

**Menderes Masifi'nin Yüzeylemesini Belgeleyen Tersiyer Yaşlı Sedimanter
Havzaların Oluşum Mekanizması, Yaş ve Çökel İstifleri**
*Origin, Age and Sedimentary Sequences of The Tertiary Sedimentary Basins
Recording The Unroofing History of The Menderes Massif*

Hasan SÖZBİLİR

*Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü, Tinaztepe Yerleşkesi,
TR-35160 Buca-İZMİR hasan.sozbilir@deu.edu.tr*

ÖZET

Kabuksal ölçekli Metamorfik çekirdek kompleksi (Menderes Masifi) ve bu masifi yaklaşık D-B ve KD-GB doğrultusunda parçalayan havzalar Batı Anadolu'nun ana yapılarını oluşturur. Üç ana tektono-stratigrafik birimden (Menderes Masifi, Bornova Filiş Zonu ve Likya Napları; Okay ve diğ. 1996) oluşan bölge, Miyosen'de gelişen büyük ölçekli düşük-açılı sıyrılma faylarıyla parçalanarak üst kabuğun incelmesine neden olmuştur (Bozkurt ve Park 1994; Hetzel ve diğ. 1995; Emre ve Sözbilir 1997; Koçyiğit ve diğ. 1999; Bozkurt, 2000, 2001, 2003; Sözbilir 2001, 2002a; Seyitoğlu ve diğ. 2002; Bozkurt Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Işık ve diğ. 2003, 2004). Bölgede tanımlanan sıyrılma faylarının taban bloğu domsal yükselimli Menderes Masifi çekirdek kompleksi ve tavan bloğu da asimetrik supradetachment havzaların varlığıyla simgeseldir (Bozkurt ve Park 1994; Hetzel ve diğ. 1995 ve buradaki referanslar).

Son yıllarda yapılan jeokronolojik çalışmalar, Menderes Masifi'nin yüzeyleme tarihinin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuştur. Tersiyer metamorfizmasını belgeleyen Rb/Sr mika yaşları 35.5 My vermiştir (Şengör ve diğ. 1984; Satır ve Friedrichsen 1986). Bu yaş yaklaşık olarak Hetzel ve Reishmann (1996)'nın 43-37 My Ar/Ar muskovit yaşı veren Menderes Masifi'ndeki makaslama zonunun oluşum zamanıyla eşdeğerdir. Gessner ve diğ (2004) Tersiyer metamorfizmasının önemine değinmiş ve metamorfizmanın yeşil-şist fasiyesi şartlarıyla sınırlı olduğunu belirtmiştir. Tavas-Bozdağ birimi ve Menderes Masifi'ne ait Çine asmasifinin üst düzeylerinden alınan veriler, Menderes Masifi'nin doğu ve güneyinde bulunan kayaların Orta Paleosen-Eosen zaman aralığında bindirdiğini göstermektedir (Okay 1989; Özer ve diğ. 2001; Özer ve Sözbilir 2003; Collins ve Robertson 2003). Bunun yanında, Lips ve diğ. (2001) çok evreli yüzeyleme önermiştir: Yüzeylemenin 40-35 My'da oluşan ilk evresi Menderes Masifi'nin kuzeye doğru imbrikasyonu ile karakteristiktir. Daha genç, Geç Oligosen-Erken Miyosen genişleme Lisian orojeninin çökmesi sonucunda gelişmiştir

(Bozkurt ve Park 1994, 1997a, b, 1999; Bozkurt 2001). Sıyrılma faylarıyla eşyaşlı granitler genişlemenin 20 My başladığını göstermektedir. (Bingöl ve diğ. 1982; Işık ve Tekeli 2001; Ring ve Collins 2004) Genişlemenin daha sonraki Pliyosen-Güncel evresi Menderes Masifi nin gnaysik çekirdeğinin yüzeylemesinden sorumludur (Gessner ve diğ. 2001; Ring ve diğ. 2003). Yukarıda açıklandığı gibi, Menderes Masifi’nde çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, metamorfik kayaçların yaş, köken ve yüzeyleme mekanizması ile üstleyen sedimanter havzalarla olan zamansal ve mekansal ilişkileri hala tartışmalıdır. Bu çalışmada Menderes Masifi’nin yüzeyleme tarihiyle ilgili olarak sedimanter havzalardan elde edilen stratigrafik, yapısal ve sedimentolojik veriler sunulacaktır.

