücreli yeşil algler ile birlikte stromatolitlerin oluşumunu sağlayan yapışkan yaygıları (Mucilaginous mats) oluşturmuşlardır.

Mavi-yeşil algler ilk çıkışlarında karasal ve denizel sığ su ortamlarında, stromatolit yaygılarından oluşan, karbonat yığışımını meydana getirmişlerdir. Geç Paleozoyik ve Mesozoyik karbonat yığışımalarında yardımcı kabuk bağlayıcı organizmalar olarak rol oynarlar. Senozoyikde ise bu algler, uzun süreli aşırı tuzluluk koşullarının egemen olduğu bazı lagünler ile bataklıklarda da karbonat yığışımları oluşturmuşlardır.

**2.Yeşil algler:** Bunların yalnızca denizel formları (Codiacean ve Dasycladean) kalsiyum karbonat salgılar. Yeşil

algler, kökleri olan, dik duran ve çoğunlukla segmentli bitkilerdir. Günümüzde yalnızca tropikal ve subtropikal sığ denizel ortamlarda bulunurlar. Bunlar, Devoniyen'den günümüze kadar denizel resif komplekslerine iskeletsel çökel sağlamışlardır. Bunlardan özellikle Halimeda, günümüzdeki tropikal denizlerin resiflerine büyük ölçüde kum boyutlu çökel katkısı sağlayan bir formdur. Günümüzde bol bulunan yeşil alglerden bazıları da (Ör.Penicillius) öldükten sonra tamamen ayrılarak çamur boyutlu karbonat çökellerine dönüşür ve ortandaki karbonat çamuru oranına önemli ölçüde katkıda bulunur (Stockman ve diğ., 1967). Tüm bu çökeller, özellikle resif gerisi fasiyesi ile atollerin lagün fasiyesinde yoğun olarak bulunmaktadır.

**3.Mercanımsı algler (Kırmızı algler):** Bu algler, Kambriyen döneminde ortaya çıkmışlardır. Kretase döneminden günümüze değin sığ denizel karbonat yığışımalarının oluşumunda birinci derecede rol oynamışlardır. Bunlardan solenoporidler, çökel üretimini sağladığı gibi, bağlama işlevini de yapmışlardır. Paleozoyik ve Mesozoyik'te ise yerel olarak yığışımaların çatıdokusunu oluşturmuşlardır. Günümüzdeki mercanımsı algler Senozoyik yaşlı tropikal sığ su karbonat yığışımalarında, yerel çatıdokusunu oluşturma ve bağlama işlevini üstlenmeleri bakımından mercanlar kadar önemli rol oynamışlardır.

Mercanımsı algler, hermatipik mercanlara göre soğuk su koşullarına daha dayanıklıdır. Bu neden ile ılıman ve kutup bölgelerinin sığ denizlerinde tümüyle mercanımsı alglerden oluşan yığışımalar gelişmiştir. Norveç kıyılarının açıklarındaki 20-40 m. derinliğindeki karbonat yığışımları ile Sovyetler Birliği'nin kuzeyindeki Novaya Zemlya kıyı kuşağında, Bering Boğazı'nda, Spetzbergen'de ve Akdeniz'de bulunan kilometrelerce uzunluktaki yığışımalar bunların en güzel örnekleridir (Teichert, 1958). Mercanımsı algler, Akdeniz'in

	<u>Mg.Ca/MgN (Saat /mlg)</u>	<u>cm./yıl</u>
Acropora cervicornis	50	15-26
Acropora palmata	40-49	2-3
Millepora complata	40-49	
Porites porites	30-39	3-4
Millepora alcicornis	20-29	
Diploria labyrinthiniformis	20-29	
Siderastraea	10-19	
Montastraea annularis	10-10	2-3
Porites astroides	0-9	
Madracis aspecula	-	2-3

Çizelge 4. Çeşitli scleractinia ve hydrozoa bireylerinin büyüme hızları ve kalsiyum üretim miktarları; Goreau (1959) ve Lewis ve diğ. (1968) esas alınarak hazırlanmıştır.



kayalık burunlarında saçak resifleri de oluşturmaktadır. Mercanimsı algler, güncel denizlerde karakteristik olarak gelgit arası kuşak (intertidal zone) ile sığ denizel kuşak (neritik) arasında bulunmaktadır. Gelgit kuşağında bulunan alg cinsleri özellikle kabuk gibi bağlayıcı özelliği olan formlardır (encrusting forms). Bunlar oldukça çalkantılı, fakat az çok derinliği olan sularda gelişmiş olup (Bikini resifi), ancak çok düşük gel olaylarında su düzeyinde kalmaktadırlar.

Normal gel olaylarında ise 5-10 cm. lik çalkantılı bir su kütləsi ile kaplanmaktadır.

Mercanimsı algler içerisinde özellikle Melobesidae familyasının üyeleri mercan resiflerinin oluşumunda başlıca rol oynamışlardır. Bu algler yoğun olarak gelgit arası kuşakta görülmüştür. Gel düzeyinin düşük olduğu koşullarda su düzeyinin üzerinde kalan çıplak kaya yüzeylerinde veya bunların su birikintilerinde de gelişmiş olduğu görülmüştür. Güneşin kurutucu etkilerine açık ortamlarda gelişmeleri ilginç olup, bu yerlerde algler, kırılan ve çatlayan dalgalardan saçılan sular nedeni ile devamlı nemli kalabilmektedirler. Ayrıca kahverengi algler tarafından da çok az örtülerek güneş ışınlarının etkisinden korunmakta ve kurumadan gelişebilmektedirler. Bu algler, yüksek gel düzeyinin üstünde yeralan ve dalga kırılması ve çatlamasının etkisiyle nem oranının yüksek olduğu, küçük deniz mağaraları veya dalga oyuklarında da gelişmişlerdir (Milliman, 1974; Bathurst, 1975). Kısa ve azçok çatallı dallardan oluşan Melobesia'lar genel olarak bir yere bağlanmadan büyürler. Kalın, kırılğan yaygılar biçiminde gelişim gösteren bu formlar, kumlu veya çamurlu deniz diplerinde, kabuk gibi sarıcı formlar ise taban çökellerine sıkıca bağlanmış olarak bulunurlar. Bu alglerin dallı tipleri, geniş yayılımları olan banklar oluştururlar. Bu tipler, büyüme biçimlerini akıntuların gücüne göre belirlemişlerdir. Örneğin dallı Melobesia formları, su dolaşımının sınırlı bulunduğu adalar arasında veya kıyıya yakın alanlarda görülmez.

Melobesia'lar normal veya normale yakın tuzlulukta gelişip, durgun ve kirli sularda gelişmezler. Örneğin Hawaii Adaları çevresindeki resiflerin, dalgalara açık yüzeylerinin dış kenarlarında ince kabuk görümlü formları çok gelişmiştir. Dallı formlarına ise resifin dış kenarının gerisindeki sığ çanaklarda veya dalga etkinliğinin görelisi olarak düşük olduğu resif cephesinde rastlanır. Melobesia'ların diğer alglerden farkı dalga etkisine dayanıklı olmalarıdır. Dalga tabanı altında kalan kesimlerde alglerin büyümeleri ve dağılımları, akıntular tarafından denetlenebilir.

**Foraminiferler:** Bunlar geç Paleozoyikten günümüze kadar karbonat yığışlarının ve güncel tropikal resiflerin oluşumlarına çökel bağlayıcı ve sağlayıcı organizmalar olarak önemli düzeyde katkıda bulunmuşlardır (Bathurst, 1975; Heckel, 1974). Foraminiferlerin doğası ve dağılımları resifin farklı kuşaklarını belirler. Örneğin miliolidler ve peneropidler Kretase'den beri resif gerisi (self lagünü) ortamlarını karakterize ederler. Eosen nummulitleri resif kenarlarında ve resif önü sığlıklarında egemen olarak bulunurlar. Foraminiferlerin kabuk gibi sarıcı formları, resif önü ve resif gerisi ortamlarda, çökelleri bağlama işlevi görmektedir.

**Stromatoporoidler:** Bunlar da Paleozoyik'te, özellikle Siluriyen ve Devoniyen'de, mercanlar ile birlikte denizel karbonat yığışmalarını oluşturan temel organizmalardır (Wells,

1956). Çok değişik büyüme biçimleri nedeni ile bu dönemde hem çatıdokusu oluşturmuşlar, hem de bağlayıcı rol oynamışlardır. Mesozoyik'te ise stromatoporoidler, bazı scleractinian merca ve rudist resiflerinde çatıdokusu oluşturucu veya bağlayıcı olarak önem kazanmışlardır (Cloud, 1952).

**Süngerler:** Bunların büyük bir bölümü sert bir iskelete sahip, iri ve dikçe duran formlardır. Birkaç çeşidi ise kabuk gibi sarıcı özellik gösterir. Dik duran lithistidler Alt ve Orta Ordovisiyen denizel yığışmalarında stromatoporoidler yanısıra, çatıdokusu oluşturmuşlardır (Heckel, 1974). Bunlar silisli bir yapıya sahip olmalarına rağmen, bunların dikine büyüme özellikleri kabuk gibi sarıcı organizmalar için mükemmel bir ortam sağlamışlardır. Ancak Paleozoyik'te mercanlar ve stromatoporoidlerin maksimum gelişime ulaşmaları nedeni ile bu formların, yığışmaların oluşmasındaki rolü ikinci düzeyde kalmıştır.

Geç Paleozoyik, Triyas ve Jura yığışmalarında kireçli süngerler (calcispoges) çatıdokusu oluşturan organizmalar olarak yeniden önem kazanmışlardır. Bu tip yığışmalar, özellikle hermatiplik mercanlar ve mercanimsı alglerin gelişimi için yeterli ışığın bulunmadığı derin sularda gelişmişlerdir. Kabuk gibi sarıcı süngerler, Ordoviyosen'den Holosen'e dek yardımcı çatı bağlayıcı organizmalar olarak rol oynamışlardır.

**Bryozoalar:** Bu grup büyüme şekilleri, mercanimsı algler, stromatoporoidler ile çeşitli mercanların büyüme şekillerine benzer. Bununla beraber bryozoalar, güncel ve eski resiflerin oluşumunda ikinci derecede rol oynamış ve genellikle bağlayıcı olarak işlev yapmışlardır (Cuffey, 1972; Duncal, 1957).

Bryozoalar Paleozoyik'te, karbonat tümseklerinin oluşumunda mercanlar ve stromatoporoidler ile birlikte etkin olmuşlardır. Senozoyik'te ise, diğer resif oluşturuıcı organizmaların yaşamına elverişli olmayan, düşük düzeyde tuzluluk içeren acı sularda da (Ör. Sarmasiyen Denizi) yaşamlarını sürdürerek karbonat yığışmalarını oluşturabilmişlerdir.

**Serpulid kurtçukları:** Karbonat yığışmalarının oluşumlarında, çıkardıkları salgılar ile tüpler meydana getiren Polychaeteler önemli rol oynamışlardır. Serpulid kurtçukları genellikle yarı kurak iklimlerdeki tuzlu (hypersaline) ortamlara özgü formlardır. Tuzluluk değişimlerine karşı duyarlılık göstermezler (Daley, 1972).

**Mollusklar:** Yumuşakçalar karbonat yığışmalarına en az ölçüde katkı koyan yardımcı elemanlardır. Güncel sığ deniz resifal ortamlarında yalnız kırıntılı gereç üretirler. Bunlar, ortamın tuzluluk değişmelerine uygun göstermeleri nedeni ile, normal deniz ortamlarında olduğu gibi, acı su ortamlarında da bulunabilirler. Günümüzde molluskların ostrea grubu Karadeniz'in acı sularında yaygın karbonat yığışmalarını oluşturmaktadırlar.

Pelecypodların önemli bir grubu olan rudistler alt kapakları ile zemine tutunarak, iri formlar oluşturacak şekilde büyürler. Rudistler Kretase boyunca Meksika'dan Ortadoğu'ya ve Hindistan'a kadar uzanan ve içerisinde Tethys Okyanusu'nu da alan, tropikal sığ su resiflerinde yaygın çatı oluşturuıcıları olarak görev yapmışlardır. Rudistler tipik olarak sığ su bağlayıcı organizmalar ile birlikte (ör. kalkerli algler), resif komplekslerinin iç bölümlerinde yer alırlar. Ancak bunlar



scleractinian mercanlar ile birlikte resiflerin denize bakan kenarlarında egemen olarak bulunurlar (Newel, 1971).

**Brakiyopodlar:** Paleozoyik boyunca ve yerel olarak da Mesozoyik sırasında bazı brakiyopoda tipleri karbonat yığılımlarında yer almışlardır. Holosen'de ise bazı derin su yığılımları ve yerel olarak da sığ su resiflerindeki mercanların alt kısımlarında bol olarak bulunmuşlardır. Brakiyopodlar çoğunlukla resiflerde çökel üretici olarak işlev yapmışlardır.

**Ekinodermiler:** Cystoidler, blastoidler ve krinoidlerden oluşan saplı pelmatozoan ekinodermiler Ordovisiyen'den Triyas'a kadar uzanan zaman aralığında bol olarak bulunmuşlardır. Pelmatozoan ekinodermiler (krinoidler) Paleozoyik ve Triyas yığılımlarının kanat ve örtü katmanlarını oluşturmuşlardır.

Ekinodermiler gelgitarası (intertidal) kuşaktan derin denize kadar uzanan ortamlarda bulunurlar. Bir yere tutunarak yaşayan bazı ekinodermilere günümüzde ahermatip mercanlardan oluşan derin su yığılımlarında rastlanılmaktadır. Sapsız ekinodermiler ise, batı Pasifik'te yer alan sığ su resiflerinde bol olarak görülmektedir.

### ORGANİZMALARIN ORTAMSAL DAĞILIMLARI

Resif ve karbonat yığılımlarını oluşturan organizmaların ortamsal dağılımları çeşitli ekolojik ve biyolojik faktörler tarafından denetlenmektedir. Heckel (1974), resif oluşturuca organizmaları su derinliği, sıcaklığı ve tuzluluk oranı gibi üç temel faktörü gözeterek dört as ortam kapsamında ele alarak yorumlamıştır.

**1. Sığ denizel ortam:** Bu ortam sıcaklık kriteri gözetilerek, a) tropik ve subtropik denizlerin ılık sığ suları ile, b) ılıman ve kutup kuşakları denizlerinin soğuk sığ suları olmak üzere iki alt ortam kapsamında ele alınmıştır.

Başlıca hermatipik mercanlar, mercanımsı algler, kalkerli yeşil algler, foraminiferler ve mollusklardan oluşan klasik mercan resif topluluğu, tropik ve subtropikal bölgelerin ılık sığ denizlerinde yer alır. Bu alt ortamda mercanlar ve mercanımsı algler, hydrozoalar (ör. milleporalar), masif alcyonarian mercanlar ile birlikte bir çatı dokusu oluşturur. Resif topluluğu çok sayıda türler içeren zengin bir canlı yaşamı (biota) ile karakterize edilmektedir.

Kutup ve ılıman kuşak denizlerindeki sığ su yığılımları ise, egemen olarak mercanımsı alglerden oluşmaktadır. Mercanımsı alglerin yanısıra, bryozoa ve serpulidlerden oluşan sınırlı bir yaşam ortamı içermektedir.

**2. Derin deniz ortamı:** Bu ortamdaki karbonat yığılımları ahermatipik mercanlardan oluşmaktadır. Bunların yanısıra Stylasterid, hydrocorallinler ile diğer omurgasız gruplar yer alır. Bu ortamlarda kesinlikle alg tipleri ve hermatipik mercanlar görülmezler. Kutup bölgelerinde alglerin etkin büyüyebilme derinliğinin limiti yaklaşık olarak 55 m. ile 100 m. arasında yer alır. Bu limit ekvatorial kuşakta 60 m. ile 150 m. arasında değişmektedir.

**3. Sınırlı tuzluluğa sahip kıyı yakını ortamı:** Bu ortamdaki canlı yaşamı normal deniz ortamlarında göç eden ve büyük tuzluluk oynamalarına dayanıklı (eurohaline) organizmalardan oluşur. Bu ortamda türlerin sayısı normal deniz ortamına göre oldukça azalmıştır. Düşük tuzluluk oynamalarına dayanıklı denizel organizmalar (stenohaline) acı su veya aşırı tuzlu (hipersaline) ortamlarda yaşayamazlar.

Mercanlar, kalkerli hydrozoalar, ekinodermiler, kalkerli süngerler ve mercanımsı algleri ile yeşil alglerin pekçoğu büyük ölçüde tuzluluk oynamalarına karşı dayanıklı olmadıkları için bu ortamda yoğun olarak bulunmazlar.

Günümüzde bu tip ortamların sığ sularında sadece üç tip organizma topluluğunun bazı üyeleri karbonat yığılımları oluşturmaktadırlar. Bunlar: 1. Vermetid gastropodlar, 2. Ostrealar, 3. Serulid kurtçuklarıdır. Bunlardan resif oluşturan vermetid gastropodlar 25 ppt.den daha az tuzluluğa dayanıklı değildirler. Dolayısıyla bunların yaşam alanları, normal deniz tuzluluğuna yakın ortamlar ile sınırlıdır. Ostrealar ise, azçok acı su ortamlara dayanıklı olup, resif oluşturma etkinliğini, yıllık ortalama tuzluluk oranlarının 15-25 ppt. arasında değiştiği ortamlarda gerçekleştirir. Serpulid kurtçukları ise gelgit olayına bağlı olarak tuzluluk oranlarının çok daha sık değişkenlik gösterdiği ortamlarda yaşarlar.

