

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**AYDIN-DALAMA-KULOĞULLARI BÖLGESİNDE YER ALAN AÇIK
İŞLETME KÖMÜR OCAĞINDAKİ ŞEV STABİLİTESİNİN SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ceyhan ŞAHİNKAYA
2017506027**

BİTİRME TEZİ

Yöneten: Doç. Dr. Cem KINCAL

**İZMİR
HAZİRAN, 2021**

**AYDIN-DALAMA-KULOĞULLARI BÖLGESİNDE YER ALAN AÇIK
İŞLETME KÖMÜR OCAĞINDAKİ ŞEV STABİLİTESİNİN SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ceyhan ŞAHİNKAYA

2017506027

BİTİRME TEZİ

Yöneten: Doç. Dr. Cem KINCAL

Haziran, 2021

Bu alışma Dokuz Eylöl Üniversitesi, Mühendislik Faköltesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi yönergesi uyarınca hazırlanmış ve anılan bölüme sunulmuştur.

Buca, Haziran, 2021

Ceyhan şAHİNKAYA

ONAY

Doç. Dr. Cem KINCAL
ÇALIşMAYI YÖNETEN

Prof. Dr.Talip GÜNGÖR
BÖLÜM BAşKANI

ÖZ

Çalışma alanının bulunduğu Kuloğulları köyü, Yenipazar ilçesi, Dalama semtine bağlı olup Aydın şehir merkezine 22 kilometre mesafede yer almaktadır.

İnceleme alanı istifinin temelinde Menderes masifine ait Paleozoyik yaşlı gnays, şist, mermerlerden oluşan metamorfik kayalar yer alırken emelin üzerine uyumsuzlukla gelen Miyosen yaşlı istif, tabanda kaba bloklu çakıltası - kumtaşı, tavanda şeyl, marn, kömür ve kıltaşı ile tanımlanır.

Kömür açık ocağı çevresinde yüksek kotlardaki stabilite sorunlarının temel sebepleri arasında heyelan oluşmasına neden olan, açık ocağın işletilmesi esnasında topuktan malzeme alımı ve fayların etkinliği olarak belirlenmiştir.

Şev stabilite analizi kömür açık ocağında yer alan birimlerin şev duraylılığının analizi için iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi olan Phase ² programında, Mohr-Coulomb kriterleri kullanılarak model oluşturulmuş, bu model aracılığıyla da kayma zonu ve Emniyet Katsayısı (Strength Reduction Factor – SRF) belirlenmiştir. Değişen dayanım parametreleri ile iki farklı SRF belirlenmiş olup bunlardan ilki güvenli olarak nitelendirilebilecek 1,07 değeri ikincisi ise 1,00'in altında olması sebebiyle güvensiz olarak nitelendirilen 0,93 değeridir.

Saha ve analiz çalışmalarının yanı sıra insansız hava aracı kullanılarak çalışma sahası modellenmiş, bu model aracılığıyla ortofoto, sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.

ÖNSÖZ

Bu tez 2020-2021 öğretim yılı bahar yarıyılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi kapsamında yönetmeliğe uygun olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalar kapsamında bilgi, tecrübe ve deneyimlerini paylaşan, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen, akademik çalışmaları yöneten ve doğruya ulaşma konusunda yönlendiren Doç. Dr. Cem KINCAL'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ONAY	ii
ÖZ	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
A-GİRİŞ	9
I. ÇALIŞMA ALANI	9
II. AMAÇ VE YÖNTEMLER	9
B-GENEL JEOLojİ	11
I.BÖLGESEL JEOLojİ	11
II.ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ	13
III.STRATİGRAFİ	15
1.Temel Birimler	17
a) Tanım ve litoloji	17
b) Stratigrafik ilişkiler ve Dokanaklar	19
2.Taban Çakıltası Birimi	19
a)Tanım ve litoloji	19
b)Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar	19
3. Kömür Birimi	19
a)Tanım ve litoloji	19
b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar	20
4. Silttaşı-Kıltası-Killi Kireçtaşı Birimi	20
a) Tanım ve Litoloji	20
b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar	21

5. Pliyosen Örtü	21
a) Tanım ve Litoloji	21
b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar	22
IV.YAPISAL JEOLJİ.....	22
C-MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	23
I.GİRİŞ	23
II.SÜREKSİZLİK DEĞERLENDİRMELERİ	23
III. ŞEV STABİLİTESİ	26
IV.ŞEV STABİLİTESİ ANALİZ YÖNTEMLERİ	27
1.Sayısal Analiz Yöntemleri.....	27
a)Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi	27
D-UZAKTAN ALGILAMA.....	38
I.FOTOGROMETRİ	38
1.Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion –SFM).....	38
E-SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
F-KAYNAKÇA	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.	10
Şekil 2. Ege Bölgesine ait jeoloji haritası (Timur ve diğ., 2019).	12
Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresine ait jeolojisi haritası (Bağdadioğlu 2013).	14
Şekil 4. Çalışma alanı olan Kuloğulları(BKB) ile Eğridere (DGD) köyleri arasından alınan XX' kesiti (Bağdadioğlu 2013).	14
Şekil 5. Çalışma alanına ait litostratigrafik kolon kesit (Ergin, 1997).	16
Şekil 6. Çalışma alanında gözlenen mikaşist birimlerinin yüzlek veren bölümündeki şistozite düzeyleri.	18
Şekil 7. Temel parçaları içeren, orta-iri bloklu yapı sunan, breşik görünümlü mermer.	18
Şekil 8. Arazide gözlenen kumtaşı kilaşı dokanağı.	21
Şekil 9. Arazide ölçülen süreksizlik düzlemlerinin streonet görüntüsü.	24
Şekil 10. Ölçülen kumtaşı ve kömür katmanlarının konumu.	24
Şekil 11. Ölçülen fayların yaklaşık konumları.	25
Şekil 12. Fayların birbiriyle ilişkisini gösteren antitetik konumu.	25
Şekil 13. Açık ocakta gözlenen dairesel kayma.	26
Şekil 14. Açık ocağın kuzeyinde gözlenen kayma hareketinin üç ay ara ile çekilmiş iki görüntüsü.	26
Şekil 15. Basit bir şev geometrisinin sonlu eleman ağ görünümü (Phase ² programı ile oluşturulmuştur).	29
Şekil 16. Şev geometrisi ve birimlerin yaklaşık konumlarının mesh model görüntüsü.	31
Şekil 17. Phase ² programında analizi gerçekleştirilen şev stabilitesi ve SRF değeri.	35
Şekil 18. Phase ² programında analizi gerçekleştirilen yeni dayanım parametreleri değiştirilmiş şev stabilitesi ve SRF değeri.	37
Şekil 19. İHA tarafından alınan görüntülerinin birleştirilmesi ile oluşturulan çalışma alanına ait sık nokta bulutu.	39
Şekil 20. Agisoft Photoscan programı ile oluşturulmuş çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli.	39
Şekil 21. Sayısal yükseklik modeli aracılığıyla elde edilen açık ocağa ait topoğrafya haritası (Ortofoto üzerine bindirilmiş).	40

ÇİZELGELER LİSTESİ

Tablo 1. Kumtaşı biriminin dayanım parametreleri.....	32
Tablo 2. Kıltaşı biriminin dayanım parametreleri.	33
Tablo 3. Kömür biriminin dayanım parametreleri.....	33
Tablo 4. Mikaşist biriminin dayanım parametreleri.	34
Tablo 5. Mikaşist birimi için girilen yeni dayanım parametreleri.	36
Tablo 6. Kıltaşı birimi için girilen yeni dayanım parametreleri.	36

A-GİRİŞ

Bu çalışma 2020-2021 öğretim yılı, bahar döneminde Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi kapsamında hazırlanmıştır.

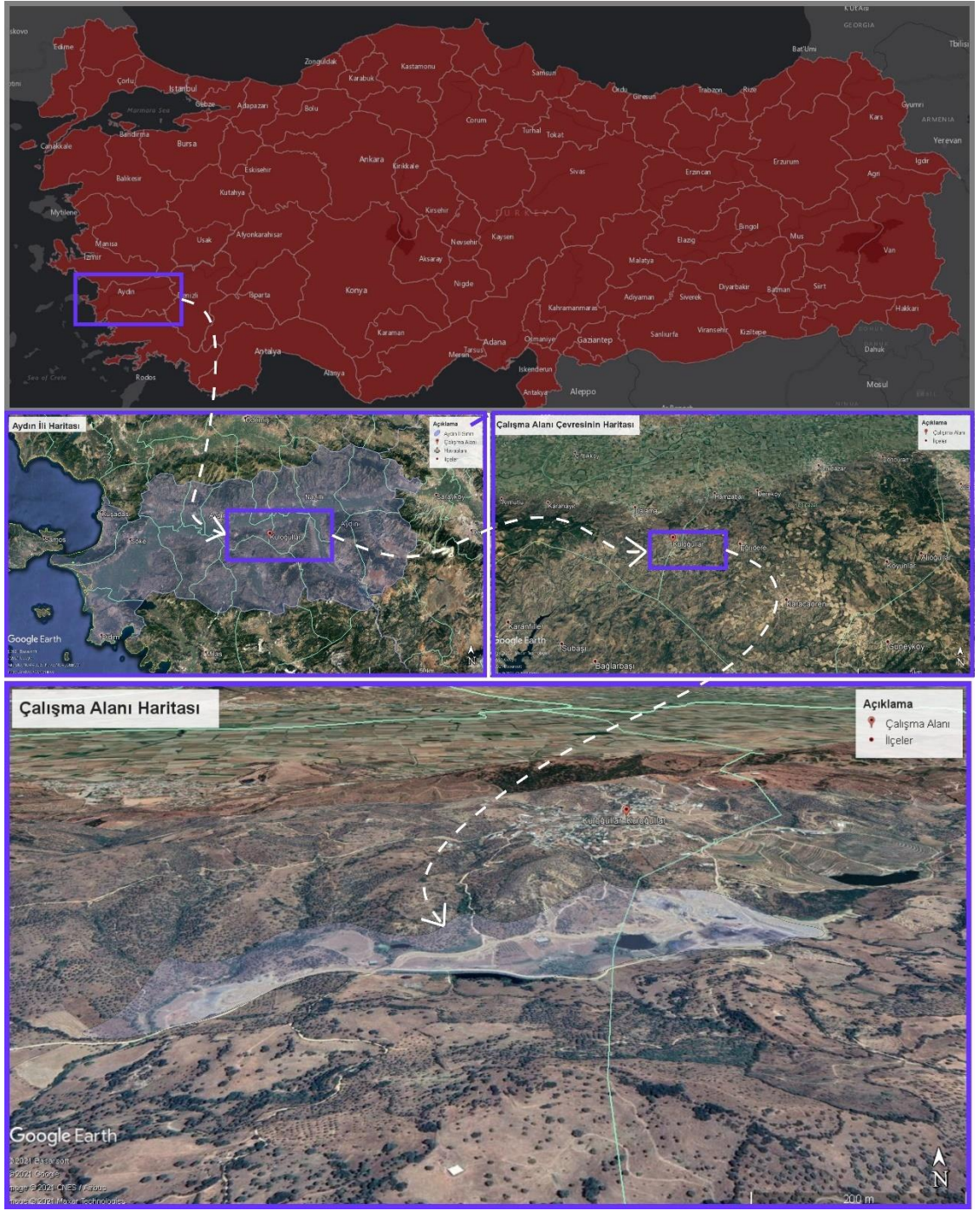
I. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanının bulunduğu Kuloğulları köyü, Yenipazar ilçesi, Dalama semtine bağlı olup Aydın şehir merkezine 22 kilometre uzaklığındadır(Şekil 1). Büyük Menderes grabeninin güneyinde yer alan saha M20-a4 paftasında bulunmaktadır. Güneyinde ise Çavdarköy ve Eğridere yer almaktadır. Bölgede birçok zeytinağacı ve maki bulunmakta olup Akdeniz ikliminin etkisinde kalmaktadır. Çalışma alanı içerisinde aktif olarak işletilmekte olan kömür açık ocağı mevcuttur.