Batı Anadolu’da uyumsuzluklarla sınırlandırılmış dört ana sedimanter havza istifli bulunur. En yaşlı olanı Geç Paleosen-Geç Eosen yaşlıdır ve Başlamış (Akhisar), Dereköy, Baklan ve İnceler (Denizli)’de küçük mostralalar şeklinde yüzlek verir. Bu zaman aralığı Menderes Masifi’nin Likya napları altında gömülerek deformasyonu ve metamorfizma geçirdiği döneme karşılık gelir (Şengör ve Yılmaz 1981; Satır ve Friedrichsen 1986; Konak ve diğ. 1987; Bozkurt ve Satır 2000; Bozkurt ve Oberhansli 2001). İstif bir bütün olarak tabanda transgressif üste doğru ise regresif bir özellik sunar. Bu istifler Bornova filiş zonu ve Likya naplarının farklı yapısal birimleri üzerinde oluşmuştur ve Geç Paleosen-Geç Eosen yaşlı supra-allokon havzalar şeklinde gelişmiştir (Akdeniz 1980; Poisson 1984; Özkaya 1990; Okay ve Siyako 1993; Collins ve Robertson 1997; Şenel 1997). Dereköy istifli havzanın farklı evrelerle oluştuğunu göstermiştir. Ana evreler (1) Likya napları üzerinde transgresyon ve ince bir karbonat şelfinin oluşumu, (2) şelfin çökmesi ve gömülmesi sonucunda denizaltı yelpaze ortamında türbiditik çökelinin olması, (3) deniz düzeyinin düşmesi ile kömürlü deltaik-regresif istifin oluşumu (Sözbilir 2002b). İstifte sadece ofiyolitlerden türeme bileşenlerin bulunması Paleosen sonunda Likya naplarının yüzlek verdiğinin işaretidir. Geç Eosen’de Likya naplarının ilerlemesi (Collins ve Robertson 1998, 1999), supra-allokon havzasının kapanmasını ve ofiyolitik napların havza tortulları üzerine bindirmesini sonuçlamıştır. Lisian orojenin genişlemeli çökmesi sırasında (Collins ve Robertson 1998; Lips ve diğ., 2001), Başlamış, Dereköy, Baklan ve İnceler’deki istifler bindiren dilimlerin gravite etkisinde yayılmasıyla birbirlerinden ayrılmışlardır.

Bölgedeki genişlemeli çökmenin ilk evresi ana Menderes metamorfizmasını izleyen Oligosen başında (Rupeliyen) başlamıştır (Collins ve Roberson 1997, 1998, 1999, 2003; Yılmaz ve diğ., 2001). Lisian molas havzasının güney kenarı (Kale-Tavas althavzası) havzaya doğru biten formasyon-İçi uyumsuzluklarla simgelenir. Havza dolgusu doğudan batıya doğru

gençleşir. Doğuda, Çardak-Dazkırı arasında en yaşlı çökel Rupeliyen yaşlıdır. Batıya doğru, Kale-Tavas alt-havzasında en yaşlı tortul Şattiyen yaşlıdır (Akgün ve Sözbilir 2001). Bu veriler tortullaşmanın doğu kenarda Rupeliyen de başladığını ve batıya doğru Erken Miyosen'e kadar gençleştiğini göstermektedir. Metamorfik kırıntı içeren ilk tortul kayalar Erken Miyosen'de Çökelez Dağı güneyindeki Emirardıç mevkiinde saptanmıştır (Sözbilir, 2002b). Bu lokalitede kesit tabanda düzlemsel katmanlı kumtaşıyla başlar ve üste doğru Erken Miyosen yaşını veren mercan ve foraminifer fosilli kumlu kireçtaşlarına geçer. Bu fosilce zengin düzey uyumlu olarak kumtaşı-çakıltaşlarıyla üzerlenir. Çakıltaşları mermer, şist, gnays, metakuvarsit ve ofiyolit kırıntıları içerir. Bu veri, Menderes Masifi'nin ilk yüzeylemesinin Erken Miyosen'de oluştuğunu göstermektedir. Molas tortullaşmasının son evresi, Menderes Masifi'nde genişlemeyle eşyaşlı Eğrigöz graniti ve Simav sıyrılma fayının oluşumuna karşılık gelir (Işık ve Tekeli 2001, 2003, 2004; Ring ve diğ. 2003; Ring ve Collins 2004).