**4. Karasal ortamlar:** Tatlı ve tuzlu su ile karakterize edilen karasal su kütlelerindeki karbonat yığılımlarında, egemen olarak mavi-yeşil algler oluşmaktadır. Bu algler aşırı tuzlu (hipersaline) lagünlerinde de stromatolitleri oluştururlar. Bu alglerin yanısıra charophytic yeşil algler, ostrakodlar gibi organizmalar da yer alır.

### GÜNCEL VE ESKİ RESİFLERİN DOĞASI VE EVRİMİ

Resifler bütünüyle fiziksel çökelinin bir ürünü olmaktan ziyade, geniş bir zaman aralığında yerel olarak büyüyen organizmalar topluluğudur. Ancak bu topluluklar jeolojik dönemler boyunca önemli ölçüde değişim göstermişlerdir. Bu neden ile herhangi bir zaman aralığındaki resif topluluğu, kendisinden birkaç milyon yıl genç veya yaşlı resif topluluğundan oldukça farklı bir yapı gösterebilir. Dolayısıyla resifal karbonatların yorumuna ilişkin yapılacak sentezde, güncel ve eski resif toplulukların arkasındaki benzerlik ve farklılıklar ile resiflerin jeolojik geçmiş boyunca geçirdikleri evrim de bilinmesi gerekli bir olgudur.

#### Güncel Resifler

Günümüz okyanuslarındaki resifler hakkındaki bilgiler, genellikle Florida Şelfi, Bahama platformu, Karayibler Denizi ve İndo - Pasifik Okyanusu'nun ılık sığ sularında yer alan mercan-alg resiflerinin (coralgal reefs) incelenmesi sonucu elde edilmiştir. Güncel resifler çok farklı özelliklere sahip olup büyük ölçüde Pleyistosen deniz düzeyi oynamalarından etkilenmiştir (Milliman ve Emery, 1968; MacNeil ve diğ. 1978). Bu resifler konumları, morfolojileri, boyutları, biyolojik özellikleri, evrimleri ve kendilerini çevreleyen su kütesinin derinliği gibi kriterler gözetilerek çeşitli tiplere ayrılmışlardır. Bunlar Darwin'in (1842) resiflerin kökeni/evrimi kuramından kalkarak önerdiği sınıflama sistemi esas alınarak üç ana tip altında toplanmaktadır: 1. Saçak resifleri (fringing reefs). 2. Sed resifleri (barrier reefs). 3. Atoller. Boyutları, konumları ve morfolojik özellikleri bakımından asıl resif tipleri dışında ele alınmakla birlikte yama resifleri de (patch reefs), diğerleri yanında çok önemli yer tutar. Ancak jeolojik geçmişin kayıtlarında saptanan resifler ve karbonat yığılımları, çok daha geniş kapsamlı bir yaklaşımla ele alınmaktadır (Heckel, 1974; Wilson 1974). Bu nedenle güncel resifler kapsamında, deniz tabanı üzerinde yükselen mercan-alg resifleri yanısıra, diğer iskeletli karbonat



yığılımları da gözetilmektedir (James, 1983). Bu bölümde, mercan-alg resifleri ile karakterize edilen saçak, sed, yama resifleri ve atollerin yanısıra, büyük bir kısmı alglerden oluşan sığ su resifleri, dallanan mercan ve alglerden veya çoğunlukla kireç çamuru ve mercan yığılımlarından oluşan banklar ve çamur/resif tümsekleri (mud/reef mounds) ile derin sulara ilişkin iskelitle çökeller birlikte ele alınacaktır. Resiflerin ve resif tümseklerinin karbonat platformlarındaki dağılımları şekil - 9'da gösterilmiştir.

Güncel resifler karakteristik olarak hermatipik mercanlar ve kalkerli algler tarafından oluşturulmaktadır. Bu resifler en yaygın, tektonik olarak duraylı (pasif kıta kenarı) şelflerin ve platformların rüzgara açık taraflarında bulunur. Buralarda rüzgar ve deniz kabarmaları devamlılık sunmakta ve karaya doğru gelişim göstermektedir. Eski (fosil) resiflerin pekçoğunda da görülen asimetrik yapı bu durumun jeolojik geçmişte de geçerli olduğunu doğrulamaktadır. Resiflerin böylesine bir seçimli gelişim göstermelerinin nedeni, henüz yeterince açıklığa kavuşturulamamıştır. Ancak sedimantasyonun bu gelişimde önemli rol oynadığı düşünülmektedir. (James, 1983). Sığ su resiflerini oluşturan organizmalar karakteristik olarak bol miktarda ince taneli çökel üretirler. Ancak resif oluşturuca organizmaların büyük bir bölümü de (ör. Mercanlar besinlerini deniz suyundan süzerek aldıkları için (filter feeders) ince taneli çökellerin varlığına aşırı duyarlıdır. Açık okyanusların rüzgara bakan tarafları ise görelî olarak yüksek enerjili koşulları nedeni ile ince taneli gercin devamlı olarak aşınıp götürüldüğü ve dolayısıyla resif yaşamı için gerekli olan duru ve berrak su koşullarının sağlandığı elverişli ortamlardır. Ayrıca bu ortamlar serbest su dolaşımı nedeni ile besleyiciler bakımından da çok zengindir.

**Saçak Resifleri:** Işık, sıcaklık, oksijen ve besin yeterliliği bakımından elverişli koşulların sağlandığı kıyılarda gelişen resiflerdir. Kıyı resifleri olarak da bilinen bu resifler, şelf alanının dar olduğu koşullarda, resif gelişiminin kıyıya doğru ilerlemesi ve giderek kıyıya yaklaşması sonucunda da oluşurlar. Genel olarak tropikal denizlerdeki volkan adaları ile kayalık adaların kıyıları boyunca gelişirler. Bu tür kıyılar, deniz sularının sağladığı oksijen, besleyici tuzları ve besin maddeleri bakımından zenginlik gösterirler. Bu kıyılara açılan akarsu sistemleri normal deniz tuzluluğunu değiştirecek miktarlarda tatlı su girdisi sağlayamazlar. Ayrıca bu sistemlerin getirdikleri karasal gercin miktarı da çok sınırlıdır.

Saçak resifleri kıyıların dikçe eğimli denizaltı yamaçları ile devam ettiği koşullarda dar kuşaklar olarak gelişir. Batık deniz şekillerinin veya platformların devamlı olarak gelişen düşük eğimli kıyılarında ise saçak resifleri geniş bir kuşak oluştururlar. Günümüzdeki tropikal denizlerin pekçoğunun kıyıları boyunca geniş bir gelgit arası platformu bulunmaktadır. Bu platform kısmen veya tümüyle, mercanlar ve diğer resifal organizmalar ile kaplıdır. Saçak resiflerinin bulunduğu kıyılarda yapılan sondajlar, bu tip resiflerin çok ince olarak geliştiklerini ortaya koymuştur. Kalın saçak resifleri, kıyının yavaş bir şekilde subsidansa uğradığı koşullarda gelişebilir (Ladd, 1977).

Saçak resifleri, resif gelişimine ilişkin elverişli koşulların yeterince bulunmadığı delta ve diğer çökeltme ortamlarının kıyılarında da ender olarak yamalar biçiminde gelişmiş olduğu görülmüştür (Kazancı ve Varol, 1990). Resifal mercanların

pekçoğu ince taneli gercin yoğun olarak bulunduğu çamurlu sulara karşı çok duyarlıdır ve bu tür sularda yaşamlarını sürdüremezler. Ancak Porites gibi mercanların bazı cinsleri bu tür sulara uyum sağlamışlardır.

Saçak resiflerinin günümüzdeki en güzel örneği yaklaşık 4000 km. uzunluğundaki Kızıldeniz kıyıları boyunca görülür. Bu kıyı kuşağı bir akarsu sisteminden yoksundur ve aşırı kurak iklim koşullarına sahiptirler (Gvirtzman ve diğ., 1977).

**Sed Resifleri:** Kıyıya doğru ilerleyen dalgaların ve deniz kabarmalarının yer aldığı kuşakta gelişen ve karadan durgun bir su kütlesi ile ayrılan (şelf lagünü) çizgisel uzanımlı resiflerdir (Şekil - 9). Adlarını yükek enerjili açık deniz koşullarını doğal dalgakıran işlevi yaparak engellemelerinden dolayı alan bu resifler, çoğu yerde platform kenarlarına yakın alanlarda gelişmişlerdir (Ginsburg ve James, 1974).

Günümüzdeki en büyük sed resifi Queensland (Avustralya) kıta şelfinde gelişmiş bulunmaktadır (Maxwell, 1968). Büyük Sed Resifi (Great Barrier Reef) olarak bilinen bu resif kuşağı 13-320 km. arasında değişen bir genişliğe sahiptir ve uzunluğu yaklaşık 2000 km. dir. Onlarca kilometrelik bir lagün ile karadan ayrılan bu kuşak irili ufaklı 2500 resiften oluşmaktadır. Resif ortamındaki su sıcaklığı mevsimsel olarak 21-29°C arasında değişir. Deniz suyu tuzluluğu ise ‰ 37,4 tür. Büyük Sed Resifi egemen olarak mercanlardan oluşmuştur. Bu özelliği ile diğer bölgelerde gelişmiş bulunan alg-mercan resiflerinden büyük ölçüde ayrılır. Mercanimsi algler, mollusklar, foramlar, ekinitler ve bryozoalar bu resifin gelişiminde ikinci derecede rol oynamışlardır. Mercan ve hidrozoalardan oluşan ana çatı, kalkerli algler, kırmızı algler ve bryozoalar tarafından bağlanarak örülmüştür (Hill, 1974).

**Atoller:** Açık okyanusların sığ sularında çember veya atnalı biçiminde gelişmiş mercan resifleridir. Okyanus resifleri olarak da bilinen atoller deniz düzeyinde veya deniz düzeyine yakın bir ortamda gelişirler. Dairemsi bir plana sahip atollerin iç kısımlarında bir lagün yer almaktadır (Stoddart, 1965). Atollerin rüzgara dönük kenarlarında kalkerli alglerden oluşan, dalgaya dayanıklı bir sırt yer alır. Atollerin rüzgarlardan korunmuş kenarlarında ise bu sırt gelişiminin yerini mercan ve alg molozlarından meydana gelen çökeller almıştır. Bu çökeller yanal olarak foramlı kireç çamurları ile karakterize edilen lagün çökelleri ile geçişlidir (Braithwaite, 1973).

Derin deniz ortamında da atollerin varlığı bilinmektedir (Ladd, 1977). Bu atoller derin deniz volkanizması ile oluşan volkanik adalar üzerinde yer almaktadır. Bunların en güzel örnekleri Pasifik Okyanusu'nda görülmektedir. Bu atollerin resif kenarları, iri scleractinian mercanlar ve kabuk gibi sarıcı mercanimsi algler tarafından oluşturulmuştur. Rüzgara bakan yamaçlarında ise kırmızı algler, mercanları ve resif arası/içi kanalları tamamen örten bir basamak şeklinde gelişim göstermişlerdir. Bu basamak okyanus dalgalarının tüm gücünü sönmülemektedir. Alcyonoriaların bir masif tipi olan Heliopora'lar bu basamağın gerisinde çapları 0,7-1 m arasında değişen yarı dairemsi görünümlü mikro atoller oluşturmuştur. Bu basamağın çevresinde kaba taneli resif kireçtaşlarından ve resif kafalarından oluşan masif molozu yer almaktadır (Ladd, 1950).

Atollerin lagün tabanı Halimeda ve foramlar ile kaplıdır. Foramların çoğu bir yere tutunarak yaşayan formlar olup, atolleri oluşturan malzemeyi kabuk gibi sararak bağlayıcı rol

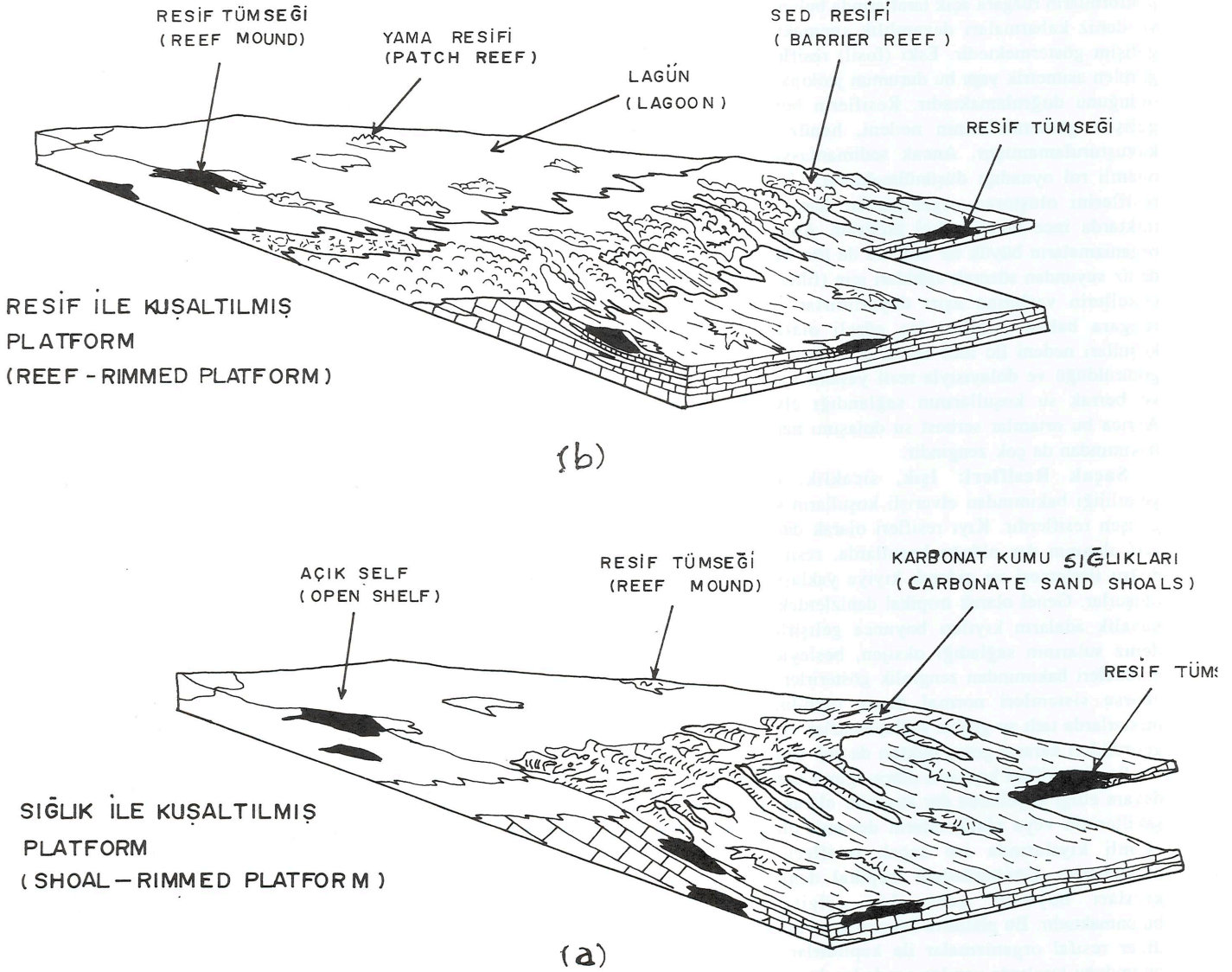


oyunmuşlardır. Atollerin en uç bölümünü oluşturan dış kenarları resif molozundan oluşmuş 35-40 derece eğimli yamaçlar ile karakterize edilmektedir. Resif molozu yeşil alg, foram, mercan, mollusk, bryozoa ve sünger iskeletlerinden oluşan ince ve kaba taneli gereçten meydana gelmiştir. Resif molozunun daha derince su kesiminde brakiyopoda ve ahermatip mercan parçaları da bulunmaktadır (Emery ve diğ., 1954).

Atlantik Okyanusu'nun Alacron Resifi'nde benzer bir atol yapısı görülmektedir. Bu resifte scleractinian mercanlar, yeşil algler (Halimeda), mollusklar ve foramlar baskın olarak bulunmaktadır. Burada kırmızı alglere de rastlanılmakla

beraber, bunlar İndo-Pasifik Okyanusu'ndaki örneklere göre daha ikincil düzeyde almaktadır. Bu algler mercanları kabuk gibi sarmakta ve tutturulmamış molozları birbirine bağlamaktadır (Kornicker ve Boyd, 1962).

**Yama Resifleri:** Fırtına dalgalarının ve açık okyanus kabarmalarının sed resifleri tarafından engellenmeleri nedeni ile, sed resifleri ile kara arasında durgun bir su kütlesi yer almaktadır. Şelf lagünü olarak adlandırılan bu ortamdaki su kütlesi ancak rüzgar dalgaları gelgit akıntıları ve ender olarak görülen siklonik fırtınalar tarafından etkilenir. Bu ortama özgü resifler genellikle birbirlerinden ayrı olarak gelişen, küçük boyutlu dairesel yapıdadır (Maikem ve diğ., 1970; Garret



Şekil 9. Resifler veya karbonat kumu sığlıkları ile kuşatılmış karbonat şelfi/platformundaki sed ve yama resifleri ile resif tümseklerinin konumları. Yalnızca narin dallı ve kabuk bağlayıcı organizmaların geliştiği jeolojik dönemlerde resif tümsekleri gelişmiştir. Bu tümsekler platform önünde uzanan yamacın derince su kesiminde veya platform gerisindeki durgun su ortamlarında bulunmaktadır (a). Resif oluşturucu iskeletsel metazoaların yaygınlaştığı jeolojik dönemlerde sed resifleri platform kenarı boyunca gelişmiştir. Platform gerisindeki durgun su ortamında ise yama resifleri yer almaktadır (b). (James, 1983).



ve diğ., 1971; James, 1983). Genelde yama resifleri olarak bilinen bu resifler, şekil ve boyutlarına göre masa resifleri (table reefs), sütun resifleri (pinnacle reefs) ve tepe resifler (knoll reefs) gibi çeşitli adlar altında tanımlanmışlardır (Şekil-3).

