

TC  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2016  
Sayı: 21

CİLT I  
SOMA

TC  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

**Sahibi:**

Yrd. Doç. Ayla TEKİN  
Yönetim Kurulu Adına  
CBÜ Soma MYO

**Editörler:**

Prof. Dr.Deniz MAMUREKLİ  
Yrd. Doç. Dr.Ayla TEKİN  
Öğr. Gör.Fırat TEKİN

**Yayın Kurulu:**

Prof. Dr.Deniz MAMUREKLİ  
Yrd. Doç. Ayla TEKİN  
Öğr. Gör.Dr.Mehmet Emin USLU  
Öğr. Gör.Dr.Nergiz Doğan ARTUN  
Öğr. Gör.Fırat TEKİN  
Öğr. Gör.Erkan HAFIZOĞLU

**Sekreter:**

Öğr. Gör Fatih SUVAYDAN

**Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi  
yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

**BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:**

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ  
Prof. Dr. Kenan YALINIZ  
Prof. Dr. Remzi VAROL  
Prof. Dr. Hulisi KARGI  
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER  
Doç. Dr. Mete HANÇER  
Doç. Dr. Melek USAL  
Yrd. Doç. Dr. Ali KAYA

**Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.**

**İletişim Adresi:**

Fırat TEKİN  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE  
Tel: 0 236 612 00 63  
Fax: 0 236 612 20 02  
e-mail: [somamyo-dergi@cbu.edu.tr](mailto:somamyo-dergi@cbu.edu.tr) [firat.tekin@cbu.edu.tr](mailto:firat.tekin@cbu.edu.tr)

## **İÇİNDEKİLER**

### **1- Manisa İli Soma İlçesi Organize Sanayi Bölgesinin İmar Planına Esas**

#### **Jeolojik Etüdü**

Aydemir ARSLAN, Deniz MAMUREKLİ, Fırat TEKİN,

Erkan HAFIZOĞLU .....5-11

### **2- Burdur Fayının Çendik-Yassıgüme Segmenti Üzerindeki Paleosismoloji**

#### **Çalışması İlk Sonuçları**

Mete HANÇER, Şali KAYA.....12-26

### **3- Farklı Ortam Koşullarına Maruz Bırakılan Kompozit Malzemenin**

#### **Eğilme Davranışlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi**

Ayla TEKİN, Umran ESENDEMİR, Ayşe ONDURUCU.....27-37

### **4- Ocak Yangınlarında Kendiliğinden Yanmanın İş Sağlığı ve Güvenliği**

#### **Yönünden Değerlendirilmesi**

Ayhan İvrin YILMAZ.....38-47

### **5- Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler**

**Dergisi Yazım Kuralları.....48**

## MANİSA İLİ SOMA İLÇESİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNİN İMAR PLANINA ESAS SAHA GÖZLEMLERİ

Aydemir ARSLAN\*\*, Deniz MAMUREKLİ\*, Fırat TEKİN\*\*, Erkan HAFIZOĞLU\*\*

### ÖZET

Bu çalışma, Manisa İli Soma ilçesi Organize Sanayi Bölgesi imar planına esas bölgenin jeolojik haritasının çıkartılması amacı ile yapılmıştır. Bu amaçla, söz konusu arazide 24 Mart 2006 tarihinde önce yer tespiti yapılmış ve müteakkip zamanlarda yerinde çeşitli jeolojik incelemeler tamamlanarak araziye kaplayan bölgede gerekli bilgiler toplanmış ve söz konusu arazinin jeolojik yapısal özellikleri değerlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler;** jeolojik harita, jeolojik incelemeler.

### ABSTRACT

This study is based on determination of projected organized industrial site's geological structure which is located in the province of Soma town of Manisa city. For that purpose, in-situ pre-control of the site was completed on March 24th, 2006 and geological structural features of the site in question were determined.

**Key words;** Geological map, geological studies.

### 1. GİRİŞ

Manisa ilinin Soma ilçesinden Balıkesir'e doğru uzanan karayolunun 10. km. de yolun hemen sağ tarafında yer alan bölge Kuzeyinde Savaştepe ilçesi, Güneyinde Turgutalp Beldesi, Güney doğusunda Soma İlçe merkezi arasında yaklaşık olarak 95 hektar'lık bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Soma bölgesi Batı Anadolu'ya özgü horst-graben sistemini oluşturan normal fayların etkin olduğu bir bölgede yer almaktadır. İlçenin Güney-GüneyBatısı Mesozoyik ve Neojen yaşlı kireçtaşlarının sarp bir topografyası ile sınırlanırken kuzey sınırı daha tatlı eğimli bir topografyaya sahiptir. Bu iki yükselimin arası doğudan batıya doğru akan Bakırçayın ve ona dik yönde kavuşan derelerin getirdiği malzeme ile dolmuştur. Tektonizmanın çok etkin oluşuna bağlı olarak Kuvaterner çökelleri içerisinde sekiller gelişmiştir. Yerleşim merkezini güneyden sınırlayan çok eğimli yamaçlar derin vadilerle yarılmıştır. İnceleme alanının önemli bölümü düz ve pliyosen birimler üzerinde yer almaktadır.

---

\*\* Öğr. Gör., Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, Maden Çıkartma Bölümü, 45500, Soma-Manisa

\* Prof. Dr., Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, Maden Çıkartma Bölümü, 45500, Soma-Manisa



Şekil 1 Soma-Manisa yer bulduru haritası (1/200000)

## 2. GENEL JEOLJİ

Soma civarındaki jeoloji birimler Üst Permiyen'den Kuvaterner yaşına kadar değişen sedimanter, magmatik ve metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Bu birimler aşağıda yaşlıdan gence sırasıyla açıklanmıştır (Şekil 2).

*Aliivyon* (Qa): Bakırçay vadisi boyunca alanın ortalarında geniş düzlüklerde yer almaktadır.

*Soma Formasyonu* (Ts): Çok geniş bir alanada yayılım gösteren Soma formasyonu adını Soma ilçesinden almıştır. Litolojik olarak killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı, tüfit, kumtaşı, çakıltaşı ardalanması ve/veya bu litolojilerin bir veya birkaçının hakim olduğu gruplardan oluşmaktadır. Genellikle yatay ve yataya yakın tabakalanmalı olup, fay kuşaklarında ezilme ve kırılmalar izlenebilmektedir. Çeşitli yerlerde kömürlü olup, bütümlü şist geçişlerini içermektedir. Soma formasyonu küçük yayılım gösteren Dededağ bazaltları tarafından örtülmektedir [9] ve bölgelere göre farklı kalınlıkta olmasına rağmen görünür kalınlığının yaklaşık olarak 500m olabileceği belirtilmiştir. Soma formasyonundan elde edilen fosil topluluğu, bu birimin tatlı göl su ortamında oluştuğunu göstermektedir. Soma formasyonu içerisinde tuf seviyelerinin bulunması aktif volkanlardan çıkan lavların zaman zaman göl ortamına gelerek siller halinde sedimanlar arasına girdiğini göstermektedir [1].

*Pilavtepe Formasyonu* (Kp): İnce-orta tabakalı, yer yer nefli, sarımsı renkli silt taşı ile ince tabakalı oolitik kireçtaşı ardalanması, yer yer laminalı ve killi seviyeler, ince-orta tabakalı kırmızı renkli yer yer silisleşmiş kireçtaşı seviyesi, radyolarit seviyesi ince silis bantlı kireçtaşı seviyeleri ile kristalize kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Görünür kalınlığı yaklaşık 250m tahmin edilen Pilavtepe formasyonu zaman zaman sığlaşma gösteren, daha sonra sakinleşip duraylı özellik kazanan bir havzanın ürünüdür. Çok kıvrımlı bir yapıya sahip oluşu Üst Kratese yaşlı bu formasyonun çökeliminden sonra tektonik faaliyetlerin yoğunlaştığını göstermektedir [9].

*Sarıkaya Formasyonu (Js):* Beyaz açık gri sarımsı renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Orta-kalın tabakalı sert ve kırılğan olan bu kireçtaşları yer yer kristalizedir. Sarıkaya formasyonu Kırkağaç formasyonu üzerinde uyumlu olarak gözlenmiştir. Görünür kalınlığı yaklaşık 100m civarındadır [1].

*Kırkağaç Formasyonu (Tkl):* Beyaz, açık gri renkte, tebeşirimsi görünümde, yer yer kristalize kireçtaşlarından oluşan bu birim yer yer de dolomitiktir. Orta-kalın tabakalı, çok kırıklı ve bazı kesimleri karstik boşluklu, çok kolay ayrışabilme özelliğindedir. Bu formasyonun taban ilişkisi net olarak gözlenememekle birlikte üstten Deliimamlar köyü batısında Sarıkaya mevkiinde Liyas yaşlı Sarıkaya formasyonu ile uyumludur. Bazı alanlarda Pilavtepe formasyonu ve Tersiyer yaşlı Soma formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Görünür kalınlığı 500m olarak tahmin edilmektedir [5].

*Kınık Formasyonu (Thk):* Kınık formasyonu Soma güneyinden başlayarak Savaştepe dolayından kuzeydoğuya uzanan hatlar halinde ve en tipik olarak Kınık merkezi güneyinde izlenmiştir. Kınık formasyonu metakumtaşı, kumlu silttaşı ve meta-silttaşından oluşmaktadır. Bu kayaçların bazı örneklerinde kuvars-albit-muskovit şist olarak tanımlanabilen metamorfizma etkisi görülmüştür. Bir kısmında ise yüksek-orta kontakt metamorfizma izi görülmektedir. Kınık formasyonu üstten Bakırtepe volkanitleri ile yanal geçişlidir. Her iki formasyonun yaklaşık toplam kalınlığı 400m dir [1][3].

*Bakırtepe volkaniti (Thkb):* Kınık formasyonu içinde üye olarak haritalanmıştır. Metamorfizmaya uğramış volkanik kayaçlardan oluşan birim genellikle koyu yeşil, siyah renklerde ayrıışmış ve çatlakları kalsit dolguludur. Alınan bir kısım örnekler; bozuşmuş lav akıntısı, kalsitleşmiş olivinli bazalt, diyabaz meta-volkanit, killeşmiş feldispattan oluşan volkanit olarak tanımlanmıştır [8].

*Çamoba Formasyonu (Pç):* Üst Permiyen yaşlı sığ deniz çökellerinden oluşan bu formasyon beş üyeden oluşmaktadır. Bu üyelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin izlendiği yerin Çamoba köyü ve çevresi olduğu belirtilmektedir. Çamoba formasyonunun en altında sarımsı renkte kumtaşı, çakıltaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşan Hacıyusuf kumtaşı üyesinin kalınlığı yaklaşık 150m. dir. Bu üyenin tabanı gözlenmemiş olup Kırtaş oolitik kireçtaşı üyesi tarafından örtülür [5][8]. Siyah koyu gri yer yer sarımsı renklerde oolitik ve pizolitik kireçtaşından oluşan Kırtaş oolitik kireçtaşı üyesi üste yer alan gri renkli, sert yer yer kristalize, çatlaklı ve çatlakları kalsit dolgulu, orta tabakalı ve bol fosilli Çaldağ kireçtaşı üyesi ile yanal ve düşey geçişlidir [8]. Görünür kalınlığı yaklaşık 250m olup üstten çok az bir alanda Şekerağa silttaşı üyesi tarafından örtülmektedir. Yaklaşık 25m kalınlığa sahip bu silttaşı üyesi; bordo, kırmızı yer yer nefli renkli ince taneli, genellikle ayrıışmış halde tabakalanması belirsiz silttaşı ve siltli kireçtaşından oluşmaktadır. Kocakaya kireçtaşı üyesi bu birimi uyumlu olarak örtmekte olup, beyaz renkli orta ve kalın tabakalı sert az krisyalize, çatlaklı ve çatlakları kalsit dolgulu, kırılğan kireçtaşlarından oluşmaktadır. Görünür kalınlığı yaklaşık 75m olan birim üstten Kınık formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür [1].

ÜST ZAMAN	ZAMAN	DEVİR	DEVRE	YIL (*10 <sup>6</sup> )	Formasyon	Kayaç Türü	Açıklama	
FANEREZOİK	SENOZOİK	KUVARTERNER	HOLOSEN	0,8			Alüvyonik kil + kum	
			PLEİSTOSEN	1,8				
		TERSİYER	NEOJEN	PLİOSEN	5	SOMA		Killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı, tüfit, kumtaşı ve çakıltası
				MİOSEN	25			
			PALEOJEN	OLİGOSEN	40			
				EOSEN	55			
		PALEOSEN	65					
		MESOZOİK	KRETASE	ÜST	100	PİLAVTEPE		Diskordans Silttaşı, oolitik kireçtaşı, radyolarit, kristalize kireçtaşı
				ALT	140			Diskordans
			JURA	MALM	160	SARIKAYA		Kireçtaşı
	DOGGER			180				
	LİYAS			200				
	TRİAS		ÜST			KIRKAĞAÇ		Kristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı
						KINIK-BAKIRTEPE		Diskordans Kinik formasyonu: metakumtaşı, kumlu silttaşı, meta silttaşı  Bakırtepe Üyesi: Volkanik kayaç, bazalt, diabaz, metavolkanit
			ORTA					
			ALT	230			Diskordans Diskordans	
	PALEOZOİK		PERMIEN	ÜST			ÇAMBOBA	Kocakaya
		Şekerağa			Silttaşı, siltli kireçtaşı			
		Çaldağ			Kireçtaşı			
		Kırtaş			oolitik kireçtaşı			
Hacıyusuf		Kumtaşı, çakıltası, kumlu kireçtaşı						

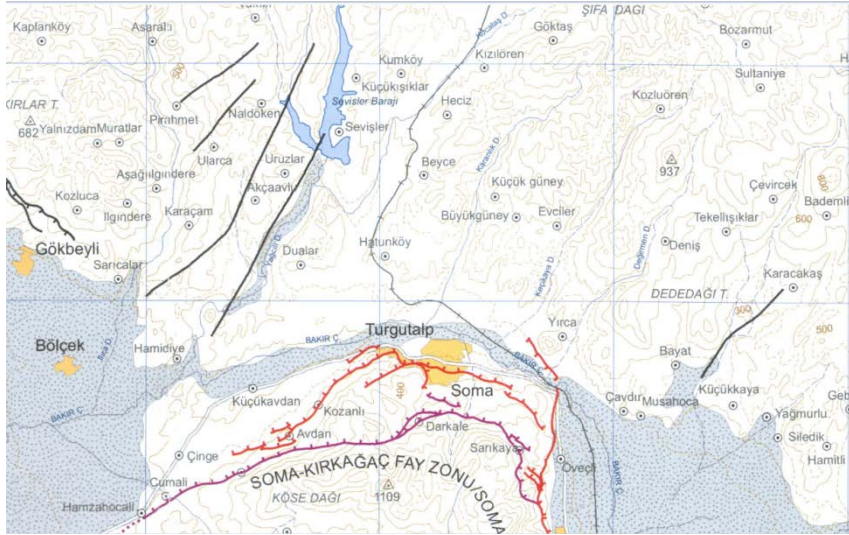
Şekil 2 Jeolojik zaman çizelgesi içerisinde Soma bölgesi civarı genelleştirilmiş kolon kesiti.

### 3. TEKTONİK YAPI

Ege Çöküntü Sistemi, genel olarak D-B doğramım normal faylar ile sınırlandırılmış birçok bloklardan meydana gelmektedir. Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı çöküntü alanlar yer almaktadır. Bölge, genel olarak KKD-GGB yönlü bir çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Bölgede hakim olan KKD-GGB ana genişleme yönü, bu depremlerin odak mekanizma çözümlerinden elde edilmiş T eksenleri yönleri ile uyumluluk göstermektedir [4].



Ege çöküntü sisteminin ikinci alt bölgesini, KKD yönelimli Bakırçay çöküntüsü ile KKB yönelimli Simav çöküntüsü oluşturur. Bu çöküntüler, kenarları doğrultu atımlı bileşenli normal faylar olan büyük çöküntü alanlarını temsil ederler. Çandarlı Körfezi ile Soma arasında uzanan Bakırçay çöküntüsü, 10-20km genişliğe ve 80km uzunluğa sahiptir. Diğer taraftan Simav çöküntüsü, Simav çayı boyunca yaklaşık 100km uzanır [4].



Şekil 3 Soma ve yakın civarı jeoloji ve tektonizma haritası.

Gediz çöküntüsü, Sarıgöl ile Turgutlu arasında uzanan 10-20km genişlikte ve 140km uzunlukta BKB - DGD doğrultum büyük bir çöküntü alanını temsil eder. Bu çöküntü boyunca Pliosen'den Günümüze kadar olan zaman aralığı içerisinde 1.5km civarında bir düşey atımın meydana geldiği belirtilmektedir [4].

Gediz çöküntüsünün hemen güneyinde Ödemiş-Bayındır-Torbali-Tire ve Selçuk gibi yerleşim alanları içersinden geçen 5-20km genişlikte ve 100km uzunlukta Küçük Menderes çöküntüsü yer alır [4].

Gediz-Küçük Menderes çöküntüsünün güneyinde doğrultusu doğudan batıya doğru değişen ve doğrultu atım bileşenli normal faylanmalar sunan, batıda Ege Denizi ile doğuda Sarayköy'e kadar uzanan 10-25km genişlikte ve 200km uzunlukta Büyük Menderes çöküntüsü yer alır [4].

Ege bölgesindeki ana sıkışma yönü KKB-GGB ve ana çekme yönü ise KKD-GGB yönlüdür [4].

Soma, Akhisar, Bigadiç arasında genel doğrultuları KKD-GGB olan ve birbirine paralel uzanan 40 km genişliğinde bir alan dağılmış bulunan bir çok fay yer almaktadır. Tanımlanan alanlardaki faylar Soma-Kırkağaç ve Gölçük-Gelenbe olmak üzere iki yörede zon şeklinde bir gruplara gösterirler. Bu iki zonda faylar kuzeyde birbirine yaklaşan bir demek görünümü sunarlar. Bu faylar için ayrıntılı veri toplanamamıştır. Genelde üst Miyosen-Pliyosen, yaşlı volkano-sedimanterleri kesen faylar yer yer jura(210.0-245.0 milyon yıl) yaşlı Kırkağaç formasyonuna ait kireçtaşları ile Halilağa grubuna ait alt triyas (245.0-240.0 milyon yıl) yaşlı volkano-sedimanter kaya topluluklarını kesmekte veya bunlarla daha genç kayalar arasında dokanak oluşturmaktadır [4]. Yörenin morfolojisini denetleyen fayların sınırlı verilerle, doğrultu atımlı ve normal fay bileşenli oldukları söylenebilir. Uzanımlara göre dik veya dike yakın fay düzlemlerine sahip olmaları gerektiği, doğrultu atımlı olabileceklerine yorumlanır (Şekil 3).

İnceleme alanının tamamı Pliyosen yaşlı Soma Formasyonu üzerinde yer almaktadır. Litolojik olarak kil, silttaşı kumtaşı, ardalanmasından oluşmaktadır.



Şekil 4 Soma organize sanayi jeoteknik çalışma sahası (çizili alan) topoğrafik yer bulduru haritası.

#### 4. SAHA ÇALIŞMASI

İnceleme alanı %0 - %10 luk bir eğim değerinde bir topoğrafik yapı göstermekte olup genel itibariyle düz bir alan üzerinde bulunmaktadır (Şekil 4). Genel olarak inceleme alanında gözlemsel çalışmalar yapılmış olup yer yer araştırma çukurları ve yol yarmalarından yararlanılmıştır.

