

**Kretase (Apsiyen-Senomaniyen) Siyah Şeyleri, Kırmızı Tabakaları (Apsiyen-Senomaniyen, Santoniyen) ve Türbiditik Kumtaşlarının Oluşumunda Eski İklimsel ve Eski Okyanusal Değişimlerin Etkisi: Sedimanter Jeokimya (Duraylı İzotoplar ( $\delta^{13}\text{C}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$ ), Ana ve İz Elementler), Sekans Stratigrafisi, Devirsel Stratigrafi ve Kuantitatif Sedimantoloji Uygulamaları (Sakarya ve Batı Pontitler, KB Türkiye)**

*Paleoclimatic and Paleooceanographic Controls on the Occurrence of Cretaceous (Aptian-Cenomanian) Black Shales, Red Beds (Aptian-Cenomanian, Santonian) and Turbiditic Sandstones: Cyclostratigraphic, Sequence Stratigraphic And Sedimentary Geochemistry (Stable Isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ), Major and Trace Elements) and Quantitative Sedimentology Applications (Sakarya and Western Pontides, NW Turkey)*

**YILMAZ, İ. Ö**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06531, Ankara, Türkiye*

[ioyilmaz@metu.edu.tr](mailto:ioyilmaz@metu.edu.tr)

**ÖZ**

Çalışma alanları Sakarya'da Mudurnu, Nallıhan ve Göynük ilçeleri, Batı Pontitler'de Amasra ili civarını içermektedir.

Sakarya Kıtası'nda Soğukçam Formasyonu'nun pelajik kireçtaşları ve siyah çamurtaşları/şeyleri ve üzerine gelen Yenipazar Formasyonu'nun Üzümdere ve Değirmenözü Üyeleri'nin Alt ve Geç Kretase yaşlı türbiditik ve pelajik kumtaşları, çamurtaşları ve kireçtaşları, Batı Pontitler'de Çukurköy Formasyonu'nun Türbeyanı Marn Üyesi'nin Alt-Geç Kretase yaşlı marn, çamurtaşları ve kumtaşlarının sedimantolojisi, devirsel stratigrafisi, sekans stratigrafisi ve sedimanter jeokimyalari çalışılmıştır.

Pelajik istiflerin devirsel stratigrafisi daha çok ritmik özellikte olup çamurtaşı/siyah şeyl ve kumtaşı veya kireçtaşı ardalanması şeklinde gözlenmiştir. Tabaka kalınlıklarındaki değişimler, çakıltaşlarının ve kireçtaşlarının konumu sekans stratigrafisi açısından yorumlanmış ve Fischer eğrileri (Fischer Plots) ve Markov zinciri (Markov chain) analizleri yardımı ile devirlerin ve sekansların sınırlarının konumu sabitlenmiş ve korelasyonları yapılmıştır.

Bunlara ek olarak, devirsel stratigrafinin deniz seviyesi ile ilişkilendirilmesinden sonra (Milankovitch devirleri) bu istiflenmelerin içerisinde izotop değerlerindeki değişimler ( $\delta^{13}\text{C}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$ ) ile (Yılmaz, 2002; Yılmaz ve diğ., 2004, 2006) ana ve iz elementlerinin değişimleri de incelenmiştir.

Bu istiflerde gözlenen sıklıkla tekrarlayan siyah şeyl/koyu gri çamurtaşlarının devirsel stratigrafi ve sekans stratigrafisindeki konumları küresel anoksik olaylar (Erba, 2004) ile, kırmızı tabakalar ise yine küresel oksik olaylar (Hu ve diğ., 2005, Wang ve diğ., 2005) ile paralellik sunmaktadır.