Yama resiflerine ilişkin tanımlamalar çoğunlukla Bermuda Platformundaki yama resifleri örneklerinin çalışılması üzerine kuruludur (Garret ve diğ., 1971). Buradaki yama resiflerinin en küçük elemanları mercan kafalarıdır (coral knobs). Bunlar kumlu deniz tabanı üzerinde mercanlar, algler ve bunlara ilişkin organizmaların içiçe büyümeleri ile oluşmuş ve enleri 5 m. kadar olan, yükseklikleri ise 1-3 m. arasında değişen küçük ölçekli topluluklardır (Şekil - 3). Daha büyükçe resifler ise mercan kafalarının bir araya gelmeleri ile oluşmuşlardır. Bu resifler, genel olarak tekdüze bir iç yapıya sahip olup derinliği birkaç metre ile 20 m. yi geçmeyen sulara bulunur. Bunlardan tepe resifleri daha derince bir su ortamında gelişmişlerdir. Yama resifleri sivrice uçlu sütunlardan, kum tabanlı küçük bir lagünü çevreleyen mikro atollere değin değişen şekillere sahiptir.

Yama resiflerinde mercanlar hacim olarak masif resif kütesinin yüzde kırk ile seksenini oluşturur. Bu resiflerin büyük bir bölümü çoğunlukla *Diploria*, *Montastraea* gibi kubbemsi veya masif biçimli mercanlardan oluşmaktadır. *Montastraea*, *Diploria* ve ***Porites astreoides*** özellikle resifin üst kısımlarında çıkıntı olarak gelişen mercan kafalarında egemen olarak bulunmaktadır. Kabuk gibi sarıcı ve yassı (bladed) hydrozoalardan olan *Millepora* resif üzerindeki düzlüklerde yer alır. *Oculina* ve *Madracis dedectis* gibi dallı mercanlar ise resif yüzünün tabanına yakın yerlerde gelişirler. İnce ve tabak biçimli bir mercan olan ***Agaricia fragilis***, resifin yanlara doğru taşan bölümlerinin altında; yassı kubbemsi mercanlardan olan *Siderastraea* ve *Isophyllia* ise mercan kafalarının tabanlarına yakın yerlerde bulunurlar.

Yama resiflerinin üzerinde geliştikleri kaya yüzeyinin büyük bir bölümü ise mercanimsi algler tarafından kaplanır. Bunlar aynı zamanda resif üzerindeki ölü mercan ve iskelet parçalarını da kabuk gibi sararak örterler. Yama resiflerinde kabuk gibi sarıcı özellikleri olan ektoprakt (ectoproct) bryozoaları ile *Chama*, *Pseudochama* ve *Spondylus* gibi iki kapaklı organizmalara da rastlanır. Yelpaze biçimli algler (flabelliform) ve yumuşak mercanlar resif yüzeyini çatı gibi kaplayarak gelişirler. En çok bulunan algler *Sargassum* ve *Dictyota*'dır. Ancak bunların kalkerli sert bölümlerinin bulunmaması nedeni ile jeolojik bakımdan herhangi bir önemleri yoktur. Burada bulunan çalı görünümlü diğer algler (*Styopodium*, *Galaxaura*, *Padina*, *Udatea* ve *Neomeris*) ince taneli çökellerin oluşmasına neden olur. *Goniolithon*, *Amphiroa* ve özellikle *Halimeda* gibi dallı bir yapıya sahip olan algler ise bol miktarda kum boyutu gereç oluşturur. Yumuşak mercanlardan *Gorgonia* ve *Plexaurella* ise ince kum boyutlu kalkerli spiküllerin oluşmasını sağlar. Resiften kopan her kayaç parçasında oyucu organizmalara rastlamak mümkündür. Bunlar arasında en yaygın bulunanlar kaya oyucu mollusklardan olan *Lithophaga*- *Nigra* ve *Spengleria rostrata*, polychaete kurtçukların çeşitli türleri, endolitik algler, *Cliona* ve *Siphonodctyon* gibi oyucu süngerlerdir.

Mercanların doğası, oyucu organizmaların işlevleri ve kabuk gibi sarıcı organizmaların düzensiz aşırı büyümeleri

nedeni ile resiflerin içerisinde boşluklar bulunur. Bu boşluklar resif kütesinin yüzde 30-50'lik bir bölümünü oluşturur (Garret ve diğ., 1971). Büyükçe olan boşluklar (büyüme boşlukları) çoğunlukla mercanların biyolojik gelişmesine bağlıdır. Bu boşluklarda belirgin organizma toplulukları yaşar. Örneğin resifin dış bölümüne yakın yerlerdeki boşlukların duvarları iki kapaklılardan ***Spondylus americanus***, ektoprakt bryozoalar, serpulid türleri ve bir kırmızı foraminifer olan ***Homotrema rubrum*** ile kaplıdır. Resifin karanlık iç bölümlerindeki boşlukların duvarında ise canlı organizmaların varlığı yok denecek kadar az bir düzeye inmiştir. Resif tepesindeki çökeller, bileşenlerini mercanlar, mercanimsi algler, resife yapışık olarak yaşayan *Homotrema*, kalkerli bir alg olan *Halimeda* ile ikikapaklıların oluşturduğu kaba ve çok kaba boyutlu çakıllar ile kumlardır (James, 1983). İri parçaların herbiri kaya içi yaşamına uyum sağlamış algler (endolithic algae) tarafından oluşturulmuş ve mercanimsi algler, ektoprakt bryozoalar ve *Homotrema* tarafından kabuk gibi sarılmıştır. Resif kumlarının bir kısmı ise resif yüzüne taşınarak şelf lagününe doğru geçiş yapan dikçe yamaçlı bir çökel kütesi oluşturmaktadır. Bu çökellerin tane boyu yamaç aşağı yönde ve lagüne doğru giderek azalmaktadır. İnce taneli çökeller ise ya resif içerisindeki boşluklara sızarak çökeler veya dalga hareketleri ile yıkanarak resif çevresinde ince taneli çökellerden meydana gelen bir kuşak oluşturur. Bermuda Platformundaki yama resiflerini oluşturan mercanların ve mercanimsi alglerin resifteki dağılımları az çok tek düzedir. Diğer bölgelerdeki resifler de ise organizmaların belirli kuşaklar boyunca toplanması söz konusudur. Bu düzen en basit şekli ile mercanların resifin bir tarafında (ör. rüzgara bakan tarafı) daha fazla büyümeleri şeklinde kendini gösterir. Belize sel ve atol resifleri komplekslerindeki yama resifleri bunun iyi bir örneğidir.

Yama resiflerinde oluşan kireçtaşları mercanlı çatıtaşı ve mercanlı bağlamtaşından oluşur. Bunların boşlukları jeopetal iskeletli vaketaşı veya bazende istifataşı ile doldurulmuştur. Bu resiflerin çevrelerinde başlıca yeşil ve kırmızı alglerden, foram ve mercanlardan oluşan çomaktaşları ve tanetaşları bulunur. Bu karbonatlar resif ötesine doğru, giderek kireç çamurunun daha baskın olduğu iyi katmanlı karbonatlara geçiş yapar. Jeolojik geçmişe ait örneklerde ise alglerin yerini krinoid iskelet parçaları almıştır.

**Dallı Mercanlı ve Algli Kıyııçi Bankları:** Bu resifler Bahama Karbonat Platformu'nun "Florida Keys" olarak bilinen yakın kıyı kuşağı boyunca banklar dizisi olarak uzanır. Kalkerli algler ve dallı mercan kolonileri ile karakterize edilen bu bankların uzunlukları 3 km. yi, genişlikleri ise 1 km. yi bulmaktadır. Bu banklar Florida Resif sistemine paralel uzanır. Bunların deniz tabanından yükseklikleri ise en fazla 4 m. olup, düşük gel dönemlerinde su üzerinde yer alır. Bunlar, okyanus kabarmalarından çeşitli resifler ve sığıklar ile korunur, fakat kuzeydoğudan esen rüzgarların neden olduğu dalgalar tarafından etkilenir (James, 1983).

Bankların hepsi belirgin bir kuşak yapısı gösterir. Bunların rüzgara dönük kenarları parmak biçimli dallı mercanlar (***Porites porites*** var. ***divericata***) ve ince dal biçimli mercanimsi algler (***Goniolithon stictum***) kuşağıdır. Bankların üstü, deniz çayları (başlıca ***Thalassia tastudinum***), kalkerli yeşil algler (*Halimeda*, *Acetabularia*),



ikikapaklılar ve oyucu krustaseler içerir. Bankların çevresindeki sularda ise, benzer toplulukların yamsıra, pekçok sayıda ekinoidler ve büyük süngerler bulunur.

Bankların oluşumunu denetleyen organizmaların çoğu dallı ve parçalı (segmented) alg ve mercanlardır. Bunlar çökme sırasında mercan ve alg çatısının varlığına ilişkin herhangi bir iz bırakmayacak düzeyde küçük parçalara ayrışır.

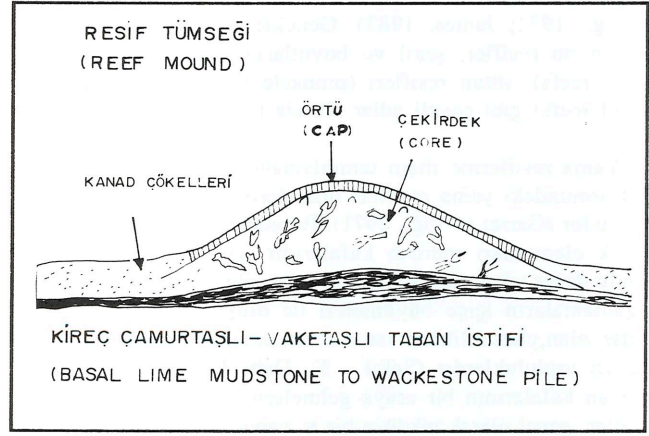
Bankların pekçoğunun karmaşık bir iç yapısı vardır. Örneğin, erken Holosen yaşlı bazı çamur bankı çekirdekleri üzerinde mercan ve alg çökellerinden oluşan 2-3 m.li bir yaygı bulunurken diğerlerinde bu durum görülmez. Bu banklardan yapılan karotlar, bankların rüzgara dönük kenarlarının, dallı mercanlar içeren yüztaş ile çomaktaşı arasında değişen litolojilerden oluştuğu görülmüştür. Bu litolojilerin matriksi Halimeda ve Goniolithon (dallı kırmızı alg) içeren tanetaşı ile istiftaşından oluşmaktadır. Bank yüzeyinin altındaki çökeller, Halimeda ve/veya Goniolithon ve ikikapaklılar içeren hayvan eşeleme izli pakettaş ile vaketaşından oluşmaktadır.

**Çizgisel Çamur Bankları:** Florida ve Belize körfezinin kuzeyindeki denizlerin tabanlarında kalınlığı 4 m. ye ulaşan kireç çamuru (lime-mud) birikimlerinin varlığı saptanmıştır (Turmel ve Swanson, 1976; Enos ve Perkins, 1979). Florida körfezi, yarı çizgisel uzanımına sahip sığ çamur bankları nedeni ile göl görünümüne sahip parçalara ayrılmıştır. Bu bölümlerin tabanları, Pleystosen yaşlı temelin üzerine bir yaygı olarak gelen, hayvan eşelemeli çamur ve/veya yıkanmış mollusk kavkı kabuklarından oluşan bir katman ile örtülmüştür.

Bankların üstü düşük gelgit döneminde deniz suyu seviyesinin üstüne kalmaktadır. Kalın bir deniz çayırı (Thalassia testudinum) örtüsü ile kaplanmış bu banklar, yer yer gelgit kanalları ile de ayrılmıştır. Etkin kış fırtınalarına açık bankların rüzgara dönük tarafları ile dulda kalan kenarları farklılıklar gösterir. Bunların rüzgara bakan tarafları, iskelet kalıntıları ile kaplı, dikçe eğimli yamaçlardan oluşmaktadır. Diğer kenarları ise çamurlu çökeller üzerinde gelişmiş kalınca bir deniz çayırı örtüsü ile kaplı düşük eğimli yamaçlar ile karakterize edilmektedir. Bankların çevresine göre daha yüksekçe bir rölyefe sahip kısımları, ripillar ile bezenmiş pelletli çamur çökelleri ile kaplıdır. Bu yerler, çamur banklarının özellikle dulda tarafında gelişmiş bulunan kıyı dillerinin üzerinde yer almaktadır.

Çamur banklarını oluşturan çökellerin pekçoğunu, iskelet parçalarından/kırıntularından oluşan vaketaşı oluşturur. Bu çökellerin katmanlanmaya ilişkin sedimanter yapıları, hayvan eşelemesi ve deniz çayırının (Thalassia) kökleri tarafından bozulmuştur.

**Resif Tümsekleri:** Resif gelişiminin tüm aşamalarını göstermeyen, yayvan ve eğimleri 40 dereceye varan kubbe görünümüne sahiptir (Wilson, 1974; James 1983). Bunlar kötü boyanmalı biyoklastik kireç çamurlarından oluşmaktadır. Resif tümsekleri durgun su ortamlarında gelişmiştir. Bunların özellikle üç konumda geliştikleri gözlenmektedir: 1. Düşük eğimli platform kenarlarının yamaç aşağı bölümleri, 2. Derin havzalar, 3. Sakin resif lagünleri (şelf lagünleri) ile geniş şelf alanları. Resif tümsekleri; resif tümseği çekirdeği ve resif tümseği kanadı fasiyesleri olmak üzere (Şekil - 10) iki temel fasiyes kapsamında ele alınmaktadır (Wilson, 1975; James, 1979, 1983)



Şekil 10. Bir resif tümseğine ilişkin fasiyesler (James, 1983).

**1. Resif tümseği çekirdeği fasiyesi:** Bu fasiyes üç evreden oluşur: 1. Evre, tabanda kireç çamurtaşı ve vaketaşından oluşan yığılım, biyoklastik moloz içeren çamurlu çökeller ile karakterize edilir. Ancak engel oluşturucu veya bağlayıcı organizmaların izleri görülmez. 2. Evre, kireççamurtaşı veya engeltaşı ile karakterize edilen kalın bir çekirdek içerir. Bu çekirdeğin içerisinde, yukarı doğru büyüme gösteren narin yapıdan, dendroid yapıya değin değişiklikler sunan formlar yer alır. Kireçtaşı, kısmi erken taşlaşma suyunu yitirmede (dewatering) ve göçmeler nedeni ile breşik bir karakter kazanmıştır. Bu evre, her jeolojik dönemde kendine özgü bir fauna içerir. Örneğin Alt Kambriyen'de archaeocyathalar; Orta-Üst Ordovisiyen, Siluriyen ve Erken Karbonifer'de bryozoalar; Geç Karbonifer ve Erken Permian'de tablamsı alglar; Geç Triyas'da iri, ağaç dalları gibi yukarı doğru açılan mercanlar (fasciulate); Geç Jura'da silis spiküllü süngerler ve Kretase'de ise rudistler bulunur. 3. Evre, tümseğin üzerine tamamen ince bir örtü şeklinde saran birim ile karakterize edilmektedir. Bu birim kabuk gibi sarıcı veya lameller, nadiren de domsu veya yarı küresel formlardan oluşur. Bu örtü, yıkanmış (winnowed) kireç kumlarından oluşan ince bir kat olarak da bulunabilir.

**2. Resif tümseği kanadı fasiyesi:** Bu fasiyes çoğunlukla iyi katmanlanma gösteren karbonatlar ile karakterize edilir. Bu karbonatlar archaeocyatha, pelmatozoa, fenestre bryozoa, küçük rudist, dendroid mercan, stromatoporoid, dallanan kırmızı alg, tabuler foraminifer molozları ile kısmen de taşlanmış kireç çamuru parçaları içerir. Hacim olarak kanat fasiyesi yatakları çekirdeğin kendisinden daha küçük olabilir ve çekirdeği tamamen kaplayarak örtebilir.

Tekli olarak bulunan resif tümseklerinin pekçoğunda çekirdek bölümleri masif karbonatlarından oluşmaktadır. Ancak bazı durumlarda özellikle stratigrafik resif tümseklerinde, çekirdek heterojen bir yapı sunar ve yastık biçimli karbonat yığılımları oluşturur. Bu tümseklerin enleri ve kalınlıkları çoğunlukla 0.5 m. ile 1 m. arasında değişir.

**Platform Kenarı Resifleri:** Platform kenarı boyunca yer alan resifler, hemen hemen kesiksiz bir şekilde uzanarak engel oluşturan sed resiflerinden düzensiz bir şekilde ve birbirlerinden kopuk olarak gelişmiş mercan kümelerine kadar uzanan bir çeşitlilik gösterirler (Wilson, 1974 ve 1975).



Örneğin Bermuda gibi bazı yerlerde platform kenarındaki su derinliği 5 m. veya daha fazladır. Burada deniz tabanı, geniş alanlarda yayılım gösteren ve başlıca masif yarıküresel mercanlardan oluşan, mercan kolonileri ile kaplıdır. Bu mercan kolonilerinin üzerinde, deniz düzeyine değin uzanan algli kupa resifleri (algal cup reefs) gelişmiştir.

Havadan izlenildiklerinde, platform kenarı resiflerin çoğunlukla canlı resif kompleksleri ve bunlara ilişkin çökellerle birlikte gerçek sed resiflerini oluşturdukları görülür.