II. AMAÇ VE YÖNTEMLER

Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bitirme projesi kapsamında planlanan bu çalışmada Aydın-Dalama bölgesindeki kömür açık ocağının işletilebildiğini etkileyen şev stabilitesinin sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında yapılmış önceki çalışmalar değerlendirilerek, arazi çalışmaları ile yeni gözlemler yapılmıştır. Bu arazi çalışmasında süreksizlik (fay ve tabaka düzlemleri) ölçümleri alınmış, insanız hava aracı kullanılarak sahanın modellenmesi yapılmış, sonrasında bu model ve ölçümler kullanılarak şev stabilitesi analiz edilmiştir.

Çalışma alanını haritalarını oluştururken ArcMap 10.5, CorelDraw; şev stabilitesinin sonlu elemanlar yöntemiyle analizi için Phase² programı kullanılmıştır. Arazideki modelleme için uçuşlar Phantom RTK 4 insansız hava aracı ile yapılmış olup, elde edilen görüntüler Agisoft PhotoScan ve 3D Survey programları ile analiz edilmiştir. Süreksizlik ölçümlerinin değerlendirilmesi ise Dips 7.0 programı kullanılarak yapılmıştır.



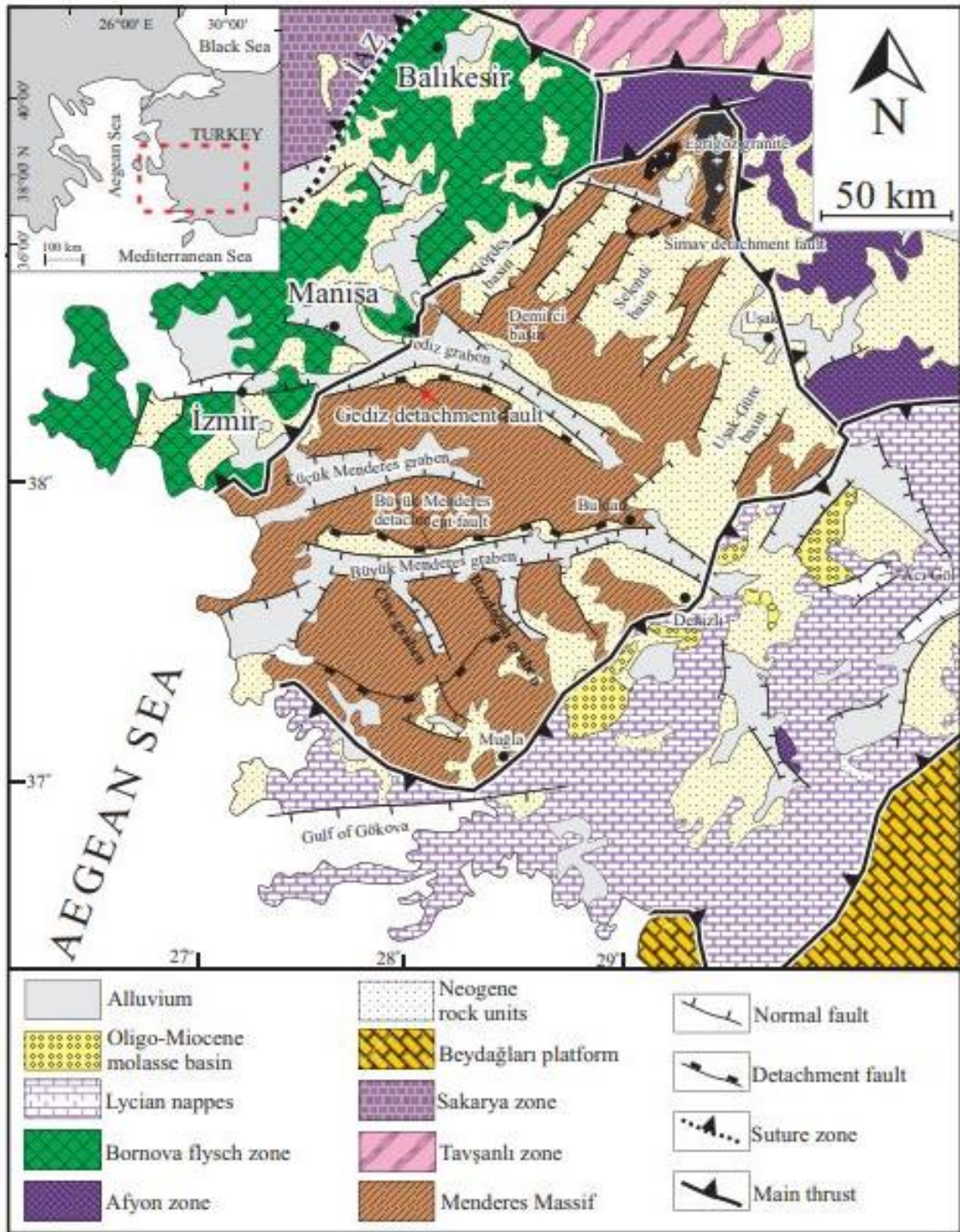
Şekil 1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası.

B-GENEL JEOLojİ

I.BÖLGESEL JEOLojİ

Çalışma alanında; birçok tektonik, orojenik olaylar sonucunda şekillenmiş Menderes Masifi'nin güneyindeki Çine ast masifine ait metamorfitlerin üzerine uyumsuzlukla gelmiş olan karasal kırıntılı birimler yüzeylemektedir. Bu kırıntılı birimler Alt Miyosen'den Pliyosen'e kadar uzanan evrede metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak normal fayların kontrolünde gelişmiş, iç havzalarda bulunan kömür içeren litolojiye sahiptirler (Yılmaz ve diğ., 2000). Dalama, Şahinali, Söke gibi Büyük Menderes Grabeni güneyinde yer alan çoğu linyit havzası da bu özelliklere sahiptir.

Bu alandaki temel birimler Çine ast masifindeki Alt Paleozoyik yaşlı gnayslardan oluşmuş çekirdekle Üst Paleozoyik- Alt Mesozoyik yaşlı gnays, mermer ve şistlerden meydana gelen metamorfitlerden oluşmuş örtü serileridir (Dora vd., 1992; Bağdadioğlu, 2013). Türkiye'nin Alp Orojenik kuşağının batı kesiminde yer alan ve Batı Anadolu'da oldukça geniş bir alana sahip Menderes Masifi'nin temel kayaçları Pan-Afrikan, örtü kayaçları ise Paleozoyik-Erken Tersiyer yaşlıdır (Şekil 2). Pan-Afrikan temel kayaçlarından paragneyslar ile bu birimlerle uyumlu ve geçişli ilişki içinde üzerleyen mika şistlerden meydana gelen metasedimentler en yaşlı birimleri oluşturmaktadır (Şengün vd., 2006).

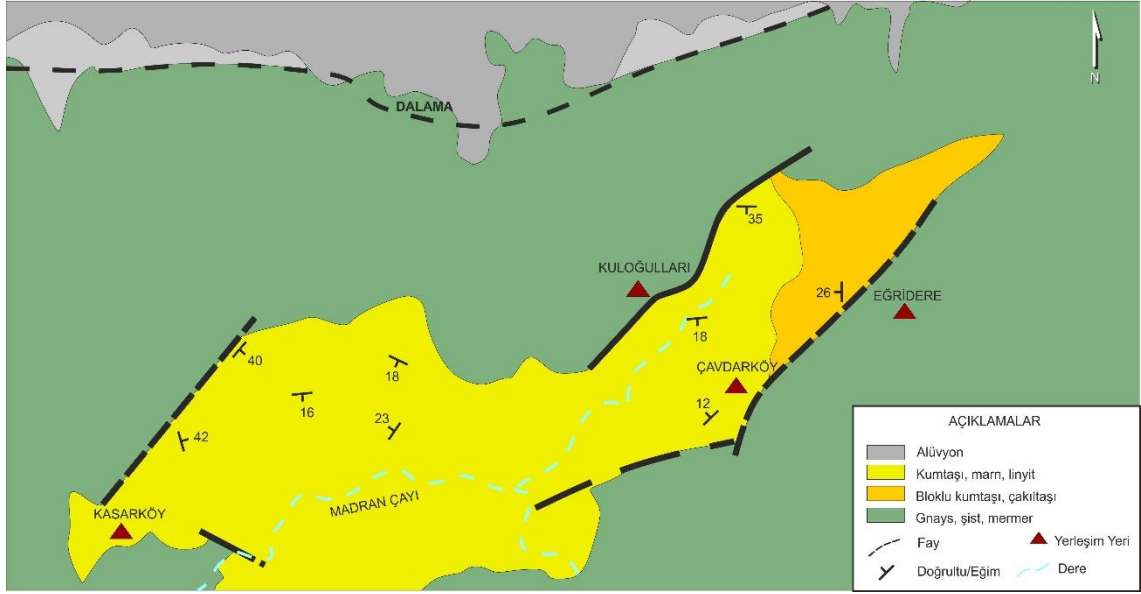


Şekil 2. Ege Bölgesine ait jeoloji haritası (Timur ve diğ., 2019).

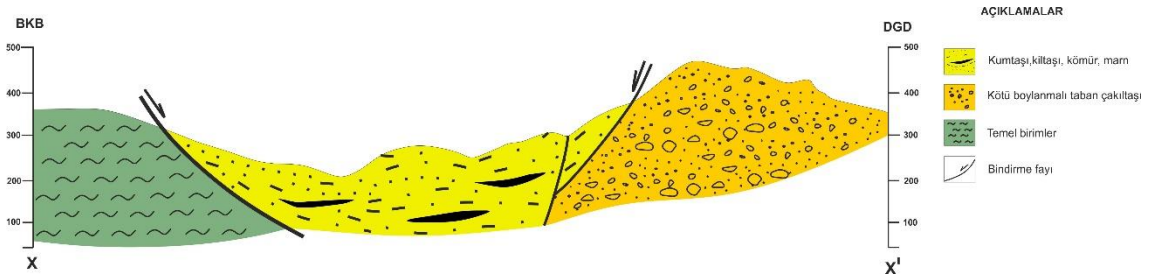
II.ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Dalama alanında metamorfik istif, esas olarak iki ayrı tektono-metamorfik birimden meydana gelmektedir. Bu istifte Pan-Afrikan yaşlı temel birimler üzerine tektonik olaylarla yerleşen Paleozoyik ile Mesozoyik yaşlı metasedimenter örtü serisinden oluşmaktadır. Pan-Afrikan temel kayaları metakırıntılı bir seri ve ortognayslardan oluşmaktadır. Bu metakırıntılı seri, ağırlıklı olarak para-gnayslardan ve para-gnayslarla uyumlu, yapısal olarak üst üste gelen mikaşistlerden meydana gelmektedir. Mikaşistlerle uyumlu ve kademeli olarak yer alan siyah beyaz benekli paragnayslar, istifin üst seviyelerinde baskın olarak görülmektedir. Pan-Afrikan şistler (çekirdek şistler), Dalama çevresinde oldukça homojen bileşimlerle karakterizedir. Bu şistlerin en belirgin özelliği, örtü şistleri dışında karbonat tabakalarının göze çarpmamasıdır. Dalama bölgesinin merkezinde yüzlek veren ortognayslar, paragnays ve mika şist ile iyi korunmuş orijinal intruzif dokanak ilişkileri göstermektedir (Şengün vd., 2006).