Bölge Soma formasyonu üzerinde yer almaktadır. Soma formasyonu bölgenin doğusunda ve Soma- Savaştepe yolu üzerindeki yol yarmalarında gözlemlenmiştir. Genel olarak gözlemlerde açık renkli killi birimler ve bu birimler arasında yer yer kumlu, çakıllı bantlara rastlamak mümkündür.

Bölgede yapılan gözlemsel çalışmalarda inceleme alanının düz bir topoğrafyaya sahip olması nedeniyle heyelan riski bulunmamaktadır. Bölgede bulunan sondaj kuyularından yeraltı su seviyesinin inceleme alanının kuzeyinde 6m olduğu bölgenin diğer kısımlarında yeraltı suyunun raslanmadığı tespit edilmiştir. İnceleme alanında akarsu irtibatları bulunmamaktadır. Bu nedenle taşma ve su baskını riski inceleme alanı için yoktur. Ayrıca inceleme alanında iklim yapısı itibariyle çığ ve diğer doğal afet tehlikeleri açısından çökme, tasman, karstlaşma vb. riskler beklenmemektedir.

Bu gözlemler neticesinde inceleme alanında yerleşime uygunluk açısından uygun alan olarak değerlendirilmiştir. Mühendislik yapılarının yapımı aşamasında bölgesel olarak gerekli zemin etüd ve jeoteknik çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Bölgeye hakim olan kil birimlerinde oturma problemleri ve yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu kısımlarda sıvılaşma riski mevcuttur.

## 5. SONUÇ

Manisa ili , Soma ilçesi , Soma Organize Sanayi Bölgesi imar Planına Esas 21J3A - 21J3B - 21J3C - 21J3D - 21K4C - 21K4D Pafta numaralı yaklaşık 95 hektar alanda içerisinde jeolojik - jeoteknik etüt çalışması yapılmıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde 7269 sayılı yasa kapsamına giren herhangi bir heyelan, kaya düşmesi, sel gibi aktif bir kütle hareketi gözlenmemiştir. İnceleme alanının büyük kısmının topoğrafik eğimi % 0-10 arasında olup arazi yerleşimi düze yakındır.

İnceleme alanın kuzeyi Soma-Savaştepe karayolu ile, doğusu demiryolu ile güneyi orman ile sınırlanmış olup ortasındaki tepecikte eğim 20°-30° derece arasındadır. Bu alanlarda gerekli mühendislik önlemleri alındığı ve gerekli yapılaşma tercihlerine uyulduğu takdirde önlemler alan olarak değerlendirilmiştir. Parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde şev stabilite analizleri yapılarak olası stabilite problemlerine karşı alınacak önlemlerin ortaya çıkartılması, projelendirilmesi, oluşacak kazı şevlerinin istinat duvarları ile desteklenmesi, yamaçların kademelenmesi ve yüzey sularının uzaklaştırılması için drenajın yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Y. Eranıl, Manisa ve çevresi yerleşim alanlarının jeolojik ve mühendislik özelliklerinin incelenmesi, E.Ü.Müh. Jeo. Bölümü Bornova / İzmir, 1981.
- [2] MTA, MTA Enstitüsü Bilinen Yeraltı Kaynakları Envanteri, Ankara, 1977.
- [3] H.N. Pamir ve C. Erentöz, Türkiye jeoloji haritası, İzmir paf. 1/500000, Ankara, 1964.
- [4] R. Demirtaş ve C. Erkmen, Deprem ve Jeoloji, J.M.O, Ankara, 1996.
- [5] A. Arslan ve E. İçöz, Manisa ili Soma ilçesi organize sanayi bölgesinin imar planına esas jeolojik ve jeoteknik açıdan inceleme raporu, Soma, 2006.
- [6] E. Şekercioğlu, Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Ankara, 1993.
- [7] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 1999.
- [8] Akyürek, B. ve Soysal, Y., Kırkağaç-Soma (Manisa) Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) civarının jeolojisi: MTA Rap., 6432 (yayımlanmamış).
- [9] MTA, Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Balıkesir – G5 Paftası, Ankara, 1989.

# BURDUR FAYININ ÇENDİK-YASSIGÜME SEGMENTİ ÜZERİNDEKİ PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMASI İLK SONUÇLARI THE FIRST RESULTS OF PALEOSEISMOLOGICAL RESEARCH ON THE ÇENDİK-YASSIGÜME SEGMENT OF BURDUR FAULT

Mete HANÇER<sup>1</sup>, Şali KAYA<sup>2</sup>

## ÖZET

Fethiye-Burdur fay zonu KD-GB uzanımlı farklı segmentlerden oluşmuş aktif bir zondur. Yaklaşık 300 km. uzunluğundaki bu zon, sol oblik atım bileşenli normal faylardan meydana gelmiştir. Büyük bölümü Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonal ve gölsel tortulların oluşturduğu KD-GB uzanımlı Burdur çöküntü alanı, tarihsel ve aletsel dönemlerde yıkıcı depremlerin yaşandığı bir bölgedir. Özellikle 1914 ve 1971 yılı depremleri, Burdur Gölü GB kesiminde dolayısıyla Burdur ve Yassığüme segmentleri üzerinde yoğunlaşır. Burdur fayının Çendik-Yassığüme segmenti üzerinde paleosismoloji çalışması yapılmış, Çendik KD'su ve Burdur GB'sı arasında kalan Burkent bölgesinde açılan hendekte radyokarbon yaş analizi yapılmış ve 1914 yılı depremine ait olabileceği düşünülen yüzey kırığı tespit edilmiştir. Yine aynı hendekte tespit edilen fayın M.Ö. 53 yılı depremiyle meydana gelmiş olabileceği yorumlanmıştır. Hendekte M.Ö. 2250 yılı dolaylarında yüzey yırtılması oluşturabilecek bir tektonik olayın meydana gelmiş olabileceği yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Burdur, Deprem, Paleosismoloji, Fay, Segment, Hendek

## ABSTRACT

Burdur-Fethiye Fault zone is an active zone and composed of different segments NE-SW directed. NE-SW directed system is 300 km in length and usually consist of the normal faults which have left oblique component. NE-SW directed Burdur graben has consist mainly Plio-Quaternary aged alluvium and lacustrinal sediment. In this region destructive earthquakes were occurred in historical and instrumental periods. Especially earthquakes occurring in the years 1914 and 1971 are located on the Yassığüme-Çendik segments of Burdur fault in SW. A trench is opened on the Burkent region between NE of Çendik and SW of Burdur and analyzed radiocarbon age. According to result of analysis surface rupture of earthquake in 1914 is observed. In this trench it is interpreted of detected another fault may be belong to earthquake in the year B.C. 53. In addition to, a tectonical event which occurred surface rupture around of the years B.C. 2250 is detected in this trench.

**Keywords:** Burdur, Earthquake, Paleoseismology, Fault, Segment, Trench

<sup>1</sup> Doç. Dr., PAÜ, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., Kınıklı/DENİZLİ [mhancer@pau.edu.tr](mailto:mhancer@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Öğr. Gör., MAKÜ, Gölhisar MYO, Gölhisar/BURDUR [skaya@mehmetakif.edu.tr](mailto:skaya@mehmetakif.edu.tr)

## 1- GİRİŞ

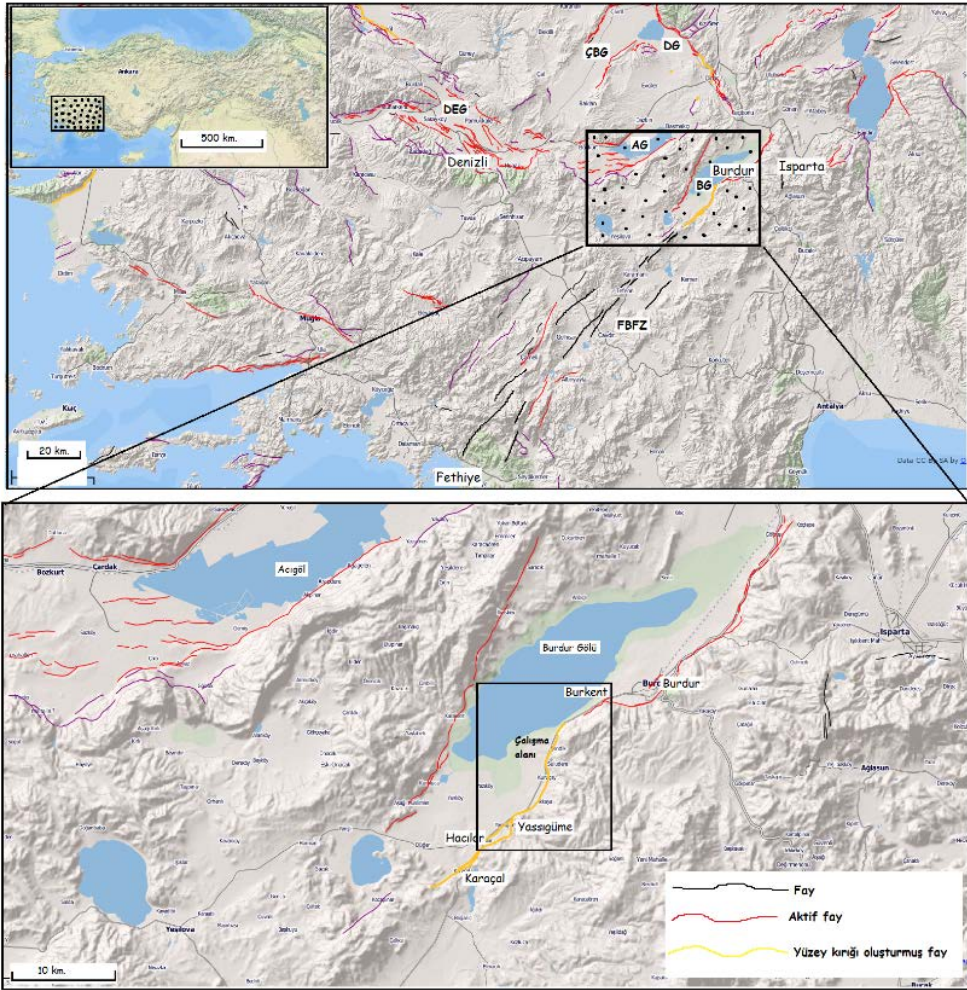
Bilindiği üzere Toroslar, batıda Isparta kuzeyinde Antalya körfezine paralel olarak ters ‘‘V’’ şeklini almıştır. Bu yapı literatürde Isparta büklümü (Isparta acısı) olarak bilinir. Çoğunlukla Mesozoyik yaşlı karbonat kayalarından oluşan bu yapı doğuda KB-GD doğrultulu olan Anamas-Akseki platformu, batıda ise KD-GB doğrultulu Beydağları otoktonu olarak adlandırılır. Bu otokton üzerine güneyde Kretase sonu- Tersiyer başında naplar yerleşmiş ve Antalya napları adını almıştır. Doğuda ise Eosen sonunda yerleşen naplar Beyşehir-Hoyran ve Hadım napları olarak adlandırılmış batıda ise Orta Miyosen sonunda nihai olarak yerleşen naplar ise Likya napları (Lisiyen Napları) olarak bilinir (Blumenthal, 1963; Brunn ve diğ., 1971; Graciansky, 1972; Dumont ve diğ., 1979, Gutnic, 1977 ). Isparta büklümünün doğu kanadı Akşehir –Simav fay zonu; batı kanadı ise Fethiye – Burdur fay zonu ile sınırlıdır (Barka ve diğ. 1995, Koçyiğit , 2000). Çalışma bölgesi Fethiye –Burdur fay zonu denetiminde gelişmiş bir bölgedir (şekil 1).

Fethiye Burdur Fay Zonu ve özellikle Burdur Fayı aktif olup tarihsel ve aletsel dönemlerde ürettiği depremler can ve mal kaybına yol açmıştır. Bu depremlerden en önemlileri 1914 yılında Burdur’da meydana gelen 6.9 büyüklüğündeki, 1971 deki 5.9 büyüklüğündeki Burdur depremi ve 1971 yılında Çameli yakınlarında meydana gelen 5.1 büyüklüğündeki depremlerdir.

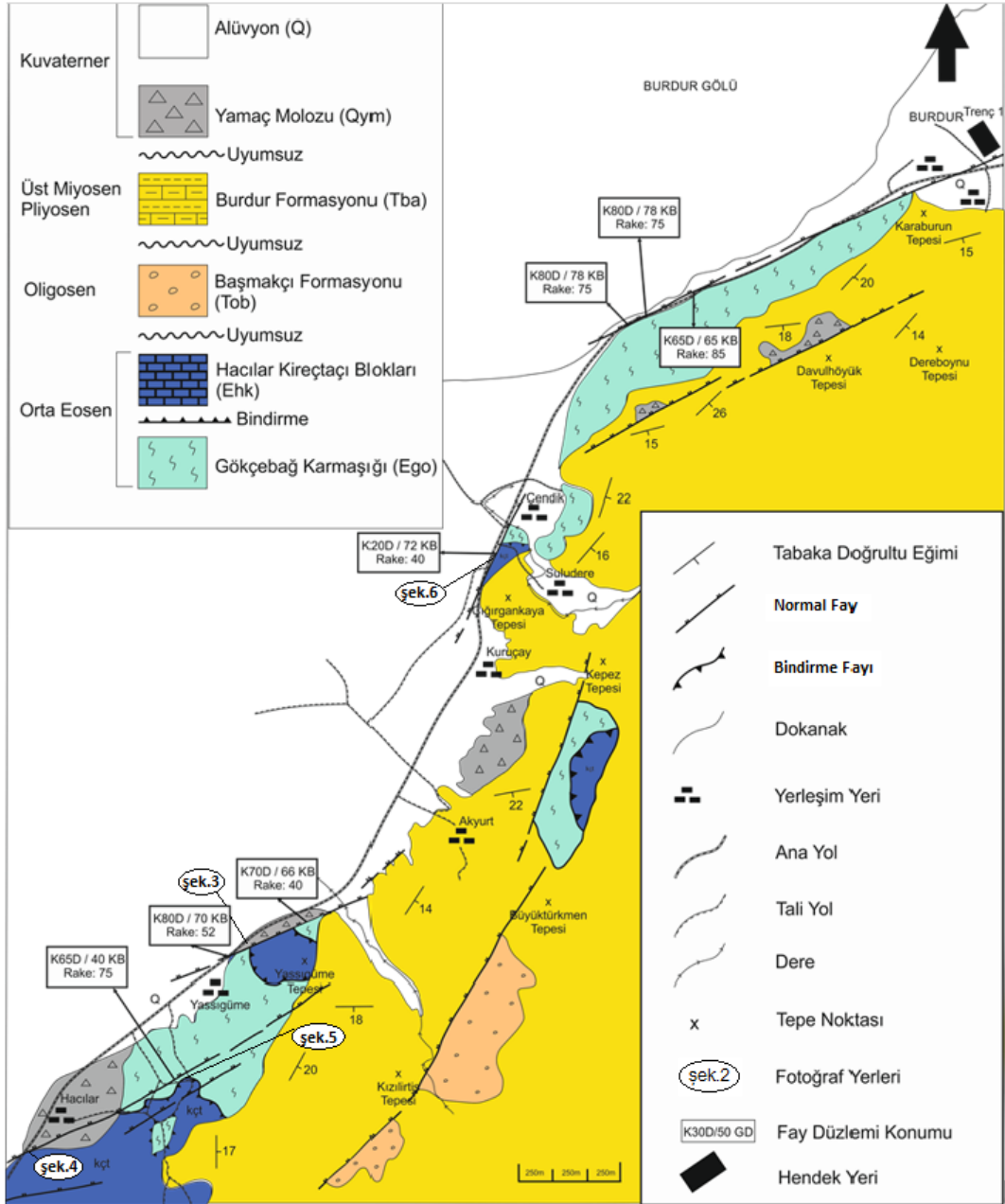
Bu çalışma Fethiye Burdur Fay Zonunun KD kesimini oluşturan Burdur fayının sismolojik olarak karakterini belirlemeye yönelik bir çalışma olarak yapılmıştır. Bu amaçla özellikle 1914 ve 1971 yıllarında yüzey kırığı oluşturmuş Burdur fayının daha önceli tarihsel dönemlere ait ürettiği depremlerin yaşlandırılması, kayma hızı, yüzey kırıklarının konumu ve tekrarlanma periyoduna yönelik bulgular elde etmek amaçlanmıştır. Böylece gelecekte Burdur fayının sismojenik olarak nasıl davranacağına dair bulgulara ulaşılması hedeflenmiştir. Bu amaçla fay üzerinde uygun görülen bir lokasyonda paleosismolojik amaçlı hendek açılmış ve radyokarbon yaş analizi yapılarak hendek yorumlanmıştır.

## 1- ÇALIŞMA ALANI YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

Çalışma alanındaki en yaşlı birim alloktan konumlu Gökçebağ karmaşığdır. Birim serpantinleşmiş harzburjit, serpantinit, gabro, amfibolit ve bazik-ultrabazikler ile kireçtaşı bloklarından oluşan karmaşık halindedir. Bu birimin üzerine ise tektonik dokanakla Hacılar Kireçtaşları Blokları gelir. Bindirmenin etkisiyle içerisinde oldukça fazla kıvrımlanma ve ezilme zonları gözlenen birim masif bir görünüme sahip olup katmanlanma pek az belirgindir. Daha üstte ise uyumsuz olarak Başmakçı formasyonu gelir. Literatürde bu birim İncesu Konglomeraları (Gutnic, 1979), Gönen Konglomeraları (Karaman, 1989), Acıgöl Grubu (Şenel, 1997), Karaburun Formasyonu (Ertunç vd., 2001), Başmakçı Formasyonu (Bozcu vd., 2007) gibi isimler adı altında incelenmiştir. Yaşı Orta-Üst Miyosen olarak belirlenen birim egemen olarak kötü boylanmalı polijenik konglomeralardan oluşur. Daha üstte ise Burdur formasyonu yer alır. Çalışma alanının büyük bir bölümünü kapsayan bu formasyon, Burdur Gölü çöküntüsünün güneyinde kalan alanlarda mostra verir. Bu birim Yalçinkaya vd., (1986) tarafından Burdur Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Burdur Formasyonu başlıca kırmızımsı kahverengi zayıf pekleşmiş, kötü boylanmalı çakıltası, beyazımsı, sarımsı, yer yer çapraz tabakalı kumtaşı, yeşilimsi kiltası, marn, killi kireçtaşları ile yersel ince kömür ara katmanlarından oluşur. Birimin yaşı Karaman (1986) tarafından Pliyosen olarak belirlenmiştir. En üstte ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon bulunur.



Şekil 1. Yer Bulduru Haritası (FBFZ; Fethiye-Burdur Fay Zonu, BĞ; Burdur Grabeni, AG; Acıgöl Grabeni, DEG; Denizli Grabeni, ÇBĞ; Çivril-Baklan Grabeni, DĞ; Dinar Grabeni) (yerbilimleri.mta.gov.tr.'den değiştirilmiştir).



