

TKİ-GLİ İLGIN LİNYİT AÇIK OCAĞI BATI ŞEVLERİNDE OLUŞAN GERİLİM ÇATLAKLARINDA OLUŞAN DEFORMASYONLARIN İZLENMESİ VE ZAMANA BAĞLI MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

¹Hakan ÖZŞEN, ²İhsan ÖZKAN

^{1,2}Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

¹hozsens@selcuk.edu.tr, ²ozkani@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 08.11.2013; Kabul/Accepted in Revised Form: 04.12.2013)

ÖZET: Açık ocak madencilik çalışmaları esnasında oluşturulan şevlerde oluşabilecek şev duraysızlıkları sonucu meydana gelen kaymalar ve heyelanlar yaşam kayıplarına, yaralanmalara ve ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu tür kayıpların önüne geçebilmek için çeşitli yollar mevcuttur. Bunlar emniyetli jeoteknik tasarımlar, desteklemeler, kaya düşme önleme sistemleri ve şevlerin önceden uyarı için izlenmesi olarak sıralanabilir. Bu çalışmanın amacı Konya'nın Ilgın ilçesinde bulunan TKİ-GLİ Ilgın linyit açık ocağında dekapaj ve kömür üretimi sonrası batı şevlerinde oluşan gerilim çatlaklarının hareketlerinin kurulan istasyonlar yardımı ile belirli aralıklarla ölçülerek şev hareketliliğinin izlenmesi, bu ölçümlerden elde edilen verilerin matematiksel modellenmesi ve elde edilen bu verilerin gerçek veriler ile karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda sahada 55 gün boyunca şev hareketliliği izlenmiş ve elde edilen deformasyon verileri modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şev duraylılığı, Duraylılık analizleri, Gerilim çatlağı

Deformation Monitoring and Time Dependent Mathematical Modeling of the Tension Cracks at the Western Slopes of TKI-GLI Ilgın Open Lignite Mine

ABSTRACT: Landslides which occur as a result of slope failures during open pit mining operations can cause loss of life, injuries and economic losses. In order to prevent these losses some solutions are available such as reliable geotechnical designs, slope supports, rock fall protection systems and monitoring slopes for early warning. Purpose of this study is measuring the movements of the tension cracks after overburden removal and coal production by the help of established stations at regular intervals, mathematical modeling of these data and comparing with field data at the western slopes of TKI-GLI open pit lignite mine in the district of Konya-Ilgın. Consequently slope movements were monitored for 55 days and obtained deformation data were modeled.

Key Words: Slope stability, Stability analyses, Tension cracks

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Açık ocaklarda şev duraylılığını jeolojik yapısal özellikler, şevin geometrisi, yeraltı su durumu, malzeme özellikleri ve uygulanan kazı tekniği gibi çeşitli faktörler kontrol eder. Şev duraylılığı çalışmaları uzmanlık gerektiren, çoğu zaman sayısal hesap ağırlıklı işlemlerdir. Jeolojik veri toplanması ve bunların değerlendirilmesi, kinematik analiz, ortamın ve/veya süreksizliklerin dayanım parametrelerinin tayini, duraylılık analizlerinin yapılması ve duraysızlık durumunda alınacak önlemlerin belirlenmesi gibi uzman bilgi ve deneyimini gerektiren birçok aşamayı içerir (Özgenoğlu, 2005). Herhangi bir duraysızlık durumunda şevlerde oluşan hareketleri izlemek için kullanılan teknikler

ise geleneksel topografik ölçümler, elektronik mesafe ölçerlerin kullanılması, fotogrametrik yöntem, gerilim çatlakları ve eklemlerde açılma miktarlarının ölçülmesi ve yüzeye yerleştirilen ekstansometrelerdir (Kulaksız, 2012).

Gerilim çatlakları, şev duraysızlıklarının ilk göstergesi olup, şev tepesindeki çatlak sistemlerinin ölçülmesi hareket mekanizmasının, yayılımı ve yönü hakkında yararlı bilgiler sağlar (Kulaksız, 2003). Oluşan bu gerilim çatlaklarının dikkate alınması ve izlenmesi şevlerde oluşabilecek hareketlerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada TKİ-GLİ Ilgın Müessesesi Çavuşçugöl linyit sahası batı şevlerinde oluşan gerilim çatlakları şev hareket ölçüm yöntemlerinden birisi olan gerilim çatlakları ve eklemlerde açılma miktarlarının ölçülmesi tekniğine bağlı olarak oluşturulan izleme düzeneği ile izlenmiş ve elde edilen zamana bağlı deformasyon verileri matematiksel olarak modellenmiştir. Ardından modelden elde edilen veriler gerçek verilerle karşılaştırılarak gerçek veriler ile tahmini veriler arasında oluşan bağıntılar ve istatistiksel doğrulukları belirlenmiştir.