Yüzeylemekte olan karasal kırıntılı birimler ise Alt Miyosen-Pliyosen arasında geçen zaman diliminde KD-GB uzanımlı normal fay kontrolünde gelişen çöküntü (graben) alanlarındaki dolguya ait alüvyon yelpazesi çökelleri ile akarsu ve gölsel çökellerden meydana gelmiştir. Bu kırıntılı birimler marn, linyit, kıltaşı, kumtaşı ve bloklu konglomeralardan oluşmaktadır. Bahsi geçen birimlerden oluşan istif göl, akarsu ve bataklık fasiyeslerinden meydana gelmekte ve buna bağlı olarak metamorfik temel üzerinde yer alan Miyosen'den Pliyosene kadar olan evrede iç havza ve göllerde marnlı killi litoloji gözlenmekle birlikte önemli linyit oluşumları da içermektedir (Bağdadioğlu, 2013) (Şekil 3, 4).



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresine ait jeolojisi haritası (Bağdadioğlu 2013).



Şekil 4. Çalışma alanı olan Kuloğulları(BKB) ile Eğridere (DGD) köyleri arasından alınan XX' kesiti (Bağdadioğlu 2013).

III.STRATİGRAFİ

Çalışılan stratigrafik açıdan ele alınacak olursa; taban Paleozoyik yaşlı kristalen serilerle temsil edilen Menderes Masifi'ne ait gnays, şist ve mermerden meydana gelen metamorfik temel birimlerden oluşmaktadır. Paleozoyik yaşlı temel birimleri üzerinde açısal diskordans ile gelen Miyosen yaşlı kömürlü birimler yer almaktadır. Kömürlü birimler, tabanda kökeni temel kayalar olan kötü boylanmalı, köşeli taban çakıltaşları ile tavanda yer alan beyaz silisifiye kireçtaşı mercekli killi kireçtaşı birimleri arasındadır. Miyosen yaşlı kömürlü birimler üzerine yine açısal diskordans ile metamorfik bileşenlerden meydana gelen pekleşmemiş kum ve iri bloklar içeren çakıllardan oluşan Pliyosen örtü birimi gelmiştir (Şekil 5). Tüm bu birimler yine açısal diskordans ile Pliyosen yaşlı alüvyon tarafından üzerlenmektedir (Ergin., 1997).

ÜST SİSTEM	S E N O Z O Y İ K										
SİSTEM	T E R S İ Y E R										
SERİ	P L İ Y O S E N										
BİRİMLER	Örtü Birimleri										
SİMGE	Alüvyon										
KALINLIK (m)	Qay										
LİTOLOJİ	ply										
AÇIKLAMALAR	0-200										
OROJENİK FAZLAR	AÇISAL DİSKORDANS										
	Metamorfik bileşenlerden oluşan pekleşmemiş kum ve iri bloklu çakıl										
	AÇISAL DİSKORDANS										
	Beyaz renkli silisifiye kireçtaşı mercekli killi kireçtaşı										
	Tüf arakatlı siltaşı										
	Beyaz renkli düşük özgül ağırlıklı kilitaşı										
	Gri renkli çakilitaşı, kumtaşı mercekleri içeren siltaşı										
	İnce linyit izli kil, kum arakatlı linyit										
	Kötü boylanmalı taban çakilitaşı										
	AÇISAL DİSKORDANS										
	Gnays, kristalen şist ve mermer										
	Attik										
	A L P E N										
	Palatin										
	HERSİNİYEN										

ÖLÇEK 1/2000

Şekil 5. Çalışma alanına ait litostratigrafik kolon kesit (Ergin, 1997).

1.Temel Birimler

a) Tanım ve litoloji

İnceleme alanında temelde Paleozoik yaşı Menderes Masifine ait metamorfik şist ve gnayslar bulunur. Menderes Metamorfikleri olarak adlandırılan ve daha önce birçok araştırmaya konu olan bu seri, genel anlamda gnayslar, kuvarsşistler, mikaşistler ve mermerlerden meydana gelmektedir. Menders Masifinde üç adet metamorfik zon mevcuttur (Dora, 1981; Dora ve diğ., 1992; Kun, 1983). Gnays serisi ile bu seriyi üzerlemekte olan mikaşist ve kuvarsitler arasındaki sınır kesin olmamakla birlikte dereceli olarak gözlenir (Akartuna, 1965).

Gnayslar; dereceli olarak mikaşistlere geçmektedir. Üzerlerinde, kalkşist, mermer ara seviyeleri ihtiva eden stavrolit, disten ve granatlı şistler bulunmaktadır.

Mikaşistler; içerisinde bulunan minerallerin açık veya koyu renk miktarlarına istinaden gri, yeşil, siyah ve beyaz renklerinde değişen bir skalada gözlenmektedirler. Sıkı ve pekleşmiş olduklarından gözenek ve geçirim gözlenmez. Mikaşist birimi içerisinde üst seviyelere doğru ilerledikçe, ince tabakalı, tabakalanmaya paralel ve şistozite sunan bol eklemli yapılar gözlenir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanında gözlenen mikaşist birimlerinin yüzlek veren bölümündeki şistozite düzeyleri.

Mermerler yer yer ince kalsit damarlı, eklemli, erime boşluklu olarak, yer yer ise dolomitik, muskovit ve ya serizit katkılı gözlenirler (Şekil 7). Bu birimde metamorfizma ile gözeneklilik ortadan kalkmış ancak tektonik gelişmeler etkisi sonucunda geçirimsizlik artmıştır.



Şekil 7. Temel parçaları içeren, orta-iri bloklu yapı sunan, breşik görünümlü mermer.

b) Stratigrafik İlişkiler ve Dokanaklar

Temel birimleri oluşturan metamorfik birimlerin tabanının yüzeylediği hiçbir yer görülememiştir (Kun ve Candan, 1987; Dora ve diğ., 1992).

Paleozoik ile Orta Miyosen arasındaki uzun zaman boşluğundan sonra taban çakıltası, temel birimler üzerine uyumsuzlukla gelmiştir.

2.Taban Çakıltası Birimi

a)Tanım ve litoloji

Orta miyosen yaşlı taban çakıltası biriminde alt kısımda bulunan metamorfik birimlerin tanelerini içeren çakıltaları, üste doğru ilerledikçe bol mikalı kumtaşlarına dönüşmekte ve tane boyu küçülmektedir (Karamandere, 1972; Alikalfa, 1985). Bu çakıllar tane boyutu bakımından 1 ile 30 cm arasında değişkenlik göstermekte olup, çoğunlukla küt köşeli, köşeli ve az yuvarlaklaşmışlardır. Bu birim ne kadar masif olarak gelişmiş olsa da içerisinde yer yer belirsiz tabakalanmalara rastlanmaktadır. Yatay ve düşey yönde devamlılığı gözlenememiştir (Ergin, 1997).

b)Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar

Üzerine gelmiş olan kömür biriminin transgresif özellik göstermesi nedeniyle taban çakıltası birimi yanal kalınlık değişimi sunar. Bu yanal değişimde taban çakıltası biriminin kalınlığı 1 ile 55 metre arasında değişmektedir. Paleozoyik yaşlı temel kayalar üzerine uzun süreli boşluk ile oluşan bir uyumsuzluk ile gelen taban çakıltası birimi, üstlere doğru çakıl boyutu küçülerek, kumtaşları ile uyumlu şekilde kömür damarına geçmektedir (Ergin 1997).

3. Kömür Birimi

a)Tanım ve litoloji

Dalama kömür havzası, Büyük Menderes grabeninin güney kenarında, Menderes Masifi'nin arasına sıkışmış birkaç Neojen havzasından biridir. Bu havzadaki linyitler, kumtaşları ile ardışık şekilde gözlenirler. İstifte en üst kesimlerde ince kumtaşı-silttaşı

derecelenmesiyle, tuf ara katkılı gölsel çökellere geçiş sunarlar. Kuloğulları mevkiisindeki işletmelerden geçmiş çalışmalardan alınmış olan numunelerin palinolojik determinasyonları sonucunda spor ve polenlere göre kömürün yaşı Orta Miyosen olarak tespit edilmiştir (Alikafa, 1985; İşözen, 1972; Yurtcan ve diğ., 1981).

b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar

Temel birimlerinde kristalin şist, gnays ve mermerlerin aşınması sonucunda ortaya çıkan malzemenin sonrasında uygun bir havzaya taşınarak, tane boylarına göre çökmesiyle kömürün altında taban çakıldaşı ve üstündeki kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı birimleri meydana gelmiştir. Taban birimlerinin üzerinde yer alan linyitlerin kalınlıklarının kısa mesafelerde sunduğu ani değişimler, kükürt miktarının azlığı, yer yer kıltaşı ve kumtaşı merccekleri içermeleri, kömürlü seviyeler arasında yer yer köşeli çakıllar içeren kumlu-killi seviyelerle karşılaşılması, temel topoğrafyasının ve tektonik hareketlere ek olarak, çökme koşullarına da bağlı olduğundan, linyit oluşumuna etki eden malzemelerin kısa mesafeler boyunca taşınarak çökeldiğini ve sedimantasyon sırasında hızlı çökelmelerin oluştuğunu göstermektedir. Buradaki sonuçlardan yola çıkarak havzadaki linyit oluşumu ile alloktan teorisi arasındaki uyumluluk saptanabilir (Ergin, 1997).