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Kaya, 2015)

## 2- YAPISAL JEOLJİ

Isparta açısının batı kanadı KD'ya doğru uzanan Pliny-Strabo fayının Anadolu'daki devamı olan, Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km'lik bir hat boyunca uzanan Fethiye-Burdur fayı, sol oblik atımlı normal bir faydır. Bu fay, tek yapısal bir çizgi halinde olmayıp birbirine paralel gelişmiş kesikli segmentlerden oluşmaktadır (Bozcu vd., 2007) (Şekil 1). Batı Anadolu'nun Fethiye-Burdur fay zonu ve Eskişehir fay zonu ile Orta Anadolu'dan ayrıldığını, batı ve güneybatıya doğru hareket ettiğini ve Batı Anadolu bloğunun batıya doğru hareket hızının kuzeyden güneye doğru

arttığını belirtmişlerdir (Barka vd.,1995). Fethiye-Burdur fay zone, Batı Anadolu açılma rejiminin doğu sınırını oluşturmaktadır. Yapılan GPS sonuçları bu fay zone boyunca yılda 15 mm. kayma olduğunu göstermektedir ( Barka vd., 1997). Bu fay zoneunun en KD kesimi Burdur fayı olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu vd., 1987).

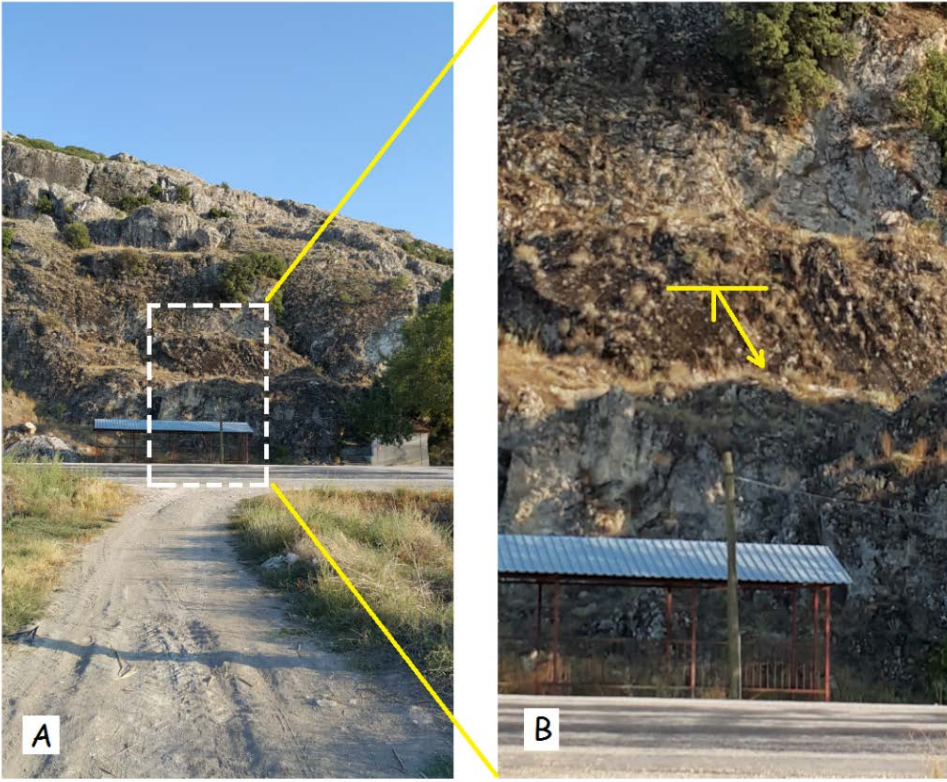
Burdur fay zone kuzeydoğudan güneybatıya doğru; Gölbaşı-Gökçebağ segmenti, Burdur segmenti ve Çendik-Yassıgüme segmenti olmak üzere, farklı uzunlukta 3 ayrı fay segmentinden oluşmaktadır. Bu çalışmada Burdur fayının Çendik-Yassıgüme Segmenti ile Burdur segmentinin GB kesimi üzerine yoğunlaşmıştır. Çünkü tarihsel ve aletsel dönem deprem etkinliklerine bakıldığında Burdur Fayının çoğunlukla GB bölümünde aktivitenin yoğun olduğu gözlenir. Zaten 1914 ve 1971 yılında meydana gelen depremlerin yüzey kırılmalarının bu kesimde olduğu belirtilmektedir. Çalışma imkanlarının da kısıtlı olması nedeniyle ilk etapta bu bölüm paleosismolojik olarak incelemeye alınmıştır.

Çendik-Yassıgüme segmenti çalışma sahasında kendi içerisinde farklı segmentlere ayrılır. Çalışma sahasının en güneyinde Hacılar dolayında K65<sup>0</sup>D doğrultulu olarak yaklaşık 3 km uzunluğunda izlenen fay Yassıgüme güneyine kadar uzanır. Hacılar bölgesinde fayın tavan bloğunda yamaç molozu bulunur. Hacılar güneyindeki Tekke Tepe’de fayın sol yanall atımlı olduğu görülür. Burada fay düzlemi üzerindeki fay çizikleri sol yanall atımı gösterir. Fay aynasında yaklaşık 70<sup>0</sup>’lik bir rake açısı vardır (Şekil 3). Daha doğuya doğru gidildikçe fay Gökçebağ Karmaşığı birimi içerisine girerek kaybolur. Bu kesimde ana faya paralel gelişmiş basamak şeklinde küçük faylar da mevcuttur.

Yassıgüme bölgesinde bu segment yaklaşık 1 km. kuzeye sıçrayarak devam eder. Özellikle Yassıgüme Kayası Tepesinin güneyindeki taş ocağında fay aynası genel olarak K80<sup>0</sup>D/70<sup>0</sup>KB konumlu olarak ölçülmüştür. Bu kesimde fay çizikleri tamamen eğim atım özelliğinde değildir. Bir miktar sol yanall hareket de mevcuttur. Burada fay çiziklerinin sapma açısı (rake) ise 52<sup>0</sup> olarak ölçülmüştür. Ayrıca fay aynası üzerinde fay breşi de görülür (Şekil 4).

Fayın izi Yassıgüme Kayası tepe kuzeyinde fayın taban bloğundaki Hacılar kireçtaşı gibi sert litolojiden dolayı topoğrafyadaki ani değişimle göze çarpar. Çendik-Yassıgüme segmentinin en ideal görüldüğü yer Yassıgüme güneyindeki Tilkitaş Tepe kuzey etekleridir. Burada fay aynası, fay çizikleri faya ait karakteristik özelliklerin ideal olarak gözlenir. Bu lokasyon Burdur Fayı Jeosit’i olarak ilan edilmiştir. Burada fay düzlemi ondülasyonlu bir yapıya sahiptir. Ondülasyonların uzun eksenleri de kayma çiziklerine paraleldir. Ondülasyonlardan dolayı fayın doğrultusu K60<sup>0</sup> – 80<sup>0</sup>D arasında değişir. Bu kesimde de fay tamamen eğim atımlı olmayıp bir miktar sol yönlü öteleme mevcuttur. Fay çizığının sapma açısı (rake) ise 50<sup>0</sup> – 75<sup>0</sup> arasında değişir. Bu bölgede fayın genel konumu K65<sup>0</sup>D/40<sup>0</sup>KB olarak tespit edilmiştir. Rake açısı da ortalama 75<sup>0</sup> dolayındadır. Fay düzlemi üzerinde aynada tansiyon çatlakları net olarak izlenir. Bu tansiyon çatlaklarının uzun eksenleri genel olarak kayma çiziklerine dik olarak gelişmişlerdir. Jeosit olarak ilan edilen bu bölgede fay aynası üzerinde oldukça kalın bir yamaç molozu bulunur (Şekil 5).





Şekil 3. Tekke tepe KB'sındaki fay aynası ve fay çizikleri A; uzaktan, B;yakından görünümü (GD'ya bakış)



Şekil 4. Taş ocağı fay aynası (A) ve ve fay çizikleri (B) (GD'ya bakış) (Yassıgüme kayası Tepe güneyi)



Şekil 5. A; Burdur fayı Jeosit alanı, B; Fay aynası üzerindeki kayma çizikleri, C; ondülasyon yapısı (GD'ya bakış) (Tilkitaş Tepe güneyi, Yassıgüme)

Yassıgüme-Çendik segmenti kuzeye doğru gidildikçe Kuruçay bölgesinde net olarak izlenemez. Ancak daha da Kuzeye gidildiğinde Çendik GB'sında fay aynası gözlenir. Burada Çığırgankaya Tepe batısında gözlenen fay aynası üzerinde kayma çizikleri belirgin değildir. Fay aynası üzerinde ölçülen fayın konumu  $K20^0D/72^0KB$  olarak tespit edilmiştir. Bu kesimde fay aynası üzerinde fay breşi de gözlenir (Şekil 6).



Şekil 6. Çığırkaya Tepe batısındaki fay düzlemi (KD'ya bakış)

Çendik bölgesinden daha da KD'ya gidildiğinde Burdur fayının Çendik-Yassıgüme segmenti sonlanır. Bu noktadan itibaren Burdur segmenti başlar. Burdur gölünün hemen kıyısında ana yola paralel gelişen Burdur segmenti üzerinde yine yer yer fay aynasını izlemek mümkündür. Burada ölçülen fay düzlemi  $K80^{\circ}D/78^{\circ}KB$  olarak bulunmuştur. Bu lokasyonda rake açısı  $75^{\circ}$  olarak ölçülmüştür. Bu noktadan itibaren anayol üzerinde KD'ya doğru 500 m. kadar gidildiğinde yine fay düzlemine rastlanmış ve fayın konumu  $K65^{\circ}D/65^{\circ}KB$  olarak ölçülmüştür. Bu lokasyonda Gökcebağ Karmaşığına ait sert litolojiler içerisinde  $85^{\circ}$ lik rake açısı ölçülmüştür. Bu noktadan itibaren fayın devamı Burdur şehir merkezine doğru ilerler ve Alüvyon altında devam eder. Bu fayın devamını incelemek ve aktivitesine yönelik yeni veriler bulmak amacıyla Paleosismolojik amaçlı hendek açılmıştır. Bu bölüme ait ayrıntı paleosismoloji başlığı altında verilmiştir.

### 3- DEPREMSELLİK

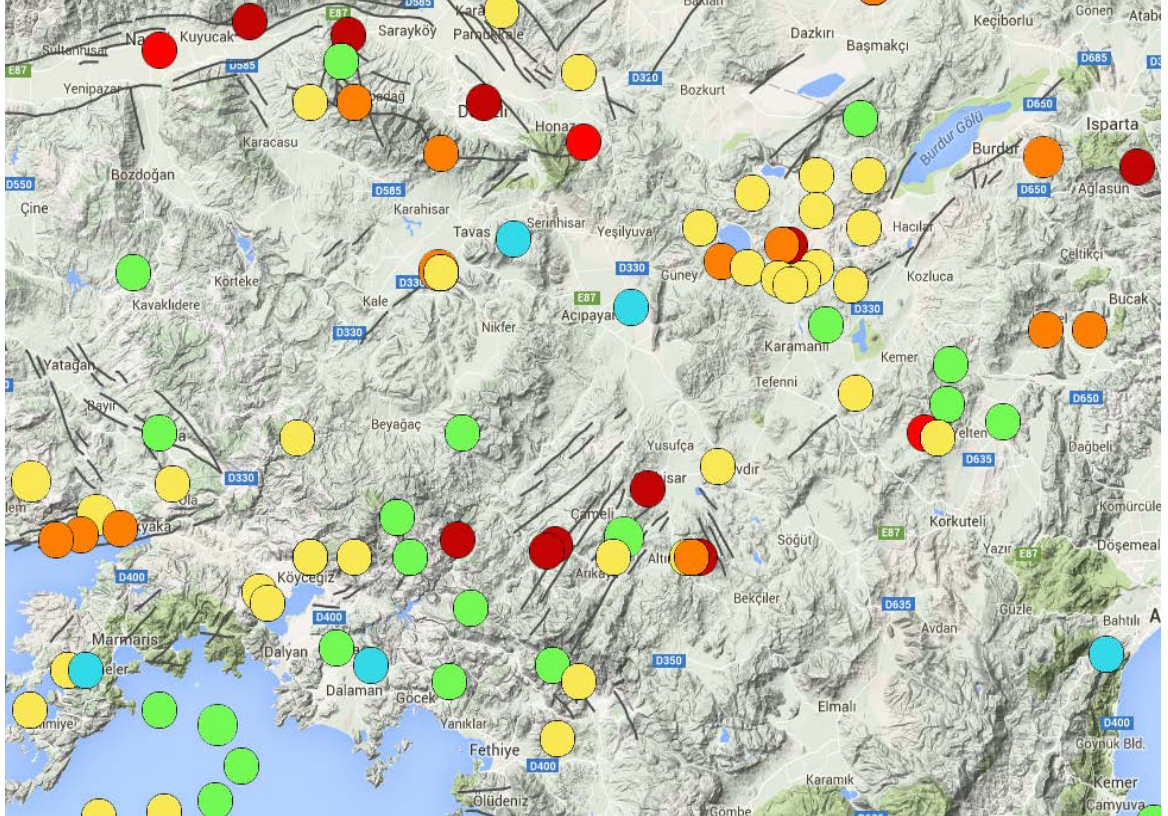
Rodos-Burdur arasındaki bölgede son yüzyıl içinde büyük depremler meydana gelmiştir. Bunlar içerisinde 1914 yılı ( $M=7.1$ ) ve 1971 yılı ( $M=6.2$ ) depremleri bölgede ağır hasara yol açmıştır. Ayrıca yine 1921 yılında Çameli yakınlarında meydana gelen  $M=6.1$  büyüklüğündeki ve 2012 yılında meydana gelen Fethiye açıklarındaki  $M=6.0$  büyüklüğündeki depremler bölgeyi etkilemiştir. Bundan sonraki 1922-1962 yılları arasında meydana gelen depremler daha çok Burdur fay zonunun güney bölümünde etkili olmuştur (Yağmurlu,2000). Bu dönemde oluşan, depremler 1922'de Karpothas'ta başlamış olup, zaman içinde KD yönünde ilerleyerek 1926'da Rodos, 1957'de Fethiye, 1963'te Tefenni ve 1971'de tekrar Burdur yöresini etkilemiştir (Taymaz ve Price,1992). 1922-1971 yılları arasındaki 50 yıllık periyot içinde oluşan Karpothas, Rodos, Fethiye, Tefenni ve Burdur depremleri, güneyden kuzeye doğru bariz bir kırık ilerlemesini göstermesi bakımından önemlidir (şekil 7).

1970 yılından sonra  $M=3.0$  ve üzeri büyüklükteki depremlerin Fethiye Budur Fay Zonu üzerinde Tefenni dolaylarında, Burdur Gölü güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür ve meydana gelen irili ufaklı depremlerin sayısında artış görülmüştür. 1980 – 1990 yılları arasında bir önceki 10 yıla göre meydana gelen depremlerin sayısında azalma gözlenirken, depremlerin fay zonu üzerine eşit bir şekilde yayılım yaptığı gözlenmiştir. 1990 ve 2000 yılları arasında deprem sayısında önemli derecede artış gözlenirken, depremlerin fay zonu üzerinde Fethiye ve Gölhisar çevresinde yoğunlaştığı görülmüştür. 2000 yılından günümüze kadar olan süreçte meydana gelen depremlerin Gölhisar çevresinde oldukça yoğunlaştığı ve ayrıca Fethiye ve Ölüdeniz açıklarında da yoğunlaşmanın olduğu gözlenmiştir. Yakın zamanda 10 Haziran 2012 tarihinde merkez üssü Ölüdeniz açıklarında olan  $M=6.0$  büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir.

### Burdur Bölgesi

Birinci derece deprem bölgesi olan Burdur bölgesinde tarihsel ve aletsel dönemlerde yıkıcı depremler

gözlenmiştir. Burdur ve çevresinde depremlerle ilgili ilk kayıtlar 16.yy.'a aittir. 1842 ve 1876 yıllarındaki depremlerden sonra saptanan ilk deprem bu yüzyılın başında 09.01.1900 tarihinde yaşanmıştır. Bu tarihten günümüze yedi adet orta ve yüksek şiddetli deprem olmuştur. 1960'dan 2004 yılına kadar Burdur ve çevresinde oluşmuş büyüklüğü 3 ve üzeri olan toplam 670 deprem meydana gelmiştir. Burdur bölgesinde bu depremlerden en önemlileri 1914 ve 1971 yılı depremleridir.



Şekil 7. Burdur-Fethiye fay zonu üzerinde 1900-2016 tarihleri arasında meydana gelen M=5.0 ve üzeri deprem episantri dağılımı (udim.koeri.boun.edu.tr).

### 3 Ekim 1914 Burdur Depremi

Fethiye-Burdur fay zonunun kuzeydoğu bölgesinde geçtiğimiz yüzyılda meydana gelen en büyük deprem 3 Ekim 1914 depremidir ( $M=7.1$ ). Eyidoğan vd. (1991) tarafından oluşturulan Türkiye'nin büyük depremleri makro-sismik kataloğunda verilen bilgilere göre Pınar ve Lahn (1952)'in yaptıkları çalışmaya göre depremin Burdur Ovası'nda, Isparta'da ve civarında, ve Dinar'da ağır hasara neden olmuş, çok sayıda can kaybı meydana gelmiştir Burdur Gölü civarında yüzey kırıklarını inceleyerek vardıkları sonuca göre 1914 Burdur depreminin 60-70 km uzunluğunda olan Burdur-Tefenni fay segmentinde meydana gelmiştir. Bu yazarların açtıkları inceleme çukurlarında gözlemledikleri fay aynalarında depremin Burdur Gölü güneyinde ve sol-yönlü doğrultu-atımlı bileşeni olan normal faylanma mekanizmasıyla meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Açılan inceleme çukurlarında gözlenen düşey atım miktarı 90 ile 250 cm arasında değişmektedir (Bozcu ve diğ.,2007).

### 12 Mayıs 1971 Burdur Depremi

Yerel saatle 20:26:02'de Burdur'da  $M=6.2$  büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Taymaz ve Price, 1992). Depremin episantri Burdur Gölü ile Yarışlı Gölü arasında yer almakta olup, Kışla, Yarışlı ve Buğdüzü köylerinde çok ciddi hasar yapmıştır. Soğanlı Köyü'nün kuzeyinde, 1 km

uzunluğunda bir kırık gözlenmiştir. Doğrultusu K 30<sup>0</sup>D olan bu kırığın 1914'te oluşan depremin kırığı ile benzer doğrultuda olduğu tespit edilmiştir (Taymaz ve Price, 1992). Yerköy ile Hacılar arasındaki alanda K30<sup>0</sup>D, K 10<sup>0</sup>B ve K80<sup>0</sup>D doğrultularında yatay ve düşey hareket gözlenmeyen gerilme çatlakları oluşmuş ve bu çatlaklardan çamurlu su fişkırmaları meydana gelmiştir. 57 kişi hayatını kaybettiği bu depremde bölgedeki konutların 3227 tanesi hasarlıdır. Odak mekanizması çözümüne göre, depremin normal faylanma sonucu olduğu tespit edilmiştir (Eyidoğan vd., 1991; Taymaz ve Price, 1992). Faylanma sonucu düşey atım miktarı 20-30 cm civarındadır (Eyidoğan vd., 1991). Bu depremin faylanma mekanizması KB-GD yönlü açılma rejimine işaret etmektedir.