ÇALIŞMA SAHASI (FIELD OF STUDY)

Çalışma sahası Ilgın'ın kuzeyinde, ilçe merkezine 15 km. mesafede olup, Ilgın ilçesi; Konya-Afyon karayolu üzerinde, Konya'nın kuzeybatısında ve Konya'ya 87 km. mesafededir. Ilgın-ocak yolu asfalt olup yaz-kış ulaşımına açık niteliktedir. Çavuşçugöl linyit ocağı Konya-Afyon demiryolu güzergâhı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Çavuşçugöl sahasının temelini paleozoik yaşlı metamorfik şistler oluşturur. Bunun üzerine jura-kretase yaşlı kristalize kireçtaşları, neojene ait pliosen çağında teşekkül etmiş kömürlü seri ve daha sonra kireçtaşı molozları, killi kumlu marnlı karışık seri ve nihayet moloz örtüleri ve alüvyonlar gelmektedir (Çağlar, 1989).



Şekil 1. TKİ-GLİ Ilgın Çavuşçugöl linyit sahası yerbulduru haritası (Site location of TKİ-GLİ Ilgın Çavuşçugöl lignite mine)

Çavuşçugöl sahasında kömür üretimi ve dekapaj işlemleri ekskavatör-kamyon yöntemi ile yapılmaktadır. Bu sahada kömür üstü dekapajını yüklenici firmalar gerçekleştirirken, kömür üretimi, ara kesme ve kömür üstü temizliği ise işletmenin kendi imkânlarıyla yapılmaktadır.

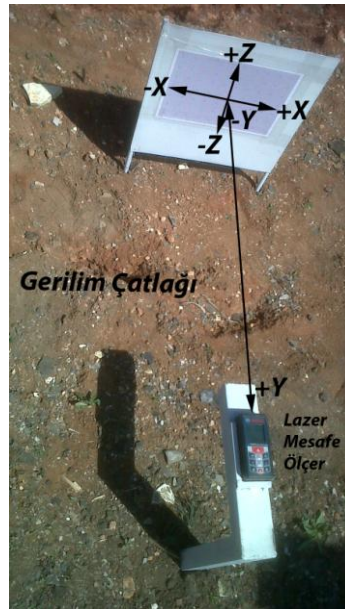
ÖLÇÜM SİSTEMİ (MEASUREMENT SYSTEM)

Çavuşçugöl linyit sahası batı şevlerinde uzunlukları yaklaşık 10 metre, genişlikleri ve derinlikleri sırasıyla yer yer 20 cm ve 50 cm'ye varan gerilim çatlakları oluşmuştur (Şekil 2). Oluşan bu çatlakların yatay ve düşey düzlemde değişimlerinin izlenmesi için Şekil 3'de görülen ölçüm düzeneği oluşturulmuş ve bu düzencek ile Y yönünde milimetrenin yüzde biri hassasiyetinde, X ve Z yönlerinde ise milimetre

hassasiyetinde okumalar gerçekleştirilmiştir. Bu sahadaki gerilim çatlakları üzerinde 10 adet ölçüm istasyonu oluşturulmuştur. Bu istasyonlarda, gerilim çatlaklarının ocak içine bakan tarafına düşey bir plaka yerleştirilip, çatlakın diğer tarafına yerleştirilen elektronik bir mesafe ölçer ile gerilim çatlaklarının açıklığı belirli aralıklarda kayıt altına alınmıştır. Y mesafesindeki değişimler elektronik mesafe ölçer ile milimetrenin yüzde biri hassasiyetinde, X ve Z yönündeki değişimler ise milimetre altı hassasiyetinde belirlenmiştir. Bu ölçümlerde düşey eksenin zemine doğru tarafı pozitif diğer tarafı negatif alınmıştır. Ocak içerisine doğru olan yön Y olarak seçilmiş ve Y ekseninde de ocak içerisine doğru olan istikamet pozitif ocak dışına doğru olan istikamet ise negatif olarak seçilmiştir. Son olarak ocak içine paralel yön ise X olarak belirlenmiştir. Bu eksenlerde eksenin güney istikameti pozitif kuzey istikameti negatif olarak alınmıştır.