Erken Miyosen sonunda veya Orta Miyosen'de, molas havzası Likya naplarıyla deforme olmaya başlar. Bu zamanda, Likya napları molas çökelleri üzerine bindirir ve böylece KD-GB-uzanımlı kıvrımlar oluşur. Böylece, molas havzası KB-GD sıkışma ile deforme olurken beslenme alanında sıyrılma faylarıyla ilişkili genişlemeli havzalar (Gediz ve Büyük Menderes grabenleri) ve granitik intruzyonlar genişlemeli çökmenin ikinci evresine işaret eder. Bu olay Likya naplarının önünde oluşan sinorojenik Kasaba-Kaş havzasıyla aynı zamanda oluşmuştur (Hayward 1984).

Gediz Grabeni güney kenarı boyunca uzanan ve taban bloğunda metamorfik kayaları progressif olarak deforme eden ve yüzeyleten düşük açılı normal fay (Gediz sıyrılma fayı) tavan bloğunda milonitik gnayslar, rudist-içeren mermer blokları ve amfibolit merccekleri içeren şistler, Neotetis-ofiyolitleri ve Miyosen tortulları bulunur (Hetzl ve diğ., 1995; Emre, 1996; Koçyiğit ve diğ. 1999; Yılmaz ve diğ. 2000; Sözbilir, 2001, 2002a; Emre ve Sözbilir, 1997; Lips ve diğ. 2001; Seyitoğlu ve diğ. 2002; Bozkurt ve Sözbilir, 2004). Bu kompleks stratigrafi genişlemeli sıyrılma öncesindeki sıkışmaya bağlı deformasyona işaret eder. Gediz sıyrılma fayı batıya doğru İzmir-Balıkesir transfer zonu içinde kaybolur. İzmir-Balıkesir transfer zonu Gediz ve Küçük Menderes grabenlerini KD-uzanımlı transtensiyonal-supradetachment niteliğindeki havzayla yan yana getirir. Bu havza doğrultu-atımlı faylarla düşük açılı normal fayların birlikte işlemeyle oluşmuş Erken-Orta Miyosen yaşlı bir havzadır.

Sonuç olarak Paleosen-Eosen yaşlı supraallokton havzanın kapanışından sonra, Batı Anadolu’da çok evreli havza gelişimi söz konusudur. En yaşlı evre Oligosen-Erken Miyosen piggy-back havza oluşumuyla eş yaşlı orojenik çökmeye ilişkilidir. İzleyen evre 20-7 My arasında gelişmiştir. Bu evre düşük-açılı normal fay, yüksek açılı normal fay ve doğrultu atımlı faylarla simgelenir. 5 My’den beri aktif olan son evre D-B uzanımlı normal faylar ve K-uzanımlı transfer faylarıyla karakteristiktir.

ABSTRACT

A crustal-scale metamorphic core complex, the Menderes Massif, and dissecting approximately E-W and NE-SW basins form the most prominent features of western Anatolia. The region, comprises mainly three major tectono-stratigraphic units (e.g. Menderes Massif, Bornova Flysch Zone and Lycian nappes, Okay et al. 1996) that was highly dissected in Miocene time and resulted in crustal thinning and regional scale faulting along low-angle detachment faults (Bozkurt and Park 1994; Hetzel et al. 1995; Emre and Sözbilir 1997; Koçyiğit et al. 1999; Bozkurt, 2000, 2001; Sözbilir 2001, 2002a; Seyitoğlu et al. 2002; Bozkurt 2003; Bozkurt and Sözbilir, 2004; Işık et al. 2003, 2004). Detachment fault systems in this province are associated with domal uplift of the Menderes metamorphic core complex of the lower plate and the formation of asymmetric supradetachment basins in the upper-plate (e.g. Bozkurt and Park 1994; Hetzel et al. 1995 and references therein).