#### 4- PALEOSİSMOLOJİ

Burdur fayının ürettiği tarihsel ve aletsel dönem deprem etkinliğine bakıldığında aletsel dönemde bilinen büyük depremler 1914 ve 1971 yıllarında meydana gelen depremlerdir. Literatürde 1914 depremi ile ilgili her ne kadar kısıtlı veri olsa da her iki depreme ait bilimsel veriler mevcuttur. Ancak Burdur fayı üzerindeki tarihsel dönem deprem etkinliği incelendiğinde yeterli ve sağlıklı veri yoktur. Bu konuya yönelik bilimsel çalışmalar vardır fakat. Burdur fayının tarihsel dönemlerde ne zaman çalıştığı ile ilgili sağlıklı verilere ulaşmak amacıyla paleosismoloji çalışması yapılmaya karar verilmiştir. Bu amaçla da proje bütçesinin elverdiği ölçüde bir adet hendek açılmış ve yorumlanmıştır.

##### **Burkent Hendeği**

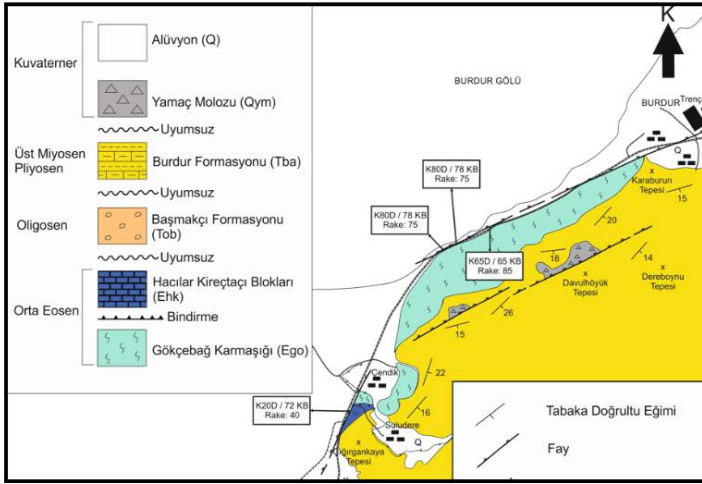
Bu hendek Burdur ili GB'sında Burdur Fethiye yolu üzerinde Atatürk Mahallesi Burkent bölgesinde açılmıştır. Yaklaşık K40<sup>0</sup>B doğrultusunda ve 20 m. uzunluğunda açılan hendeğin GB duvarı çalışılmıştır. 1.5 x 2.5 x 20 m. boyutlarında açılan hendeğin kritik noktalarında ip ile karelejama yapılmış ve renkli çivilerle klavuz seviyeler ve kırıklar belirlenmiştir. Hendeğin GD ucu 257420;4177724 ve KB ucu ise 257403;4177750 koordinatlarındadır (Şekil 8).

Hendek içerisinde GD uçtan itibaren 6. Metreye kadar devam eden KB'ya eğimli fayın taban bloğunda sarımsı renkli kum-marn aralanması gözlenir. Yaklaşık 40<sup>0</sup>'lik sabit bir eğimle KB'ya eğimli olan birim içerisindeki litolojiler 2-8 cm. arasında değişen kalınlıklarda devam eder. Bu birim kesitlerde "10" nolu birim olarak adlandırılmıştır. Bunun üzerinde ise yaklaşık 12-15 cm. arasında değişen kalınlıklarda gri kum bulunur. Bu birim ise kesitlerde "9" nolu birim olarak kayıtlara geçirilmiştir. Daha üstte ise "8" nolu birim olarak kaydedilen kil-marn aralanması göze çarpar. Marnlar gri beyaz renkte olup tabakalar 10-15 cm. arasında değişen kalınlıklardadır. Killer ise sarımsı gri renklerde izlenirler. Arada yer yer ince silt seviyeleri gözlenen birim ise ortalama 10 cm kalınlıktadır. Daha da üstte ise ince tabakalanmalı sarımsı renkli silt bulunur. Kesitte "7" nolu birim olarak gösterilen silt 20-25 cm kalınlığa sahiptir. Bazı kesimlerde tabaka düzlemi boyunca kaydığı gözlenen fayın tavan bloğunda ise kesitte "4" nolu birim olarak gösterilen yer yer silt ve seyrek çakıl içerikli gri renkli kum oldukça yaygındır. Bu birimin ara seviyelerinde ince tabakalanmalı litolojiler bulunur. Bunlar kesitte "5" nolu birim olarak gösterilen seyrek çakıllı beyaz renkli marn ve "6" nolu birim olarak gösterilen gri beyaz renkli kil-silt karışımı şeklindedir. Bunlar kum biriminin ara seviyelerinde gözlenirler.

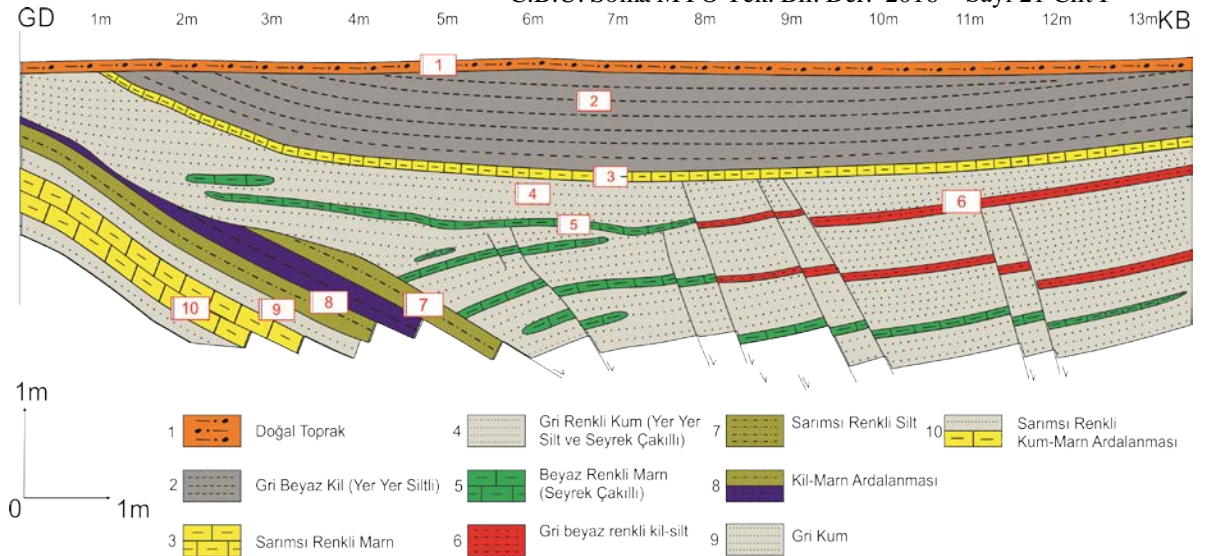
Bu birimlerin üzerinde ise faylanmadan etkilenmeyen tortul gurubu yer alır. Bunlar tabanda ince klavuz bir seviye halinde gözlenen sarımsı renkli marn ile başlar. Kesitte "3" nolu olarak gösterilen birim 4-7 cm. arasında değişen kalınlıklardadır. Daha üstte ise "2" nolu birim olarak kaydedilen yer yer siltli gri beyaz renkli kil seviyesi bulunur. 70-80 cm. kalınlıklarda gözlenen birimin üzerinde ise "1" nolu birim olarak gösterilen doğal toprak yer alır (Şekil 9, 10, 11).

Hendek içerisinde biri büyük fay olmak üzere buna paralel gelişmiş ve bu fayın sintetiği olan 7 adet küçük fay gözlenmiştir. GD'dan itibaren hendek içerisinde 6. m'ye kadar gözlenen düşük eğimli ana fayın örtüldüğü birim net olarak izlenememiştir. Dolayısıyla atımı ile ilgili olarak da ney bir şey söylenemez. Ancak hendek içerisinde gözlenebildiği kadarıyla minimum 4.5 m.'lik bir net atım gözlenir. Bu fayın doğrultusu yaklaşık K65<sup>0</sup>D konumudur. Eğimi KB yönünde olup eğim miktarı ise 20<sup>0</sup> ile 50<sup>0</sup> arasında değişir. Bu fayın hendek içerisinde gözlendiği kadarıyla zaman zaman taban bloktaki birimlerin tabaka düzlemi boyunca kaydığı gözlenmiştir. Bu özelliği ile yer yer tabaka fayı konumunda olan fayın tavan bloğundaki litolojilerde faya yaklaştıkça ani eğim artması gözlenir. Bu birimi örten stratigrafik seviyenin (1 nolu birim) yaklaşık en alt seviyesinden alınan örneğin (SALI-5

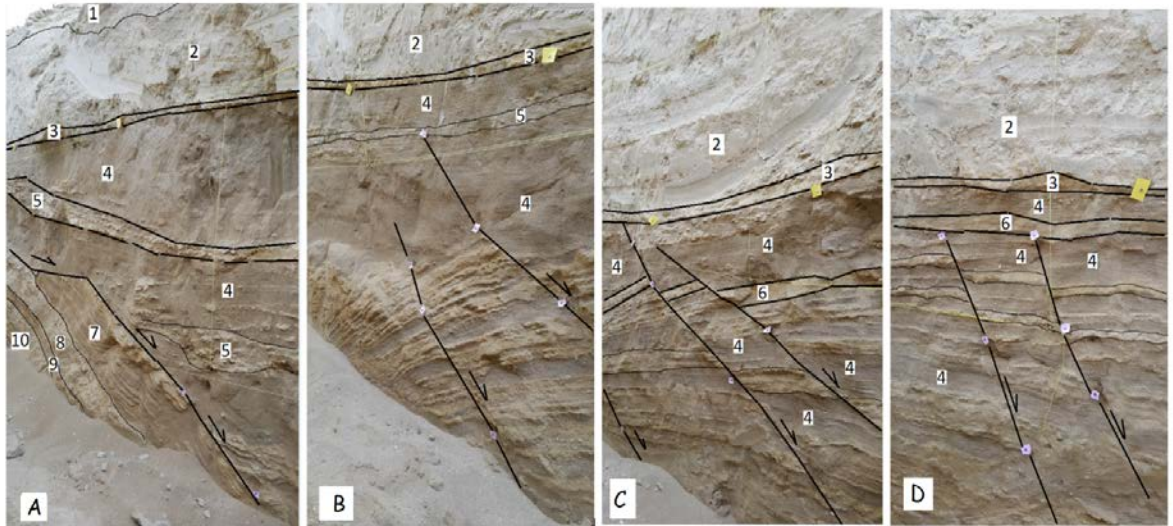
nolu örnek) radyokarbon yaş analizi sonucu günümüzden 102,6 +/-0,3 yıllık yaş verisi çıkmıştır. Bu yaş verisi bu ana fayın 1914 yılı depremiyle ilişkili olabileceğini gösterir. Bu fayın sintetiği olarak gelişen diğer faylar da 2-10 cm. arasında değişen atımlarda gözlenirler. Hendek içerisinde GD uçtan itibaren 7-8. metreler arasında gözlenen fay, bunların en büyüğü olup atımı ise 1.5 m dolayındadır. Bu fayın yaklaşık 1 m KB'sında faya paralel gelişen 2 adet sintetik fay mevcuttur. Bu fayların atımları ise sırayla 15 cm ve 25 cm dolayındadır. 3 nolu birim tarafından örtülen ve aynı dönemde oluşmuş bu 3 fayın toplam atımı 190 cm. dolayındadır. Daha KB'daki faylar ise daha önce oluşmuş sintetik kırıklardır. Bununla birlikte 3 adet fayın 3 nolu birim tarafından örtülmesi paleosismolojik olarak ilginçtir. 3 nolu birimin yaşı radyokarbon analizi sonucu 2040+/-30 yaşını vermektedir (SALI-2 örneği). Buradaki faylar günümüzden 2040+/-30 yıl öncesine ait bir tektonik olay neticesinde meydana gelmişlerdir. Bu durum ise tarihsel kayıtlarda M.Ö. 53 yılı depremi olarak bahsedilen depreme ilgili olabilir. Fayların atımı da dikkate alınacak olursa M.Ö. 53 yılı depreminde toplam 190 cm bir kayma miktarının olabileceği yorumlanır. Bu lokasyonda bir önceki ve bir sonraki depremlere ait sağlıklı veri bulunamadığı için fayın kayma hızı ve tekrarlanma periyodu gibi yorumlara gitmek sağlıklı olmaz. Yine kesitte dikkat edilecek olursa ana fayın KB'sındaki iki adet fay, beyaz renkli marn (5 nolu birim) tarafından örtülmüştür. 5 nolu birimin taban seviyesinden alınan örneğin (SALI-3 örneği) radyokarbon analizi sonucu 4260+/-10 yıllık bir yaş verisi vermektedir. Bu ise bahsedilen iki fayın günümüzden 4260+/-10 yıl öncesine ait bir tektonik olay neticesinde meydana gelmiş olabileceğini göstermektedir.



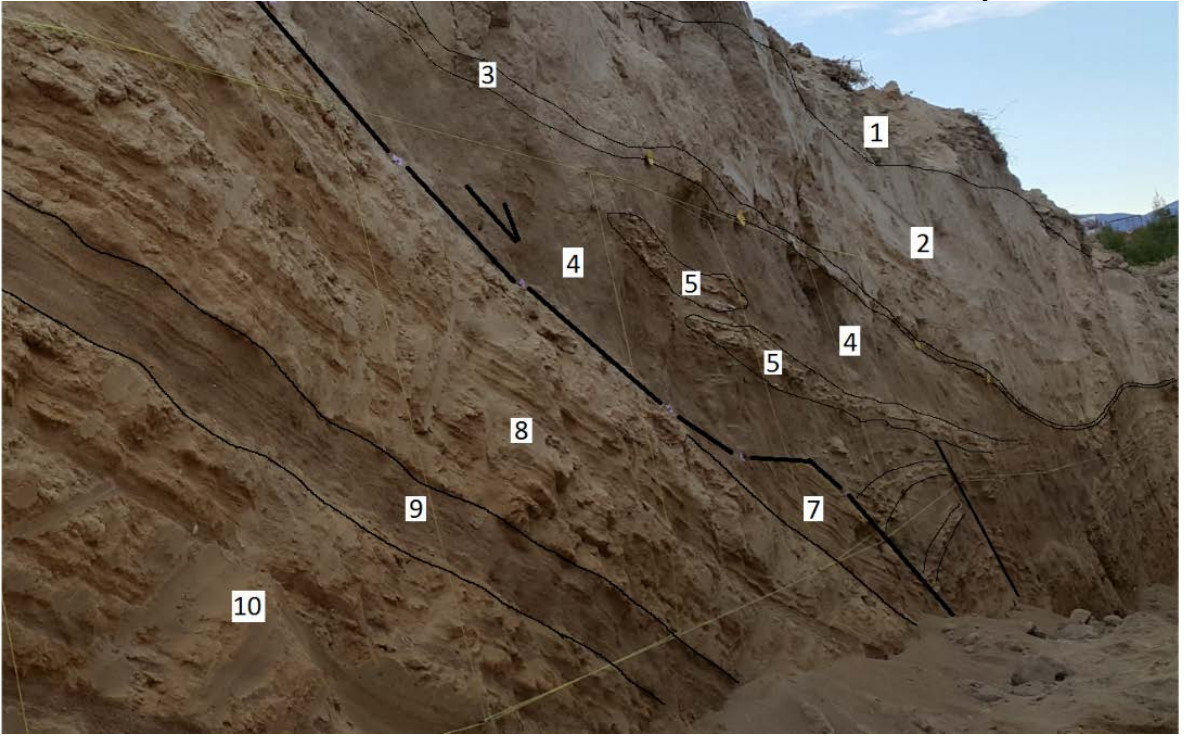
Şekil 8. Burkent hendekinin haritadaki yeri ve genel konumu (GD'ya bakış)



Şekil 9. Burkent hendeği kesiti (GB duvar)



Şekil 10. Burkent hendeğinin GD'dan itibaren A; 3-5 m., B; 5-6 m., C;8-10 m., D; 10-12 m. arası hendek litolojileri ve fayların konumu (GGB'ya bakış) (1: doğal toprak. 2: gri-beyaz kil (yer yer siltli). 3: sarımsı renkli marn. 4: gri renkli kum (yer yer silt ve seyrek çakıllı). 5: beyaz renkli marn (seyrek çakıllı). 6: gri-beyaz renkli kil-silt. 7:sarımsı renkli silt. 8: kil marn ardalanması. 9: gri kum. 10: sarımsı renkli kum-marn ardalanması.)



Şekil 11. Burkent hendeğinin GD'dan itibaren 2-7 m. arası hendek litolojileri ve fayların konumu (GGB'ya bakış) (1: doğal toprak. 2: gri-beyaz kil (yer yer siltli). 3: sarımsı renkli marn. 4: gri renkli kum (yer yer silt ve seyrek çakıllı). 5: beyaz renkli marn (seyrek çakıllı). 6: gri-beyaz renkli kil-silt. 7:sarımsı renkli silt. 8: kil marn ardalanması. 9: gri kum. 10: sarımsı renkli kum-marn ardalanması.)

## 5- SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Burdur fay zonu, Fethiye-Burdur arasında kalan bölgede, KD-GB uzanımlı fayların denetiminde dört farklı segmente bölünür. Bunlar GB'dan KD'ya doğru; Fethiye segmenti, Gölhisar segmenti, Tefenni segmenti ve Burdur segmentinden yapıldır. Bu çalışma Burdur segmenti üzerindedir. Yaklaşık olarak 300 km'lik bir uzanım gösteren Burdur fayı, çoğu yerde sol-oblik atım özelliği gösteren ve günümüzde hala aktif olan bir fay zonundan oluşur. Burdur fay zonu, tek bir çizgi halinde olmayıp, KD-GB doğrultulu kesikli uzanıma sahip ve birbirine paralel olabilen basamaklı fay sistemlerinden yapıldır. Burdur Gölü, tümüyle Burdur fay zonu içinde kalan, ve her iki yanı aktif faylarla sınırlanmış bir çöküntü gölüdür. Burdur Neojen havzası, büyük bölümü ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonal ve gösel tortulların doldurduğu bir alandır.

Burdur ve çevresinde 1900 yılından 2004 yılına kadar 7'i hasar yapıcı olmak üzere, toplam 670 deprem meydana gelmiştir. Bunların en fazla hasar yapanları 1914 ve 1971 depremleridir.  $M=7.1$  büyüklüğündeki 1914 depremi ile  $M=6.2$  büyüklüğündeki 1971 depremleri, Burdur segmenti üzerinde meydana gelmiş olan en önemli sismik olaylardır. 1957-Fethiye depremi ise Fethiye Körfezinin güneybatısında Rodos'un doğusunda, meydana gelmiştir.

Bölgede paleosismolojik amaçlı yapılan çalışmalarda Burdur-Kum Ocakları Mevkiinde ve Yassıgüme yöresinde açılan hendeklerde ve yarmalarda, 1914 ve 1971 depremlerine ait yapılar incelenmiştir. Bu yapılar arasında çok genç koluviyal oluşukların yanı sıra, sözü edilen depremlerle yaşıt olarak gelişmiş kum daykları ve yarık dolgu oluşukları, en belirgin yapılarıdır. Burdur-Kum Ocakları Mevkiinde ortaya çıkarılan 1914-deprem yarığında, ölçülebilen düşey yerdeğiştirme miktarı 2-2.5 metre arasında değişmektedir (Bozcu vd., 2007).