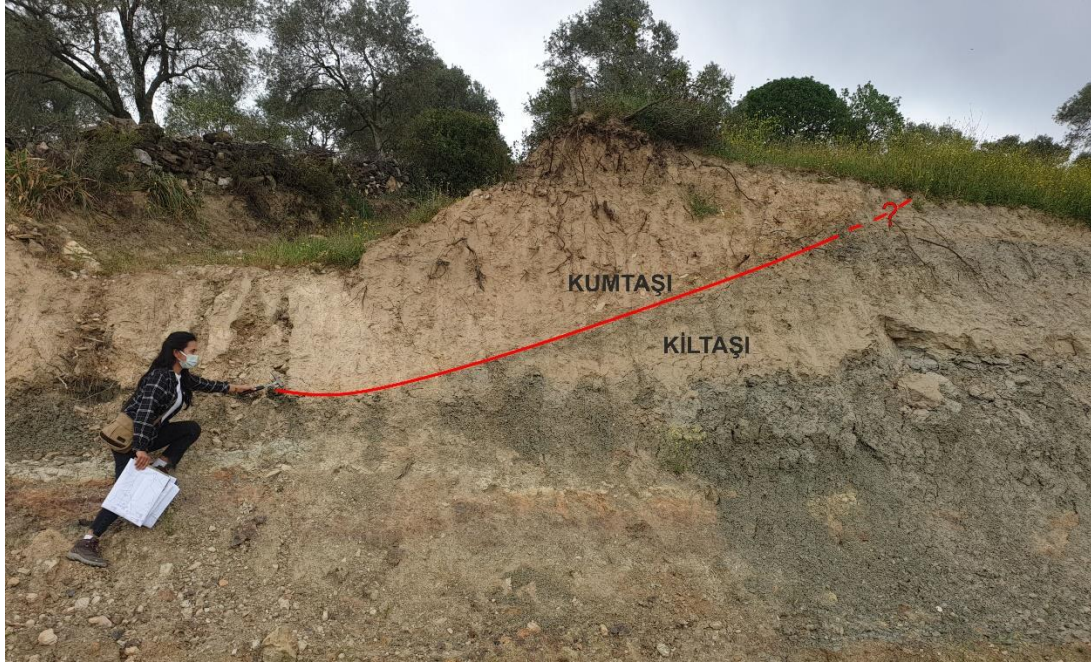
4. Silttaşı-Kıltaşı-Killi Kireçtaşı Birimi

a) Tanım ve Litoloji

Stratigrafik açıdan Taban Çakıldaşı birimi üzerine, yanal ve düşey geçişli olarak gelmiş olan çökellerden oluşmaktadır. Bahsi geçen Taban Çakıldaşı birimi ile Silttaşı-Kıltaşı-Killi Kireçtaşı biriminin geçiş aralığı kömür horizonu ile ayrılmıştır. İstif alttan üste doğru sıralanacak olursa; karbonatlı kıltaşı-silttaşı topluluğundan killi kireçtaşına değişir. Buna istinaden istifin alt kısmında yeşilimsi-mavimsi-gri renk gözlenirken, üst kısımlarında ise açık gri renk gözlenmektedir. Ayrıca kömür birimiyle yaklaşık paralel konumlu kumtaşı birimi gözlenmektedir. Kıltaşı-silttaşından oluşan kaya topluluğu orta-ince, kireçtaşları ise orta kalınlıkta yatay yayılım sunmaktadır.(Ergin, 1997). Arazide gözlenen kumtaşı katmanlarının yaklaşık konumu 45/103 olarak ölçülmüştür.

b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar

Bu birimde ortalama 42 metre silttaşı, 36 metre kıltaşı ve 86 metre killi kireçtaşı gözlenmektedir. Pliyosen yaşlı örtü birimini oluşturan tortullar tarafından uyumsuz olarak üzerlenen bu birim taban çakıltaşı üzerine konkordan olarak yerleşmiştir (Ergin, 1997) Arazi çalışmaları esnasında kil birimi ile kumtaşı birimi arasında dokanak gözlemlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Arazide gözlenen kumtaşı kıltaşı dokanağı.

5. Pliyosen Örtü

a) Tanım ve Litoloji

Pliyosen örtüyü ufak ve iri çakıltaşı ile kumtaşlarının ardalanmasından meydana gelen kaya topluluğu oluşturmaktadır. Sarımsı, kırmızımsı kahverengi ayrışmaya sahip görüntüsüyle diğer birimlerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Genel olarak düşük dokusal olgunluktaki Pliyosen örtü biriminde, üste doğru gidildikçe iri bloklardan kumtaşına değişen bir derecelenme ile karşılaşmaktadır (Ergin, 1997).

b) Stratigrafik ilişkiler ve dokanaklar

Pliyosen örtü biriminin kalınlığı oldukça değişkenlik göstermekte olup, saptanabilen en yüksek kalınlık yaklaşık 200 metredir. Topoğrafyanın yüksek olduğu kesimde temele ait birimlerin parçalanarak taşınması sonucunda altta iri taneli şist ve gnays blokları, üstte ince taneli, bol mikalı serbest kumlardan meydana gelen Pliyosen yaşlı örtü birimi Miyosen yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelmiştir (Ergin, 1997).

IV.YAPISAL JEOLJİ

Menderes Masifi, Türkiye'nin Alpin orojenik kuşağı içinde yer alan iki büyük metamorfik çekirdeğin (doğusu Kırşehir Masifi) batısıdır. Kabaca eliptiktir ve kuzeydoğu-güneybatı yönlü uzun eksenine sahiptir ve kuzeyde İzmir-Ankara Neo-Tetis kenet zonu arasında yer almaktadır (Şengör vd., 1984). Anadolu'da Orta Miyosen'den sonra egemen olana genişlemeli Neotektonik rejim Menderes Masifi'ni Kuzey-Güney yönlü kuvvetlerin etkisi ile Doğu-Batı doğrultulu derin hatlar boyunca kırarak grabenleri meydana getirmiştir. Çalışma alanı kırıklı bir graben sahası olup Hersiniyen ve Alpin orojenez fazlarının etkisi altında meydana gelmiştir. Paleozoyik yaşlı birimler üzerinde Hersiniyen orojenez fazının etkisi görülmektedir. Neojen havza genç Alpin orojenez fazının etkisi altında meydana gelmiş olup, bölgede egemen olan iki fay sisteminden birinin kömür oluşumunu denetleyen KKD uzanımlı büyüme fayı diğerinin ise bu fayı kesen Büyük Menderes Grabeni' ne koşut gelmiş DB uzanımlı faylar olduğu belirlenmiştir. (Ergin, 1997; Alkalı, 1985). Bahsi geçen iki fay ve bunlara bağlı gelişmiş farklı yönlerdeki diğer faylar, linyit içeren Neojen birimlerini de etkileyerek küçük çaplarda kıvrımlı ve kırıklı bir yapının meydana getirilmesinde rol oynamışlardır.

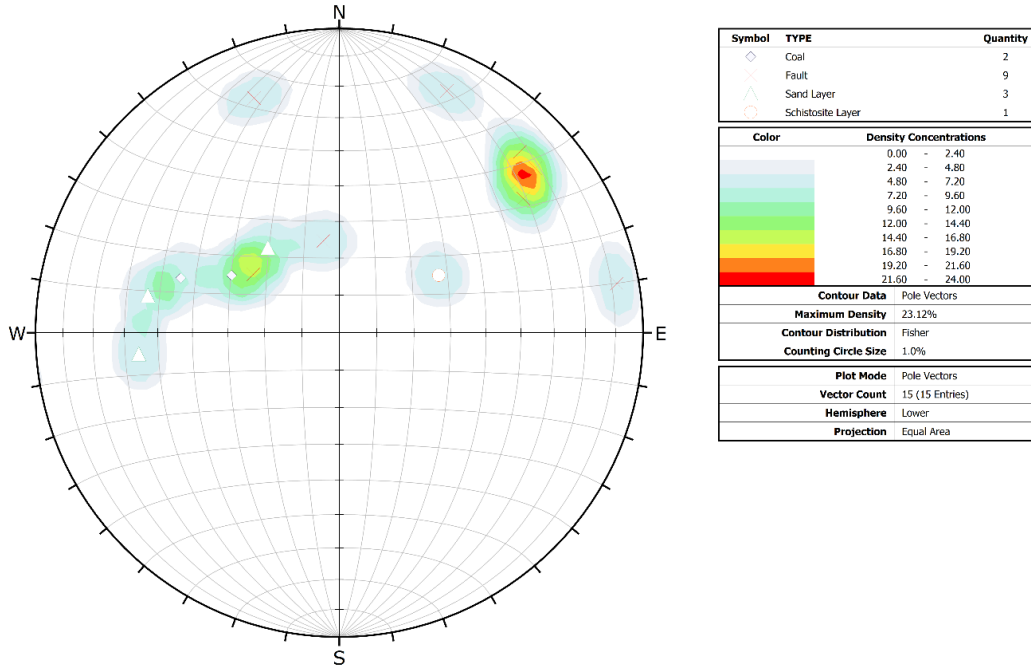
C-MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

I.GİRİŞ

Bu çalışmada, mühendislik jeolojisi kapsamında kömür açık işletmesinin problemli olan kuzey kesiminde 18 noktada arazi gözlemleri yapılmıştır. Bu gözlemler esnasında Brunton tipi pusula kullanılarak süreksizlik yönelimlerinin ölçümleri alınmıştır. Sonrasında bu ölçümler Dips 7.0 ve Phase² programlarında kullanılarak bölgede oluşmuş ve oluşması muhtemel heyelanların incelenmesi ve şev stabilite analizleri yapılmıştır.

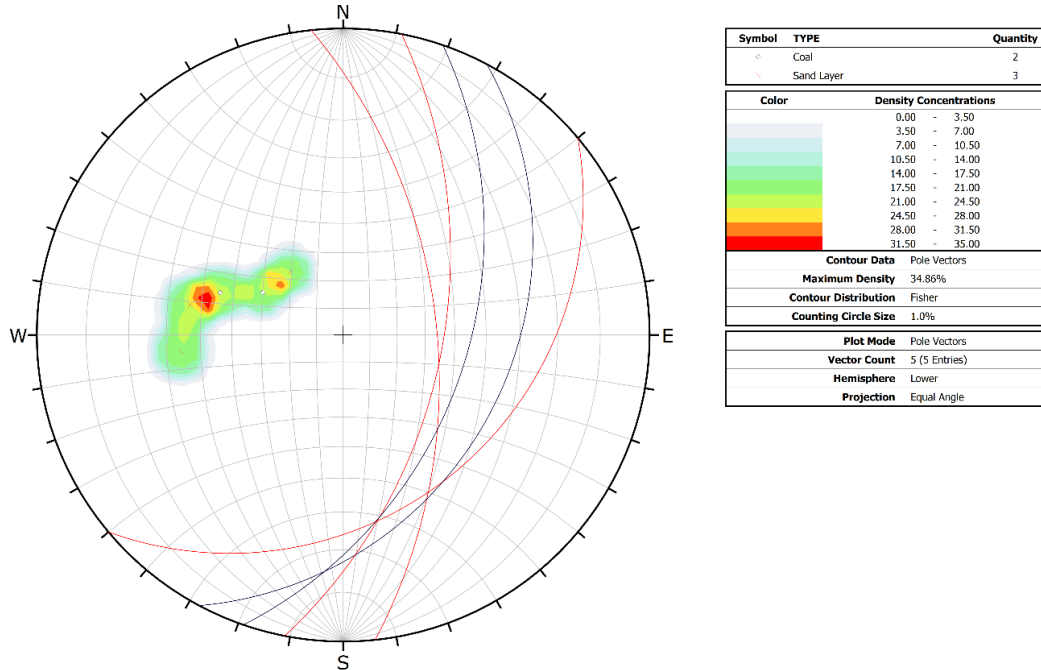
II.SÜREKSİZLİK DEĞERLENDİRMELERİ

Kaya kütleleri genellikle çeşitli süreksizlikler tarafından kesilen, heterojen ve anizotrop malzeme özelliği göstermektedirler. Bu sebeple, dış yüklerin etkisinde kalabilen kaya kütlelerinin davranışı içerdikleri süreksizliklerin özellikleri dikkate alınarak analiz edilmektedir. Süreksizlik; çekme dayanımına sahip olmayan veya az miktarda sahip olan tabakalanma, şistozite, fay vb. gibi kaya kütlelerindeki zayıflık düzlemleridir. Kaya şevlerinin stabilite analizinde süreksizlik oldukça önemlidir. Arazide çalışmaları esnasında fay, kömür ve kumtaşı katmanları ile şistozite düzeylerinin konumları alınmıştır (Şekil 9).