In the last two decade numerous geochronological studies have greatly advanced the understanding of the unroofing history of the Menderes Massif. Tertiary metamorphism has been constrained by Rb/Sr mica ages of 35 ± 5 Ma (Şengör et al. 1984; Satır and Friedrischen 1986). This age was roughly contemporaneous with 43-37 Ma muscovite $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ ages of Hetzel and Reischmann (1996), who suggested that this dated the time of shear zone development in the Menderes Massif. Gessner et al. (2004) recently questioned the significance of Tertiary metamorphism and deformation and suggested that it is confined to greenschist-facies conditions. Evidence from the upper levels of the Çine submassif of the Menderes Massif and the Tavas/Bozdağı unit suggest that rocks found to the south and east of the Menderes Massif were overthrust by mid-Palaeocene to Eocene times (Okay 1989; Özer et al. 2001; Özer and Sözbilir 2003; Collins and Robertson 2003). Lips et al. (2001) suggested a multistage exhumation; a first stage of exhumation around 40-35 Ma was induced by northward-directed imbrication of the composite basement in the central Menderes Massif. Younger, Late Oligocene-Early Miocene extension was suggested by Bozkurt and Park (1994, 1997a, b, 1999) and Bozkurt (2001) and interpreted as being a result of collapse of the Lycian Orogen. Dating of syn-detachment granites has demonstrated that extension was underway by 20 Ma (Bingöl et al., 1982; Işık and Tekeli 2001; Ring and Collins 2004). A later Pliocene-Recent phase of extension is responsible for unroofing of the gneissic core of the Menderes Massif (Gessner et al.,

2001; Ring *et al.*, 2003). Although a number of the mentioned studies have been carried out, the age, origin and mechanism of the exhumation of the metamorphics, as well as the spatial and temporal relationships with the overlying sedimentary basins are still controversial. In this study, we present solid stratigraphic, structural and sedimentological data for unroofing history of the Menderes Massif.

There are mainly four unconformity-bounded sequences of sedimentary basins in western Anatolia. The oldest one is located in Başlamış (Akhisar), Dereköy, Baklan and İnceler (Denizli) areas as small exposures of Middle Palaeocene to Late Eocene age. This time interval is also known as the main deformation and metamorphism of the Menderes Massif as a result of burial beneath the Lycian nappes (Şengör & Yılmaz 1981; Satır & Friedrichsen 1986; Konak *et al.*, 1987; Bozkurt & Satır 2000; Bozkurt & Oberhänsli 2001). This succession, as a whole, shows transgressive character at the bottom and regressive tendency towards the top. These successions were formed on the Bornova Flysch Zone and on the different structural units of the Lycian thrust sheets and developed as supra-allochthon basins during the Late Palaeocene-Late Eocene time interval (Akdeniz 1980; Poisson 1984; Özkaya 1990; Okay & Siyako 1993; Collins & Robertson 1997; Collins & Roberson 1997; Şenel 1997). Important detrital episodes in the Dereköy succession provide evidence for discrete phases during the evolution of the basin in which the strata were deposited. The main episodes appear to be related to: (1) transgression over the Lycian nappes and the birth of a thin carbonate shelf (Late Palaeocene-Early Eocene); (2) collapsing and drowning of the shelf causing turbiditic deposition in a submarine fan environment; (3) low-stand of the sea level causing deltaic-regressive sequence with coal formation (Middle to Late Eocene, Baklan succession); The presence of ophiolite-derived sediments through these succession is an indicative of subaerial exposure of the Lycian ophiolites by Palaeocene times. The Late Eocene phase of thrust-sheet translation (Collins & Robertson 1998, 1999), resulted in the closure of the supra-allochthonous basin and thrust the ophiolitic nappes on the basin sediments. During the extensional collapse of the Lycian orogen (Collins & Robertson 1998; Lips *et al.* 2001), the Başlamış and the others Dereköy, Baklan and İnceler successions may have been separated from each other by gravitational spreading of the thrust piles.