Burdur fay zonu üzerinde fayın sismojenik davranışı, tarihsel ve aletsel dönemlerde ürettiği deprem karakterleri, fayın yerel ve bölgesel kayma hızı, kayma miktarı ve deprem tekrarlanma periyodu gibi önemli bilgilere ulaşabilmek için paleosismolojik amaçlı çok sayıda çalışma yapmak gerekir.



Bu çalışmada Burdur fayının Burdur-Yassıgüme arası bölgesi incelenmiş, Burdur güneyindeki bir lokasyonda da paleosismolojik amaçlı hendek çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda 1914 depremi yüzey kırığının Burdur GB'sına (Burkent mahallesi) kadar uzanmış olabileceği düşünülür. Ayrıca tarihsel deprem kayıtlarında bahsedilen M.Ö. 53 yılı depreminin yüzey kırığı oluşturmuş olabileceği ve bu kırığın da yine aynı lokasyondan geçmiş olabileceği yorumlanmıştır. Burada adı geçen depreme yüzey kırığı oluşturmuş fayda toplam 190 cm bir düşey kayma miktarından bahsedilebilir. Ancak bu lokasyonda bir önceki ve bir sonraki depreme ait sağlıklı veriler bulunamadığı için fayın kayma hızı ve depremin tekrarlanma periyodu gibi parametreler hakkında yorum yapmak sağlıklı olmaz. Yine aynı hendekte günümüzden 4260±10 yıl öncesinde bir tektonik olayın meydana gelmiş olabileceği anlaşılmaktadır. Ancak bu olaya ait tarihsel kayıtlarda bir belge yoktur. Bu tektonik olayın ne olduğu ile ilgili sağlıklı veri fay üzerinde yapılacak başka paleosismoloji çalışmaları neticesinde ortaya çıkacaktır. Bu amaçla Burdur fayı üzerinde paleosismoloji amaçlı çalışmalar devam edecektir. Sonuç olarak Burdur fayının deprem potansiyeli ile ilgili sağlıklı veriler fay üzerinde diğer paleosismoloji çalışmaları neticesinde sonuçların birlikte değerlendirilmesi ve yorumlanmasıyla ortaya çıkacaktır.

### **Katkı Belirtme:**

Bu çalışma 2015FBE018 nolu proje olarak Pamukkale üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

### **YARARLANILAN KAYNAKLAR**

- Barka, A.A., Reilinger, R., Saroglu, F., Sengör, A.M.C., 1995. The Isparta angle: its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region., IESCA Proceedings, 1, 3–18.
- Barka, A. A., And Reilinger, R., 1997, Active tectonics of the Eastern Mediterranean region deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annale de Geofisica*, 40, 587-610.
- Barka, A.A., Reilinger, R., Emre, Ö., 2000, Active tectonics features of Western Anatolian: Some results of GPS measurement, *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region*, Abstract, 9, İzmir.
- Blumenthal, M., 1960-1963. Le system structural du Taurus sud-Anatolien. In: *Livre a mémoire de professor P. Fallot*, Mem. Soc. Géol. France., 1, 2, 611,662
- Bozcu, M., Yağmurlu, F., Şentürk, M., 2007. Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismik Özellikleri (Güneybatı Anadolu). *Jeoloji Mühendisleri Odası Dergisi*, 31, 25-47.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P, de: Gutnic, M. Juteau, T., Martoux, J., Monod, O ve Poisson, A., 1971. Outline of the Geology of the Western Taurids. In *Geology and History of Turkey*, Compbell (A.S. ed), *Petrol Explor, Soci. Of Libya, Tripoli*, 225 – 255
- Dumont, J.F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamandersi, I.H. ve Letouzey, J., 1979. Güneybatı Anadolu'daki Grabenlerin Oluşumu. *MTA Dergisi*, 97, p. 7-17.
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, A.E., Keskin, N., Bozcu, M., Yılmaz, K., Şentürk, M., Özçelik, M., Davraz, A., Yalçın, A., Soyarslan, İ., Kaya, M.A., Kamacı, Z., Uyanık, O., Balkaya, Ç., Duman, Y., Çimen, Ö., Uzundurukan, S., Karaca, Ö., Şener, E., 2001. Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Depremselliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Sonuç Raporu, (SDÜ AR-GE), 318s.
- Eyidoğan, H., Utku, Z., Güçlü, U., Değirmenci, E., 1991, Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 198.
- Graciansky, P. Ch. de, 1972, *Recherches geologiques dans le Taurus Lycien occidental: These Univ. Paris-Sud centre d'orsay*, Ser. A, No. 896, 571 s.
- Gutnic, M., 1977. *Geologie du Taurus Pisidien au nord d'Isparta, Turquie. Principal resultats, extraits des notes de. M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod Université du Paris – sud Orsay*, 130 p
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. ve Dumont, J. F., 1979. *Geologie des Taurides occidentales (Turquie). Mem. Social. Geology. France*, 137, 112 pp., Paris.
- Hañçer, M., Karaman, E., 2001, 4th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, konferansı dahilinde "4th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Proceeding" bildiri kitapçığındaki "Tectonic features of Bucak and its surrounding (southern Isparta)", 33-44 pp.,

Isparta, Turkey, May, 2001

Karaman, E., 1986a. Burdur dolayının genel stratigrafisi. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fakültesi Dergisi, No: 2, 23-36. Isparta

Karaman, E., 1986b. Burdur ili ve çevresindeki yerleşim alanlarının depremselliği, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, No: 8, s. 9-20

Karaman, E., Meriç, E., ve Tansel, İ., 1988. Çünür (Isparta) dolaylarında Kretase-Tersiyer geçişi. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 4, 80-100, Isparta.

Karaman, E., 1989, "Eğirdir,Kovada, Kaşıkara Ve Burdur Geç Senozoyik Havzalarının Yapısal Evrimi Ve Ekonomik Potansiyeli", Türkiye Jeomorfoloji Bült,

Karaman, E., 1990. Isparta güneyinin temel jeolojik özellikleri. TJK Bülteni, 33, 57-67, Ankara.

Karaman, E., 1994. Isparta-Burdur arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri TJK Bülteni, 37(2), 119-134

Kaya, Ş. ve Hançer, M., 2015, Burdur Fayının Paleosismolojik Özellikleri, ibees 2015 International Burdur Earthquake and Environment Symposium, (7-9 Mayıs 2015), Bildiri Özl. 478 s. Burdur

Kaya, Ş., 2015, Burdur Fayının Paleosismolojik Özellikleri, PAÜ, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 78 s.

Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayının Tektoniği. Türkiye Jeoloji. Kurultayı. Bülteni. 26, 1-10 s.

Koçyiğit, A., 2000, Güneybatı Türkiye' nin depremselliği, Batı Anadolu' nun Depremselliği Sempozyumu, 24-27 Mayıs 2000, İzmir, 30-39.

Monod, O., 1977. Recherches geologiques dans de la Taurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie).These, Univ. Paris Sud Orsay. 442p.

Pınar, N., Lahn, E., 1952, İzahlı Türkiye Depremler Kataloğu, İmar ve İskan Bakanlığı, 6, 36.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987. Türkiye Diri Fayları ve Depremsellikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Rapor No:8174, Ankara.

Şenel, M., 1984. Discussion of the Antalya nappes. In Geology of Taurus belt (edited by O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), Proceedings, 41-51.

Şenel, M., 1997. 1:250000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 4, Isparta paftası. MTA Yayın No: 4.

Taymaz, T., and Price, S. P., 1992. The 12.05.1971 Burdur earthquake sequence: A synthesis seismological and geological observations. Geophys. J. Int., 108, 589-603.

Yağmurlu, F., 2000. Burdur fayının sismotektonik özellikleri: Batı Anadolu'nun depremselliği sempozyumu, Bildiriler, s.143-152, İzmir.

Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M., 2007. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özellikleri:Tübitak- ÇAYDAG, Proje No:101Y027, 79 s., (Yayınlanmamış Rapor).

Yalçınkaya, S., 1989., Isparta-Ağlasun (Burdur) dolaylarının jeolojisi İ.Ü.Fen Bil.Enst.Doktora tezi,176 s.

Yalçınkaya, S.,Ergin, A.,Afşar, Ö.P. ve Taner.,1986, Batı Torosların jeolojisi. MTA.Rap.No.7779 Ankara

# FARKLI ORTAM KOŞULLARINA MARUZ BIRAKILAN KOMPOZİT MALZEMENİN EĞİLME DAVRANIŞLARININ DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Ayla TEKİN\*, Ümran ESENDEMİR\*\*, Ayşe ÖNDÜRÜCÜ\*\*

\*Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, Manisa

\*\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Böl. Isparta

## ÖZET

Kompozit malzemeler uygulama alanı olarak farklı iklim koşullarında kullanıldıklarından çok büyük sıcaklık değişimlerine ve farklı ortam şartlarına maruz kalabilmektedir. Bu çalışmada, dört farklı ortam koşulunda bekletilen örgü cam elyaf takviyeli epoksi kompozitin eğilme davranışı incelenmiştir. Standartlara uygun olarak hazırlanan numuneler kullanılarak yapılan deneylerle farklı ortamlarda bekletilen malzemelere ait elastisite modülleri tespit edilmiştir. Dört farklı ortamda bekletilen numunelerin üç nokta eğme deneyi sonucu elde edilen sehim değerleri ve eğilme dayanımları karşılaştırılmıştır. Deneysel olarak elde edilen sehim değerlerinin teorik olarak hesaplanan sehim değerleri ile birbirine çok yakın çıktığı görülmüştür. Sonuç olarak; saf suda, deniz suyunda ve asitli suda bekletilen kompozit numunelerin yük taşıma kapasitesinin, oda sıcaklığı ortamında bekletilen numunelere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit malzeme, sehim, ortam şartları, üç nokta eğme deneyi

## EXPERIMENTAL AND THEORETICAL ANALYSIS BENDING BEHAVIORS OF COMPOSITE MATERIALS SUBJECTED TO DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

### ABSTRACT

Composite materials can be exposed to very large temperature changes and different environmental conditions as they are used in different application areas and climates. In this study, bending behavior of epoxy composite material reinforced with meshed fiberglass held in four different environmental conditions was examined. Modules of elasticity of the materials held in different environments were determined with tests performed on samples prepared according to standards. Deflection values and bending strength obtained as a result of three-points bending tests held in four different environmental conditions, were compared. Deflection values from test results seems analogous with theoretically calculated deflection values. As a result of this experimental and numerical study, load carrying capacity of the composite samples held in pure water, sea water and acidic water was observed as lower than the ones that were held in room temperature conditions.

**Keywords:** Composite material, deflection, environmental conditions, three-points bending test

## 1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler; malzeme bilimi, metalurji, kimya, katı mekaniği ve mühendislik uygulamalarında önemli rol oynamaktadır. Sudhir ve Shivukumar [1], E-cam fiber takviyeli kompozitlerin üç farklı matris oranı için çekme basma ve eğilme deneyi uygulayarak elde edilen verileri nümerik sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Otomobil, uzay, deniz ve diğer ulaşım araçlarında kullanılan çoğu yapılar farklı yüklere maruz kalırlar. Bu yapılar, daha çok eğilme gerilmesine

maruzdur. Yapıların maruz kaldığı eğilme yükleri zamanla tehlikeli hasarlara neden olabilir. Eğilme yüküne maruz yapılarda nötr ekseninde gerilme sıfır olurken, en dış ve en iç fiberler maksimum eğilme gerilmesine maruz kalırlar. Bu nedenle, Rathnakar ve Shivanan, eğilme yükü altındaki fiber takviyeli kompozitlerin dayanım ve rijitliğini deneysel olarak araştırmışlardır [2]. Çoğu kompozitlerin uzun süreli statik dayanımı, daha düşük kısa süreli dayanımlarından çok daha önemlidir. Çünkü; bu uzun süreli statik dayanım uzun süre periyodunda belirli çevresel (örneğin hava, asit, deniz suyu ve ortam sıcaklığı vb.) etkilere maruz kalır. Malzemenin farklı ortamlara maruz kalması sonucunda malzemenin özelliklerinde bozulmalar meydana gelecek ve bu bozulmaların (kuvvet kaybı, asidik veya alkalın çözeltiler, sıcaklık vs.) etkisiyle sürünme kopması hızlanacaktır [3]. Manola ve arkadaşları [4] yaptıkları çalışmada, yapılandırılmış tabakalı fiber kompozit sandviç kirişlerin eğilme davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. Belevi ve İnançer [5], karbon fiber, kevlar (aramid) ve cam elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerine darbe, sıcaklık, nem ve tuz gibi ortam şartlarının etkilerini incelemiştir. Ghafoori ve Motavalli [6] tarafından önerilmeli çelik takviyeli kirişlerin eğilme ve arayüzey davranışlarını incelemiştir. Kılıç ve arkadaşları [7], anizotropik elastisite teorisini kullanarak ortotropik ankastre kirişlerdeki eğilme ve kaymadan dolayı oluşan sehim denklemlerini analitik olarak bulmuşlardır. Esendemir [8], üçgen yayılı yüke maruz ankastre kirişlerdeki eğilme ve kaymadan dolayı oluşan sehim denklemlerini analitik olarak bulmuştur. Çalışma sonucunda kiriş boyu atıkça kayma etkisinin azaldığı ve hata oranı düştüğü görülmüştür. Üçgen yayılı yük için 45°lik oryantasyon açısında hata oranının en küçük olduğu görülmüştür. Oryantasyon açısı büyüdükçe toplam çökmenin küçüldüğü gözlenmiştir. Esendemir ve arkadaşları [9], üçgen yayılı yüke maruz basit mesnetli kirişlerdeki toplam sehim denklemlerini bulmuşlardır. Usal ve arkadaşları [10], her iki tarafından mesnetlenmiş uniform yayılı yüke maruz kompozit kirişin statik ve dinamik analizini yapmışlardır. Problem çözümünde polimer matriks ve termoplastik kompozit malzeme kullanılmıştır. Tagarielli ve arkadaşları [11], üç nokta eğilme deneyi ile her iki tarafından mesnetlenmiş sandviç kirişlerin çökmesini bulmuşlardır. Esendemir ve arkadaşları [12], serbest ucundan P yüküne maruz kompozit ankastre kirişin eğilme davranışını incelemiştir. Soğuk, sıcak, nemli, deniz suyu ve oda sıcaklığı olmak üzere 5 farklı ortamda bekletilen kompozit numunelerin maksimum eğilme gerilmeleri ve sehim değerleri deneysel ve teorik olarak bulunmuş ve karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada, dört farklı ortam koşulunda bekletilen örgü cam elyaf takviyeli epoksi kompozitin eğilme davranışı incelenmiştir. ASTM standartlarına uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde yapılan deneylerle farklı ortamlarda bekletilen malzemelere ait elastisite modülleri tespit edilmiştir. Dört farklı ortam koşulunda bekletilen numunelerin üç nokta eğme deneyi sonucu elde edilen sehim değerleri karşılaştırılmıştır.

## 2. GENEL FORMÜLASYONLAR

Anizotropik elastisite teorisinde düzlem gerilme durumunda gerilme–şekil değiştirme ifadesi [13];

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{16} \\ a_{12} & a_{22} & a_{26} \\ a_{16} & a_{26} & a_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

(1)

olarak verilmektedir. Burada ,

$$\begin{aligned}
a_{11} &= S_{11}m^4 + (2S_{12} + S_{66})m^2n^2 + S_{22}n^4 \\
a_{12} &= S_{12}(n^4 + m^4) + (S_{11} + S_{22} - S_{66})n^2m^2 \\
a_{22} &= S_{11}n^4 + (2S_{12} + S_{66})n^2m^2 + S_{22}m^4 \\
a_{16} &= (2S_{11} - 2S_{12} - S_{66})nm^3 - (2S_{22} - 2S_{12} - S_{66})n^3m \\
a_{26} &= (2S_{11} - 2S_{12} - S_{66})n^3m - (2S_{22} - 2S_{12} - S_{66})m^3n \\
a_{66} &= 2(2S_{11} + 2S_{22} - 4S_{12} - S_{66})n^2m^2 + S_{66}(n^4 + m^4)
\end{aligned} \tag{2}$$

$$S_{11} = \frac{1}{E_1}, S_{12} = -\frac{\nu_{12}}{E_1}, S_{22} = \frac{1}{E_2}, S_{66} = \frac{1}{G_{12}}$$

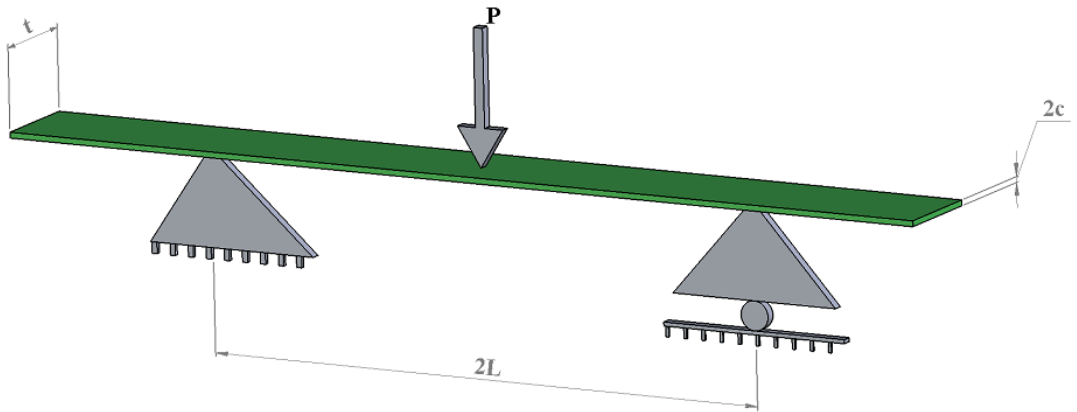
burada  $m = \cos \theta$ ,  $n = \sin \theta$  şeklindedir. Şekil değiştirme bileşenleri ise [14];

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \tag{3}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \tag{4}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \tag{5}$$

şeklindedir. Şekil 1' de her iki tarafından mesnetlenmiş orta noktasından P yüküne maruz kompozit kiriş verilmektedir.