**Algli kupa resifleri:** Yüksekliği 10 m. ye varan ve çapları birkaç on metreyi bulan kupa biçimli resifler Bermuda, Yucatan, Brezilya platformlarında görülmektedir. Adalar, şelfler ve platform kenarlarındaki eğimlerin, belirli ölçüde kırıldığı yamaçların denize bakan taraflarında yer alır.

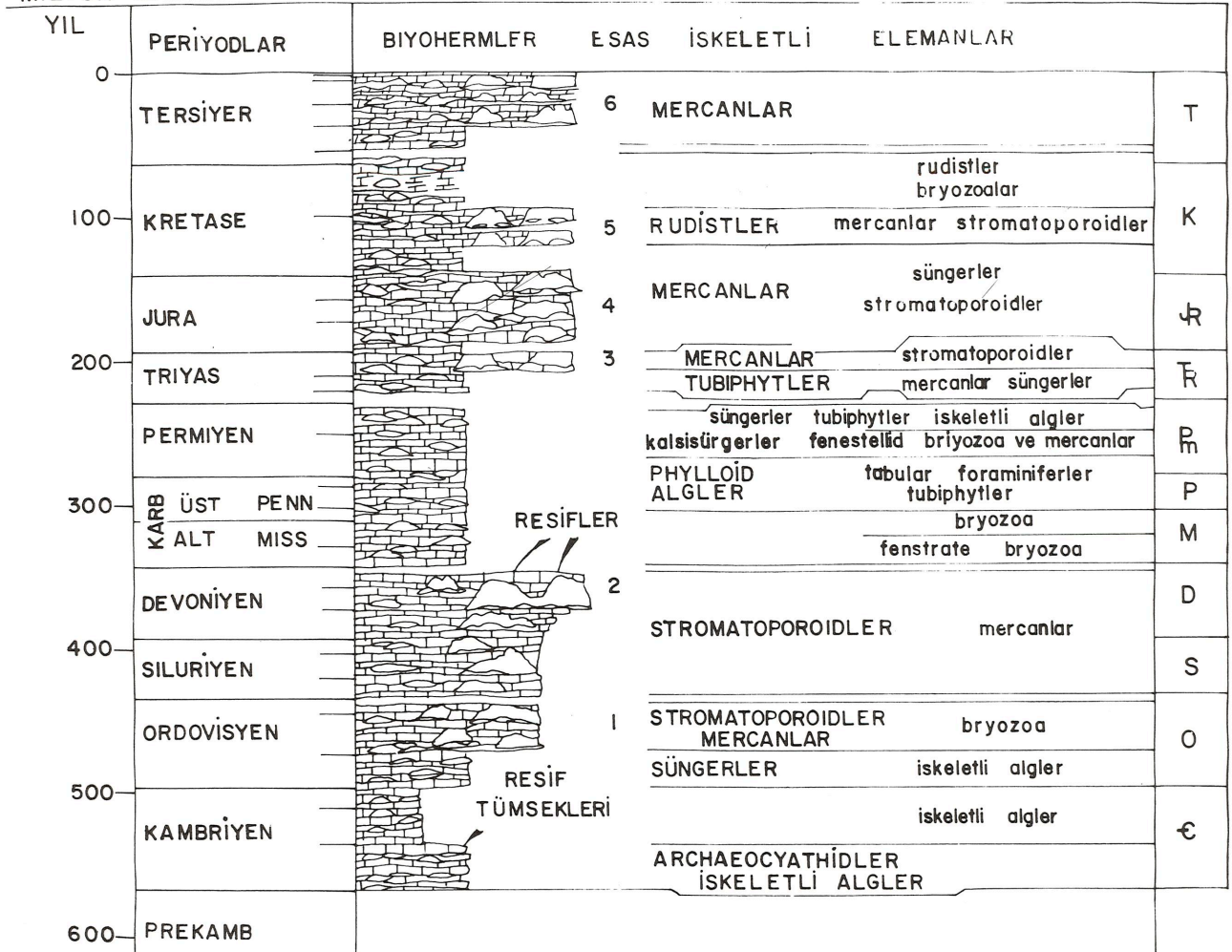
Bunların en iyi örnekleri Bermuda'da (Ginsburg ve Schroder, 1973) görülmüştür. Kupa biçimli bu resiflerin çemberimsi, elipsoidal veya ay şeklindedir. Tüm bu kupa resif örnekleri orta bölümde yer alan bir çukurluğu çevreleyen ve eğimleri içe doğru olan, yüksekçe bir kenara sahiptir. Kupa resiflerinin orta bölümündeki bu çukurluk, genellikle birkaç metre derinliğe (çoğunlukla 5 m.) ulaşan bir mikro-lagün görünümündedir (Iams, 1970) ve yüksekçe kenar ise düşük gel

aşamasında bile su altında kalmaktadır. Bu resifler pekçoğunun tabanlarına yakın yerlerde kum kaplı bir çöküntü alanı ile çok sayıda oluklar vardır. Bu olukların yarıçapları bir metreden fazladır ve oluklar ve kum kaplı tabandan resifin içlerine değin uzanırlar.

Bu kupa resiflerinin su altı yüzeylerinde organizma büyümlerinin yetersiz olduğu görülmüştür. Bu kısımlarda çoğu kez dışı doğru birkaç cm. lik tümsekler şeklinde taşan, sarı, kahverenkli Milleporaların yaygın biçimde büyümleri görülür. Nadiren küçük boyutlu, kabuk yapıcı ve kubbe biçimli mercanlar (*Diploria*, *Porites astreoides*) ile çalı gibi büyüme gösteren kahverengi algler (*Stypopodium*, *Sargassum*) görülür. Resif, seyrek bir şekilde organizmalarca sarılmış masif kireçtaşı görünümündedir. Kupa resifleri bütünüyle kabuklu mercanimsi algler (*Crustose coralline algae*) ve içerisinde çok sayıda vermetid gastropodları (*Dendropoma irregularis*) bulunan Milleporalardan oluşmaktadır.

**Derin Su Karbonat Yığılımları:** Deniz tabanının doğrudan gözlenmesi, deniz tabanı çökellerinin irdelenmesi ve sismik araştırmalar sonucu elde edilen veriler, Florida Körfezinin boğazlar kesiminde (Florida Straits), uzunlukları 100 m. ye kalınlıkları ise 50 m. ye varan yumurta biçimli

### MİLYON ZAMAN



Şekil 11. Resiflerin ve resif tümseklerinin jeolojik geçmiş boyunca evrimi (James, 1983.)



(elongate) tümseklerin varlığını ortaya koymaktadır. Bu tümsekler deniz yüzeyinden 500-600 m. derinlikte yer almaktadır (Neuman, Kofoed ve Keller, 1971). Tümsekler yüzeyleri sertleşmiş, konsantrik kabukları ile karakterize edilen ve çamurdan kumluya kadar uzanan çökellerden oluşmuştur. Çökeller deniz altında lithifikasyona uğramışlar, bu özellikleri nedeni ile de bazı araştırmacılar tarafından kayaç resifleri (lithoherms) olarak adlandırılmışlardır. Bu tümsekler, pelajik foramlar ve pteropodalar içeren iskelet kırıntılı çamurlu kumlardan oluşur ve rıplı ince bir çökel yaygısı ile kaplı sert zeminler (hardground) den oluşan düz deniztabanı üzerinde yer alır. Saplı krinoidler burada en yaygın olarak bulunan biyotadır. Bu krinoidler, hızları 2-7 cm/sn. olan dip akıntılarına göre yönelim kazanmışlardır.

Tümseklerin dikçe eğimli yanları, düzgün kenarları ve düzensiz üst yüzeyleri vardır. Tümseğin en yüksek bölümünü oluşturan doruk kısmında sapsız krinoidler, dallı ahermatip mercanlar, süngerler ve alcyonarialar ile karakterize edilen derin su ortamı organizmalar topluluğu yer almaktadır.

Tümseklerin yüzey bölümlerine yer alan çimentolanma nedeni ile iyi tutturulmuş çökeller iç bölümlere doğru, giderek daha az tutturulmuş bir karakter kazanmaktadır. Çökellerin çimento malzemesi Mg-kalsit mikritten oluşmaktadır. Tümsekleri oluşturan kayaçlar çamur destekli ve/veya tane destekli yapıya sahip olup mercanlı biyomikritler ile pelajik foramalı, pteropodalı biyomikritler ve biyopel mikritlerden oluşan kireçtaşlarıdır. Ayrıca çökellerde mikropelletler yaygındır. Kireçtaşlarında ise manganez lekeleri, jeopetal dolguları ve özellikle süngerlerin neden olduğu yapılar gözlenmektedir.

Ayrıca koloni halinde yaşayan ahermatip mercan toplulukları da derin sularda karbonat yığılımları oluşturmuşlardır. Bunun en güzel örnekleri Kuzey Atlantik Okyanusu'nun 70-300 m. derinliğindeki sularda görülmektedir. Örneğin Norveç kıyıları açıklarında (Teichert, 1958), İrlanda, Fransa ve İspanya'nın kıta yamaçları boyunca Meksika Körfezinin kuzeyindeki küçük Bahama Bankı'nın açıklarında ahermatip mercan yığılımlarına rastlanılmaktadır.

#### **Jeolojik Geçmişte Resifler ve Evrimi**

Resif oluşumları ve evrimleri her jeolojik dönemde kendine özgü bir fauna ile belirlenmiştir. Şekil - 11 resiflerin, resif tümseklerinin ve biyohermlerin jeolojik zaman boyunca dağılımlarını ve bunlara ilişkin faunayı göstermektedir. Bu şekilde de görüleceği gibi, Orta-Üst Ordovisiyen bryozoa, stromatoporoidler ve tabuleli mercanlar ile karakterize edilmektedir. Siluriyen ve Devoniyen'de stromatoporoidler ile tabuleli mercanlar yer almaktadır. Geç Triyas ve Jura'da mercanlar ve stromatoporoidler, Orta Kretase'de ise rudistler bulunmaktadır. Orta ve Geç Tersiyer dönemleri ise scleractinian mercanların geliştiği zaman aralığıdır. Ancak jeolojik geçmiş boyunca resiflerin herhangi bir şekilde gelişmediği dönemlerin varlığı da bilinmektedir. Bu dönemler, genellikle kısa süreli olmaları yanısıra, yoğun ve hızlı iklimsel/tektonik değişimlerin gerçekleştiğini veya Orta-Üst Kambriyen'de olduğu gibi resif oluşturuca organizmanın henüz ortaya çıkmadığı zaman aralıklarıdır. Ayrıca jeolojik geçmişin büyük bir bölümünde, resife ait karakteristik özellikleri göstermeyen, ancak iskeletli organizmalar bakımından oldukça zengin bir içeriğe sahip ve deniz tabanında topografik bir yapı oluşturan

karbonat yığılımları da yer almaktadır. Bu yığılımlar genel olarak resif tümsekleri olarak yorumlanmıştır.

**Prekambriyen ve Erken Paleozoyik:** Jeolojik geçmişte ilk karbonat yığılımları, Prekambriyen ve Paleozoyik başlarında stromatolitlerden oluşan yığılımlar halinde görülmektedir. Bu yığılımlar bitki yiyici çok hücreli (herbivorous metazoa) ortaya çıkmalarından önce gerçekleşmiştir. Stromatolit yığılımlarının morfolojileri daha sonraki dönemlerde gelişen iskeletsel resiflerin morfolojilerine oldukça benzer (Ahr, 1971; James ve Kobluk, 1978).

Stromatolitler, ender olmakla beraber Arkeen'de de (günümüzden 2700 m.yıl) gelişmişlerdir. Örneğin Aphebian (2600-1700 m.yıl) de yer alan bu stromatolitler, genel olarak platform-havza geçişinde de yer almışlardır. Kuzey Batı Kanada'daki Great Slave Gölü'nün Pethi grubunda saptanan stromatolitler (Hoffman, 1974), platform kenarında tümsek ve kanalları ile karakterize edilen dar bir kuşak boyunca yer almaktadır ve kalınlıkları 3 m. yi aşmayan ince, uzun yığılımlar olarak gelişmişlerdir. Stromatolitler arasındaki kanal dolguları çapraz katmanlı ve maga rıplı kaba kumtaşları ile, stromatolit parçaları ve oolitik tanetaşı kırıntılarında meydana gelen çakıltaşlarından oluşmaktadır. Bu kuşak, platform fasiyesi ile yamaç-havza fasiyesi arasında yer alır. Platform fasiyesi, laminar-sütunsal stromatolitler ve ooidli, oolitik, onkolitik kireçtaşları ile karakterize edilir. Yamaç-havza fasiyesi ise, katmanlı göçme breşleri ve kötü laminalanmalı küçük kalkerli sütunsal stromatolitleri de içeren kireç çamurtaşı ve ritmik şeyl ardalanmasından oluşur.

Yine Kanada'nın kuzeybatı yöresinde yer alan Kilohigok Havzasındaki Alt Proterozoyik yaşlı Goulburn Grubu çökel istifindeki stromatolit yığılımlarının da şelf kenarında geliştiği saptanmıştır (Cecil ve Campbell, 1978). Bu istifte, yüksek enerjili gelgit altı ortamında çökelmiş bulunan klasik karbonatlar, genel olarak 30-40 cm. lik röliyeflere sahip, ince uzun yarı küresel biçimli stromatolit tümseklerinden oluşan bir istif ile örtülmektedir. Bu tümsekler birleşerek yanal yayılımları 100 m. yi bulan kalın yaygılar oluşturmaktadır. Bu yaygılar birbirlerinden intraklast içeriği bakımından zengin karbonatlar, kalkerli silttaşları ve kumtaşları ile ayrılmaktadır. Bu yığılımın en üst bölümünde, birbirleri ile yanal olarak bağlantılı gelişen, yarıküresel ve dallanan stromatolitlerin oluşturduğu geniş yaygılar yer almaktadır. Bu yaygılar ve stromatolit sütunları, kırıntılı karbonat dolgulu, dar kanallar tarafından kesilmiştir.

Günümüzde benzer stromatolit yığılımlarına stromatolit biyohermleri olarak ancak Batı Avustralya'daki Şark körfezi'nin aşırı tuzlu (hypersaline) ortamlarında rastlanılmaktadır. Burada stromatolitler gelgit arası kuşakta, yükseklikleri bir metreye değin uzanan sütunsal-kupa biçimli formlar olarak burunları kuşatır (Hoffman, 1976). Göreli olarak yüksek enerji koşullarına açık ortamlarda sütunların boyutları ve biçimleri dalga etkinliğinin gücü ile orantılıdır. Örneğin bu stromatolitler düşük enerjili ortamlarda ince uzun formlar ile karakterize edilir. Gelgit gölcüklerinde ise dallı sütunsal yapılar yaygındır. Bu büyüme şekilleri aktif çökel hareketinin etkilerine göre gelişim göstermektedir. Örneğin alg yaygıları sadece stabilize olmuş zeminler üzerinde büyümekte ve sütunsal gelişimin çekirdeğini oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu gelişme çevresindeki hareketli kumlar üzerinde yayılamaz ve yerel



olarak çok sınırlı bir alanda gerçekleşir. Üst üste gelişen alg yaygısı ve çökel katmanı ardalanmasından oluşan istif, erken kayaçlaşma nedeni ile gelgit ve dalga etkilerine dayanıklı bir kireçtaşı yapısı özelliğini kazanır. Çevredeki hareket halindeki kumlar sürekli olarak stromatolitlerin tabanını aşındırır. Stromatolit kubbeleri veya sütunları yaygın olarak gelgit altı (subtidal) veya gelgit arası (lower intertidal) ortamlarda gelişir. Çökel hareketinin etkin olduğu kuşağın yukarısında yer alan üst gelgit arası ortamda ise, stromatolitlerin yerini alg yaygılarından oluşan çökel istifleri almaktadır. Bu stromatolitler gelgit altı kuşağında derinliği 3-5 m. yi geçmeyen deniz sularında bulunabilirler ve kıyı ötesi yönünden yamalar halinde yüzlerce metre yayılabilirler (James, 1983).

Erken Paleozoyik'te ilk metazoalardan oluşan resifler, resif tümsekleri biçiminde geniş kratonik denizlerde ve açık kıta kenarlarında gelişmiştir. Kıtasal duraylılığın sözkonusu olduğu bu dönemde, geniş ve görel olarak, düz kratonik alanların giderek denizler ile kaplanması nedeni ile sedimentasyon da gelişmeye başlamıştır. Bu sığ, Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı epirik denizler ooid/iskelet kireci kumlarından oluşan sığlıklar ile karakterize edilen dar kıta kenarı fasiyesleri ile sarılmışlardır. İlk olarak ortaya çıkan yığılımlar, bu sığlıkların dulda kısımlarında gelişmiştir. Örneğin, resif tümseklerinin ilk örneklerine Erken Kambriyen'in başlarında Sibiry Platformu'nda rastlanılmaktadır. Bu gelişim tribolitlerin ilk ortaya çıkışlarından daha önceki bir zaman aralığında gerçekleşmiştir. Yarıçapları metre ölçeğinde olan bu küçükyapılar, başlıca kireç çamuru ve kalsitli alglerden (Epiphyton, Ranelcis ve Girvanella) oluşmaktadır. Görel olarak iki metazoalar ve archaeocyathalar, bu yapıların etrafında ve içerisinde gelişigüzel dağılmış olarak bulunan yardımcı elemanlardır (James ve Kobluk, 1978; James ve Dabrenne, 1986). Bu resif tümseklerinin çevresinde kısa zamanda su dibinde yaşayan, yerleşik (sessile) ve gezici (vagrant) kalkerli organizmalar yerleşmiştir. Bunun doğal sonucu olarak Erken Kambriyen sonunda, etkin iskeletsel, büyüme resif içi çökelim, biyoerozyon ve erken çimentolaşma gibi güncel resiflerin tüm özelliklerini gösteren küçük boyutlu, fakat karmaşık yapıları resif tümseği ekosistemleri gelişmiştir.