Kırmızı tabakalar kırmızı, pembe veya bordo renkli marnlar, kireçtaşları veya çamur taşlarından oluşmaktadır. Göreceli olarak demir minerallerine daha sık olarak rastlanması, yer yer fosfat kırıntılarının bulunması bu fasiyelerin havzada ani akıntı yükselimleri veya su kolonunda kimyasal değişimlerin olduğunu göstermektedir. Yer yer glakoni içeren siyah şeyl/koyu gri çamurtaşları ile ardalanma göstermeleri bu değişimlerin ne kadar kısa süreli olduğuna dikkat çekmektedir.

Tabakalardaki element dağılımları ise siyah şeyl/koyu gri çamurtaşlarının kumtaşlarına ve kırmızı tabakalara göre redox şartlarından daha az etkilendiği ve anoksik ortamı gösterdiği, göreceli olarak detrital göstergeli ve otojenik elementlerce zenginlik kazandığı görülmektedir (Brumsack, H-J., 2006). Biyojenik kökenli elementlerin ön planda olmayışı produktivite etkisinin sedimantasyonda katkısının fazla olmadığını ve sedimantasyonun daha çok redox ve detrital değişimler ile geliştiğini göstermektedir. Buna ek olarak toplam organik madde değerlerinin düşüklüğü de bu yorumu desteklemektedir. Fakat çökelim sırasında oksijenin ortamda bulunması ve organik maddenin çökelim oranının fazla olmayıp oksidize olması hem produktivitenin eksikliğini hemde oksik ortam gelişiminin zaman zaman artıp azaldığını da göstermektedir. Bu da fasiyes döngüleri ile oluşturulan devrimselliğin deniz seviyesi ile ilişkilendirilmesinde geri planda iklim etkisinin ve akabinde akıntı değişimlerini de göstermektedir.

Duraylı izotop analizlerinin de element dağılımları ile paralellik göstermesi iklim etkili deniz seviyesi değişimlerine katkıda bulunmaktadır. Yılmaz (2002) ve Yılmaz ve diğ. (2004 ve 2006) duraylı izotop analizleri ile genel olarak pelajik ve platform tipi karbonat devirlerindeki izotop değerlerindeki farklılık yaklaşık olarak 2‰ civarında bu da yaklaşık olarak 8-10 derecelik ısı farklılığını göstermekte olduğunu ve izotop değerlerinin değişim miktarına ve fasiyeler ile olan ilişkileri incelendiğinde devirsel değişimlerde iklim etkisinin transgresif kısımda ısınma ve transgresyonun çok hızlı fakat regresif kısımda ise soğuma ile kendisini gösterdiğini ve regresyonun yavaş olduğu şeklinde yorumlandığını ortaya koymuşlardır. Buna ek olarak biyojenik elementlerin az oluşu ve produktivitenin devirlerin oluşumunda etkin olmayışı iklim etkili deniz seviyesi değişimlerinin fasiyes dağılımlarında etkin olduğunu ve produktivite değişimleri ile ilişkili olmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak sedimanter jeokimya (element ve duraylı izotop) devirsel ve sekans stratigrafisi analizleri ile siyah şeyl/koyu gri çamurtaşlarının devir tabanlarında göreceli olarak daha sıcak iklimde, daha yavaş ve göreceli olarak kısa süreli çökeliyi temsil ettiği, devirlerin üstünde yer alan kumtaşlarının ve kireçtaşlarının ise regresif kısımlara tekabül ettiği, göreceli olarak soğuk ikliminde ve uzun süreli çökeliyi temsil ettiği tespit edilmiştir. Siyah şeyl/koyu gri çamurtaşlarının küresel anoksik olaylara tekabül etmesinin yanı sıra non-sülfidik - post-oksik tipi anoksik ortamda (Tucker, 2001) çökeldikleri tespit edilmiştir. Kırmızı tabakaların ise oksidize olmuş ve tektonik olarak etki altında kalmış ortamlarda çökeldikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sedimanter jeokimya, devirsel stratigrafi, sekans stratigrafisi, Kretase (Apsiyen-Senomaniyen, Santoniyen), KB Türkiye