Şekil 1. Orta noktasından P yüküne maruz her iki tarafından mesnetlenmiş kiriş

Ortasından P yüküne maruz kiriş için gerilme denklemleri [15];

$$\sigma_x = \frac{3P}{4tc^3} \left( xy + ry^2 - \frac{rc^2}{3} \right)$$

(6)

$$\sigma_y = 0$$

(7)

$$\tau_{xy} = \frac{3P}{8tc^3} (c^2 - y^2)$$

(8)

$$r = \frac{a_{16}}{a_{11}}$$

şeklinde. Bu kiriş için genel sehim denklemi ve maksimum sehim denklemi aşağıdaki gibidir [16];

$$\delta = \frac{3P}{4tc^3} a_{12} \left( \frac{xy^2}{2} + \frac{ry^3}{3} - \frac{rc^2 y}{3} \right) + \frac{3P}{8tc^3} a_{26} \left( c^2 y - \frac{y^3}{3} \right) - \frac{3P}{24tc^3} a_{11} x^3 + \frac{3P}{8tc^3} a_{11} L^2 x$$

(9)

$$\delta_{\max} = \frac{P}{4tc^3} a_{11} L^3$$

(10)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, orta noktasından P yüküne maruz her iki tarafından mesnetlenmiş cam elyaf takviyeli epoksi örgü kompozit malzemenin eğilme davranışının incelenmesi için üç nokta eğme deneyi yapılmıştır. Farklı ortam koşullarında atmosfer şartlarında bekletilen kompozit numunelerin ortam ve bekletilme süreleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı ortam koşullarındaki kompozit malzemelerinin bekletilme süreleri

Deney grupları	Numunelerin bekletildiği ortamlar	Bekletme süresi
1	Oda sıcaklığı (22°C)	3 ay
2	Saf su	3 ay
3	Deniz suyu	3 ay
4	Asitli su (%30 HCL+%70 saf su)	2 ay

Deneylerde kullanılan numune kirişlerin genişliği  $t=25\text{mm}$ , yüksekliği  $2c=1.46\text{ mm}$ , uzunluğu  $250\text{ mm}$ 'dir. Verilen bu ölçülerde numuneler kesildikten sonra farklı ortamlarda belirli sürelerde bekletilmiştir (Tablo 1). Farklı ortamlarda bekletilen bu numunelerin elastisite modülleri  $100\text{kN}$  kapasiteli Instron-8801 çekme cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kompozitin elastisite modülünün belirlenmesi

Farklı ortamlarda bekletilen numunelerin elastisite modülleri çekme deneyi sonucu elde edilerek Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı ortamlarda bekletilen kompozit numunelerin mekanik özellikleri

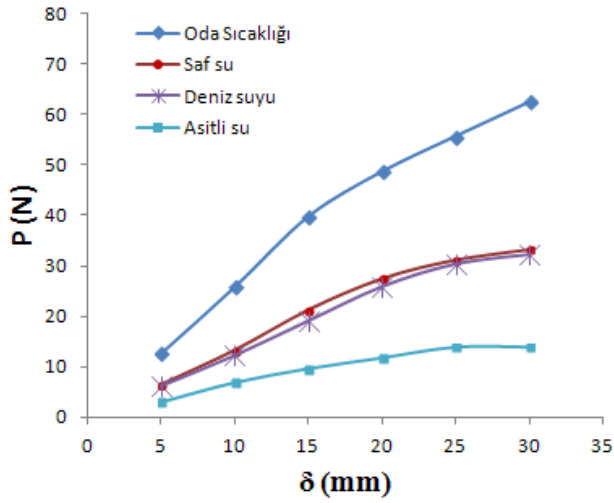
Oda sıcaklığında bekletilen numune		Saf suda bekletilen numune		Deniz suyunda bekletilen numune		Asitli suda bekletilen numune	
$E_1$ (MPa)	$E_2$ (MPa)	$E_1$ (MPa)	$E_2$ (MPa)	$E_1$ (MPa)	$E_2$ (MPa)	$E_1$ (MPa)	$E_2$ (MPa)
28354	28354	14103	14103	13660	13660	6210	6210

Tablo 2'den görüleceği üzere oda sıcaklığında bekletilen numunenin elastisite modülüne göre farklı ortamlarda bekletilen numunelerin elastisite modüllerinin değiştiği ve değerinin düştüğü gözlenmiştir. Elastisite modülleri belirlenen kompozit malzemelerden hazırlanan numunelere ayrıca üç nokta eğme deneyi uygulanmıştır. Eğme deneyinde mesnetler arası mesafe  $2L=150\text{mm}$  olarak alınmıştır. Her bir grup için üç adet deney yapılmıştır ve elde edilen sonuçların ortalaması alınarak maksimum sehim değerleri elde edilmiştir. Şekil 3'te kompozit numuneye üç nokta eğme deneyinin uygulanışı görülmektedir.



Şekil 3. Kompozit numuneye eğme deneyinin uygulanışı

Farklı ortam koşullarında bekletilen dört grup malzeme için eğme deneyi esnasında elde edilen kuvvet – sehim değerleri Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Farklı ortamlarda bekletilen numunelerin eğme deneyi sonucu elde edilen sehim değerleri. Şekil 4’ten görüldüğü üzere kuvvet arttıkça bütün gruplar için sehim değerlerinin arttığı görülmektedir. Asitli suda bekletilen numunenin diğer ortamlarda bekletilen numunelere nazaran daha az kuvvet taşıdığı gözlenmiştir. Saf su ve deniz suyunda bekletilen numunelerin sehim değerlerinin birbirine çok yakın çıktığı görülmektedir. Saf su, deniz suyu ve asitli suda bekletilen numunelerin sehim değerlerinin oda sıcaklığında bekletilen numunelerin sehim değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

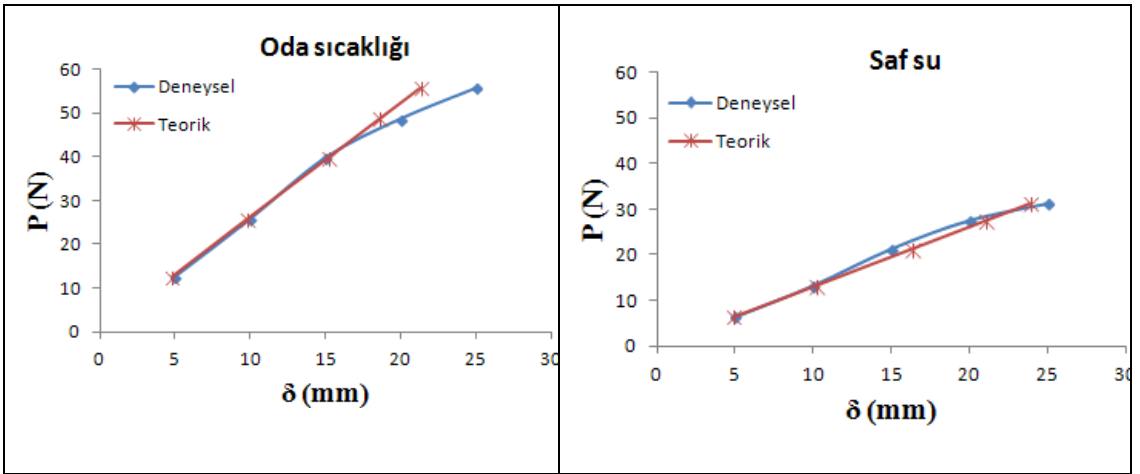


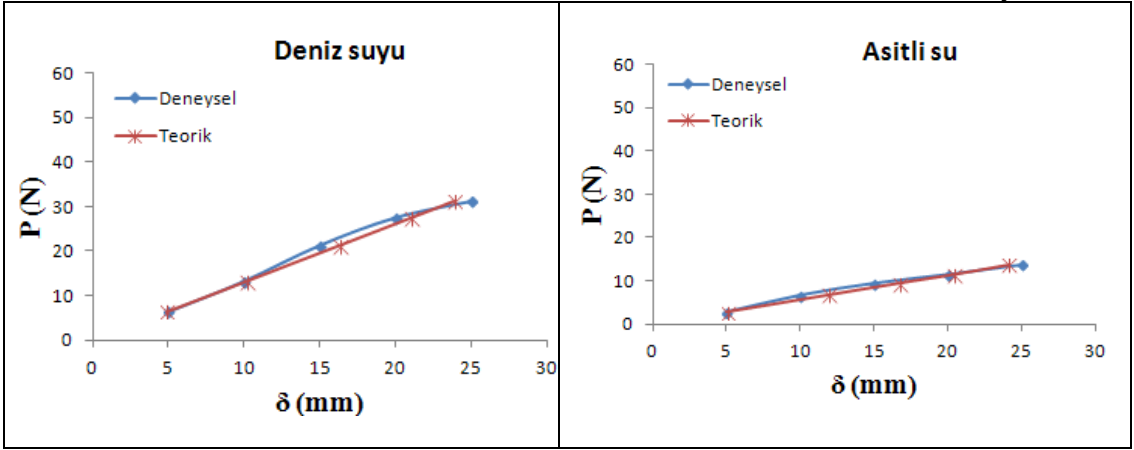
Herbir grup için teorik sehim değerleri denklem (10) kullanılarak hesaplanmıştır. Atmosfer şartlarında bekletilen numunenin deneysel ve teorik sehim değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu tablodan deneysel ve teorik sehim değerlerinin birbirine çok yakın çıktığı gözlenmektedir.

Tablo 3. Atmosfer şartlarında bekletilen numunenin deneysel ve teorik sehim değerleri

Kuvvet (P) [N]	<b>Deneysel</b>	<b>Teorik</b>
	Sehim ( $\delta$ ) [mm]	Sehim ( $\delta$ ) [mm]
12,7	5	4,8
25,9	10	9,8
39,9	15	15,2
48,8	20	18,6
55,8	25	21,3
62,6	30	23,8

Şekil 5'te farklı ortamlarda bekletilen numunelerin deneysel ve teorik sehim değerlerinin karşılaştırılması grafikler halinde verilmiştir. Tüm grafiklerde deneysel ve teorik sehim değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.





Şekil 5. Farklı ortamlarda bekletilen numunelerin deneysel ve teorik sehim değerlerinin karşılaştırılması

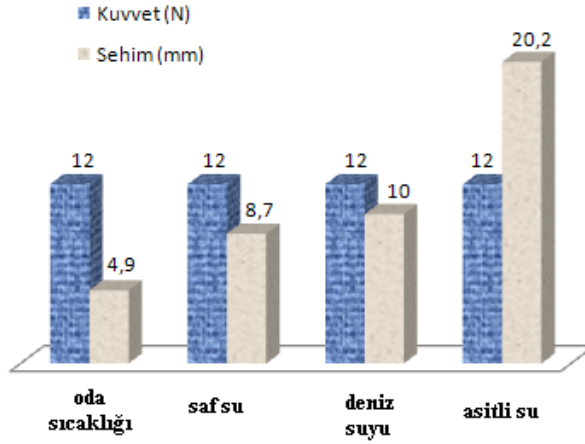
Farklı ortamlarda bekletilen numunelerin eğilme gerilmesi değerleri denklem (6) kullanılarak hesaplanmış ve değerleri Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. Farklı ortam koşullarındaki numunenin sehim - eğilme gerilmesi değerleri

Oda sıcaklığı		Saf su		Deniz suyu		Asitli su	
Sehim (mm)	Gerilme (MPa)	Sehim (mm)	Gerilme (MPa)	Sehim (mm)	Gerilme (MPa)	Sehim (mm)	Gerilme (MPa)
5	53,62	5	26,81	5	26,17	5	12,24
10	109,35	10	55,73	10	51,93	10	28,66
15	168,46	15	89,50	15	81,10	15	40,32
20	206,00	20	115,68	20	109,81	20	49,31
25	236,00	25	131,30	25	128,77	25	58,26
30	264,30	30	140,08	30	136,79	30	59,53

Tablo 4'te örneğin 20mm sehim değeri için gerilme değeri oda sıcaklığında 206MPa iken bu değer sırasıyla saf suda 115.68MPa, deniz suyunda 109,81MPa ve asitli suda 49,31MPa'dır. Bu tablo'dan görüleceği üzere saf suda, deniz suyunda ve asitli suda bekletilen numunelerin eğme dayanımları oda sıcaklığında bekletilen numunelere göre daha düşüktür. Bu sonuç literatürle uyum içindedir. Mühendislik malzemelerinin eğme dayanımı ile çekme dayanımı arasında bir ilişki mevcuttur ( $\sigma_{eg} > R_m$ ). Mourad ve arkadaşları da yaptıkları çalışmada [17], cam/epoksi ve cam/poliüretan kompozit malzemeleri deniz suyunda bir yıl belettikten sonra kompozitlerin çekme dayanımlarında %19 oranında bir azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı P yüküne maruz farklı ortamlarda bekletilen numunelere ait sehîm değerleri Şekil 6'da grafik halinde verilmiştir.



Şekil 6. Aynı P yüküne maruz farklı ortamlarda bekletilen numunelere ait sehîm değerleri

Bu grafikten, aynı P yükünde farklı ortamlarda bekletilen numunelerin sehîm değerlerinin, oda sıcaklığında bekletilen numunenin sehîm değerinden daha büyük olduğu görölmektedir. Dolayısıyla numunelerin yük taşıma kapasiteleri azalmıŐtır. Örneğin, asitli suda bekletilen numunelerin renginin değiştiği ve çok fazla sehîm gösterdiği görölmüŐtür. Bu numunelerde asitli suyun etkisiyle malzemede ki liflerin zayıflaması ve matris malzemede kimyasal bozulmanın oluŐması sonucu çok fazla sehîm oluŐtuęu sonucuna varılmıŐtır. İlave olarak bu numunelerde geri dönüşü olmayan Şekil deęiŐtirmeler gözlenmiştir. Metalik malzemelerdeki plastik deformasyona benzer bir durumun ortaya çıkması, kompozit malzemelerde görölmeyen bu davranıŐ, matris malzemede önemli bozulmaların olduğu sonucunu düŐündürmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dört farklı ortamda bekletilen cam elyaf örgü kompozit malzemenin eğme davranışı deneysel ve teorik olarak incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Farklı ortamlarda bekletilen numunelerin deneysel ve teorik olarak elde edilen sehîm değerleri birbirine yakın olarak elde edilmiştir.

- Saf suda bekletilen numunenin yük taşıma kapasitesi, oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre ortalama %46.72 oranında düşmüştür.
- Deniz suyunda bekletilen numunenin yük taşıma kapasitesi, oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre ortalama %49.49 oranında düşmüştür.
- Asitli suda bekletilen numunenin yük taşıma kapasitesi, oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre ortalama %75.56 oranında düşmüştür.
- Tüm deney grupları için uygulanan yük arttıkça sehim değerleri beklendiği gibi artmaktadır. Ancak P=sabit bir değer için sehim değerlerinin normal atmosfer şartlarında bekletilen malzemelerden elde edilen değerlere göre sırasıyla s asitli su, deniz suyu ve saf suda bekletme halinde hızla düşmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Sudhir S. Mathapati, Shivukumar S. Mathapati, 2015. Testing and analysis of mechanical properties of E-glass fiber reinforced epoxy polymer composites. International Journal of Research and Innovations in Science&Technology, 2(1), 46-52.
- [2] Rathnakar, G., Shivanan, H.K., 2013. Experimental evaluation of strength and stiffness of fibre reinforced composites under flexural loading. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2 (7), 219-222.
- [3] Almusallam, T., Al-Salloum, Y. , Alsayed, S. , Alhozaimy. A., 2002. Durability of GFRP rebars in stressed concrete beams at different environments. 6th Saudi Eng Conf, KFUPM, Dhahran, 3,263-276.
- [4] Manalo, A.C., Aravinthan, T., Karunasena ,W., 2010. Flexural behaviour of glue-laminated fibre composite sandwich beams. Composite Structures, 92, 2703-2711.
- [5] Belevi, M., İnançer, G., 2008. Darbe ve ortam şartlarının kompozit malzemelerin mekanik özelliklerine etkileri. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4,19-31.
- [6] Ghafoori, E., Motavalli, M., 2013. Flexural and interfacial behavior of metallic beams strengthened by prestressed bonded plates, Composite Structures. 101, 22–34.
- [7] Kılıç, O., Aktaş, A., Dirikolu, M.H., 2001. An investigating of the effects of shear on the deflection of an orthotropic cantilever beam by use of anisotropic elasticity theory. Composites Science and Technology, 61, 2055-2061.
- [8] Esendemir, Ü., 2005. The effects of shear on the deflection of linearly loaded composite cantilever beam. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 24(11), 1159-1168.
- [9] Esendemir, Ü., Usal, M.R., Usal, M., 2006. The effects of shear on the deflection of simply supported composite beam loaded linearly. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 25(8), 835-846.
- [10] Usal, M.R., Esendemir, Ü., Usal, M., 2008. Static and dynamic analysis of simply supported

C.B.Ü. Soma MYO Tek. Bil. Der. 2016 – Sayı 21 Cilt I  
beams. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27(3), 263-276.

[11] Tagarielli, V.L., Fleck, N.A, Deshpande, V.S., 2004. Collapse of clamped and simply supported composite sandwich beams in three-point bending. *Composites: Part B*, 35, 523–534.

[12] Esendemir, Ü., Durak, E., Tunay, R.F. Usal, M.R., 2015. Flexure behavior of composite cantilevers subjected to different environmental conditions. *Materials Testing*, 57, 227-233.

[13] Lekhnitskii, S.G., 1981. *Theory of Elasticity of an Anisotropic Body*. Mir Publishers, Moscow.

[14] Jones, R.M., 1975. *Mechanics of Composite Materials*, Mcgraw-Hill, Kogakusha, Tokyo.

[15] Esendemir, Ü., 2004. An elastic-plastic stress analysis in a polymer-matrix composite beam of arbitrary orientation supported from two ends acted upon with a force at the mid point. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23(6), 613-623.

[16] Esendemir, Ü., 2009. Derivation of equations for flexure and shear deflections of simply supported beams. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 15(2), 187-193.

[17] Mourad, A.H.I., Abdel-Magid, B.M. El-Maaddawy, T. Grami M.E., 2010. Effect of seawater and warm environment on glass/epoxy and glass/polyurethane composites. *Applied Composite Materials*, 17,557-573.

# OCAK YANGINLARINDA KENDİLİĞİNDEN YANMANIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayhan İvrin YILMAZ\*

## ÖZET

Kömürün bulunuşundan günümüze kadar ocak yangınları büyük miktarlarda ekonomik ve can kayıplarına neden olmuştur.

Kömür en ucuz ve çok kullanımlı bir enerji kaynağı olmasından dolayı yer kabuğundaki dağılmış kömür rezervlerinin çıkarılmasında çeşitli üretim yolları uygulanmaktadır. Çıkarıldıktan sonra kömürün hava ile temas yüzeyi hacimsel olarak arttığı için temel yapısını oluşturan karbon ile oksijenin bir araya gelmesi sonucu kendiliğinden yanma denilen oksidasyon olayı başlamaktadır. Kömür işletmecileri çeşitli kontrol yöntemleri kullanarak kendiliğinden yanmanın oluşturabileceği tehlikelerin önüne geçilebilmektedir.

Bu çalışmada; kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili bilgi aktarılmakta ve erken tespit yapılarak can ve mal kayıplarının önlenebilirliği anlatılmaktadır.

**Anahtar sözcükler;** Kömür, Oksidasyon, Kendiliğinden Yanma, Karbon Monoksit ve Oksijen.

## ABSTRACT

Since the discovery of coal as the main energy source underground mine fires has led to huge casualties and economic losses until today.

As coal is the cheapest and the most in use energy source various production methods are applied for extraction of dispersed coal reserves in earth crust. As the volumetric air-coal contact surface increase resulting with the extraction of in-situ coal oxidation which is called as *spontaneous combustion*, increases rapidly. Coal producers can avoid spontaneous combustion hazard using various control technics.

In this study; information about prevention of loss of life and property is given using early detection methods on spontaneous combustion.

**Key words;** Coal, Oxidation, Spontaneous Combustion, Carbon Monoxide and Oxygen

### 1. KENDİLİĞİNDEN YANMA

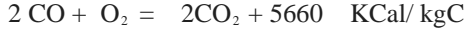
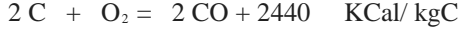
Kömür oksitlenmeye eğimli bir madde olduğundan, ocakta veya stokta yeni açılan yüzeyler, hava ile temas eder etmez oksidasyon olayı başlar. Önce oksijen molekülleri kömür yüzeyine fiziksel olarak

---

\* Doç.Dr., Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 45500, Soma-Manisa, email: ivrinyilmaz@hotmail.com

bağlanır (adsorbe olur) ve diffüzyon yoluyla geçiş gözeneklere kadar ulaşır. Sonrasında kömürün fiziksel bağlanmasını oksidasyon denen ortama ısıveren kimyasal reaksiyon takip eder. Ortama verilen bu ısı hava akımı ile taşınarak kızışma olayı meydana gelmeden reaksiyon devam eder. Bu ısı ortamdaki uzaklaştırılmazsa sıcaklık yükselmeye başlar. İlk aşamada peroksitler oluşur, 70-85°C sıcaklıkta peroksitler parçalanarak CO ve CO<sub>2</sub> yayılımı artar. 100°C de kömürdeki su buharlaşır. Sıcaklık yükseldikçe 130°C nin üstünde ısıya dayanıklı kömür-oksijen kompleksi oluşur [1].