Erken Kambriyen sonlarında, üst üste gelişmiş çok sayıdaki küçük tümseklerin oluşturduğu, biyohermler ve biyostromlar da gelişmiştir. Bu yığılımlar çoğunlukla pelmatozoa (derisidikenliler) molozları ile brakiyopoda ve hyolithid (yumuşukçalar) iskeletlerinden oluşan karbonat kumları ile çevrilmişlerdir. Archaeocyathalar bu tümseklerin yapısında en göze çarpan iskeletli organizmalardır. Bunların iskeletlerinin arasındaki boşluklar kireç çamurundan oluşan bir matriks ile doldurulmuştur. Bu matriks içerisinde trilobit, hyolithid ve brakiyopoda iskeletleri ile spiküller de yer alır. Renalcis ve Epiphyton, archaeocyathalar ile büyüme boşluklarının duvarlarını (growt cavities) kabuk gibi sararak kaplarlar. Çoğu kez telse (fibrous) sinsedimanter çimento ile kısmen doldurulmuş bu boşluklarda, resif ortamına özgü olmayan fauna elemanları da bulunabilir. İskeletsel yapıda ve bu yapının oturduğu sert zemin üzerinde, olasılıkla kurtçukların neden olduğu yoğun biyoerozyon izleri görülür.

**Orta Kambriyen-Alt Ordovisiyen:** Erken Kambriyen sonunda resif tümseklerinin temel iskeletsel yapısını oluşturan archaeocyathalar ortadan kalkar. Bu olay Orta ve Geç

Kambriyen ile Alt Ordovisiyen'deki resif gelişmeler üzerine önemli bir rol oynamıştır. Orta ve Geç Kambriyen istiflerindeki karbonatlar genellikle invertebrata iskeletleri içeren alg yığılımları biçimindedir. Invertebratlar çeşitlilik bakımından Erken Kambriyen'deki kadar zengin değildirler (Toomey, 1970; Ahr, 1971; Toomey ve Nitecki, 1979).

Bu dönemde geniş sığ denizler, çoğunlukla stromatolitik biyohermler tarafından kaplanmıştır. Bunlardan bazıları çok iyi gelişmiş laminalı bir yapı sunarken, diğerleri organizmaların oyucu etkileri nedeniyle iyi fenestral bir yapı kazanmıştır. Laminalanma özelliğinden yoksun bu stromatolit benzeri yığılımlar "trombolitler" olarak adlandırılmıştır (James, 1983).

Stromatolitler ve "thrombolit"ler özellikle Girvanella, Renalcis ve Epiphyton olmak üzere kalkerli algler ile mavi-yeşil alglerin birlikte içiçe büyümelerinin (intergrowth) bir sonucudur. Kıta kenarlarında yakın alanlarda gelişen algli yığılımların başlıca kalkerli algler ile telse sinsedimanter çimentodan oluştuğu, şelfte gelişenlerin ise egemen olarak mavi-yeşil alglerden meydana geldiği düşünülmektedir.

Geç Kambriyen ve Erken Ordovisiyen'de yerleşik iskeletli invertebraların daha sık olarak ortaya çıkması nedeni ile bu alglerin yığılımları giderek daha çeşitli iskeletli canlı yaşamı ile karakterize edilmeye başlamışlardır. Bunlar arasında ilginç olanları silisli (lithastid) süngerler, stromatoporoid benzeri bir metazoa olan Pulchirillamina ile ilkel bir mercan olan lichenaria (Chatetidae)dır. Böylece Alt Ordovisiyen'de kıta kenarı karbonatlarındaki biyohermler yeniden büyük ölçüde iskeletsel bir özellik kazanmaya başlamışlardır.

**Orta Paleozoyik:** Orta Ordovisiyen ile Geç Devoniyen arasını kapsayan bu zaman aralığı resifal karbonat yığılımlarının gelişimi bakımından oldukça ilginç bir dönemdir. Bu yığılımlar kapsamında, platform içlerinde gelişen küçük yama resiflerinden, kenarları resifler ile kuşatılmış platformlara, platform kenarı sed resifi komplekslerinden, havza ortası resif kulelerine (basin-center pinnacles) de uzanan resif tipleri yelpazesinin tüm örnekleri yer almaktadır (Shaver, 1971; Burchette, 1981; Klappa ve James 1980).

Orta Ordovisiyen'in başlangıcı, karbonat ortamlarında gerçekleşen köklü bir değişimle çakışmaktadır. Bu dönemde kıta kenarların pek çoğu, kıta çarpışmaları ve dağ oluşumları (orogenesis) nedeni ile ortadan kalkarken, kıtalarda kıta içi bükülmeler (intra-cratonic downwarps) gelişmeye başlamıştır. Biyohermler ve biyostromlar bazı resif kıta kenarlarında varlıklarını sürdürürken, bunların büyük bir bölümü yaygın olarak yeni oluşan kıta içi havzalarda gelişmeye başlamışlardır. Bu tip yığılımların en güzel örneklerine K. Amerika, Batı Avrupa, Kuzey Afrika ve Avustralya'da rastlanılmaktadır (Heckel, 1974; James, 1983).

Paleozoyik resifleri bu dönemde, özellikle Siluriyen-Devoniyen zaman aralığında, içerdikleri yapıları ve fauna topluluğunun çeşitliliği bakımından gelişmelerinin doruk noktasına ulaşmışlardır. Bunun başlıca nedeni çok farklı biçimlerde büyüyen stromatoporoid ve mercanlar gibi yerleşik iri organizmaların Orta Ordovisiyen'de ortaya çıkmasına bağlanmaktadır (Heckel, 1974; James, 1983). Bu yığılımlar metazoalar yanısıra süngerler, bryozoalar, kalkerli kırmızı ve yeşil algler, brakiyopodalar ve pelmetazoalar gibi çok çeşitli



bir fauna topluluğu ile karakterize edilmektedirler. bu fauna topluluğu Devoniyen sonuna kadar sayı ve çeşit bakımından artmaya devam etmiştir. ancak Devoniyen sonunda bazı önemli grupların ortadan kalkması ile resif ekosistemi tamamen bozulmuştur.

Değişik ve çeşitli organizma grupları nedeni ile Orta Paleozoyik yığılımları, tekli resif tümsekleri şeklinde veya daha kompleks resif gelişimine olanak sağlayan temel yapılar olarak bulunur. Bunlar düşey ve yanal olarak çok iyi gelişmiş ekolojik kuşaklar içermektedir. Ancak ABD'nin batısındaki Orta Ordovisiyen birimleri ile ABD doğusundaki, İskandinavya ve Kanada'daki Siluriyen birimlerinde Batı Avrupa'nın Devoniyen çökellerindeki karbonat yığılımları, tekdüzelik sunar. Karbonat çamuru tümsekleri olarak gelişmişlerdir. Erken çimentolaşmanın kanıtlarını içeren bol Stromactocis'li bu karbonat tümsekleri, az da olsa yapılarında iskeletli organizmalarda içermektedir. Ordovisiyen ve Siluriyen tümseklerindeki iskeletli organizmalar çoğunlukla dalı yapısı olan (ramose) kabuk gibi sarıcı bryozoalardan oluşur (Riding, 1981)

Ancak Devoniyen'de bryozoaların yerini mercanlar almıştır. Daha karmaşık bir yapı sunan yığılımlar ise stromatoporoid ve mercanlardan olur. Stromatoporoidler sayıca olduğu kadar irilik bakımından da farklı olup, çeşitli büyüme şekilleri gösterirler. Bunlar özellikle resifin üst bölümlerinde tabuleli mercanlar ile birlikte yer almaktadır. Bu mercanlar genellikle çalkantılı sulara gelişmişlerdir. Bunlar çeşitli büyüme şekilleri göstermekle beraber boyutları bakımından oldukça küçüktürler. Bunlardan tekli olarak bulunan rugosa mercanlar gevşek zeminli ortamlara uyum sağlayarak gelişmişlerdir. Koloniler halinde bulunan mercanlar ise çok çeşitli ve görkemli morfolojilere sahiptirler. Örneğin, Devoniyen'e özgü bir form olan Disphyllum gibi dendroid yapılı mercanların boyları 2 m. ye yakın büyüklüklere ulaşmıştır (Klovan, 1974.)

İskeletli invertebralar yanısıra, Erken Kambriyen resif tümseklerinde görülen algler Orta Paleozoyik'in çamur tümseklerinde de bulunmaktadır. Özellikle kabuk gibi sarıcı küçük bir alg olan Renalcis şelf kenarı resiflerinde, tanımlayıcı bir bileşen olarak yer alır. Kalkerli alglerden olan Solenopora ve parachaetetes ise bu resiflerde yaygın olarak yumrular halinde bulunur. Resif ve resif tümseklerinin kanat çökelleri egemen olarak pelmatozoa (crinoid, blastoid, cystoid) molozları ve brakiyopodlardan oluşmuştur. Krinoidli resif kanadı depoları Siluriyen yığılımlarında daha bol olarak bulunmaktadır (Heckel, 1974; James, 1983).

Orta Paleozoyik karbonat yığılımları paleotektonik ve paleocoğrafik konumları bakımından da ilginç özellikler sunmaktadır. Örneğin Kuzey Avrupa'daki Siluriyen yaşlı biyohermler ve biyostromlara, Kaledonya kıvrım kuşağına komşu alanlarda uzanan kratonik sedimanter istiflerde rastlanılmaktadır (Riding, 1981; Zeigler ve diğ., 1977). Bu resifler, su devimininin düşük ile orta düzeyde bulunduğu, ancak killi gereç girdisinin yüksek oranlarda gerçekleştiği sığ karbonat ortamlarında gelişmişlerdir. Genel olarak kalkerli şeyl, killi kireçtaşları ve biyoklastik tanetaşları ile karakterize edilen Llandovery ve Wenlock (Alt ve Orta Siluriyen) serilerinin çeşitli seviyelerinde görülmekle beraber, yoğun silisli kırıntılı çökel girdisi nedeni ile gelişimleri oldukça sınırlı bir düzeyde kalmıştır. Ortamsal koşullar özellikle

resiflerin birleşimleri ve geometrilerini etkilemiştir. Resifler genellikle çamurlu taban çökelleri üzerinde gelişmeye uyum sağlamaya beraber, yaşam ve gelişimleri için çoğunlukla tabanlarında krinoid mercaklerinin veya yaygılarının bulunduğu ortamları seçmişlerdir.

Benzer genellemeler Avrupa Devoniyen resifleri için de geçerlidir (Burchette, 1981). Bu resifler Siluro-Devoniyen yaşlı Kaledoniyen hareketlerinden fazlaca etkilenmeyen Hersiyen orojenezinin iç kuşağında yer alan bölgelerde gelişmiştir (Güneydoğu Alpler, Bohemya, Armorikan masifi, Kantabriyan ve Pirene Dağları, Güneybatı İngiltere ve Hertz Dağları). Bu kuşak, Alt Paleozoyik'ten Orta Devoniyen'e kadar kesiksiz olarak denizel çökelinin gerçekleştiği bir kuşaktır.

Kaledoniyen orojenezin sınırlı etkisi ile hafif bir deformasyona ve yükselime uğramış bulunan Hersiyen "dış" kuşağında ise, resif gelişimleri Orta Devoniyen'e kadar geçikmiştir. Bu "dış" kuşakta Alt ve Erken Orta Devoniyen yaşlı çökelleri fluvial veya kırıntılı sığ denizel çökel fasiyesleri ile karakterize edilmektedir. Avrupa Devoniyen resifleri morfolojik olarak 1. banklar, 2. biyostromal kompleksler, 3. sed resifleri kompleksleri, 4. tekli olarak bulunan resif kompleksleri (resif tümsekleri ve atoller), 5. çamur tümsekleri gibi durgun su karbonat yığılımlarından oluşmaktadır. Bu resifler sedimanter ve organik fasiyes birliklerinin tüm karakteristik özelliklerine sahiptir ve yanal olarak şelf ve havza şeyllerine ve pelajik kireçtaşlarına geçiş yaparlar. Bunlar içerisinde türbiditik veya allodapik kireçtaşları halinde bulunan resifal moloz arakatıkları vardır.

Avrupa Devoniyen resiflerinin konumu ve gelişimini etkileyen başlıca paleotektonik ve paleocoğrafik koşullar şunlardır (Burchette, 1981):

1. Yerel kabuk bükülmeleri (crustal flexures)
2. Havza kenarı kırılma çizgisi boyunca (basin-margin hinge lines) oynamalar.
3. Çökelme ile eşzamanlı gerçekleşen faylanma (syndemanter faulting).
4. Çökelme ile eşzamanlı gerçekleşen volkanizma faaliyetleri.
5. Deniz tabanındaki küçük boyutlu topoğrafik yükseltilerin dağılım düzeni (gömülü resifler, kalkarenit bankları gibi).

6. Tektonik denetim dışında kalan deniz düzeyi oynamaları

Özellikle deniz düzeyi oynamaları resif büyümelerini denetlemiştir. Bu denetleme transgresif ve regresif olarak havza kenarı resif komplekslerinde görülmektedir. Tekli olarak bulunan resif komplekslerinde ise, deniz düzeyi oynamaları ekolojik ve sedimanter fasiyes kuşaklarının düşey yönde gelişmelerini denetlemiştir. Küçük ölçekli deniz oynamaları ise Orta ve Güney Alpler'deki Orta ve Üst Devoniyen yaşlı biyostromal ve sed resifi komplekslerinin resif gerisi fasiyeslerinde (şelf lagünü fasiyesi) birkaç metrelik çevrimsel (cyclic) istiflerin gelişmesine neden olmuştur.

Üst Devoniyen'in başlarında (Frasnian/Famennian) gerçekleşen yaygın bir deniz düzeyi yükselmesi nedeni ile Avrupa Devoniyen resiflerinin gelişimleri son bulmuş ve bölgede pelajik ortam koşulları yer almıştır.

**Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik:** Geç Devoniyen sonlarına doğru, yaygın Siluro-Devoniyen yığılımlarının gelişmesine olanak sağlayan kompleks resif eko-sisteminin



Frasniyen-Fameniyen trasgresyonundan etkilenmesinin sonucu olarak denizel invertebraların pekçoğu ortadan kalkarken, tabuler mercanlar ve brakiyopodlar bütünü ile ortadan silinmiştir. Stromatoporoidler ise sadece birkaç cins indirgenmişlerdir. Bu arada rugosa mercanlar belirgin ölçüde değişim göstermişlerdir. Brakiyopodlar Geç Paleozoyik'te tekrar ortaya çıkmakla beraber, Orta Paleozoyik dönemindeki zengin çeşitliliklerine hiçbir zaman ulaşamamışlardır (Heckel, 1974).

Erken Karbonifer (Missipiye) zamanında mercanların yerini, çok az miktarda bulunan diğer resif yapıcı gruplar almıştır. Stromatoporoidlerin yerini ise pelmatozoalar ile bryozoalar almıştır. Karbonifer döneminde (Missipiye ve Pensilvaniye) çeşitli karbonifer yığışmalarını oluşturan yeni organizmalar ortaya çıkmıştır. Genellikle küçük boyutlu olan bu organizmalar evrimlerini Geç Triyas'a kadar sürdürmüşlerdir. Bu yeni organizmalar içerisinde en önemlileri phylloid kalkerli algler olan Archaeolithophyllum, Eugoniphyllum ve Trunovia ile Tubiphytes'lerdir. bunlardan, bir çeşit kalkerli algler olan Tubiphytes'ler Geç Jura dönemine kadar resiflerde çok küçük laminalı kabuk bağlayıcı organizmalar olarak görev yapmışlardır. Bu formlar Permiyen, Triyas ve bazı Jura yığışmalarında da temel bileşenini oluşturmuşlardır. Ortaya çıkan diğer önemli formlar ise Ophtalmidid-Calsitornellid, tubular foraminiferler ve küçük dendroid stromatoporoidler (Ör. Konia) ile kabuk gibi sarı mercanimsi alg olan Archaeolithoporella'dır (Rutten, 1956; Heckel ve Cocke, 1969; Davies, 1970; Klovan, 1974; Toomey ve Windland, 1973; Stanley, 1979; Flügel, 1981; Palmer ve Fursich, 1981).

Kalkerli süngerler Permiyen resif yamacının önemli bir parçası olmuşlardır. Süngerimsi hydrozoalar ve stromatoporoidler Triyas'ta önem kazanmışlardır. Günümüz denizlerinde iri ve masif, resif çatısı yapıcı organizmalar olan scleractinian mercanlar, ilk olarak ortaya çıkmışlardır. Bu mercanlar, kalkerli süngerler ve stromatoporoidler ile birlikte, resif tümsekleri olarak gelişen yığışmaların genel yapısını tamamen değiştirerek, gerçek resiflerin oluşmasına olanak sağlamışlardır.

Geç Paleozoyik yığışmalarının pekçoğu kraton içi havzaların (intra-cratonic basin) kenarlarında yer almaktadır. Permiyen'de Pangea kıtasının parçalanması ile Tethys okyanusu giderek gelişmiş ve Mesozoik resif gelişimleri bu okyanusun kenarları boyunca veya bu okyanusa komşu havzaların içinde yer almışlardır.

**Alt Karbonifer:** Devoniyen'de resif ekosistemi bozulmakla beraber Alt Karbonifer'de (Missipiye) tekrar deniz tabanından itibaren 150 m. ye varan kalınlığa ulaşan resif büyümeleri görülmektedir. Bunlar 50 derecelik eğimlerle dalan yamaç depoları içermektedir. Genellikle şelf kenarlarına yakın yerlerde ve derin su koşullarında gelişmişlerdir. Bu kadar büyük yığışmalar oluşturmalarına rağmen yapılarında iri iskeletli biyota (canlı topluluğu) varlığı çok nadir görülür. Bunların büyük bir bölümü yüzde 50-80'i içlerinde dağınık olarak tipik krinoid ve bryozoa parçaları içeren pelloid kireç çamurtaşından oluşur. Bu yapıların tipik örnekleri Belçika'daki istiflerde görülmüştür.