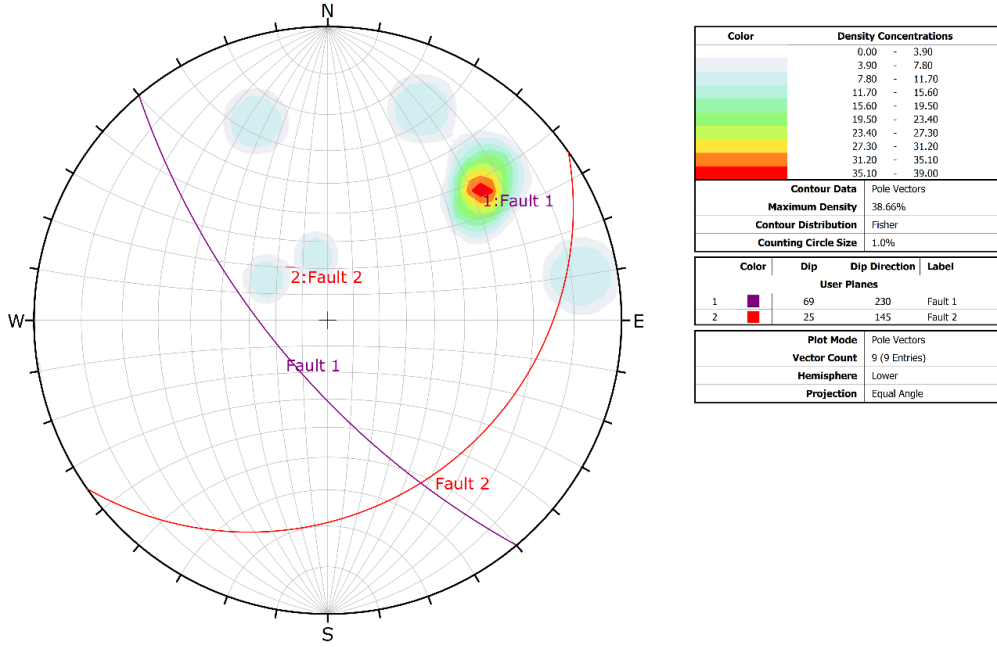
Şekil 9. Arazide ölçülen süreksizlik düzlemlerinin streonet görüntüsü.

Bu ölçümler sonrasında kumtaşı ve kömür katmanlarının yaklaşık paralel olduğu gözlenmiştir. Kömür katmanının yaklaşık konumu 39/113, kumtaşı katmanının ise 45/103 olarak ölçülmüştür (Şekil 10).

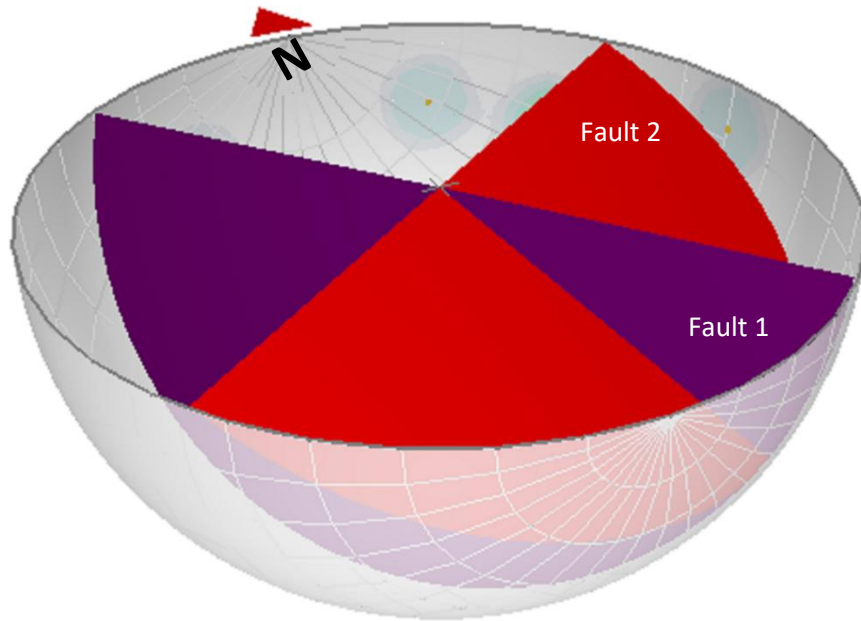


Şekil 10. Ölçülen kumtaşı ve kömür katmanlarının konumu.

Arazide fay varlığı şüphesi duyulan 8 noktadan ölçüm alınmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda iki ana fay olduğu tespit edilmiştir. Fay 1'in yaklaşık konumu 69/230, Fay 2'nin ise 25/145 olarak ölçülmüştür (Şekil 11). Bu ölçümler neticesinde bu fayların antitetik durumda olduğu saptanmıştır (Şekil 12).



Şekil 11. Ölçülen fayların yaklaşık konumları.



Şekil 12. Fayların birbiriyle ilişkisini gösteren antitetik konumu.

III. ŞEV STABİLİTESİ

Kaya kütlesinin sınırları boyunca, makaslama yenilmesi sonucunda Őevi oluşturan malzemenin yerçekimi yönündeki hareketini tanımlayan Şev duraysızlığı, sismik aktivite, gözenek suyu basıncındaki artış, makaslama dayanımındaki azalma, Őevdeki gerilim durumunun değişmesi, aşınma, ayrışma vb., nedenlere bağlı olarak gelişebilmektedir.



Şekil 13. Açıık ocakta gözlenen dairesel kayma.



Şekil 14. Açıık ocağın kuzeyinde gözlenen kayma hareketinin üç ay ara ile çekilmiş iki görüntüsü.

IV.ŞEV STABİLİTESİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Şevlerin farklı koşullar ve özellikler altında duraylılıklarının araştırılması, duraysızlık mekanizmalarının saptanması ve saptanan mekanizmalar için tasarım ve iyileştirme çalışmalarının yapılması amacı ile geliştirilmiş dört yöntem mevcuttur. Bunlar; kinematik analiz, limit-denge analizi, sayısal analiz ve olasılık yaklaşımıdır. Bu yöntemlerden kinematik analiz; kaya şevlerinde uygulanan, limit denge analizi; kinematik analizde dikkate alınmayan parametrelerin de dikkate alındığı ve bir kayma yüzeyi üzerindeki kütlenin dengesinin kuvvet, moment veya ikisinin birden dahil edilerek sonuca ulaşıldığı yöntemdir. Çalışmanın konusunu oluşturan sayısal analiz yöntemleri ise limit-denge yöntemindeki kütle içerisinde ve kayma yüzeyinde oluşan dayanım ve deformasyon parametrelerinin ihmal edilmesi durumunu ortadan kaldırarak bahsi geçen parametrelili içeren bir analiz metodu sunmaktadır.

1.Sayısal Analiz Yöntemleri

Şevlerdeki yenilme, gerilme ve deformasyon parametrelerinin belirlenmesi amacı ile kullanılan sayısal analiz yöntemleri; sürekli, süreksiz ve hibrit modeller olarak sınıflandırılmaktadır. Sürekli analiz yöntemlerinden biri olan sonlu elemanlar yöntemi bu çalışmada benimsenen analiz biçimidir.

a)Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi

Mühendislik uygulamalarının birçoğunda problemlerin karmaşıklığı dolayısıyla genellikle kabul edilebilir seviyede bir yaklaşık çözüm, problemlerin tam çözümüne tercih edilmektedir. Sonlu elemanlar metodu; karmaşık olan problemlerin daha basit alt problemlere parçalanarak, her problemin kendi içinde çözümlenmesiyle bölgenin bütününe ait sonuçlara ulaşılan sayısal bir analiz metodudur. Alan değişkenleri (gerilme, yer değiştirme, basınç, sıcaklık v. s.) sürekli bir ortamda sonsuz sayıda farklı değere sahiptir. Sürekli bir ortamın belirli bir bölgesinin de sürekli ortam özelliği gösterdiği biliniyorsa, bu alt bölgede alan değişkenlerinin değişimi sonlu sayıda bilinmeyen olan bir fonksiyon ile tanımlanabilmektedir (Topçu, 1997). Burada bahsi geçen sonlu eleman

iki veya üç boyutlu yapının bir parça veya bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Sonlu elemanlar metodunun ilk ve en yaygın kullanım alanı gerilme analizidir.

Sonlu elemanlar yöntemini sayısal yöntemler içerisinde avantajlı ve esnek kılan özellikleri (Aydın 2007);

-Geometrisi karmaşık şekillerin incelenmesinde kolaylıklar sağlamaları, sürekli ortamı alt bölgelere ayırarak, farklı sonlu elemanlar kullanılabilmesi, bazı bölgeleri daha hassas hesaplama imkânı,

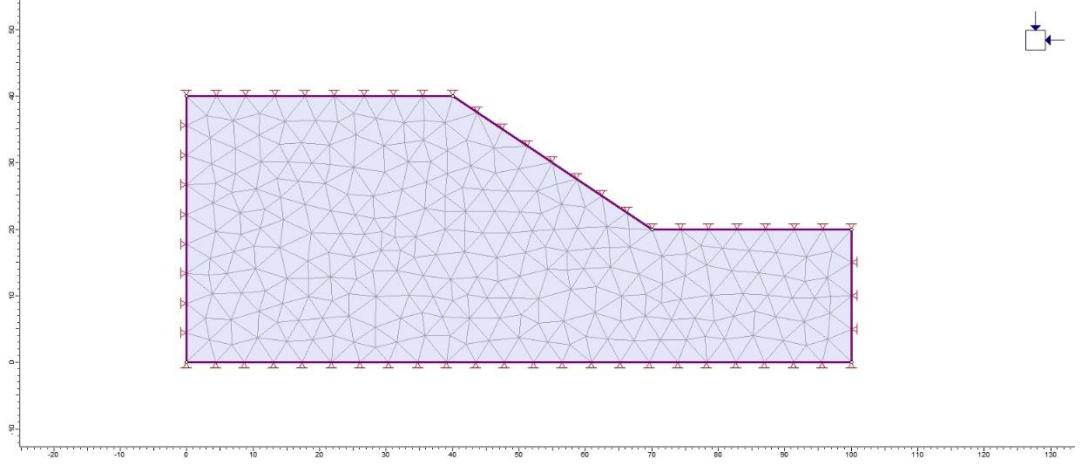
-Farklı ve karmaşık malzeme özellikleri olan sistemlere kolaylıkla uygulanabilmesi, noktadan noktaya değişen, anizotropik, lineer olmayan, histerezis, zamana bağlı, sıcaklığa bağlı malzeme özelliklerini dikkate alabilmesi,

-Sürekli, süreksiz veya değişken yüklerin kolaylıkla incelenebilmesi,

-En önemli özelliklerinden biri olan sınır şartlarının, sistemin temel denklemleri kurulduktan sonra, kolaylıkla denklemlere dahil edilebilmesi.

Pek çok farklı sayısal yöntem (sonlu fark, sonlu eleman, ayrık eleman, malzeme noktası yöntemi vb.) arasında belki de en yaygın kullanılanı Sonlu Elemanlar Yöntemidir. Alan alt elemanlara bölündükten sonra bu elemanlar düğümleri aracılığıyla birbirine bağlanır.