Kömür kendi kendine kızıştığında dışardan ısı almak yoktur. Asıl neden oksidasyon ısısıdır. Oksijen kömür tarafından absorbe edildiğinde 1-2°C sıcaklık oluşur. Ancak oksidasyon ortamına gelen hava çok fazla ise oluşan ısı taşınır ve kısa süreliğine tehlike kalmaz. Ters durumda, hava tamamen kesilmelidir. Sözü edilen reaksiyon:



Reaksiyonun tekrarlaması durumunda sıcaklık artar ve kömür yanmaya başlar. Gazlı ortamda patlama olabilir. Oksidasyon için kömür ve oksijenin varlığı yeterlidir[2].

### 1.1. Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Etki Eden Faktörler

- *Kömürün rutubet içeriği:* Nem düşük sıcaklıkta oksidasyonu artırıyor.
- *Kül içeriği:* Artıkça kendiliğinden yanma eğilimi azalıyor.
- *Tane boyutu:* Küçüldükçe serbest yüzey alanı ve oksidasyon artar
- *Pirit içeriği:* Pirit nemli ortamda kolayca oksitlenir, şişerek kömürün parçalanmasına yüzey alanının artmasına neden olur.
- *Ortam sıcaklığı:* 30-100°C arasındaki her 10°C artış oksidasyon hızını 2,2 kat artırıyor.
- *Havadaki rutubet miktarı:* Artıkça su buharının kömür tarafından absorbe olması kolaylaşır ve ısı açığa çıkar. Bu ısı oksidasyonu kolaylaştırır. Oksijen konsantrasyonu %20 nin altına düşüncü azalır.
- *Madencilik tekniği-işletme koşulları:* Göçükte (ayak arkasında) ortaya çıkabilecek kızışma tehlikesini önlemek için ayak ilerleme hızı yüksek tutulmalıdır. Topuklarda meydana gelen çatlaklar kömürün kendiliğinden yanmasına neden olduğundan, özellikle derin ocaklarda topukların boyutlandırılması ve denetimi önem arz etmektedir.
- *Havalandırma koşulları:* Ocak içerisindeki yüksek basınç farkları eski imalatlara, göçüklere, çatlaklara hava kaçışını artırır. Hava miktarını artırmak için vantilatörün değişmesi, tali vantilatör konulması, havalandırma kapıları, kesit daralmaları havanın basınç artışına, bu basınç artışı da havanın çatlaklardan çevre tabakalara kaçak yapmasına ve kızışmalara neden olmaktadır.
- *Damar ve yantaş özellikleri:* Kömürün ısı iletkenliğinin yantaşlara oranla düşük olması nedeniyle kömür içindeki bantlar, ayak arkasında kömür bırakılması gibi nedenlerle kalın damarlar kendiliğinden yanmaya daha yatkındır. Tavan taşı içerisinde bulunan ince damarlar risk oluşturmaktadır. Kömür ve yan taştaki faylanmalar nedeniyle oluşan kırık zonlar, yeryüzüne kadar ulaşan tasman çatlaklar ve hava kaçakları havalandırma hesaplarını bozmakta kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır [1].
- *Derinlik:* Kayaç basıncı artar, çatlaklar olur. Sıcaklık da artınca oksidasyon kolaylaşır.
- *Tektonik:* Tektonizmaya uğramış kömürler kendi kendine yanmaya daha yatkındır.
- *Üretim yöntemi:* Dönümlü ve dolgulu değilse, hava kaçakları ve hava ile temas fazladır. Damar içi galerileri kullanılacakları zaman sürülmelidir. Topuklar ya küçük tutulmalı ya da hiç bırakılmamalıdır. Topuk yanında ayak hazırlanmamalıdır.

- *Rank*: Düşük ranklı kömürlerin düşük sıcaklıklarda kendiliğinden yanmaya daha yatkın olduğu görülmektedir. İçinde fosil, karbon yüksek uçucu madde v.b olduğu için oksidasyona yatkındır [2].

## 1.2. Kömür ve İçindeki Yanabilen Maddelerin Yanma Denklemleri

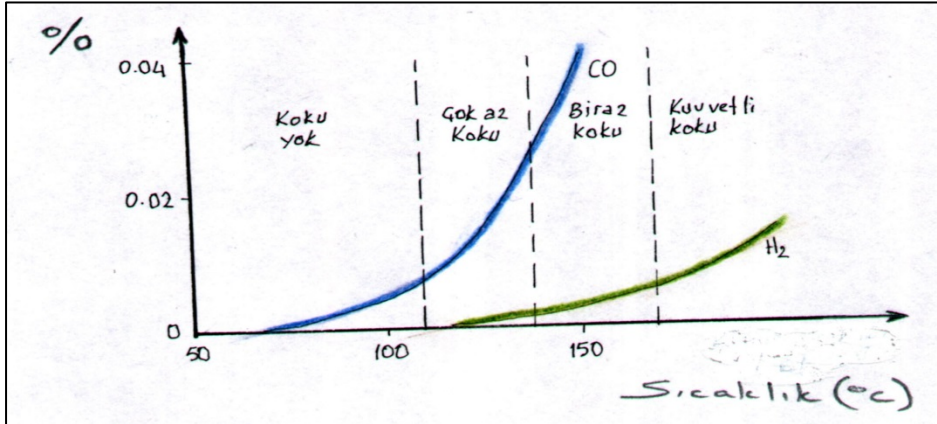
- *Karbon*  $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$
- *Karbonmonoksit*  $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$
- *Karbon*  $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- *Hidrojen*  $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
- *Kükürt*  $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- *Metan*  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
- *Etan*  $C_2H_6 + \frac{7}{2} O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
- *Propan*  $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
- *Bütan*  $C_4H_{10} + \frac{13}{2} O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

Yanma denklemleri ideal ve tam yanma durumunda geçerlidir. Hava ve dolayısı ile oksijen yeterli olmazsa tam yanma olmaz ve karbon monoksit – karbon dioksit dönüşemez. Kömür yangınlarında ilk etapta CO konsantrasyonu artar. Karbon monoksit yangının başlangıç aşamasında olduğunu gösterir. Baraj arkasından daha çok CO ölçülmesi yangının başlangıç aşamasında olup ve devam ettiğini, daha çok CO<sub>2</sub> ölçülmesi ise yangının söndüğünü gösterir.

## 1.3. Kömür Kendiliğinden Yanmaya Başlamadan Alınacak Önlemler

### 1.3.1. Erken Tespit

Kendiliğinden yanmanın erken tespiti, meydana gelebilecek olumsuzlukları önlemek ve uygun önlemleri belirlemek açısından önemlidir. Oksidasyonun başlangıcından ilk yangın belirtilerinin duyu organları tarafından algılanması birkaç saat ile birkaç hafta sürebilir. Kömür arınında ve tahkimat elemanlarında görülen terleme oksitlenme reaksiyonlarının başladığını gösterir. Terlemeden sonra CO ve CO<sub>2</sub> oluşumu artar ve petrolümsü bir koku (benzin-benzen kokusu) hissedilir ( Şekil1 ).



Şekil1 Kızışma Sırasında Kokunun Gelişimi [5]

Ancak pek çok ocakta, yangın kokusunun fark edilmesi sonucunda yangınla mücadelede başarı elde edilmişse de, yöntem önemli sakıncalar içermektedir [6];



- Kokunun belirlenmesi insan duyu organlarına dayanan, tamamen sübjektif bir değerlendirmedir. Bu konuda yetenekli ve deneyimli ocak emniyet sorumluları gerektirir. Ayrıca, yeraltında uzun süre çalışan insanlarda zamanla koku alma yeteneği zayıflayabilmektedir.
- Motor yağları, egzoz dumanları ve sentetik madde kokuları hatalı alarm verilmesine yol açabilir; kokunun bu kaynaklardan geldiği düşünülerek yangın tehlikesi göz ardı edilebilir.
- En önemli sakınca kokunun geç hissedilmesidir. Koku hissedildiği anda oksidasyon merkezindeki ısı 120-150°C civarına ulaşmış bulunmakta çok geç kalınmış olmaktadır. Yangın kokusunu veren gazlar temelde etilen ve propilendir. Bu gazların üretimi ise ancak 100°C üzerinde önemli değerlere ulaşabilmektedir. Oksidasyon sırasında oluşan kokunun sıcaklıkla gelişimi Şekil de verilmiştir.

Petrolümsü koku algılandığı zaman oksidasyon merkezinde sıcaklık 150°C ye yaklaşır. Bu durumda müdahale için geç kalınmış olunur. Kendiliğinden yanmanın duyu organları ile tespitinde geç kalınacağından oksidasyon ürünü olan CO ve H<sub>2</sub> gazlarının ocak havası içerisinde konsantrasyonunun sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Ocakta CO oluşumu;

- Sadece kömürün yanmasıyla değil patlatma, dizel yakıtlar veya oksi-asetilen-propan-bütan vb. gibi diğer yakıtlarla da olduğundan, CO konsantrasyonundaki artış, oluşan CO miktarının, tüketilen O<sub>2</sub> miktarına oranını ifade eden Graham Katsayısına da bakmak gerekir. Bu oranın %1 i aşması tehlike habercisi olup, %3 ü aşması kömürün kendiliğinden yanma riskinin gerçekleştiğini (yani yangının başladığını) göstermektedir. Kömürün kendiliğinden yanmasının erken tespiti, yapılacak müdahale ve seçilecek yöntemin etkinliğini belirlemektedir[1].
- Yeraltı kömür ocağı hava analizinde [2];

$$K = \frac{\text{Karbonmonoksit oluşumu}}{\text{Oksijen tüketimi}} * 100 = \%..$$

Şeklinde Graham endeksi ile bulunan değer 0.7 ise oksidasyon varlığını gösterir. Ancak 0.5 bulunduğunda sorun yok şeklinde bakılmamalı akabinde sık aralıklarla birkaç ölçüm daha yapılarak katsayının azalıp azalmadığına bakılmalıdır, artıyorsa erken teşhis ile hemen tedbir alma yoluna gidilmelidir.

Ocaklarda CO geliri kendiliğinden yanmanın erken tespiti için çok mühim bir ipucu olmasıyla birlikte başka kaynaklardan da ortama CO gelmesi, strateji belirleyerek sıkı takip edilmesi gerekir.

Havanın taşınmasıyla ortam soğudukça, başlama aşamasındaysa oksidasyon yavaşlar. Fakat artık kor haline yaklaşmış yada oksidasyonu ilerlemiş kömürün üzerine fazla hava gönderilmesi yanmayı hızlandırır. Diğer bir deyişle ortamda CO değeri fazlalaştığında hava miktarını artırarak , havayı temizlemeye çalışmak risktir.

Kömürün kendiliğinden yanmasının erken tespiti için Merkezi İzleme Sistemine bağlı sensörlerin sayısının tespitinde kömürün kendiliğinden yanma tehlikesinin ve risklerinin olduğu yerler göz önüne alınmalıdır. CO değeri yüksek okunan dedektörün etki alanı derhal kontrol altına alınabilmesi için gaz okumasının peşinden ilgili alan sıkı bir şekilde manuel gaz ölçümü yapılarak CO in nereden geldiği belirlenmelidir. Ocaktaki diğer CO geliri olan patlatma ve egzozlu çalışan makinelerin aktif olduğu anlar belirlenerek, havalandırma sonrası giderek artan ve sık ölçümlerle takip edilen oksidasyon geliri olan CO, erken tespit edilerek yangınların önüne geçilebilir.

Merkezi izleme sistemi haricinde kömürün kendiliğinden yanma tehlike ve risklerinin bulunduğu yerlerde (topuklar, galeriler, ayak arkası, baraj arkası ve önleri vb.) dedektörler tarafından ısı ve gaz ölçümleri yapıp, elde edilen sonuçlar Merkezi İzleme Sisteminin sonuçları ile karşılaştırılmalıdır.

### 1.3.2. Üretim Yöntemi Seçimi

Kömür madenciliğinde en yaygın olarak uygulanan sistem “uzun ayak” yöntemidir. Bu yöntemin uygulanmasında dönümlü ayak, yangın tehlikesi bakımından ilerletimli ayağa karşı bazı avantajları içerir.

İlerletimli uzun ayaklarda ayak arkası göçüğü sürekli olarak hava akımı içinde olduğundan, göçük içine fazla miktarda hava kaçmakta ve göçükte kalan kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır (Şekil 2). Dönümlü çalışmada ise taban yolları sağlam kömür içindedir. Buradan geçen hava kaçak yolu bulamadığından havalandırma randımanı yüksek olmakta, hava kaçakları azalmaktadır. Göçük içinde gelişebilecek oksidasyon ise, ayağın hızlı bir şekilde ilerletilmesi ile açık yangına dönüşmek için yeterli zamanı ve hava gelirini bulamamakta, olası yangınlar ayak çalışmasını etkileyememektedir. Bu nedenle yangına yakın panolarda yangın riskini azaltmak için mutlaka geri dönümlü sistem uygulanmalıdır. Kalın damarlarda koşullara en uygun üretim yönteminin seçimi daha da fazla önem taşır. Yöntemin yangın bakımından sakıncası göçüğe karışan kömürün artması ölçüsünde yükselmektedir. Bu nedenle üretim kayıplarının ve hava kaçaklarının en az olacağı bir yöntem seçilir. Madencilik tekniği ve işletme koşulları dikkate alınarak, ayak arkasında (göçükte) mümkün olduğunca kömür bırakılmamaya çalışılmalıdır[4].

### 1.3.3. Ayak İlerleme Hızını Optimize Etmek

Göçükte bırakılan kömürün kendiliğinden yanmasını önlemek veya etkisinden uzaklaşmak için havzadaki kömürde olabildiği ölçüde önceki yıllarda yapılan madencilik faaliyetlerinden elde edilen veriler dikkate alınarak ayak ilerleme hızının optimize edilmesi (20m/ay dan fazla ilerleme yapılması). Dilimli çalışmalarda ayak ilerleme hızının yavaş olması halinde göçükte kalan kömürün kendiliğinden yanması ve yangından çıkacak gazların tesir sahası içerisinde kalınması söz konusudur.

### 1.3.4. Topuk Hesabını ve Kontrolü Yapmak

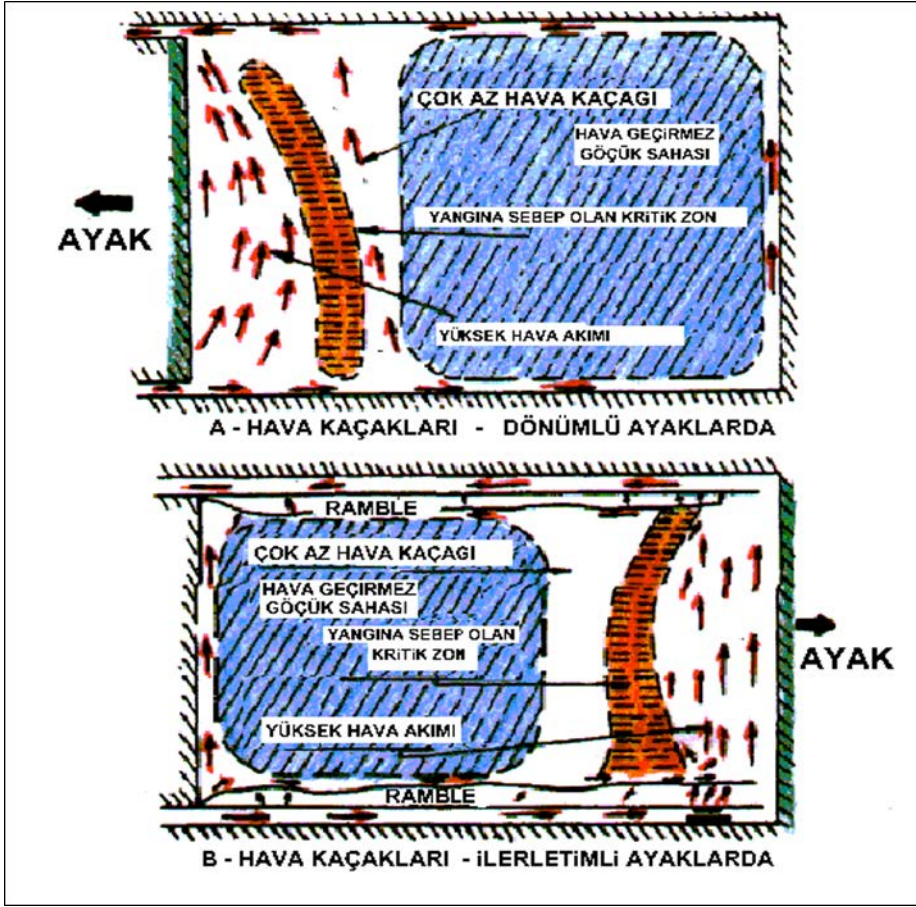
Topuklarda meydana gelecek çatlaklar oksijeni topuğun iç kısımlarına taşıyacağından işletme şartları gereği bırakılacak topuğun mukavemet hesabını iyi yapılması gerekmektedir. Topuğun yeterinden az bırakılması fazla çatlaklara veya serbest yüzey oluşumuna ve oksijenin topuğun iç kısımlarına ulaşmasına neden olur. Bu nedenle ocakta bulunan mevcut topuklarında çatlaklar ve kendiliğinden yanma ihtimaline karşı periyodik olarak kontrol edilmelidir. (CO ve ısı ölçümü topuklarda periyodik yapılarak kayıt altına alınmalıdır.)

### 1.3.5. Havalandırma

Ocak havalandırma sisteminde yüksek basıncın olduğu yerlerde (havalandırma kapıları, kesit daralmaları, havalandırmada oluşan direnç değişimleri, tali vantilatörler ile hava miktarını artırmak için yeni vantilatör konulması) dikkatli olunmalıdır. Ocak içerisindeki yüksek basınç farkları eski imalatlara, göçüklere, çatlaklara hava kaçacağını artırır. Havanın çatlaklardan çevre tabakalara kaçak yapması, kızışmalara neden olmaktadır. Eski imalatlara yakın yerlerde, topuklarda ve kömür içerisinde sürülmüş galerilerde mümkün olduğunca hava basıncının artmasına neden olacak hususlardan kaçınılmalıdır. Mümkün olduğunca havalandırmada direnç artışlarından ve ani direnç farklarından kaçınılmalıdır. Hazırlık çalışmalarında kayaç yapısına uygun patlatma paterni oluşturulmalıdır. Tavan, taban ve yan çeperlerin örselenmeyecek şekilde patlatma yapılması sağlanmalı ve bu sayede havalandırmada gereksiz direnç oluşumları önlenmelidir.