Çamur tümseklerinin Avrupa örneklerinde kanat yapıları/katmanları görülmez. Kuzey Amerika örneklerinde ise kaba enkrinit ile ender lithoklastlardan oluşan kalın kanat katmanları gelişmiştir. Bazı örneklerde bu katmanlar tüm

yapının yarısından fazlasını oluşturmaktadır.

Alt Karbonifer'in sonunda tekli (soliter) mercanlar, biyohermlerin yapısında yerel olarak önemli yer tutmaya başlamışlardır (James, 1983).

**Üst Karbonifer:** Üst Karbonifer'in ortalarında yeni yeni ortaya çıkmaya başlayan kalkerli benthoslar, çamur tümseklerinde görülmeye başlamışlardır. Bu zaman aralığının yapılarında temel bileşim olarak phylloid algler görülür (Heckel ve Cocke, 1959). Bu yığışmalar Alt Karbonifer döneminin yapılarına göre daha küçüktür. Genel olarak 30 m. yüksekliğe ulaşır ve çekirdeği saran kanat katmanlarının eğimleri de 25 derece civarındadır. Phylloid algler deniz tabanından olasılıkla dik olarak büyümüşlerdir. Bazı örneklerde çamur tümseklerinin üzerinde kabuk gibi sarı bryozoalar ve foraminiferlerin geliştiği görülmüştür. Bu döneme ilişkin yığışmaların çoğu küçük resif tümsekleridir. Bunların okyanusa bakan taraflarında kırmızı algler, fusulinidler, krinoidler yaygın olarak bulunur. Dulda taraflarında ise yeşil algler, rugosa mercanlar ve brakiyopodlar yer almaktadır.

Bu dönemde karbonat yığışmaları egemen olarak phylloid alg tümsekleri ile karakterize edilmektedir. Ancak kısa zamanda bu tümseklerin yapısında Tubiphytes, Archaeolithoporella ve süngerler gibi dallı veya kabuk gibi sarılma özelliği gösteren nadir yapıları organizmalar da yer almaya başlamıştır. Bu yeni organizmalar ile de zenginleşen Permiyen biyohermlerinin en güzel örneklerinden birisi Batı Teksas ve Yeni Meksika'da yer alır. Guadalupe Dağları'nda yüzeylenmiş "Permiyen Resif Kompleksi" dir. Delaware Havzası'nın yükselmiş batı kenarlarını oluşturan bu yörede, petrol üretimi bakımından dünyanın en önemli yapılarından birisini de içeren yaygın bir karbonat platformu kompleksi yer almaktadır (Wilson, 1975). Bu kompleksin kenar fasiesi, şelf kenarı boyunca görkemli bir çerçeve oluşturan masif birimi nedeni ile ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Bu kenar fasiesi, ince taneli moloz, küçük boyutlu kabuk gibi sarı organizmalar içeren çamurlu karbonatlar ile karakterize edilmektedir. Masif birim ise resif yapıcı organizmalardan yoksun olup, platform kenarında gelişen sed adası karmaşığı ile süngerler ve Tubiphytes'lerce zengin karbonatlardan oluşmaktadır. Bu neden ile masif birim konumu bakımından şelf kenarında yer almakla beraber sed resifi olarak tanımlanmayıp, birleşik resif tümseklerinden oluşan bir yapı olarak yorumlanmıştır.

Kalkerli süngerlerin, Tunus, Sicilya ve Doğu Avrupa'daki Permiyen resif tümseklerinde de temel bileşenleri oluşturduğu görülmektedir. Doğu İngiltere'deki Üst Permiyen yaşlı Magnesia Kireçtaşında ise bryozoalar ve Archaeolithoporella benzeri organizmalar resif komplekslerinin egemen bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu resif kompleksi karbonat şelfinin denize bakan tarafında kalınlığı 100 m. yi aşan çizgisel bir yığışım olarak gelişmiştir (Smith, 1981) Bu gelişim, merceksi geometriye sahip bir kokina yatağı üzerinde gerçekleşmiştir. Alt bölümlerinin büyük bir kısmı tipik olarak masif görümlü bryozoalı biyolititlerden oluşmaktadır. Bryozoalar yukarıya doğru yerinde büyüme özelliği göstermektedir. Resif büyümesinin orta evrelerinde, bryozaların yerini, agli çökeller ile organik veya organik olmayan kabuk gibi sarı lameller organizmaların giderek artan oranlarda almış olduğu görülmektedir. Resif büyümesinin son evrelerinde ise stromatolit ve diğer laminalı kayaçlardan



oluşan ve kalınlığı 30 m. ye varan bir biyostrom gelişimi görülmektedir. Bu gelişim, resif kompleksi gelişimi sırasında giderek sığlaşan bir ortamın varlığını yansıtmaktadır (Smith, 1981b).

Güney Alpler'deki merccek biçimli tümsekler de 300 m. yi aşan kalınlıklara ulaşmaktadır. Bu tümsekler Tubiphytes, Archaeolithoporella ve bryozoa ile sinsedimanter çimento içermektedir. Ancak bunlarda süngerler görülmez (Flüger, 1981).

**Triyas:** Triyas yaşlı resifler çoğunlukla Tethys denizinin kuzey ve güney kenarları ile Kuzey Amerika'nın batı kıyılarında gelişmişlerdir (Stanley, 1979). Alpler'de ise Karbonat platformlarının üzerinde ve kenarlarında yer alırlar ve Permian resiflerine benzerlikler gösterirler (Flügel, 1981).

Yerkürenin hiçbir yerinde Erken Triyas resiflerine rastlanılmamıştır. Triyas'a ilişkin ilk resifler Orta Trias'da görülür. Bunlar ender olarak mercanlar ve ekinodermiler içeren küçük, derin deniz yığılımlarıdır. Orta Triyas'ın sonlarında ise yaygın resif kompleksleri gelişmiştir. Kalkerli süngerler, Tubiphytes'ler, bazı stromatoporoidler ile koloni mercanların pekçoğu, resif komplekslerine görülen en önemli resif yapıcı organizmalardır. Triyas'taki resif yapıcı topluluğun, Permian biyotasından en önemli farkı, koloni mercanlarının bol olarak bulunmasıdır. Genel olarak Triyas resifleri değişik fauna grupları ile karakterize edilmekle beraber, bazı resiflerde sadece Tubiphytes'ler egemendir. Bu yığın karbonat platformları Geç Triyas'da (Noriyen-Resiyen), resif kompleksleri ve kısmen sığlıklarda meydana gelen kenar fasiyesleri (marginal facies) içerirler. Bu platformların pekçoğu Triyas sonunda bozularak karasal gereç ve küçük resifler içeren havzalara dönüşmüşlerdir. Üst Triyas resiflerinin temel bileşenleri mercanlar, stromatoporoidler, kalkerli süngerler ve kalkerli alglerdir. Özellikle mercanlar ve kalkerli süngerler resifin en önemli parçalarıdır. Bunlar su enerjisi seviyesine bağlı olarak resifin farklı kısımlarında yer alırlar. Örneğin mercanlar yüksek enerjili sığ ortamlarda, kalkerli süngerler ise resifin daha iyi korunmuş orta bölümlerinde bulunur. Bu resiflerdeki koloni mercanların günümüzdeki mercanlara benzer büyüme şekilleri vardır. Stromatoporoidler, resifin korunmuş kesimlerinde daha yoğun olarak bulunurlar. Resif sistemlerinde çökel üreten başlıca organizmalar brakiyopodlar, iki kapaklılar, gastropodlar, cephalopodlar, serpulid kurtçukları, crustacealar, ostracodlar, krinoidler, ophiroidler ve holoturialardır. Bu yığılımlarda ilk kez olarak, iki kapaklılar ve alglerin neden olduğu yaygın biyoerozyon görülür. Oyucu organizmaların varlığı daha önceki resiflerde bilinmekteyse de, biyoerozyon resif gelişiminde bu döneme değin diyajenetik etken olarak herhangi bir rol oynamamıştır. Permian resiflerinde olduğu gibi Üst Triyas resif sistemlerinin büyüme boşluklarının pek çoğu sinsedimanter çimento olarak yorumlanan teli dokulu bir spar ile yaygın bir şekilde doldurulmuştur.

Geç Triyas resif sistemleri, Orta Paleozoyik resif sistemlerinde olduğu gibi, şelf tümsekleri, yama resifleri, platform kenarı ve derin su resif tümsekleri olmak üzere resif tiplerinin tüm örneklerini içermektedir. Bunlar dört evreli resif gelişimlerinin tüm karakteristik özelliklerini göstermektedir.

**Jura:** Resiflerin ilk ortaya çıkışlarına Fas Liyas'ında rastlanmakla beraber bunlar gerçek anlamda Orta Jura zamanında egemen olmaya başlamışlar ve Geç Jura'da ise

maksimum düzeye ulaşmışlardır (Heckel, 1974; James, 1983). Resifler Batı Avrupa sığ deniz ortamlarında yama resifleri olarak gelişmişlerdir (Palmer ve Fursich, 1981). Kanada'dan Ortadoğu'ya kadar uzanan Tethys denizinin kuzey kenarı boyunca ve Tethys içerisindeki yalıtılmış büyük platformlarda ise kenar fasiyesleri olarak gelişme göstermişlerdir. Tethys denizinde yükseklik 100 m. ye varan derin su resifleri de bulunmaktadır. Bunlar silisli süngerler, algler, tabular foraminiferler içeren kireç çamurundan oluşur. Burada en göze çarpan fauna bryozoa ile brakiyopodlardır. Geniş sığ platformlarında, mercan ve stromatoporoidlerden oluşan yama resifleri yer almaktadır. Şelf kenarlarında ise bu resifler yama resifleri kuşakları oluşturmaktadırlar. Bazı durumlarda bunlar, süngerli resif tümseklerinin üzerlerini şapka gibi örtmektedirler.

Kırmızı kalkerli bir alg olan Solenopora ve yeşil alglerden Dasycladacea gelişimlerinin en yüksek noktasına Geç Jura zamanında ulaşmışlardır. Ayrıca, Codiacean algler ve articulated Corallinacea ilk olarak bu yığılımlarla birlikte ortaya çıkmışlardır.

**Kretase:** Geç Jura resif yapıcı organizmalar topluluğu Kretase'nin başlarına değin devam etmiştir. Erken ve Orta Kretase'de şelf kenarı karbonat yokuşu yığılımları, başlıca mercan-alg ve stromatoporoid topluluğundan oluşmuşlardır (Enos, 1974; Scott, 1979). Aynı zamanda molluskların bir grubu olan rudistler hızlı bir şekilde evrim geçirerek Orta-Üst Kretase yığılımlarının en önemli biyotik bileşenleri konumuna gelmişlerdir (Coates, 1977; James, 1983; Laviona, 1984). Bu iki kapaklılar genellikle iri kapakları ile zemine tutunmuşlar ve çamurlu lagünlerde, platform kenarları ve yamaçlarına değin uzanan çeşitli ortamlara uyum sağlamışlardır. Rudistler bu farklı ortamlarda, archaeocythaların, rugosa mercanların ve richtofenid brakiyopodların formlarına benzer şekiller kazanmışlardır. Orta Kretase döneminde (Aptien-Cenomaian) rudistler çeşitlenerek resif ve resif gerisi ortamları ile dalga çatlama kuşağında (surf zone) yer almaya başlamışlardır. Orta Kretase resifleri çoğu kez sınırlı su dolaşımına sahip geniş şelflerin kenarları ile iç şelf alanlarında gelişmişlerdir. Çok çeşitlilik sunan şelf kenarı resifleri, mercanların oluşturduğu bir çekirdek ile bu çekirdeği saran alg ve rudistlerden oluşmaktadır. Rudist topluluğu genellikle sığ ve yüksek enerjili resif düzlüğü kuşağında yer almıştır. Az çeşitlilik sunan iç şelf resifleri rudistlerin sadece bir iki cinsi ile karakterize edilmişlerdir.

Üst Kretase yığılımlarında rudistlerden özellikle radiolitler egemendir. Mercanlar ve kabuk gibi sarıcı organizmalar ise çok az bir yer tutmuşlardır. Şelflerde gelişen yığılımlar genel olarak biyostromal özellikler göstermektedirler. Şelf kenarlarına yakın yerlerde ise yama resifleri gelişmiştir. Mercanlar, olasılıkla ortamın tuzluluk, sıcaklık ve oksijen içeriğindeki belirgin değişimler nedeni ile çatıyapıcı organizmalar olarak etkinliklerini yitirmişlerdir.

**Senozoyik:** Kretase sonunda gerçekleşen katstrofik olaylar, bentik kalkerli organizma gruplarını önemli bir düzeyde etkilemekle beraber, tamamen ortadan kalkmalarına neden olmamıştır. Bunlardan yalnızca çift kapaklı mercanlar ise yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Ancak bu mercanların 90 cins ile karakterize edilen çeşitliliği önemli düzeyde etkilenecek 30 cins inmiştir. Kalkerli süngerler ve stromatoporoidler de



yaşamlarına devam etmelerine rağmen resif yapıcı organizmalar olarak önemlerini yitirmişlerdir (James, 1983).

Senozoyik resifleri içerik olarak günümüz resiflerinin benzer özelliklerine sahiptir. Bu dönemde scleractinian mercanlar resiflerin yapısında egemen organizmalardır. Ancak Senozoyik resiflerinin gelişimleri üzerine olan bilgiler, iki ana neden dolayısı ile, yeterli düzeyde bilinmemektedir: 1. Tektonik olarak duraylı bölgelerdeki resiflerin hala gömülü olarak bulunması, 2. Tektonizmanın aktif olduğu alanlardaki resiflere ait fasiyes ilişkilerinin, faylanmalardan veya yüzeylenmelerin sınırlı olmasından ötürü, yeterince izlenmemiş olmasıdır (James, 1983).

Senozoyik resiflerin zaman ve mekandaki dağılımları, Tethys su yolunun, levha hareketleri sonucu giderek kapanmasından kaynaklanan su dolaşımı değişimleri ile doğrudan bağlantılıdır. Senozoyik resiflerdeki mercanların pek çoğu Kretase'den geçiş gösteren formlardır. Bazıları ise Paleosen'de ortaya çıkmaya başlamışlardır. Ordovisiyen zamanından beri resiflerde önemli bir yer tutan Solenopora (mercanımsı alg) Paleosen sonunda ortadan kalkmıştır. Eosen ile birlikte yeni hermatipik mercan cinslerin giderek küçülen Tethys denizinde yayıldığı görülmektedir (Barta-Calmus, 1977; Newell, 1972). Bu yayılım olasılıkla Kuzeybatı Hint Okyanusu'nun Ortadoğu üzerinden Akdeniz'e bağlayan sığ deniz yolu ile gerçekleşmiştir. Bu evrim Oligosen'e değin devam etmiştir. Oligosen'de Senozoyik resifleri, resif topluluklarının bollukları ve zenginlikleri bakımından gelişimlerinin doruk noktasına ulaşmasıdır (Wells, 1956; Frost, 1972; Stanley, 1977). Bu dönemde resif tiplerinin her çeşidine rastlanılmaktadır. Bu resiflerin çoğunda düşey ve yatay kuşaklar çok iyi gelişmiştir. Resif büyümelerinin başlangıç aşamaları fazla bir çeşitlilik göstermeyen, hafif ve gözenekli iskeletlere sahip hızla büyüyen mercan toplulukları ile karakterize edilmektedir. Bunlar çamurlu zeminler üzerinde koloniler oluşturmuşlardır. Örneğin dallı ve kabuk gibi sarıcı özellik gösteren Goniopora ile günümüz denizlerindeki Acropora palmata'ya benzer bir form olan Actinacis. Resif büyümesinin çeşitlenme döneminde ise türlerde büyük bir zenginlik görülmektedir. Özellikle Goniopora, Favia, montastraea, Diploria, Pavona, Colpophyllia ve Antiguastraea ağırlık olarak resif çatısını oluşturan formlardır. Ayrıca bu resiflerde hızla büyüyen dallı formlardan Acropora, Actinacis, Goniopora, Dictyaraea, Stylocoenia ile yumru formalar olan Alveopora ve Astreopora bol olarak bulunmaktadır. Mercanımsı algler, foraminiferler (kabuk gibi sarıcı formlar ve bryozoalar gibi resifi yurt edinmiş diğer formlar, bugünkü resiflerde bulunan formlara benzer özellikler göstermektedirler.

Resif dağılımlarındaki temel değişim Miyosen'de gerçekleşmiştir (Chevalier, 1977). Bu olay Akdeniz'in bugünküne benzer ayrı bir deniz konumuna gelmesi ile bağlantılıdır. Miyosen sonunda ise Akdeniz'de mercan resiflerinin kalmadığı görülmektedir. Messiniyen de Akdeniz'in aşırı tuzlu evaporitik bir ortama dönüşmesi mercan resiflerinin ortadan kalkmasına neden olmuştur (Esteban, 1979).

Pliyosen döneminde iklim kuşaklarının giderek belirginleşmesi ve Panama kıstağının yükselimi sonucunda resif gelişimleri İndo-pasifik ve Karayibler olmak üzere iki bölgede ile sınırlanmıştır (Newell, 1972; Chappell ve Polach,

1976; James, 1983).