The first phase of extensional collapse in the region is marked by the Lycian orogenic collapse which may have been initiated by the beginning of Oligocene (Rupelian), following the main Menderes metamorphism. (Collins and Roberson 1997, 1998, 1999, 2003; Yılmaz *et al.* 2001). The southern margin of the Lycian molasse basin (e.g. Kale-Tavas sub-basin) is characterized by internal angular unconformities, that are laterally extensive along strike for up to a few km before dying out. The basin fill sediments become younger from east to the west of the basin. In the east, between Çardak and Dazkırı, the oldest age of the molasse sediments is Early Oligocene (Rupelian), while toward the west, in the Kale-Tavas sub-basin, the oldest sediments are of Chattian age (Akgün and Sözbilir, 2001). The data suggests that at the eastern margin of the basin deposition commenced during the Early Oligocene and extended with time to the west until Early Miocene. The first appearance of

metamorphic-derived sedimentary rocks did not occur until Early Miocene times to the south of Çökelez Mountain, in Emirardıç (Sözbilir, 2002b). In that locality, the section starts at the bottom with planar bedded sandstone and grades into sandy limestone with coral and benthic foraminifera which indicate Early Miocene age. These fossil-rich beds are conformably overlain by sandstone and conglomerate. The conglomerate consists of clasts of marble, schists, metaquartzite, gneiss and ophiolitic rocks. This data suggests that initial subaerial exposure of the Menderes Massif in the study area took place during the Early Miocene time. The late phase of the Oligo-Miocene time interval of the molasse sedimentation was also contemporaneous with formation of the Simav detachment fault and synextensional Eğrigöz granite in the Menderes Massif (Işık and Tekeli 2001, 2003, 2004, Ring et al. 2003; Ring and Collins 2004).

Starting in the latest Early Miocene or in the Middle Miocene, the area of the molasse basin was subject to deformation with the Lycian nappes, and to erosion as well. At that time, Lycian nappes including ophiolitic assemblages thrust over the molasse deposits and thus, NE-SW trending folds were formed. Thus, the molasse basin underwent NW-SE compression while, in the hinterland, the second phase of extensional collapse is marked by the formation of the Miocene detachment-related extensional basins (the Gediz and Büyük Menderes grabens), and granitic intrusions. The unconformable late orogenic sedimentation of these hinterland areas is coeval with the synorogenic deposition in front of the Lycian nappes in the Kasaba/Kaş basin (Hayward 1984).

The presently low-angle normal fault (Gediz Detachment Fault), forming the southern margin of the Gediz graben, along which the metamorphics in the lower plate were progressively deformed and exhumed. Upper-plate stratigraphy of the Gediz detachment is made up of Mylonitic gneiss, schists including amphibolitic lenses and blocks of rudist-bearing marble, Neotethyan ophiolites and Miocene synextensional sedimentary sequence (Emre, 1996; Koçyiğit et.al. 1999; Yılmaz et.al. 2000; Sözbilir, 2001, 2002a; Hetzel et.al., 1995; Emre and Sözbilir, 1997; Lips et.al. 2001; Seyitoğlu et al. 2002; Bozkurt and Sözbilir, 2004). This complex stratigraphy may be consequences of the contractional deformation prior to the formation of the extensional detachment. The Gediz detachment fault become to disappear across the İzmir-Balıkesir Transfer Zone consisting of obliquely oriented strike-slip, normal oblique slip and low angle normal fault. The zone juxtaposes the E-trending Gediz and Küçük Menderes grabens with the NE-trending transtensional supradetachment basin (e.g. Kemalpaşa-Torbalı basin). The basin has formed in Miocene time in response to evolution of the low-angle normal fault and strike-slip fault system, which together make up the eastern margin of the basin.