Bu düğüm noktalarındaki kuvvetler ve gerilmeler, belirtilen malzemeyi oluşturan modele göre hesaplanır. Tüm elemanların assemble edilmesine genellikle "mesh (ağ)" veya "grid (ızgara)" denir (Şekil 15).



Şekil 15. Basit bir şev geometrisinin sonlu eleman ağ görünümü (Phase² programı ile oluşturulmuştur).

Sonlu eleman analizlerinde, doğru sonuçlara ulaşmak için **elemanların tipi ve boyutu** önemli bir rol oynamaktadır. Bir dairenin çevresi boyunca birçok küçük çizgiyi birleştirerek yaklaşık bir daire çizebileceğimiz basit bir benzetme vardır ve çizgilerin uzunluğu azaldıkça daha iyi bir yaklaşım elde edilebilir. Bu nedenle, elemanların boyutları dikkatli seçilmelidir. **Şev duraylılık problemlerinin sonlu eleman analizlerinde, bir güvenlik faktörü elde etmek için yaygın olarak “dayanım azaltma yöntemi (strength reduction method)”** kullanılmaktadır. Bu yöntemde, dayanım parametreleri (kohezyon, c ve sürtünme açısı, $\tan \Phi$) yenilme meydana gelene kadar küçük artışlarla aynı anda (aynı sayıda) azaltılır. Ortaya çıkan "kuvvet azaltma faktörü, SRF", yaygın olarak kullanılan "Emniyet Katsayısı, FS" ile Denklem I'deki gibi karşılaştırılabilir (Akbaş, 2015).

$$SRF = FS = \frac{\text{Kaymayı Engelleyen Kuvvetler}}{\text{Kaymayı Destekleyen Kuvvetler}} = \frac{c}{c_{reduced}} = \frac{\tan \Phi}{\tan \Phi_{reduced}} \quad (\text{Denklem I})$$

Şev duraylılığını tanımlayan tüm eşitlikler, “limit denge” veya “denge-sınır” yöntemleri **kaymayı destekleyen kuvvetlerin, kaymayı engelleyici kuvvetlerle dengelendiğini** varsaymakta ve şev duraylılığını tanımlamada kullanılan eşitlikler bu yöntemde dayanmaktadır. Kaymayı engelleyen kuvvetlerin, destekleyen kuvvetlere oranı “emniyet katsayısı” (FS) olarak tanımlanır. Aynı şekilde, **şevlerin emniyet katsayısı,**

kayması muhtemel kütlenin kesme dayanımının, denge için istenen o noktadaki makaslama direncine oranı olarak da bilinir.

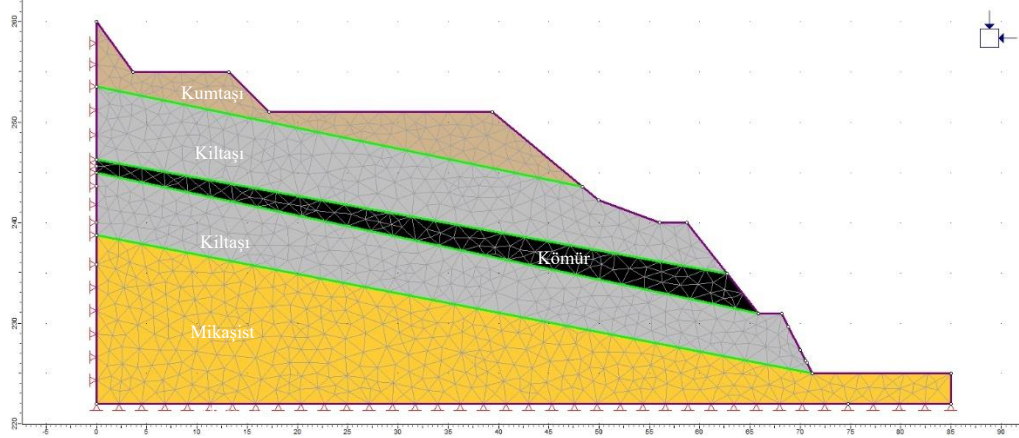
Hesaplanan $FS < 1$ ise şev meydana getiren kütle farklı etkilere bağlı olarak şev dışına doğru hareket ile yer değiştirmiş dolayısıyla şev yenilmiştir. $FS > 1$ olduğu durumda kaymayı engelleyici kuvvetlerin şevde etkili ve kaymaya sebebiyet veren kuvvetlerden büyük olduğu durumu temsil eder ve bu durumda şev duraysızdır. $FS = 1$ ise kaymayı engelleyici kuvvetler ile kaymaya sebep olan kuvvetler eşit olup şev kritik dengededir.

Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method FEM) ve Limit-Denge Yöntemi (Limited Equilibrium Method LEM) arasındaki temel fark, LEM'in kuvvet ve moment dengesinin statığını kullanması, FEM'in ise gerilim-gerinim ilişkisini kullanmasıdır. FEM'de, gerilim-gerinim ilişkisine dayandığı için gerilim yeniden dağılımları hesaplanabilir. Buna ek olarak, ağ oluşturma işlemi nedeniyle, yapı elemanları ve zemin ortamı arasındaki uyumluluk çok fazla sorun olmadan yapılabilir.

Phase², yeraltı veya yüzey kazıları ve bunların destek sistemlerini tasarlamak için son derece çok yönlü bir 2D sonlu eleman stres analizi programıdır. Phase², Anizotropik, Mohr-Coulomb ve Yumuşama/Sertleştirme modelleri de dahil olmak üzere kaya ve zeminler için yeni malzeme modelleri sağlar. Ayrıca çok çeşitli destek modelleme seçenekleri sunar. Phase² programında kesme mukavemeti azaltma yöntemi tamamen otomatik olarak kolayca gerçekleştirilebilir ve Mohr-Coulomb veya Genelleştirilmiş Hoek-Brown mukavemet parametreleriyle kullanılabilir. Şev modelleri Slide'dan alınabilir ve Phase² 'de hesaplanabilir. Bu çalışma kapsamında şev modelleri ve stabilite analizleri Phase² programında Mohr-Coulomb kriterleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Phase² programının diğer sonlu eleman analiz programlarına göre birçok avantajı vardır. Bunlar; Rosenblueth's Point Estimate Metodu ile olasılıksal sonlu elemanlar analizi yapabilmesi, Slide yazılımından kolayca içe veya dışa aktarılabilir olması, böylece istenirse hem LEM hem de FEM analizleri yapılabilmesidir. Olasılık analizinden sonra arıza bölgesi, emniyet faktörü ve güvenilirlik indeksi bilgilerini vermektedir.


Çalışma alanındaki kayma analizleri öncelikle Agisoft Photoscan uygulamasında ortofoto üzerinden kesit alınması, sonrasında bu kesit geometrisine Phase² programında kaya birimlerinin özellikleri atanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Şev kesitinde bahsi geçen kaya birimleri üstten alta doğru kumtaşı, kıltaşı, kömür ve mikaşisttir (Şekil 16).



Şekil 16. Şev geometrisi ve birimlerin yaklaşık konumlarının mesh model görüntüsü.

Kaya birimlerinin ve kömür damarının dayanım parametreleri RockLab programından alınarak kesitteki yerlerine özellikleri atanmıştır. Yenilme kriteri olarak Mohr-Coulomb ve malzeme tipi olarak plastik özellik seçilmiştir. Kullanılan parametreler ise şunlardır, Elastisite Modülü (kPa), Poisson Oranı, Çekme Dayanımı (kPa), İçsel Sürtünme Açısı (derece), Kohezyon (kPa). Bu parametreler her bir birim için farklı girilmiştir. Elastisite Modülü kumtaşı için 400000 kPa, kıltaşı için 200000 kPa, kömür için 250000 kPa, mikaşist birimi için ise 1000000 kPa olarak kullanılmıştır (Çizelge 1,2,3,4).

Tablo 1. Kumtaşı biriminin dayanım parametreleri.

Material Properties			
Name: kumtaşı		Material Colour: 	
Initial Element Loading: Field Stress & Body Force		Unit Weight: (kN/m3): 25	
Elastic Properties			
Elastic Type: Isotropic			
Young's Modulus (kPa): 4000000		Poisson's Ratio: 0.15	
E1 (kPa): 20000	E2 (kPa): 20000	Ez (kPa): 20000	
v12: 0.2	v1z: 0.2	v2z: 0.2	
Strength Parameters			
Failure Criterion: Mohr Coulomb		Material Type: Plastic	
Tensile Strength (kPa): 933	Dilation Angle (deg): 0		
Fric. Angle (peak) (deg): 40.6	Fric. Angle (resid) (deg): 34.3		
Cohesion (peak) (kPa): 4600	Cohesion (resid) (kPa): 2430		

Tablo 2. Kilitaşı biriminin dayanım parametreleri.

☐ kumtaşı ☒ kilitaşı ☐ kömür ☐ mikaşıst ☐ Material 5 ☐ Material 6 ☐ Material 7

Name: Material Colour:

Initial Element Loading: Unit Weight: (kN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type:

Young's Modulus (kPa): Poisson's Ratio:

E1 (kPa): E2 (kPa): Ez (kPa):

ν_{12} : ν_{1z} : ν_{2z} :

Strength Parameters

Failure Criterion: Material Type:

Tensile Strength (kPa): Dilation Angle (deg):

Fric. Angle (peak) (deg): Fric. Angle (resid) (deg):

Cohesion (peak) (kPa): Cohesion (resid) (kPa):

Tablo 3. Kömür biriminin dayanım parametreleri.

☐ kumtaşı ☐ kilitaşı ☒ kömür ☐ mikaşıst ☐ Material 5 ☐ Material 6 ☐ Material 7

Name: Material Colour:

Initial Element Loading: Unit Weight: (kN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type:

Young's Modulus (kPa): Poisson's Ratio:

E1 (kPa): E2 (kPa): Ez (kPa):

ν_{12} : ν_{1z} : ν_{2z} :

Strength Parameters

Failure Criterion: Material Type:

Tensile Strength (kPa): Dilation Angle (deg):

Fric. Angle (peak) (deg): Fric. Angle (resid) (deg):

Cohesion (peak) (kPa): Cohesion (resid) (kPa):

Tablo 4. Mikaşist biriminin dayanım parametreleri.

The screenshot shows a software window for defining material properties. At the top, there are color-coded buttons for different materials: kumtaşı (sandstone), kıltaşı (shale), kömür (coal), mikaşist (micaceous), Material 5, Material 6, Material 7, and a selection arrow. The 'Name' field is set to 'mikaşist' and the 'Material Colour' is yellow. The 'Initial Element Loading' is set to 'Field Stress & Body Force' and the 'Unit Weight: (kN/m3)' is 25.