## RESİFLERİN EKONOMİK JEOLJİSİ Resif ve Petrol

Resiflerin petrol ve bazı baz metalleri içermesi bakımından önemli bir ekonomik potansiyele sahip buldukları gerçeği uzun zamandan beri bilinmektedir. Örneğin Lloyd 1929 yılında yayınladığı çalışmasında resiflerin petrol bakımından önemine dikkat çekmiştir. Lloyd bu çalışmasında Teksas Eyaleti'nin (ABD) kuzeyinde yer alan Hendrick sahasında 1926 yılında bulunan petrolün Permiyen yaşlı mercan resiflerinden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Öte yandan Ellison (1926) Teksas'taki petrolün tuz domları çevresinde yer alan Oligosen yaşlı mercan resiflerinde bulunduğunu ileri sürmüştür. Bu çalışmalar, özellikle Lloyd'un yayını petrol jeologlarının dikkatini hazne kayalar olarak, mercan resiflerinin önemi üzerinde odaklanmasına neden olmuştur.

Resiflerden petrol üretimi Batı Teksas ve Yeni Meksika Eyaletleri'nde 1920-1930 yılları arasında bulunan petrol sahaları ile sınırlı değildir. Meksika'daki The Golden Lane sahası, Kanada ile Hollanda Yeni Gine'sindeki petrol sahalarındaki üretimde resiflerden kaynaklanmaktadır. 1927 yılında bulunan ve Ortadoğu'nun en zengin yataklarından birisi olan Kerkük petroleri de Tersiyer resif kompleksinden elde edilmektedir (Henson, 1950). Güneybatı İran'daki zengin petrol yatakları içeren Asmari kireçtaşının alt bölümü alg, foraminifer ve mercanlardan oluşan Oligo-Miyosen yaşlı resif kompleksleridir (Chevalier, 1977). Kanada'nın Alberta bölgesindeki Leduc sahasındaki petroler de resifal karbonatlardan elde edilmektedir. Üst Devoniyen (Frasnian) yaşlı Leduc karbonatları 4,5 milyar varil petrol yaklaşık 6 trilyon metreküp doğalgaz içermektedir. Bu karbonatlar biyostromal, resifal, biyohermal ve iskeletsel bank yığılımlarından oluşmuştur (Walls, 1983).

Bu bulgular, petrol şirketlerinin özellikle 1950'li yıllarda araştırma politikalarını yoğun olarak güncel ve eski resiflerin çalışmasına yöneltmiştir. Bunun sonucu olarak resifler, özellikle başta Kanada Devon resifleri olmak üzere 1950'li yıllarda çok ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Aynı yıllarda benzer petrol sahaları ABD, Ortadoğu ve Güneydoğu Asya'da da bulunmuştur.

1960'lı yıllarda fosil resiflerin çok zengin petrol yatakları içerdiği savı giderek egemen olmaya başlamıştır. Örneğin Occidental şirketinin Libya'da 1968 yılında bulduğu İntizar Sahasındaki Dı-103 no'lu kuyudan 78867 varillik temiz petrol elde etmesi bu savı doğrular bir bulgu olmuştur (World Oil, Ocak Sayısı, 1968). Bu sahada petrol yaklaşık 245 m. derinlikte bulunan Paleosen yaşlı resifal kireçtaşından elde edilmektedir. Bu resifal kireçtaşları, bugüne kadar bulunan petrol yatakları içerisinde en zengin olanıdır.

1979'lu yıllarda Sackatckewan (Kanada) yöresinde, ABD'nin kuzeyinde yer alan bölgelerde ve Meksika Körfezi'ndeki The New Golden Lane sahasında petrol potansiyeli bakımından olumlu neticeler alınması düşünülerek eski resiflerin araştırılmasına ilişkin çalışmalara ağırlık verilmiştir. Yer altındaki mercan resiflerinin bulunması yapısal kapanların saptanmasına göre çok daha zordur. Örneğin, yeni bulunan petrolerin çoğu antiklinal yapıda veya sismik yapı olarak düşünülen, ancak sondaj verilerine göre gömülü bir



resif/resif kompleksi olduğu anlaşılan yataklardan elde edilmektedir. Bu neden ile eski resiflerin saptanmasına ilişkin/yönelik çalışmalarda, biyofasiyes ve litofasiyes ilişkilerinin açıklanmasına/ortaya konmasına önem verilmiştir.

Petrol içeren resifler konusunda varolan bilgi birikimi iki önemli genel bulguyu ortaya koymaktadır:

1. Petrol içeren resifler, karakteristik olarak subsidansa ve çok az bir tiltleşmeye uğramış duraylı kıta şelflerinde gelişmişlerdir. Bunlar, oluşumlarından günümüze kadar önemli bir tektonik deformasyona uğramamışlardır. Kuzey Amerika'nın kuzeyindeki Siluriyen resifleri, Kanada'nın batısındaki Devoniyen resifleri, Meksika'daki Kretase resifleri ile Libya'nın Paleosen resifleri ilk konumlarını herhangi bir deformasyona uğramadan korumuş örneklerdir. Ancak ince taneli örtü kayaları resifin morfolojisine uyumlu olarak geliştiği için resiflerde aldatıcı kıvrımlı bir yapı görünümü gelişmektedir.

Eski mercan resifleri içerisinde kıvrımlanma ve faylanma ile tektonik deformasyona uğramış olanlar da bulunmaktadır. Queensland'ın (Avustralya) kuzeydoğusunda yer alan Siluriyen resifleri ile Belçika ve Kanada'nın batısında yer alan Devoniyen resifleri yoğun deformasyona uğramış örneklerdir. Deformasyon, petrolün resiften kaçmasına neden olmaktadır. Ancak Ortadoğu'nun en zengin yataklarından birini oluşturan Kerkük (Irak) petroleri, kıvrılarak antiklinaller oluşturmuş resif kuşağından alınmaktadır. Bu resiflerden bazıları mercan resifleri özelliğinde olmakla beraber çoğu rudistli ve foraminiferli karbonat banklarıdır.

2. Bu resiflerin büyümeleri sedimander havza gelişimi sırasında denizin karaya doğru ilerlediği transgresif aşamasında gerçekleşmiştir. Bu aşamadaki çökel girdisi havzanın sübidansı ile bozulan dengeyi karşılayacak düzeyde gerçekleşmediği için denizel ortamın derinliği zamana bağlı olarak artmaya başlamıştır. Resiflerin düşey boyutları, sübidansın yaklaşık olarak 200 m. ile 350 m. arasında gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Transgresyona bağlı olarak denizin karaya doğru ilerlemesi, kıvrıntılı geçit girdisinde bir artmaya ve dolayısıyla çökel fasiyeslerin zamanla karaya doğru göçüne neden olacaktır. Bu durumda organik resifleri oluşturan organizmalar, sübidans hızından daha hızlı bir şekilde büyüyerek petrol potansiyeli bakımından önemli resif yapıları oluşturmaktadır. Ancak regresif bir ortamda gelişmiş bulunan Kerkük resifleri bu genellemenin dışında kalmaktadır (Henson, 1950).

Ekonomik önemi olan resiflere, jeolojik geçmişin farklı zamanlarında ve mekanlarında rastlanılmaktadır. Bu resifler ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Çalışmalar genelde resif olarak tanımlanan bu petrollü karbonat yığılımlarından pekçoğunun gerçekte, çatı oluşturuvcu mercanlar içermediğini ortaya koymuştur. Başka bir deyişle bu yığılımlar biyolojik, paleontolojik ve ekolojik anlamda gerçek resifler olmayıp organizma yığılımlarından oluşan resif kompleksleridir. bu tür resif kompleksleri, petrol araştırmalarında çok önemli bir yer tutmaktadır.

Resifleri petrol potansiyeli bakımından değerlendirirken çevresindeki çökel birimler ile ele almak ve bu birimlerin gözeneklilik geçirgenlik katsayıları ile yayılımlarını da göz önünde bulundurmak gerekir.

Resif yapısı eğer deniz tabanındaki belirli bir engebe üzerinde gelişmiş ise resif çevresindeki çökellerin sıkışması taneler arası gözenek suyunun kaçmasına neden olacaktır. Geçirimsiz çökel katmanların görece olarak yaygın bulunması, petrolün düşey göçünü engelleyen örtü tabakaları işlevi de görecektir. Dolayısıyla petrol birikimi, resif kompleksinin gözenekli ve geçirgen kuşaklarında gerçekleşecektir. Bu neden ile resifal ortamlardaki evaporit çökelleri ile şeyller örtü kayaçları oluşturmaları bakımından ayrı bir önem kazanmışlardır. Örneğin Batı Teksas ve Yeni Meksika'daki Permiyen havzasında evaporitler, Batı Kanada'daki Devon resiflerinde ise evaporitler ile şeyller, petrolün resifler içerisinde örtü kayaçlar olarak önemli bir rol oynamışlardır. Ancak aynı yöredeki tüm resiflerin, farklı boyutlarda gözenek ve geçirgenliğe sahip olmaları nedeni ile aynı ölçüde petrol içermeleri olasılı değildir. Ayrıca ekolojik olarak benzer resiflerin bulunduğu yörelerde bile resiflerden bazıları petrol içerirken diğerleri doğal gaz ve su içerebilirler.

Resiflerde bulunan petrolü içeren organik gerecin, resifi oluşturan organik geçit ile herhangi bir bağlantısı yoktur. Resif ortamı yüksek su enerjisi ile karakterize edilen oksitleyici bir ortamdır. Bu durum organik gerecin çökeller içerisinde korunarak petrole dönüşmesine olanak sağlayacak elverişli bir koşul yaratmamaktadır. Ancak resifler arasındaki su kütlelerinin resif büyümesine bağlı olarak giderek derinleşmesi, deniz tabanında indirgeyici koşulların gelişmesine olanak sağlamaktadır. Bu aşamada çökeller içerisinde korunmuş olarak bulunan organik geçit, görülmeye bağlı olarak gerçekleşen uygun sıcaklık ve basınç koşulları nedeni ile petrole dönüşecektir.

#### **Mercan Resiflerindeki Metalik Madenler**

Mercan resiflerinde petrol yanısıra önemli ölçüde baz metaller de bulunmaktadır. Mercan resiflerinde, cevher yataklarının yerleşimi, petrol yerleşiminden pek farklı bir düzeyde değildir. Nikel, asfaltit, vanadyum, sülfür ve bunlarla ilişkili bulunan petrolün yoğunluğu arasında bir bağlantı olduğu ortaya konulmuştur (Hodgson ve Barker, 1959). Baz metaller de aynı petrolün göçünde olduğu gibi, çökellerin sıkışması sonucu gözenek suyunun kaybolmasına bağlı olarak göç ederler. Bu gözenek sularının kimyası, büyük ölçüde içinde oldukları çökellerin doğasına bağlıdır. Sıkışma sonucunda izledikleri göç yolları da, çökeltme sisteminde varolan diğer gözeneklilik ve geçirgenlik yolları ile akışkanın sahip olduğu akma gradyanı tarafından denetlenir.

Yeni çökelmiş herhangi bir çamur veya kil çökeli yüzeyde % 80 oranında bir gözenekliliğe sahiptir. Gömülmeye bağlı olarak artan çökel yükü nedeni ile sıkışma süreçleri başlar ve çökel birimin hacimsel yoğunluğu artarken, gözeneklilik oranı ve dolayısı ile gözenek suyunda önemli ölçüde bir azalma gerçekleşir (Chapman, 1972). Örnekleme gerekirse 1 m<sup>3</sup>.lük bir kil deposundaki gözeneklilik oranının % 40'dan % 20'ye inmesi, ancak 300 ile 2500 m. arasındaki derinliklerde gerçekleşebilir. Bu olay sonucunda yaklaşık 250x10<sup>6</sup> metre küplük bir gözenek suyunun çökel sistemden göçü söz konusudur (Chapman, 1977).

Bu kadar büyük miktarlarda yer değiştiren akışkanlar içerisindeki baz metaller, fiziko-kimyasal süreçlere bağlı olarak gelişen önemli ekonomik potansiyele sahip yataklara dönüşür. Mercan resifleri, göçeden akışkanların



fiziko-kimyasal ortamını tamamen değiştiren koşullara sahip ortamlardır.

Maden içeren eski mercan resiflerine ilişkin en güzel örneklerden birisi Kanada'nın Kuzeybatısında yer alan Great Slave gölünün güney kıyısındaki sed resifi kompleksidir. Ekonomik öneme sahip kurşun, çinko yatağı bu sed resifinin kuzey kenarında yer almaktadır. Bu resif daha güneydeki petrol içeren resifler ile de ilişkilidir. Ancak maden yatağı, yüzeye yakın bulunmakta, petrol ise yaklaşık 2300-2400 m. derinde yer almaktadır. Bu sed resifi, kuzey ve batıda yer alan şeyl egemen birimleri, güney ve doğuda yer alan evaporit çökellerinden ayırtetmektedir. Ayrıca komşu havzalardaki çökellerin sıkışmasına bağlı olarak kaçan gözenek akışkanlarının göçü içinde gözeneklilik ve geçirgenlik bakımından elverişli bir ortam oluşturmuştur.

Maden yatakları bu resif kompleksinin resif gerisi ve organik resif fasiyeslerinde bulunmaktadır. Ancak yatakların uzanımı, katmanlanma veya fasiyes birimlerinin belirlediği geometriler ile uyumlu değildir. Yataklar ayak tabanı biçiminde geometrilerle sahiptir ve olasılıkla tektonizmadan ziyade erimelerden kaynaklanmış breşik kuşaklarda yer alır.

İsviçre'den Avusturya'ya kadar uzanan Doğu Alpler'inde de kurşun-çinko maden yatakları bulunmaktadır. Bu yataklar Üst-Orta Triyas yaşlı resifler içerisinde yer almaktadır. Pine point maden yataklarında olduğu gibi, Doğu Alpler'deki maden yatakları da, resif çekirdeği ve resif gerisi fasiyesleri içermektedir. Ancak, cevher kütleleri belirgin yataklar biçiminde gelişmiştir.

## SONUÇLAR

Resifler iri ve güçlü iskeletli mercanlar ve mercanimsı alglerin oluşturduğu masif, dalgaya dayanıklı, deniz tabanında topoğrafik bir engebe oluşturan organik kökenli bir karbonat yığılımıdır. Kalkerli algler, süngerler, mollusklar ve bryozoalar ve foraminiferler resif gelişiminde bağlayıcı ve çökel üretici organizmalar olarak yardımcı rol oynamışlardır. Resifler çok geniş bir coğrafik yayılım göstermekle beraber, karakteristik olarak tropikal ve subtropikal kuşağın tektonik olarak duraylı, sığ karbonat platformlarında veya şelflerinde gelişim göstermişleridir. Gelişim, özellikle platform ve şelflerin serbest su dolaşımının gerçekleştiği besleyiciler bakımından zengin, rüzgara karşı bakan/açık yüksek enerjili açık deniz taraflarında gerçekleşmektedir.

Resif gelişimi, resif oluşturucu organizmaların biyolojik doğası, deniz düzeyi oynamaları, deniz tabanının topoğrafyası ve sübsidansı ile dalga enerjisi, biyerozyon ve akıntılar gibi resif yıkıcı süreçler tarafından denetlenir.

Jeolojik geçmişte en eski resiflere Prekambriyen'de gelişmiş stromatolit biyohermleri olarak rastlanmaktadır. Paleozoyik, Alt-Orta Mesozoyik dönemlerinde ise archaeocyathidler, kalkerli algler, süngerler, stromatoporoidler, tubiphytler ve mercanlardan oluşan biyohermler, biyostromlar çamur veya resif tümsekleri şeklinde gelişmiştir. Geç Mesozoyik'te rudistli resifler egemen olmuştur. Tersiyer'de Orta Triyas'ta ortaya çıkan scleractinian mercanların giderek gelişmelerine bağlı olarak günümüz denizlerindeki resiflere benzer mercan resifleri yer almıştır.