As a result, after closure of the Paleocene-Eocene supra-allochthonous basin, several episodes of extension have been reported within the west Anatolian extensional province. The oldest episode involves normal faults that pre-date Miocene supradetachment basins and attributed these faults to extensional collapse that was partly coeval with the formation of the Oligocene-Lower Miocene

piggyback molasse basin in southwest Turkey. The main episode of extension occurred from about 20 to 7 Ma. This episode was characterized by movement on upper crustal detachment faults, high angle normal, oblique and strike-slip faults. The final episode of extension produced predominantly E-W trending rift-mode high angle normal faults and transfer faults that have been active since at least 5 Ma.

DEĞİNİLEN BELGELER / REFERENCES

- Akdeniz N. 1980. Başlamış formasyonu. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 10: 39-48.
- Akgün F, Sözbilir H. 2001. A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse. Geodinamica Acta 14: 71-93.
- Bingöl E, Delaloye M, Ataman G. 1982. Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. Eclogae Geologicae. Helvetiae 75: 437-446.
- Bozkurt E. 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes graben, western Turkey, and its tectonic implications. In Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area, Bozkurt E, Winchester JA, Piper JDA (Eds). Special Publication 173. Geological Society: London; 385-403.
- Bozkurt E. 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis. Geodinamica Acta 14: 3-30.
- Bozkurt E. 2003. Origin of NE-trending basins in western Turkey. Geodinamica Acta 16: 61-81.
- Bozkurt E, Park RG. 1994. Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. Journal of the Geological Society, London 151: 213–216.
- Bozkurt E, Park RG. 1997a. Evolution of a mid-Tertiary extensional shear zone in the southern Menderes Massif, Western Turkey. Geological Society of France Bulletin 168: 3-14.
- Bozkurt E, Park RG. 1997b. Microstructures of deformed grains in the augen gneisses of Southern Menderes Massif and their tectonic significance. Geologische Rundschau 86: 103–119.
- Bozkurt E, Park RG. 1999. The structure of the Palaeozoic schists in the southern Menderes Massif, western Turkey: a new approach to the origin of the main Menderes metamorphism and its relation to the Lycian Nappes. Geodinamica Acta 12: 25-42.
- Bozkurt E, Satır M. 2000. The southern Menderes Massif (western Turkey): geochronology and exhumation history. Geological Journal 35: 285-296.
- Bozkurt E, Sözbilir H. 2004. Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey. Geological Magazine 141/1: 63-79.
- Collins AS, Robertson AHF. 1997. Lycian melange, southwestern Turkey: An emplaced Late Cretaceous accretionary complex. Geology 25: 255-258.
- Collins AS, Robertson AHF. 1998. Processes of Late Cretaceous to Late Miocene episodic thrust sheet translation in the Lycian Taurides, SW Turkey. Journal of the Geological Society, London 155: 759-772.
- Collins AS, Robertson AHF. 1999. Evolution of the Lycian allochthon, western Turkey, as a north-facing Late Palaeozoic to Mesozoic rift and passive continental margin. Geological Journal 34: 107-138.
- Collins AS, Robertson AHF. 2003. Kinematic evidence for late Mesozoic-Miocene emplacement of the Lycian Allochthon over the Western Anatolia Belt, SW Turkey. Geological Journal 38: 1-16.
- Emre, T., 1996. Gediz Grabeni'nin jeolojisi ve tektoniği, Turkish Journal of Earth Sciences 5, 171–185.
- Emre, T. and Sözbilir H. 1997. Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accommodation faults in the Gediz and Büyük Menderes grabens (Western Turkey). In International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, İzmir, Turkey, Pişkin Ö, Ergün M, Savaşçon MY, Tarcan G (eds). 73-94.
- Gessner K, Collins AS, Ring U, Gungör T. 2004. Structural and thermal history of poly-orogenic basement: SHRIMP geochronology of granitoid rocks in the southern Menderes Massif, western Turkey. Journal of the Geological Society, London 161: 93-101.
- Gessner K, Ring U, Johnson C, Hetzel R, Passchier C, Gungör T. 2001. An active bivergent rolling-hinge detachment system: the central Menderes metamorphic core complex in western Turkey. Geology 29: 611-614.