### **ABSTRACT**

*Study areas are located near the town of Nallıhan, Mudurnu and Göynük in the Sakarya region, and around Amasra city in the Western Pontides.*

*Sedimentology, sedimentary geochemistry (stable isotopes, major and trace elements), cyclostratigraphy and sequence stratigraphy of Lower Cretaceous pelagic limestones and black shales/mudstones of the Soğukçam Formation, Lower and Upper Cretaceous turbiditic and pelagic sandstones, mudstones and limestones of Üzümdere and Değirmenözü Members of the Yenipazar Formation on the Sakarya continent, and Lower-Upper Cretaceous marls, mudstones and sandstones of Türbeyanı Marl Member of the Çukurköy Formation on the western Pontides have been studied.*

*Cyclostratigraphy of the pelagic successions is in the rhythmic mode rather than cyclic as in the form of alternation of black shales/mudstones and sandstones or limestones. Bed thickness changes, frequency of conglomerates and limestones within the sections are analysed for sequence stratigraphy, by the help of Fischer plot and Markov chain analysis, the position of the sequence boundaries and the cycle types are determined and correlated.*

Moreover, after establishing the cyclostratigraphy of the sections in relation with sea level changes (Milankovitch cycles) (Yılmaz, 2002; Yılmaz et al., 2004, 2006) relationship of the stable isotope changes and major and trace element anomalies are analyzed independently within these successions.

Occurrences of the observed black shales/mudstones within cyclostratigraphic and sequence stratigraphic framework and of red beds coincide with the global anoxic (Erba, 2004) and oxic events (Hu et al., 2005, Wang et al., 2005).

The red beds are composed of red, pink or purple coloured marls, limestones or mudstones. Relative frequency of iron minerals and phosphate clasts in these facies may indicate effects of upwelling currents or reworking in the basin or change in the chemistry of the water column. Alternation of glauconite bearing black shales/dark gray mudstones with red beds displays that turning into different conditions takes place in a shorter time.

The element distribution within the black shales/mudstones indicates that shales and mudstones are less affected from redox conditions than red beds and presents development of anoxic conditions. The detrital and authigenic elements are comparatively abundant in black shales/mudstones (Brumsack, H-J., 2006). Occurrence of biogenic elements in lesser quantities explains the absence of productivity control in sedimentation which is mainly controlled by detrital and redox changes. In addition to that, low TOC values support parallelism with interpretation. Presence of oxygen in the depositional environment, low rate of deposition and oxidization of organic matter display development of suboxic/postoxic environment and less or no effect of productivity. This implies that development of cyclic facies variations were not controlled by productivity fluctuations but by climate.

Distribution of elements in parallel with the stable isotopes supports the idea of climate induced sea-level changes. Yılmaz (2002) and Yılmaz et al. (2004, 2006) presented that average difference in isotope values per cycle in the platform and pelagic carbonates was about 2‰ and the average paleotemperature difference along the cycles was in the range of 8-10 °C. It was interpreted that transgression could have taken place very quickly in relation with warmer climate, but regression lasted longer in relation with cooling climate, when the relationship between rate of change in isotope values and cyclic facies variations considered. Moreover, low values of biogenic elements have implied that productivity was not a controlling factor in the development of cyclic facies variation and supported that climate induced sea-level variations was main control in the development of facies changes.

Consequently, by sedimentary geochemical (element and stable isotope), cyclostratigraphic and sequence stratigraphic analysis, it has been recognized that black shales/mudstones take place at the bottom of the cycles representing the transgressive part in relation with warmer climate, low deposition rate and in comparatively shorter time and limestones and sandstones take place at the top of the cycles representing the regressive part in relation with colder climate, higher depositional rate and in longer time. Black shales/ mudstones are deposited in a non-sulfidic and post-oxic anoxic environment (Tucker, 2001) and conformable with global anoxic events. The red beds are deposited in oxidizing and tectonically affected environments.