## KATKI BELİRLEME

Konuya ilişkin literatür sağlamasındaki katkıları nedeni ile Doç. Dr. Baki VAROL'a (A.Ü.); "Resifler ve Avrupa Fosil Resif Modelleri" konulu yayınlanmamış Doktora Semineri notlarını yararlanmamıza açan Eşref ATABEY'e (M.T.A.); çalışmalarımızın çeşitli aşamalarında ilgi ve desteklerini esirgemeyen Dr.Tevfik ERKAL ve Saffet DOYURAN'a (M.T.A.) teşekkür ederiz.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- ADEY, W.H.1978, Coral Reef Morphogenesis; A Multidimensional Model. Science, v. 202, no.4370, p.831-837.
- AHR, W.M.,1971, Paleoenvironment, algal structures and fossil algae in the Upper Cambrien of central Texas; Jour. Sed. Petrology, v.41, p.25-216.
- ALTINLI, İ.E.,1975, Kireçtaşları ve Sınıflamalar. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü Ders Notları, İ.Ü. Fen Fak. Yayınları.
- ATABEY,E., 1990, Karbonat platformlarının sınıflaması, fasiyes modelleri ve evrimi/Toros Karbonat Platformu.A.Ü. Fen. Bil. Enstitüsü, Doktora Semineri-I, 103 s.
- ATABEY, E., 1990, Resifler ve Avrupa Fosil Resif Modelleri'nden örnekler. A.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Doktora Semineri-II, 116s.
- BARTA-CALMUS,S.,1977, Aperçu de l'evolution des Madreporaires dans la province mediterranneenne occidentale au Mummulitiqu; Second Symposium international sur les coraux et recifs coralliens fossiles, Memoire du B.R.G.M.,N89,S.353-358.
- BATHURST,R.G.C.,1975, Carbonate sediments and their diagenesis. Amsterdam, Elsevier Sci. Pub., 658s.
- BRAITHWAITE-C.J.R., 1973, Reefs.Just a Problem of Semantics?. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.,v.57,s.1100-1116.
- BURCHETTE,T.P.,1981, European Devonian Reefs; a review of current concepts and models,D.F.Toomey(Ed), European fossil reef models. SEPM Spec Pub. no.30,s.85-143.
- CECILE,M.P., ve CAMPBELL, F.H.A. 1978, Regressive stromatolite reefs and associated facies, middle Goulburn Group(Lower Proterozoic) in Basin,N.W.T.; an example of environmental control of stromatolite form.Bull.Canadian Petroleum Geols.,v.26,s.237-267.
- CHAPMAN R.E.,1977, Economic Geology Coral Reefs.v.4,Geol.2,s.107-128, Academic Press New York.
- CHAPPELL,J.ve POLACH, H.A. 1976, Holocene sea-level change and coral-reef growth at Huon Peninsula,,Papua New Guinea.Geol.Soc. America Bull.,v.87,s.235-239.
- CHAVALIER,J.P.,1977, Aperçu sur la faune corallienne recifale du Naogene Second Symposium international sur les coraux et recifs coralliens fossiles, Memires du B.R.G.M.,N.89, s.359-366.
- CLOUDE,P.E.,1952,Facies relationships of organic reefs.Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.,v.36, no.11,s.2125-2149.
- COATES,A.G.,1977,Jamaican Cretaceous coral assemblages



- and their relationships to rudist frameworks; Second Symposium international sur les coraux et récifs coralliens fossiles. *Memoire du B.R.G.M.*, N.89, s.336-341.
- CUFFEY, R.J., 1972, The roles of bryozoans in modern coral reefs. *Geol. Rundsch.* 61, 542-550.
- CUMMINGS, E.R., 1932, Reefs or Bioherms?. *Geol. Soc. America Bull.*, v.43, s.331-352.
- CUMMINGS, E.R. ve SHROCK, R.R. 1928, Niagan reefs of Indiana and adjacent states and their stratigraphic relations. *Geol. Soc. America Bull.*, v.39, n.2, s.579-620.
- DALEY, B., 1972, Macro invertebrate assemblages from the Bembridge Marls (Oligocene) of the Isle of Wight, England, and Palaeoecology, v.11, s.11-32.
- DARWIN, C.R., 1842, The structure and Distribution of Coral Reefs. London, Smith, Elder and Co., 214s.
- DAVIES, G.R., 1970, Carbonate bank sedimentation, eastern Shark Bay, Western Australia. *Mem., Am. Assoc. Pet. Geol.*, 13, s.85-168.
- DUNCAN, P.M., 1863, On the fossil Corals of the West Indian Islands I. Quart. *J. Geol. Soc. America Mem.* 67, v.2, s.783-800.
- DUNHAM, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem.* 1, s.108-121.
- DUNHAM, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem.* 1, s.108-121.
- DUNHAM, R.J., 1970, Stratigraphic reefs versus ecologic reefs. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v.54, s.1931-1932.
- ELLISOR, A. CA, 1926, AAPG, *Bull.*, 10, s.976; Chapman, E.R. 1977, *Econ. Geol. and Fossil Reefs* adlı yapıttan alınmıştır.
- EMBRY, K.O., TRACY, J.I., ve LADD, H.S., 1954, *Geology of Bikini and nearby atolls*. 1. *Geol. Surv. Prof. pap.*, 260 A.1-265.
- ENOS, P., 1974, Reefs, platform and basins of Middle Cretaceous in northeast Mexico. *AAPG Bull.*, v.58, s.800-809.
- ENOS, P., ve PERKINS, R. 1979, Evolution of Florida Bay from Island stratigraphy. *Geol. Soc. America Bull.*, v.90, s.59-83.
- ESTEBAN, M., 1979, Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* v.29, s.169-189.
- FAIRBRIDGE, R.W., 1961, Eustatic Change in Sea Level. *Physics Chem. Earth*, v.4, s.99-185.
- FLÜGEL, E., 1981, Paleoecology and facies of Upper Triassic reefs in the northern calcareous Alps, D.F. Toomey (Ed.), *European fossil reef models*. *SEPM spec. Pub.* N.30, s.291-361.
- FOLK, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types. W.E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. *AAPG Mem.* 1, s.62-85
- FRIEDMAN, G.M., 1978, Recognition of Post-Paleozoic Reefs. An Experience in Frustration. Tenth International Congress on Sedimentology, Jerusalem, *Proc.*, v.1, 220s.
- FROST, S.H., 1977, Ecologic controls of Caribbean and Mediterranean Oligocene reef coral communities, D.L. Taylor (Ed.), Miami, Fla., *Proc. 3rd Inter. Coral Reef Symp.*, s. 367-375.
- GARRET, P., ve Diğ., 1971, Physiography, ecology and sediments of two Bermuda patch reefs. *Jour. Geol.*, v. 79, s. 647-668.
- GINSBURG, R.N., ve JAMES, N.P., 1974, Spectrum of Holocene reef-building communities in the western Atlantic, A.M. Zeigler et al (Ed.), *Principles of benthic community analysis* (notes for a short course).
- GINSBURG, R.N., ve SCHROEDER, J.H. 1973, Growth and Submarine fossilization of algal cup reefs, Bermuda: *Sedimentology*, v. 20, p. 575-614.
- GOREAU, T.F., 1959, The ecology of Jamaican coral reefs. I. Species, composition and zonation. *Ecology*, v. 40, s. 67-90.
- GOREAU, T.F., ve GOREAU, N.I., 1973, The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. *Bull. Marine Sci.*, v. 23, s. 399-464.
- GOREAU, T.F., ve HARTMAN, W.D., 1963, Boring Sponges as Controlling Factors in the Formation and Maintenance of Coral Reefs: in *Mechanisms of Hard Tissue Destruction*. Washington, D.C., *Am. Assoc. Advancement Science Pub.*, 75, s. 25-54.
- GVIRTZMAN, G., BURCHBINDER, B., SNEH, A., NIR, Y., FRIEDMAN, G.B. 1977, Morphology of the Red Sea fringing reefs. A result of the erosional pattern of the last-glacial lowstand sea level and the following Holocene recolonization. *Sec. Symp. inter. sur les coraux et réefs coralliens fossiles*, N. 89, s. 480-491.
- HECKEL, P.H., 1974, Carbonate Buildups in the Geologic Record. A review, Laporte, L.F. (Ed.), *Reefs in Time and Space*. *Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Pub.*, N. 18, s. 90-154.
- HECKEL, P.H., ve COCKE, J.M., 1969 Phylloid algal mound complexes in outcopping Upper Pennsylvanian rocks of mid-continent. *AAPG Bull.*, v. 53, s. 1084-1085.
- HENSON, F.R.S., 1950, Cretaceous and Tertiary Reef Formations and Associated Sediments in Middle East. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* v. 34, s. 215-238.
- HILL, D., 1974, An introduction to the Great Barrier Reef. *Proc. Int. Symp. Coral Reefs 2nd, 1973 Vol. 2*, pp. 723-731.
- HODGSON, G.W., ve BAKER, B.L., 1959, *AAPG Bull.*, 10, s. 976; Chapman, E.R., 1977, *Econ. Geol. and Fossil Reefs* adlı yapıttan alınmıştır.
- HOFFMAN, P., 1974, Shallow and deepwater stromatolites in lower Proterozoic platform-to-basin facies change, Great Slave Lake, Canada. *AAPG Bull.*, v. 58, s. 856-867.
- HOFFMAN, P., 1976, Stromatolite morphogenesis in Shark



- Bay, Western Australia M.R. Walter (Ed.), *Stromatolites*. Amsterdam, Elsevier Sci. pub., s. 261-273.
- IAMS, W.J., 1970, Boilers on Bermuda's South Shore, R.N. Ginsburg ve S.M. Stanley, (Ed.), *Reports of research, 1969, seminar on organism-sediment interrelationships*. Bda. Bio. Stn. Spec. Pub. N. 6, s. 91-99.
- JAMES, N.P., 1979, Reefs, R.G. Walker (Ed.), *Facies Models*. Geosci. Canada Repr. Ser. 1, p. 121-133.
- JAMES, N.P., 1983, Reef Environment. P.A. Scholle, D.G. Bebout, C.H. Moore (Ed.), *Carbonate Depositional Environments*, AAPG, Tulsa, Oklahoma, USA, Mem. 33, s. 347-440.
- JAMES, N.P., ve DEBRENNE, F., 1980, Lower Cambrian bioherms, pioneer reefs of the Phanerozoic. *Acta Palaeontologica Polonica*, v. 25, s. 655-685.
- JONES, A.O. ve ENDEAN, R. 1977, *Biology and geology of coral reefs*. Vol. 4, New York, Academic Press.
- KAZANCI C.F. ve VAROL B., 1990, Development of a mass-flow dominated fan-delta complex and associated carbonate reefs within a transgressive Paleocene succession, Central Anatolia, Turkey. *Sed. Geol.* v. 67, s. 261-278.
- KLAPPA, C.F. ve N.P. JAMES, 1980 Small lithistid sponge bioherms, Early Middle Ordovician Table Head Group Western Newfoundland. *Bull. Canadian Petroleum Geology*, v. 28, p. 425-451.
- KLOVAN, J.E., 1974, Development of western Canadian Devonian reefs and comparison with Holocene analogues. *AAPG Bull.* v. 58, s. 787-799.
- LEWIS, M.S. ve Diğ., 1968, The morphology of the fringing coral reefs along the east coast of Mahe, Seychelles. *Jour. Geol.* v., 76, s. 140-153.
- LINK, T.A., 1950, Theory of Transgressive and Regressive Reef (Bioherm) Development and Origin of Oil. *AAPG, Bull.*, v. 34, 263-294.
- LONGMAN, M.W., 1981, A Process Approach to Recognizing Facies of Reef Complex. *European Reef Models*, D.F. Toomey (Ed.) *SEPM, Spec. Publ.* v. 30, s. 9-40.
- LOWENSTAM, H.A., 1950, Niagaran reefs in the Great Lake area., *Journ. Geol.* v. 58, s. 430-487.
- MACNEIL, F.S?, 1954a, Organic reefs and banks and associated detrital sediment. *Am. Jour. Sci.* N. 7, s. 385-401.
- MACNEIL, F.S. 1954b, The shape of atolls-an inheritance from subaerial erosion forms. *Am. Jour. Sci.*, s. 252, s. 402-427.
- MACINTYRE, I.G., BURKE, R.B., AND STUCKENRATH, R., 1977, Thickset Recorded Holocene Reef Section. Isla Perez Core Hole, Alacran Reef, Mexico. *Geol.* v. 5, s. 749-754.
- MAIKLEM, W.R., 1970, Capricorn Reef complex, Great Barrier Reef, Australia. *Jour. Sed. Petrology*, v. 38, s. 785-798.
- MAXWELL, W.G.H., 1968. *Atlas of the Great Barrier Reef* Amsterdam, Elsevier, 258 s.
- MILLIMAN, J.D., 1974, "Marine Carbonates", Springer-Verlag, Berlin and New-York.
- MILLIMAN, J.D., ve EMERY, K.O., 1968. Sea Level During the past 35.000 Years. *Sci.* 162, s. 1121-1123.
- MOORE, C.H., ve SHEED, W.W., 1977, Effective Rates of Sponge Bioerosion as a Function of Carbonate Production. *Third International Coral Reef Symposium, Proct.*, v. 2, s. 499-505.
- NELSON, H.F., BROWN, C. W. ve BRINEMAN, J.H. 1962, Skeletal Limestone classifications, in *Classification of carbonate rocks*. AAPG, Mem. I, s. 224-252.
- NEUMANN, A.C.A., KOFOED, J.W., ve KELLER, G.H., 1977, Lithoherms in the Straits of Florida. *Geol.*, 5, s. 4-10.
- NEWELL, N.D., 1972, The Evolution of Reefs. *Scientific American* 226, 54-65.
- NEWELL, N.D., 1971, An outline history of tropical organic reefs. *Am. Mus. Novitates*, v. 2465, s. 1-37.
- NEWELL, N.D., FISHER, A.G. WHITEMAN, A.J. HICKOK, J.E., ve J.S. BRADLEY, 1953, The Permian reef complex of the Guadalupe Mountains regions 236 s.
- ORME G.R., 1977, Aspects of Sedimentation in the Goral Reef Environment. *Biol. and Geol. of Coral Reefs O.A. Jones ve R. Endean (Ed.)*, v. 4, geol 2, s. 129-182.
- ORME, G.R., FLOOD, P.G. EWART, A., ve SARGEANT, G.E.G., 1978, Sedimentation Trends in the Lee of Outer (Ribbon) Reefs. Northern Region of the Great Barrier Reef Province. *Phil. Trans. Roy. Soc London* v. 291, s. 85-99.
- PALMER, T.J., ve FURSICH, F.T., 1981, Ecology of sponge reefs from the Upper Bathonian of Normandy, v. 24, s. 1-25.
- PURDY, E.G., 1974 Reef configurations. Cause and Effect. *L.P. Laporte (Ed.) Reefs in Time and Space. Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Pub. n. 18*, s. 9-76.
- RIDIGN, R. 1981, Composition, Structure and Environmental Setting of Silurian Bioherms and Biostromes in Northern Europe, D.F. Toomey (Ed.), *SEPM, Spec. Publ.* 30, s. 41-83.
- RUTTEN, M.D., 1956, The Jurassic reefs of the Yonne. *Amer. Jour. Sci.*, v. 254, s. 363-371.
- SCOTT, R.W., 1979, Depositional model of Early Cretaceous coral-algal-rudist reefs, Arizona. *AAPG, Bull.*, v. 63, s. 1108-1128.
- SHAVER, R.H., ve Diğ., 1978. The search of a Silurian reef model. *Great Lakes Area. Spec. Rept. N. 15*, Ind. Geol. Survey, 36 s.
- SOUIRES D.F., 1962, Corals at the mouth of the Rewa River, Viti Levu, Fiji. *Nature (London)* 195, s. 361-362.
- SMITH, D.B., 1981, Bryozoan-algal patch reefs in the Upper Permian Magnesian Limestones of Yorkshire, North-east England. D.F. Toomey (Ed.), *European fossil reef models. SEPM Spec. Pub. N. 30*, s. 187-203.
- STANLEY, G.D., 1979, Paleocology, structure and distribution of Triassic coral buildups in western North America. Article 65, *Univ. Kansas Paleont. Contrib.*, 58 s.
- STANLEY, G.D., 1980, Triassic carbonate buildups of Western North America. Comparison with the Alpine Triassic of Europa. *Riv. Ital. Paleont.* v. 85., n. 3-4, s. 377-894.
- STANTON, R.J., 1967, Factors Controlling Shape and Internal



- Facies Distribution of Organic Carbonate Buildups. AAPG Bull. 51. s. 2462-2467.
- STEERS, J.A. ve D.R. STODDART. , 1977, The origin of fringing reefs, barrier reefs, and atolls. Biol. and geol. of coral reefs. o.A. Jones ve R. Endean (Ed.) v. 4, geol. 2, s 21-58.
- STODDART, D.R., 1969 a, Ecology and Morphology of Recent Coral Reefs. Biol. Rev., v. 44, s. 433-498.
- STODDART, D.R., 1978, The Great Barrir Reeef and the Great Barrier Reef Expedition 1973. Phil. Tra9s Ro. Soc. London a, v. 291 s. 5-22.
- STODDART, D.R., ve STEERS, J.A., 1977, The nature and Origin of Coral Reef Islands. Biol. and geol. of coral reefs. O.A. Jones ve Endean R.(Ed.) v. 4, geol. 2, s. 60-102.
- TEICHERT, C., 1958, Cold and deep water coral banks, AAPG banks AAPG Bull. v. 42, n. 5, s. 1064-1082.
- TOOMEY, D.F., 1970, An unhurried look at a Lower Ordovician mound horizon, southern Franklin Mount., west Texas. Jour. Sed. Pet. v. 40, s. 1318-1135.
- TOOMEY, D.F., 1981, Eoupeorean foosil reef models. SEPM Spec. Pub. n. 30, 545 s.
- TOOMEY, D.F. ve NITECKI, M.H., 1979, Organic buildups in the Lower ordovicion of Texas and Oklahoma, Fel-diana, ser. 2, 181 s.
- TOOMEY, D.F. ve WINLAND, H.D., 1973, Rock and biotic fa-cies associatad with a Middle Pennsylvanian algal buildup, AAPG Bull., v. 57. s. 1053-1074.
- TURMEL, R., ve SWANSON, R., 1976, The development of Rodriguez Bank, a Holocene mudbank in the Florida Reef Tract. JSP, v. 46, s. 497-519.
- VAUGHAN, T., 1900, The Eocene and Lower oligocene coral faunas of the U.S. with decriptions of a few Creta-ceous sp. U.S. Geol. Surv. Monogr., 39, s. 1-263.
- VAUGHAN, T. 1911, Physical conditions under which Paleo-zoic coral reefs were with an account of the Ameri-can Tertiary, Pleistocene and Recent coral reefs. U.S. Nat. Mus. Bull., 103, s.1-524.
- VAUGHAN, T. 1919, Fossil corals from central America, Cuba and PortoRico with an account of the American Ter-tiary, Pleistocene and Recent coral reefs. US Nat. Mus. Bull. 103, s. 1-524.
- WELLS, J.W., 1956, Scleractinia. Tretaise invertebr. Paleont., part F, Coelenterata, Geol. Soc. Am. and Univ. Kan-sas press, F. 328-444, Lawrence, Kansas.
- WILSON, W.B., 1950, Reef definition. AAPG bull. v. 34, n. 2, 181 s.
- WILSON, J.L., 1974, Characteristics of Carbonate Platform Margins. AAPG Bull., v. 58, s. 810-824.
- WILSON, J.L. 1975, Carbonate Facies in Geologic history, New York, Springer-Verlag, 471 s.
- YONGE, C.M., 1968. Living corals. Proc. Roy. Soc., v. 169, s. 329-344, London.