- Hayward AB. 1984. Miocene clastic sedimentation related to the emplacement of the Lycian Nappes and the Antalya Complex, SW Turkey. In Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Dixon JE, Robertson AHF (eds). Special publication 17. Geological Society: London; 287-300.
- Hetzl R, Ring U, Akal C, Troesch M. 1995. Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes-Massif, southwestern Turkey. Journal of the Geological Society, London 152: 639-654.
- Hetzl R, Reischmann T. 1996. Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes Massif and the age cooling after Alpine ductile extensional deformation. Geological Magazine 133: 565-572.
- Işık V, Tekeli O. 2001. Late orogenic crustal extension in the northern Menderes massif (western Turkey): evidence for metamorphic core complex formation. International Journal of Earth Sciences 89: 757-765.
- Işık V, Tekeli O, Seyitoğlu G. 2003. Ductile-brittle transition along the Alaşehir detachment fault and its structural relationship with the Simav detachment fault, Menderes Massif, western Turkey. Tectonophysics 374: 1-18.
- Işık V, Tekeli O, Seyitoğlu G. 2004. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 23: 555-566.
- Koçyiğit A, Yusufoglu H, Bozkurt E. 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. Journal of the Geological Society, London 156: 605-616.
- Lips ALW, Cassard D, Sözbilir H, Yılmaz H, Wijbrans J. 2001. Multistage exhumation of the Menderes Massif, western Anatolia (Turkey). International Journal of Earth Sciences 89: 781-792.
- Okay, AI. 1989. Geology of the Menderes Massif and the Lycian nappes south of Denizli, western Turkey. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Bulletin 109: 37-51.
- Okay AI, Siyako M. 1993. The revised location of the İzmir-Ankara Suture in the region between Balıkesir and İzmir (In Turkish). In: Turgut S (ed). Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and Surrounding Regions. 333-355.
- Okay AI, Satır M, Siyako M, Monie P, Metzger R, Akyüz S. 1996. Paleo- and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints. In The Tectonic Evolution of Asia, Yin A, Harrison TM (eds). Cambridge University Press. 420-441.
- Özer S, Sözbilir H. 2003. Presence and tectonic significance of Cretaceous rudist species in the so-called Permo-Carboniferous Göktepe Formation, central Menderes metamorphic massif, western Turkey. International Journal of Earth Sciences, 92/3: 397-404.
- Özer S, Sözbilir H, Özkar İ, Toker V, Sarı B. 2001. Stratigraphy of Upper Cretaceous-Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey). International Journal of Earth Sciences 89: 852-866.
- Poisson, A., 1984, The extension of the Ionian trough into southwestern Turkey: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F./ed., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Geol.Soc.London, Spec.Publ., 14, 241-249.
- Ring U, Collins AS. 2004. U-Pb SIMS dating of syn-kinematic granites: Timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. Journal of the Geological Society, London (in press).
- Ring U, Johnson C, Hetzel R, Gessner K. 2003. Tectonic denudation of a Late Cretaceous-Tertiary collisional belt: regionally symmetric cooling patterns and their relation to extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey. Geological Magazine 140: 421-441.
- Şenel M. 1997. Denizli-J9 Quadrangle, 1: 100 000 Scale Geological Map and Explanatory Text. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publications.
- Şengör AMC, Yılmaz Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75: 181-241.
- Şengör AMC, Satır M, Akkök R. 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. Tectonics 4: 693-707.
- Satır M, Friedrichsen H. 1986. The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium/strontium and oxygen isotope study. Geological Rundschau 75: 703-714.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. Ve Işık, V., 2002. The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. Geological Magazine 139, 15-26.

- Sözbilir H. 2001. Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: Field evidence from the Gediz detachment, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 10: 51-67.
- Sözbilir H. 2002a. Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta* 15: 277-288.
- Sözbilir H. 2002b. Revised stratigraphy and facies analysis of the Palaeocene-Eocene supra-allochthonous sediments and their tectonic significance (Denizli, SW Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 11: 1-27.
- Yılmaz Y, Genç ŞC, Gürer F, Bozcu M, Yılmaz K, Karacık Z, Altunkaynak Ş, Elmas A. 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? In *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area*, Bozkurt E, Winchester JA, Piper JAD (eds). Special Publications 173. Geological Society: London; 131-162.