**Keywords:** Sedimentary geochemistry, cyclostratigraphy, sequence stratigraphy, Cretaceous (Aptian-Cenomanian, Santonian), NW Turkey

#### **Değerlendirilen Belgeler**

- Brumsack, Hans-J. 2006. The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: Implications for Cretaceous black shale formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 232, 344–361.
- Erba, E. 2004. Calcareous nannofossils and Mesozoic oceanic anoxic events. *Marine Micropaleontology*, 52, 85-1006.
- Hu, X., Jansa, L., Wang, C., Sarti, M., Bak, C., Wapreid, M., Michalik, J., Soták, J. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments. *Cretaceous Research* 26, 3-20.
- Tucker, M. E. 2001. *Sedimentary Petrology*, Blackwell Science, Oxford, pp. 262.
- Wang, C., Hu, X., Sarti, M., Scott, R. W., Li, X. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: a major change from anoxic to oxic, deep-sea environments. *Cretaceous Research*, 26, 21–32.
- Yılmaz, İ. Ö. 2002. Applications of cyclostratigraphy and sequence stratigraphy in determination of the hierarchy in peritidal and pelagic successions (NW, SW and WNW of Turkey) by using sedimentology and sedimentary geochemistry (Stable isotopes)), *Doktora Tezi*, ODTÜ, 248s.

- Yılmaz, İ. Ö., Vennemann, T., Altner, D., ve Satır, M. 2004. Stable isotope evidence for meter-scale sea level changes in lower Cretaceous inner platform and pelagic carbonate successions of Turkey. *Geologica Carpathica*, 55, 1, 19-36.
- Yılmaz, İ. Ö., Vennemann, T., Altner, D., ve Satır, M. 2006. İklim ve iklim etkili deniz seviyesi değişimlerinin ve küresel okyanusal olayların duraylı izotoplar aracılığı ile tespiti ve korelasyonda kullanımı (Barremiyen ve Apsiyen, Toroslar, Sakarya ve Pontidler, Türkiye). 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 20-24.03.2006, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Kültür Sitesi, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı/Abstract Book, 195-197.

### References

- Brumsack, Hans-J. 2006. The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: Implications for Cretaceous black shale formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 232, 344–361.
- Erba, E. 2004. Calcareous nannofossils and Mesozoic oceanic anoxic events. *Marine Micropaleontology* 52, 85-1006.
- Hu, X., Jansa, L., Wang, C., Sarti, M., Bak, C., Wägrich, M., Michalik, and J., Soták, J. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments, *Cretaceous Research* 26, 3-20.
- Tucker, M. E. 2001. *Sedimentary Petrology*, Blackwell Science, Oxford, pp. 262.
- Wang, C., Hu, X., Sarti, M., Scott, R. W., and Li, X. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: a major change from anoxic to oxic, deep-sea environments. *Cretaceous Research* 26, 21–32.
- Yılmaz, İ. Ö. 2002. *Applications of cyclostratigraphy and sequence stratigraphy in determination of the hierarchy in peritidal and pelagic successions (NW, SW and WNW of Turkey) by using sedimentology and sedimentary geochemistry (Stable isotopes)*, PhD Thesis, METU, pp.248.
- Yılmaz, İ. Ö., Vennemann, T., Altner, D., and Satır, M. 2004. Stable isotope evidence for meter-scale sea level changes in lower Cretaceous inner platform and pelagic carbonate successions of Turkey. *Geologica Carpathica* 55, 1, 19-36.
- Yılmaz, İ. Ö., Vennemann, T., Altner, D., and Satır, M. 2006. Detection of climate, climate induced sea-level changes and global oceanographic events by means of stable isotopes and their application in correlation (Barremian and Aptian, Taurides, Sakarya and Pontides, Turkey). 59th Geological Congress of Turkey, 20-24th March.2006. MTA. General Directory, Ankara, Abstract Book, 195-197.