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic

Young's Modulus (kPa): 1000000

Poisson's Ratio: 0.3

E1 (kPa): 20000 E2 (kPa): 20000 Ez (kPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Mohr Coulomb

Material Type: Plastic

Tensile Strength (kPa): 500

Dilation Angle (deg): 0

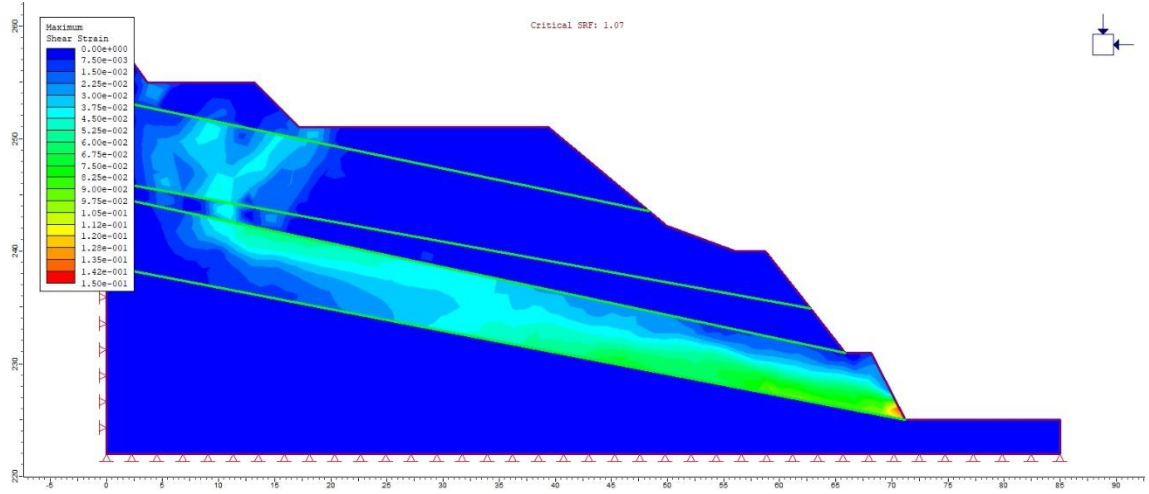
Fric. Angle (peak) (deg): 14

Fric. Angle (resid) (deg): 14

Cohesion (peak) (kPa): 40

Cohesion (resid) (kPa): 40

Kömür açık ocağında yer alan birimlerin şev duraylılığının analizi için iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi olan Phase ² programında, Mohr-Coulomb kriterleri kullanılarak model oluşturulmuş, bu model aracılığıyla da kayma zonu ve Emniyet Katsayısı (Strength Reduction Factor – SRF) belirlenmiştir. Birimlerin konumların şev yüzeyine eğimli olduğundan ve de dayanımı düşük kıltaşı varlığına istinaden kaymanın gerçekleşmesi söz konusudur. Buna ek olarak şev açısının da kayma üzerinde etkin rolü olduğu dikkate alınmaktadır. Analiz soncunda elde edilen grafikten yola çıkarak kaymanın kömür biriminin üstündeki kıltaşıdan başlayarak şev topuğuna kadar ulaştığı görülmektedir (Şekil 17). Kritik SRF girilen dayanım parametreleri doğrultusunda 1,07 olarak saptanmıştır. Emniyet Katsayısı için kritik değer kabul edilen 1.00'ın üstünde olduğundan bu analizdeki şev stabilitesi güvenli olarak kabul edilebilmektedir.



Şekil 17. Phase ² programında analizi gerçekleştirilen şev stabilitesi ve 1,07 SRF değeri.

Analiz edilen şev stabilitesi modelinin doğruluğunu saptamak ve değişkenlik gösteren değerlerin şev stabilitesindeki etkisinin istatistiksel olarak belirlenebilmesi için kıltaşı ve mikaşist dayanım parametreleri Tablo 5 ve 6'daki gibi değiştirilerek model tekrar oluşturulmuştur.

Tablo 5. Mikaşist birimi için girilen yeni dayanım parametreleri.

☐ kumtaşı ☐ kıltaşı ☐ kömür ☒ mikaşist ☐ Material 5 ☐ Material 6 ☐ Material 7

Name: Material Colour:

Initial Element Loading: Unit Weight: (kN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type:

Young's Modulus (kPa): Poisson's Ratio:

E1 (kPa): E2 (kPa): Ez (kPa):

v12: v1z: v2z:

Strength Parameters

Failure Criterion: Material Type:

Tensile Strength (kPa): Dilation Angle (deg):

Fric. Angle (peak) (deg): Fric. Angle (resid) (deg):

Cohesion (peak) (kPa): Cohesion (resid) (kPa):

Tablo 6. Kıltaşı birimi için girilen yeni dayanım parametreleri.

☐ kumtaşı ☒ kıltaşı ☐ kömür ☐ mikaşist ☐ Material 5 ☐ Material 6 ☐ Material 7

Name: Material Colour:

Initial Element Loading: Unit Weight: (kN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type:

Young's Modulus (kPa): Poisson's Ratio:

E1 (kPa): E2 (kPa): Ez (kPa):

v12: v1z: v2z:

Strength Parameters

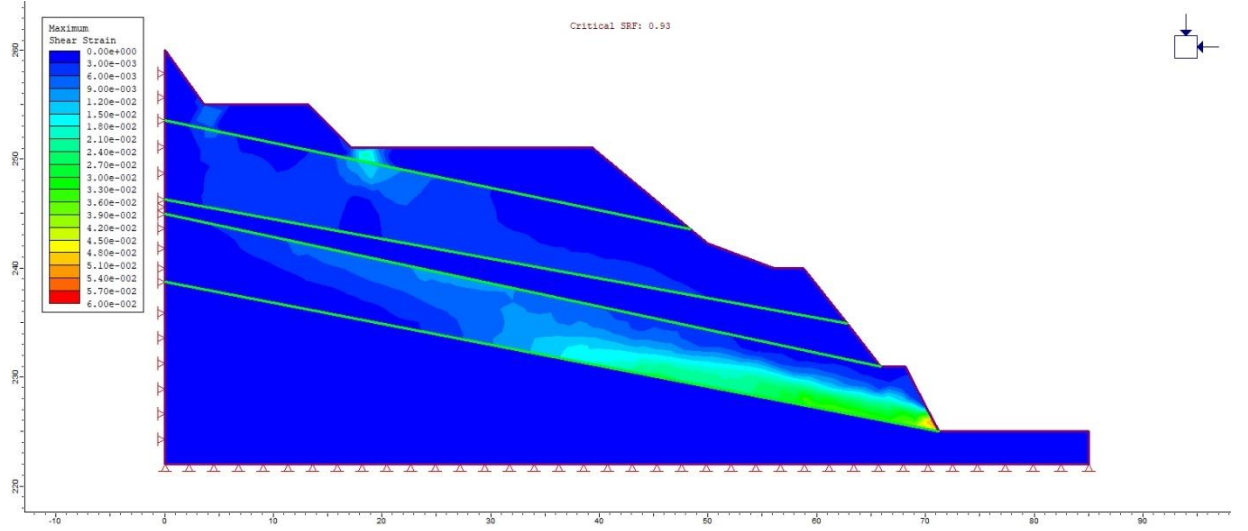
Failure Criterion: Material Type:

Tensile Strength (kPa): Dilation Angle (deg):

Fric. Angle (peak) (deg): Fric. Angle (resid) (deg):

Cohesion (peak) (kPa): Cohesion (resid) (kPa):

Malzeme özellikleri değiştirilerek oluşturulan yeni modelde kayma zonu kıltaşı ile mikaşist arasındaki dokanakta belirgin şekilde gözlenmektedir. Bu yeni oluşturulan modelde kritik SRF ise 0,93 olarak hesaplanmıştır. Emniyet Katsayısı için kritik değer kabul edilen 1.00'dan düşük olması sebebiyle bu analizdeki kayma modeli ocak için tehlike arz etmektedir.



Şekil 18. Phase ² programında analizi gerçekleştirilen yeni dayanım parametreleri değiştirilmiş şev stabilitesi ve 0,93 SRF değeri.

D-UZAKTAN ALGILAMA

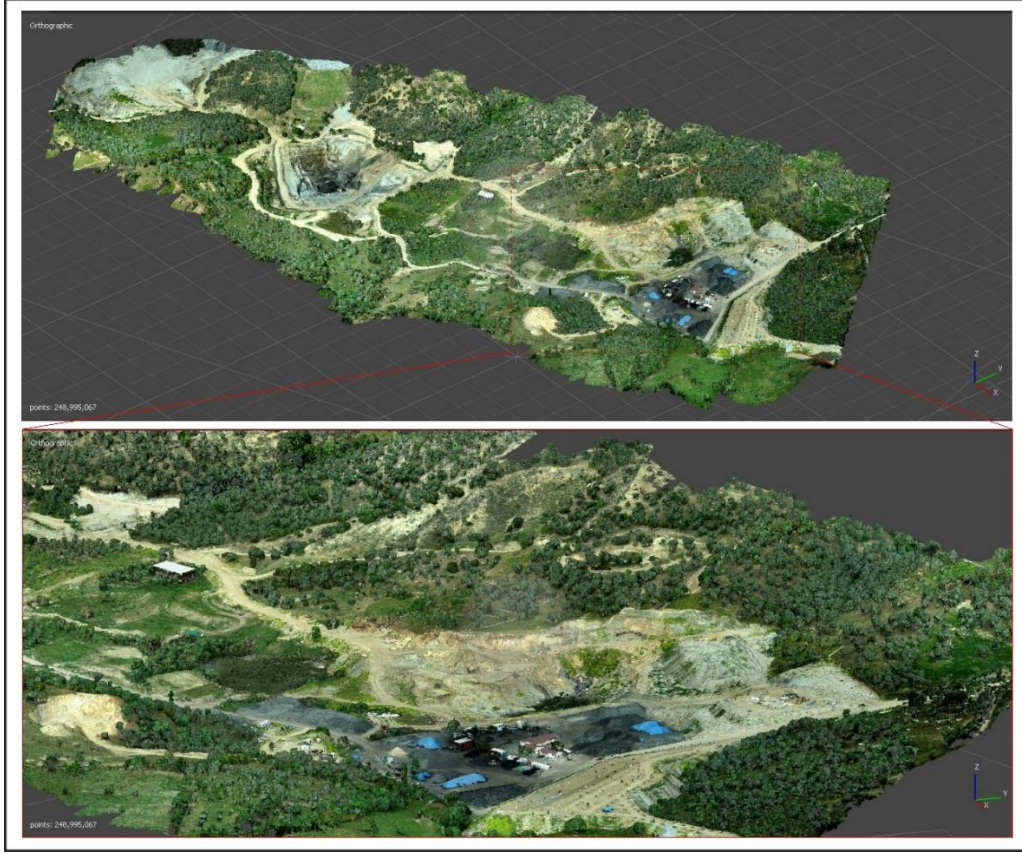
I.FOTOGROMETRİ

Fotogrametri; bindirmeli olarak çekilen resimler vasıtasıyla yeryüzündeki nesnelerin konumunu, şeklini ve boyutunu saptamaya yarayan bilim dalıdır (Kraus, 1993; Yaşayan, 2011). Bir diğer tanımı ise “ışık yardımı ile çizerek ölçme”dir. Fotogrametri yöntemi ile ölçümü alınmak istenen nesnelerin ve yakın çevresinin ya da yeryüzü parçasının fotoğrafı çekilmekte, sonrasında elde edilen fotoğraf ya da sayısal olarak kaydedilen görüntü üzerindeki konumlar ölçülmektedir. Birtakım hesaplamalar sonucunda istenilen bilgilere ulaşılabilmekte, ya da özel aletler, bilgisayar ve ek donanımlar kullanılarak bu fotoğrafik görüntüler ile harita ve planlar çizilebilmektedir. Gelişen ve ilerleyen teknolojinin katkılarıyla fotogrametri klasik yersel ölçümlerle kıyaslandığında daha doğru ve hızlı sonuçlar vermektedir (Çelik vd., 2020). Fotogrametri küçük ölçekli alanlardan büyük ölçekli alanlara kadar geniş yelpazede kullanıma seçeneği sunmaktadır. Bu nedenledir ki 3B modellemenin yapılabilmesi için birden fazla metod kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı ise bu çalışmada da tercih edilen Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure From Motion - FSM) yöntemidir. Bu çalışmada görüntüleme aracı olarak ise Phantom RTK 4 Drone cihazı kullanılmıştır.