### 1.3.6. Kalın Damarlar

Kalın damarlarda mümkün olduğunca ayak arkasında kömür bırakılmamalıdır. Tavan taşı içerisinde bulunan ince damarlar, kömür ve yan taştaki faylanmalar nedeniyle oluşan kırık zonlar, risk oluşturmaktadır. Kalın damarlarda uygulanan katlı - dilimli - üretim yöntemlerinde üretim sonrası göçükte kalan kömür parçaları son derece tehlikelidir. Kömürün kendiliğinden yanma özelliklerine göre yanma süresi belirlenerek, bir alt dilim çalışması, üst katta bırakılması ihtimali olan kömürlerin kendiliğinden yanma süresinden önce kazı hızı ayarlanarak tamamlanırsa olası yangın büyük ölçüde önlenmiş olur. Ayrıca üretim sonrası dolgu işlemleri yapılırken küllü su basılması çok itinalı yapılmalıdır. Hava akışını sağlayacak en küçük boşluklar bile orda kalan kömür parçalarını okside olarak yanmasına neden olur.



Şekil 2 İlerletimli ve geri dönümlü uzun ayak uygulamalarında hava kaçakları [5]

### 1.3.7. Tasmanlar

Yeryüzüne kadar ulaşan tasman çatlaklarındaki hava kaçakları, havalandırma hesaplarını bozmakta kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ocağa giren hava miktarı ile çıkan hava miktarı; emici havalandırmada tasmandan gelen hava ile artmakta, üfleyici havalandırmada ise ocağa basılan havanın bir kısmı tasmanlardan yeryüzüne kaçak yapmaktadır. Tasmanlara kaçan hava eski üst kotlarda bulunan eski imalatlarda yangına neden olmakta veya tasmandan gelen hava eski imalatlarda oluşan yangını ocak içerisine taşımaktadır. Bu nedenle tasmanda oluşan kaçakların doğal havalandırmaya etkisi göz önüne alınarak gün içerisinde ve yıl içerisindeki değişimleri iyi takip edilmelidir.

### 1.3.8. Eski İmalatlar

Çalışması biten ve kömürü alınan yerler hava akışını ve insan girişini önleyecek şekilde kapatılmalıdır.

### 1.3.9. Barajlar

Yangın riski olan yerlere veya biten panoların giriş çıkışlarına veya irtibat galerilerinin tamamına aynı anda baraj yapılarak kapatılır. Yapılan barajların önüne ve arkasına üçer adet baraja gelecek yükü azaltacak dam yapılmalıdır. Baraja gelecek yük azaltılarak barajların deforme olması ve hava kaçağı önlenmelidir. Kızışma önlenememiş ve yangın söndürülemediyse ise, ayrıca patlayıcı gaz bekleniyorsa,

yangınlı sahanın hava giriş ve dönüşleri barajlanarak kapatılır ve havası kesilir. Bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü önemli miktarda üretim ve malzeme kaybı söz konusudur. Barajlanan sahanın yeniden açılmaması gerekir. Açılması istenirse, baraj arkasındaki gazların durumu izlenerek, yangının tamamen söndüğü tespit edildikten sonra Bakanlıktan izin alınarak işe başlanabilir. Barajların yapımı sırasında bir patlama olmaması için, havalandırmanın bozulmaması gerekir. Hava giriş ve dönüşlerdeki barajlar aynı anda kapatılır. Kapatma çok çabuk yapılmalıdır. 24 saat sonra başlamak üzere 8 saatlik aralarla baraj arkasından gaz örneği alınır ve analiz yapılır. Bu oksijen oranı %10 a ve metan oranı %16 ya ulaşınca kadar sürer. Bu aşamadan sonra 24 saatlik aralıklarla oksijen oranı %5 ve metan oranı %30 a ulaştığı zaman örnek alma 48 saate çıkarılır. Barajların açılabilmesi için sürekli gaz ölçümleri yapılmalıdır. Yangının tamamen sönmüş olduğu gaz gelirleri sonra erdiğinde emin olunarak Enerji ve Tabii Kaynaklar ve Çalışma Bakanlığın izni ile ocak amiri nezaretinde baraj açılabilir[2].

Üretimi tamamen bitmiş sahaların hava kaçaklarını önlemek ve üretim sahalarında yangına sebep olmamak için barajlanarak kapatılması söz konusudur.

### **1.3.10. Baraj ve kapı malzemesi**

Yeraltında olabilecek kendiliğinden yanma olaylarına acil müdahale edebilmek için yeraltında veya yer üstünde havalandırma barajı, kapısı, perdesi yapımında kullanılacak malzeme yedek olarak bekletilmelidir. Kömür yangınlarında hava yastıklarının kullanılma imkanları araştırılmalıdır.

### **1.3.11. Tatil Dönüşü**

Tatil günlerini takip eden mesai günlerinde kömürün kendiliğinden yanması hususu dikkate alınarak özel olarak denetim yapılmalıdır.

### **1.3.12. Merkezi İzleme Sistemi**

Ocağın stratejik yerlerine sensörler konularak ocak içerisindeki: CO, CO<sub>2</sub>, metan, oksijen, hidrojensülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri sürekli takip edilip elektronik olarak kayıt altına alınmalıdır. Tehlike durumunda ocağın üretimi durdurarak çalışanların tahliyesi için otomatik olarak devreye giren alarm sistemleri kurulmalıdır. Merkezi izlemede kullanılan monitörler; gaz konsantrasyonlarını, karbon monoksitin oksijene oranını, CO nun CO<sub>2</sub> ye oranını, gazların patlarlığını, havalandırma basınç hız ve yönündeki anormal değişiklikleri göstermeli, gaz konsantrasyonları mevzuatta belirtilen değeri aştığında alarm sistemini otomatik olarak aktive etmelidir. Alarm sistemi belirlenen yerüstü noktalarında kolaylıkla fark edilebilen görülen ve işitilen sinyaller vermelidir. Merkezi izleme sistemi yapmış olduğu ölçümleri kayıt etmelidir. Bu kayıtlar anlaşılır, ulaşılabilir, denetlenebilir olmalı ve muhafaza edilmelidir. Elektriğin kesilmesi halinde Merkezi İzleme Sisteminin fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için alternatif bir akım desteği olmalı, havalandırma dursa dahi güvenli şekilde çalışmaya devam etmelidir. Merkezi izleme sisteminin sinyallerini izleyecek ve gerekli cevapları ve tepkileri anında verebilecek, özel eğitim almış Merkezi İzleme Sistemi Operatörleri yetiştirilip istihdam edilmelidir. Merkezi izlemede; sensörlerin yerlerini, tiplerini bu yerlerde olan hava akım yönünü ve son değişiklikleri de gösteren güncel bir harita ve plan oluşturulmalıdır. Yerüstünde acil durumda madeni boşaltmaktan sorumlu kişi dahil Merkezi İzleme Sistemi Operatörlerinin ve diğer uygun personelin isimleri ile bu kişilerle iletişimi sağlayan bir liste oluşturulmalı ve güncel tutulmalıdır[3].

### **1.3.13. Dedöktörçüler**

İş Sağlığı ve Güvenliği Başmühendisliğine bağlı Dedöktörçü unvanındaki personel ile ocağın stratejik yerlerinde: CO, CO<sub>2</sub>, metan, oksijen, hidrojensülfür, nem, ısı, duman, havalandırma basınçları, hızları ve yönleri ve tüp kırarak ihtiyaç duyulacak diğer ölçümlerin, yapılması gerekmektedir. Dedöktörçülerin ölçümleri ile Merkezi İzleme Sisteminin ölçümleri, kömürün

kendiliğinden yanmaya başladığı yerin erken tespiti, yangın süresince ve yangın sonrasındaki gaz çıkışlarının incelenmesi bakımından karşılaştırılmalıdır.

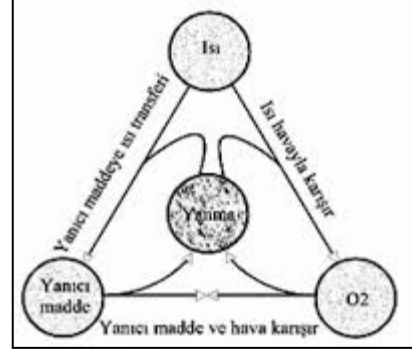
### 1.3.14. Yeraltı Haberleşme Sistemi

Yeraltına çalışma yapılan her bölüm ve kısım, Merkezi İzleme Sisteminin çift yönlü sesli iletişimini sağlayacak haberleşme sistemi (telefonlar) bulundurulmalıdır. Acil Durum Yöneticisi tarafından ocağın tahliye kararının verilmesi halinde, tahliye kararının yeraltında çalışanlara duyurulmasını sağlayan alarm ve sesli iletişim sistemi kurulmalıdır.

## 1.4. Kömürün Kendiliğinden Yanması Esnasında Alınacak Önlemler

### 1.4.1. Yanan Kesimi Kazarak Uzaklaştırmak

Merkezi izleme sistemi, emniyetçilerin gaz ölçümleri, duyu organları veya kızıl ötesi sıcaklık ölçerler ile önce kızışma merkezi belirlenir. Kızışmanın merkezi ulaşılabilir bir noktada ise kömür kazılarak uzaklaştırılır. (Yangın üçgenindeki yanıcı madde uzaklaştırılır) (Şekil 3). Kazılan kömür su veya köpük ile soğutulur, üzeri taş tozu veya lateks ile kapatılır. Özellikle galerilerde, başlangıç aşamasındaki yangınların söndürülmesinde etkilidir[1].



Şekil 3 Yangın üçgeni

### 1.4.2. Yanan Kesimi İzole Etmek

Hava kaçaklarını kontrol altına almakta yangınla mücadelede etkili bir yöntemdir. Bu amaçla sızdırmazlık sağlayacak yüzeyin önü tahta perde ile kapatılır, arada kalan boşluk kil, kum veya taş tozu ile doldurulur. Özellikle göçük ve çevre kayaçlara, taban yollarından açılan sondajlarla, taş tozu, çimento veya termik santral artığı kül enjeksiyonuyla (basılarak) yanan kısım izole edilmeye çalışılır[1].

### 1.4.3. Yangın Sahasını Su ile Doldurma

Yangın sahasında önemli malzeme veya teçhizat yoksa bu kesim tamamen su ile doldurulabilir. Sahanın tekrar açılmasından kısa bir süre sonra ocak havasındaki rutubet miktarı yükseleceğinden, tekrar kızışma için uygun bir ortam oluşacağından dikkatli olunmalıdır[1].

Kendiliğinden yanmaya eğilimli kalın damarlarda en alt kota inilerek tabakaların eğimi yönünde meyil yukarı çalışılması halinde göçük kısmı alt kotta kalacağından, ocakta gelen yeraltı suları göçük kısmına yönlendirilerek, göçüğün su içerisinde kalması sağlanırsa, ayak arkasında oluşacak kendiliğinden yanma olaylarının önüne geçilecektir. Yeraltı kömür ocaklarında bu şekilde çalışıldığında ayak arkası su içerisinde kalmakta ve ayak arkasına havalandırma ile oksijen taşınmamaktadır. Bu sayede göçükte kömürün kendiliğinden yanması olayı büyük ölçüde önlenmektedir.

### 1.4.4. İnert Gazların Kullanılması

Yangın bölgesine CO<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> gibi inert gazların basılması oksijen konsantrasyonunu düşürerek yangın ögelerinden birine müdahale edilebilmektedir. Gerekli gaz miktarının fazla olması, maliyetinin yüksek olması, her yangına uygulanamaması gibi nedenler kullanımını sınırlamaktadır[1].

### 1.4.5. Yangın Barajları

Diğer yöntemlerle yangının söndürülememesi veya üretimi tamamlanan sahaların terk edilmesi durumunda bölge barajlar ile kapatılır. Yangın sahasının hava giriş ve dönüş yollarına kurulan barajlar hava kaçaklarını tamamen önleyecek nitelikte ve gaz patlamalarına karşı dayanıklı olmalıdır. Barajlar mümkün olduğu kadar yangınlı sahaya yakın ve az sayıda kurulmalıdır[1]. Barajların içine,

arkasındaki ortamda bulunan gaz ölçümlerini yapacak boru bırakılmalı, ayrıca baraj arkasında biriken suyu tahliye etmek için deve boynu kurulmalı ve barajlar su patlamalarına dayanıklı olmalıdır.

## **1.5. Kömür Stoklarının Kendiliğinden Yanması**

### **1.5.1. Erken Tespit**

Kömür yığınlarından buhar çıkışı ve koku yayılımı olup olmadığı izlenmelidir. Yığın içerisindeki sıcaklığın denetim altında tutulabilmesi için yığına 3-4 metre ara ile zeminden 30 cm yükseğe ulaşacak şekilde sonda içinde termometre sarkıtılır. İyice sıkıştırılmış yığınlarda sıcaklığın 50°C geçmemesi istenir[1].

Stoklanacak kömür ya da şistin, yakın çevresinde yangına ve diğer tehlikeli durumlara sebep olmaması için stok alanlarının/yerlerinin seçiminde, düzenlenmesinde ve işletilmesinde uygun tedbirler alınır.

Kızışma ve tutuşmayı engellemek için stok yönetimi ve stok devir hızına dikkat edilir ve ilk stoklanan kömür ilk önce sevk edilir.

### **1.5.2. Hava Sirkülasyonunu Önlemek**

Kömür stoğu içinde hapsedilmiş olan havadaki oksijen konsantrasyonu, oksidasyonun devamı için yeterli değildir. Olayın gelişmesi için gerekli oksijen, yığının tabanından veya yan kenarlarından girer, bir baca gibi yukarı doğru yükselerek yığını terk eder. Hava sirkülasyonunu önlemek için alınacak tedbirler:

- Stok yapılacak arazi tesviye edilmeli, drenajı yapılmalı. Zemin mümkünse beton olmalı.
- Stoklama sırasında kömürün parçalanarak ufalanması önlenmeli.
- Farklı tane boyutundaki kömürler birlikte depolanmamalıdır. Mümkünse homojen boyutlarda stoklanmalıdır.
- Yığın koni veya piramit şeklinde olmalıdır.
- Kömür 50-100 cm kalınlığında tabakalar halinde yığılmalı ve bir silindire sıkıştırılmalıdır.
- Yağmur sularının akması için yığın üstü meyilli tutulmalı, akan suların yan yüzeylerde oluşturduğu olukların derinleşmesi önlenmelidir.
- Rüzgarın estiği yönlere gelen kenarlarda eğim bir miktar azaltılmalı, yüzey iyice sıkıştırılmalıdır.
- Kömür uzun süre stokta kalacaksa üzeri çamur, katran vb. maddelerle kapatılmalıdır[1].

### **1.5.3. Isı Kaynaklarını Kontrol Altında Tutmak**

- Zorunlu kalmadıkça sıcak, güneşli veya yağmurlu havalarda stoklama yapılmamalı.
- Stok sahasında ve kömür içerisinde çöp, kağıt, tahta parçası, bitki artıkları bulunmamalıdır.
- Stoklar buhar kazanı ve sıcak su borusu gibi ısı kaynaklarından uzak olmalı.
- Yığın yüksekliği düşük ve orta uçucu maddeli taşkömüründe 6-10 m, yüksek uçucu maddeli taşkömüründe 4-8 m, linyitte 6 m. geçmemelidir.
- Farklı türdeki kömürler birbirine karıştırılmamalı, ayrı yerlerde stoklanmalıdır.
- Kendiliğinden yanma eğilimi yüksek kömürler açılacak hendeklerde depolanmalıdır.
- Kapalı stok sahalarına CO<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> gibi inert (aktif olmayan) gazlar pompalamak iyi sonuçlar vermektedir[1].
- Alınan tüm önlemlere rağmen kendiliğinden yanma açık alevli hale dönüştüyse, yanan kısım yığından uzaklaştırılarak başka bir yere taşınmalıdır[1]. Taşınan bu yanan kısım yere serilerek

ısı uzaklaştırılmalı, eğer sönmüyorsa üzerine bol su dökülerek soğutma sağlanmalıdır. Tehlikenin atlatılmasından sonra bu kömür tekrar stoğa katılmamalı, ayrı bir yerde devamlı kontrol altında tutularak stoklanmalıdır.

- Stokta farklı noktalarda kızışma varsa, stok bozularak iyice sıkıştırılarak yeniden oluşturulmalıdır.
- Stoktan lavvara ve termik santrale sevkiyat yapılacaksa, kızışmanın olduğu yerlere öncelik verilmelidir.

Torba kömür stoklarında, su-hava geçirmeyen torba ile kömür torbalaması yapılır ve güneş ısısından korumak amacı ile branda vb. yöntemlerle ısı birikmesi engellenir.

## 2. SONUÇ

Kömürün havayla teması sonucu oksidasyon kaçınılmazdır. Kendiliğinden yanmayı etkileyen değiştirilemeyecek etkenlerle birlikte, yangına teslim olmadan, maddi ve manevi kayıplara uğramadan bu olay iyi tanınarak ve sıkı takip edilerek aşılabilir. Çünkü kömürün rankı, doğası gereği içindeki yanmaya yatkın bileşimler, petrografik özellikler değiştirilemez. Ancak üretime başlamadan yatağın özellikleri, kömürün yanmaya karşı duyarlılık özellikleri belirlenerek, uygun üretim yöntemi ve alınacak önlemlerle ve kararlılıkla takip edilmeleri ile oksidasyon erken tespit edilerek durdurulabilir.

Yeraltı kömür ocaklarında CO gazı yangının en önemli belirtecidir. Ancak patlayıcı madde ile patlatma sonrası ortama yayılan ve içten yanmalı motorların egzosundan çıkan gazların içinde CO bulunması nedeni ile gaz ölçüm değerleri okumalarında oynamalar olabilmektedir. Bu nedenle patlatmaların yapıldığı ve makinelerin çalıştığı anlar zaman olarak hariç tutulup buna göre CO takibi yapılarak artan CO gaz değerlerinin kararlı bir artış eğilimi göstermesi oksidasyonun şiddeti için en önemli göstergedir. Artış hangi sensörün etki alanından okunmuş ise doğrudan o bölgeye zaman kaybetmeden ulaşılarak manuel gaz ölçüm cihazlarıyla ayrıntılı sıkı tarama yapılır ve CO miktarındaki artışın nereden olduğu erken tespiti yapılabilir. CO artan bölgede, manuel gaz ölçümü birden fazla ölçümcü tarafından yapılması sayesinde çabucak belirlenen oksidasyonlu bölgede gerekli tedbirler alınarak faciadan dönülmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

- [10] Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Alınacak Tedbirler, Prof.Dr.Gündüz ÖKTEN, Pror.Dr. Vedat DİDARİ, Pror.Dr. Cem ŞENSÖĞÜT, KÖMÜR Editör. Prof.Dr Orhan KURAL İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [11] Madenlerde Havalandırma, Pror.Dr. Ercüment YALÇIN, Prof.Dr. Sabit GÜRGEN,9 Eylül Üniversitesi.
- [12] Yeraltı Kömür Madenlerinde Güvenlik ve Sağlık ILO Uygulama Klavuzu.
- [13] Eynez Yeraltı Ocağı Havalandırma Sisteminin Ocak Yangınlarına Etkisi, Doç.Dr.Ayhan İvrin YILMAZ,Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [14] Değirmenci, A., (1992) Kozlu Müessesesindeki Ocak Yangınları ve Alınan Önlemler, Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı Zonguldak, s:153-164
- [15] Banerjee, S.C., (1982) Spontaneous Combustion of Coal and Mine Fires, Central Mining Researc Station, 168p, Bihar, India.

**T.C. CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ**  
**SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ**  
**YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ**

Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış olarak diskette ve üç kopya olarak gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.