1.Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion –SFM)

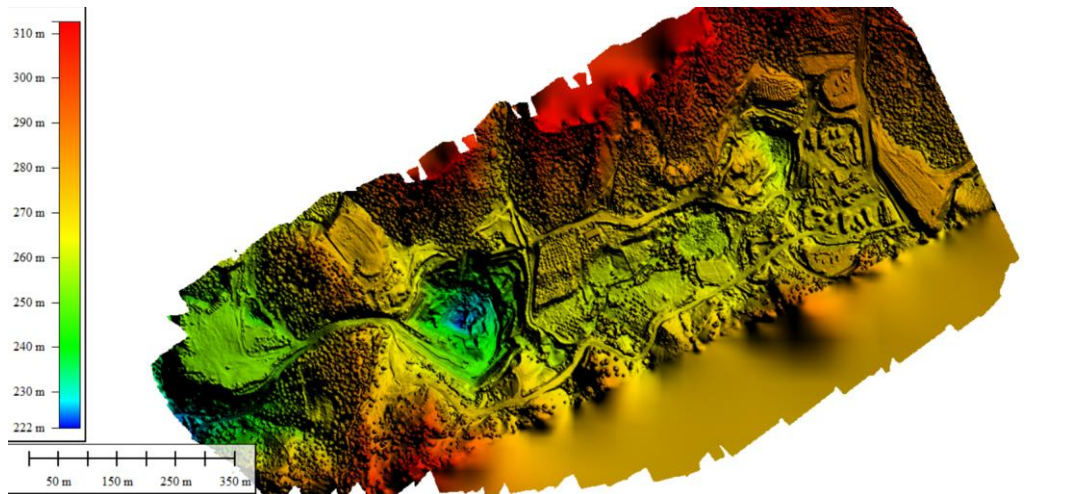
Hareket ile Nesne Oluşturma (SFM); 3 boyutlu modeli üretilmek istenen nesnenin, sıralı olarak çekilen iki boyutlu görüntülerdeki ortak noktalarının saptanmasıyla modeli oluşturmak için stereo görüntü metodunu kullanan fotogrametri yöntemidir (Dellaert vd., 2000). Bu yöntemde yüksek çözünürlüklü büyük veri setleriyle düşük maliyetli çalışma olanağı sunulmaktadır.

Çalışma sahasında jeolojik gözlem ve saha çalışmaları yapılmasının ardından döner kanatlı RTK (Real Time Kinematic) sistemli haritalama için üretilmiş insansız hava aracı kullanılmıştır. Bu araç ile çalışma sahası sınırlarında kamera açısı -90 derece olacak şekilde (nadir) 100 metre yükseklikten %70-%80 bindirme ile hava fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 19).



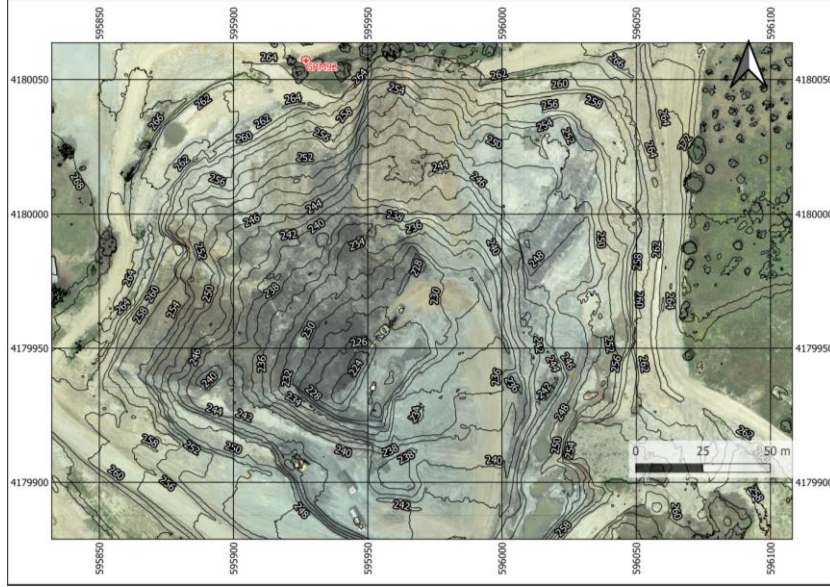
Şekil 19. İHA tarafından alınan görüntülerinin birleştirilmesi ile oluşturulan çalışma alanına ait sık nokta bulutu.

Elde edilen bu hava fotoğrafları ile Agisoft Photoscan fotogrametri yazılımında sık nokta bulutu, dokulu mesh model, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto üretmede kullanılmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Agisoft Photoscan programı ile oluşturulmuş çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli.

Oluşturulan bu verilerden topoğrafya haritası oluşturmada, şev geometrisi belirlemede, heyelan alanlarını belirlemede ve benzeri çalışmalarda yararlanılmıştır (şekil 21). Projenin koordinat sistemi hata paylarını azaltmak amacı ile TUREF/TM 27 olarak seçilmiştir.



şekil 21. Sayısal yükseklik modeli aracılığıyla elde edilen açık ocağa ait topoğrafya haritası (Ortofoto üzerine bindirilmiş).

E-SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Bu çalışmada Aydın-Dalama bölgesindeki kömür açık ocağının işletilebilirliğini etkileyen şev stabilitesinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmesi amaçlanmıştır.
- Çalışma alanında; Çine ast masifine ait metamorfiklerin üzerine uyumsuzlukla gelmiş olan karasal kırıntılı birimler yüzeylemektedir. Bu kırıntılı birimler Alt Miyosen'den Pliyosen'e kadar uzanan evrede metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak normal fayların kontrolünde gelişmiş, iç havzalarda bulunan kömür içeren litolojiye sahiptirler.
- Çalışılan stratigrafik açıdan taban Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi'ne ait gnays, şist ve mermerden meydana gelen metamorfik temel birimlerden oluşmaktadır. Üzerinde açısal diskordans ile gelen Miyosen yaşlı kömürlü birimler ile pliyosen yaşlı örtü birimlerden meydana gelmektedir.
- Arazide fay varlığı şüphesi duyulan 8 noktadan ölçüm alınmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda antitetik durumda iki ana fay olduğu tespit edilmiştir.
- Açık ocak çevresindeki yüksek kotlardaki stabilite sorunlarının temel sebepleri arasında heyelan oluşmasına neden olan, açık ocağın işletilmesi esnasında topuktan malzeme alımı, fayların etkinliği söz konusudur.
- Kömür açık ocağında yer alan birimlerin şev duraylılığının analizi için iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi olan Phase² programında, Mohr-Coulomb kriterleri kullanılarak model oluşturulmuş, bu model aracılığıyla da kayma zonu ve Emniyet Katsayısı (Strength Reduction Factor – SRF) belirlenmiştir.
- Girilen ilk kaya dayanım parametreleri ile SRF 1,07 olarak saptanmış ve güvenli olarak belirlenmiştir.
- Kıltaşı ve mikaşist birimlerindeki parametrelerde değişiklik yapılmasıyla SRF değeri 0,93 saptanarak güvensiz olarak belirlenmiştir.
- İnsansız hava aracı kullanılarak çalışma sahası modellenmiş, bu model aracılığıyla ortofoto, sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.
- Çalışma alanındaki şev duraysızlığında etkin rol alan topuktan malzeme alımı kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- Şev açılarının düşürülerek, belirlenen etkin kayma zonlarının dışındaki alanlardan öncelikli malzeme alımı yapılması önerilmektedir.

F-KAYNAKÇA

- Akartuna, M., 1965. Nazilli-Aydın Hattı Kuzeyindeki Versanların Jeolojisi Hakkında. MTA Derg., s. 65, sf. 1-11.
- Alikalfa, A. (1985). Aydın Şahinalı linyit havzasının Jeolojisi. İzmir: DEÜ.
- Bağdadioğlu, S., 2013. Aydın Yenipazar-Çavdarköy Kömür Havzasının Jeolojisi ve Kömür Karakterizasyonu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bitirme Ödevi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mineraloji – Petrografi Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Çelik, M, Alptekin, A, Bünyan Ünel, F, Kuşak, L, & Kanun, E . 2020. The Effect Of Different Flight Heights On Generated Digital Products: DSM and Orthophoto. Mersin Photogrammetry Journal, 2 (1), 1-9.
- Dellaert, F. Seitz, S. M., Thorpe, C. E., & Thrun, S. (2000). Structure from motion without correspondence. Proceedings. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000 (Cat. No.PR00662), Hilton Head Island, SC, 557-564 Vol. 2, doi:10.1109/CVPR.2000.854916.
- Dora, O. Ö., 1981. Menderes Masifi'nde Petroloji ve Feldspat İncelemeri. Yerbilimleri Derg., C. 7, sf. 54-63.
- Dora, O.Ö., Kun, N, Candan, O, 1992. Menderes Masifi'nin Metamorfik Tarihçesi ve Jeotektonik Konumu. 35 (1), 1-14.
- Ergin, Ü., 1997. Aydın Şahinalı-Dalama ve Dolayının Stratigrafi ve Sedimenter Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Genç, S.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yilmaz, K., Karacik, Z., Altunkaynak, Ş. and Elmas, A., 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.A.D. (ed), Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area'da, Geological Society of London, Special Publication, 173, 131-162.

- İşözen, A., 1972. Aydın İli Şahinali ve Sıralılar Köyleri Civarındaki Linyit Ruhsat Sahasının Nihai Raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kraus, K. 1993. Photogrammetry Volume I, Fundamentals and Standard Process, Ferd. Dümmlers Verlag, ISBN: 978-3427786849 Bonn, Germany.
- Kun, N., 1983. Çine Dolayının Petrolojisi ve Menderes Masifi'nin Güney Kesimine Ait Petrolojik Bulgular, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Kun, N. ve Candan, O., Ödemiş Asmasifindeki Leptitlerin Dağılımı, Konumları ve Oluşum Koşulları, TBAG-688 Nolu Proje, 133 s., 1987.
- Timur, E , Kaftan, İ , Sarı, C , Şalk, M . 2019. Structure of the Büyük Menderes Graben systems from gravity anomalies . Turkish Journal of Earth Sciences , 28 (4) , 544-557 .
- Şengör, A.M.C., Satır, M., and Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: Tectonics, 3, 693-707.
- Şengün, F., Candan, O., Dora, O.Ö. and Koralay, E. 2006. Petrography and geochemistry of para- gneisses in the Çine Submassif of the Menderes Massif, Western Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences, 15, pp.321-342.
- Yaşayan, A. 2011. Fotogramteri. T.C. Anadolu Üniversitesi yayınları, No. 2295, Eskişehir, Türkiye.
- Yurtcan, A., Erdem, N., Coşar, Z., 1981. Aydın İli Şahinali-Sıralılar Köyleri Civarındaki Linyitli Neojen Havzasının Jeoloji ve Rezerv Raporu ve Jeotektonik Konumu. T.J.K Bül. c. 35, s. 1, sy. 1-14.