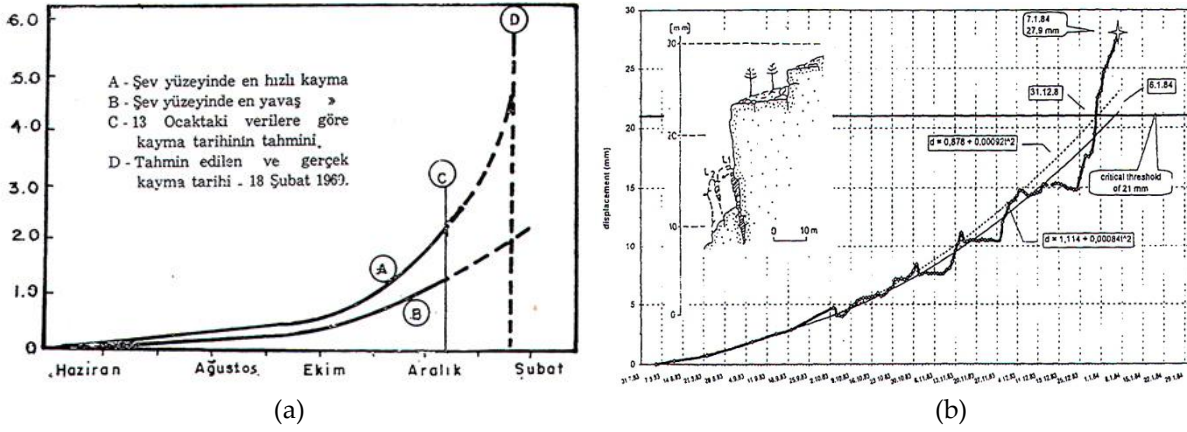
Şekil 2. Arazide oluşan gerilim çatlakları (*Tension cracks formed on the field*)



Şekil 3. Gerilim çatlaklarına oluşan hareketlerin izlenmesi için oluşturulan ölçüm düzeneği (düşey plaka ve elektronik ölçüm cihazının gerilim çatlaklarına göre pozisyonları)
(*Measurement system for monitoring movements on the tension cracks*)

MATEMATİKSEL MODEL (MATHEMATICAL MODEL)

Daha önce bu konuda yapılmış olan çalışmalarda deformasyon ile zaman arasında üstel bir ilişki olduğu (Şekil 4a) tespit edilmiştir (Kennedy ve Niermeyer, 1970). Aynı üstel ilişki Kuzey Bohemia'da uluslararası bir yol kenarında kumtaşında meydana gelen bir heyelanın zamana bağlı izlenmesi sonucunda (Şekil 4b) da görülmüş ve şev kayması 2 ay önceden tahmin edilmiştir (Zvelebil ve Moser, 2000). Elde edilen deformasyon verilerinin zamana bağlı ilişkisi incelendiğinde İlgin linyit ocağı şevlerinde de benzer bir eğilimin olduğu tespit edilmiş ve bu yayında bu yönde istatistiksel çalışmalar Şekil 3'te belirtilen ocak içine olan Y yönündeki deformasyonlar için zamana bağlı olarak yapılmıştır.



Şekil 4. (a) Şili'deki Chuquicamata bakır madeninde kaymanın tahmini için kullanılan şev yer değişiminin zamana göre değişimi (Kennedy vd., 1969, Kennedy ve Niermeyer, 1970) (*Change of slope movement versus time used for prediction of the landslide in Chile Chuquicamata copper mine*) (b) Kuzey Bohemia- Almanya'da kumtaşında meydana gelmiş bir yol kenarındaki heyelanın zamana bağlı deformasyon gelişimi (Zvelebil and Moser, 2000) (*Deformation evolution occurred versus time on a roadside of sandstone in Northern Bohemia*)

Elde edilen deformasyon verileri zamanın içerisinde katılacağı bir modelde değerlendirilmiştir. Bu model zamana bağlı olacak şekilde geliştirilmiştir. Eşitlik 1'de görüldüğü üzere deformasyon miktarı (mm) ile zaman üstel bir ifade şeklinde bir araya getirilmiştir.

$$U = e^t \quad (1)$$

Ancak yapılan lineer olmayan regresyona dayalı istatistiksel analizler sonucunda bu modelin yeterli olmadığı ve regresyon değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bazı parametreler eklenmesi ihtiyacı duyulmuş ve model Eşitlik 2'de görüldüğü üzere revize edilmiştir.

$$U = (a + e^{bt})t \quad (2)$$

Burada,

U: Deformasyon miktarı (mm)

t: Zaman (gün)

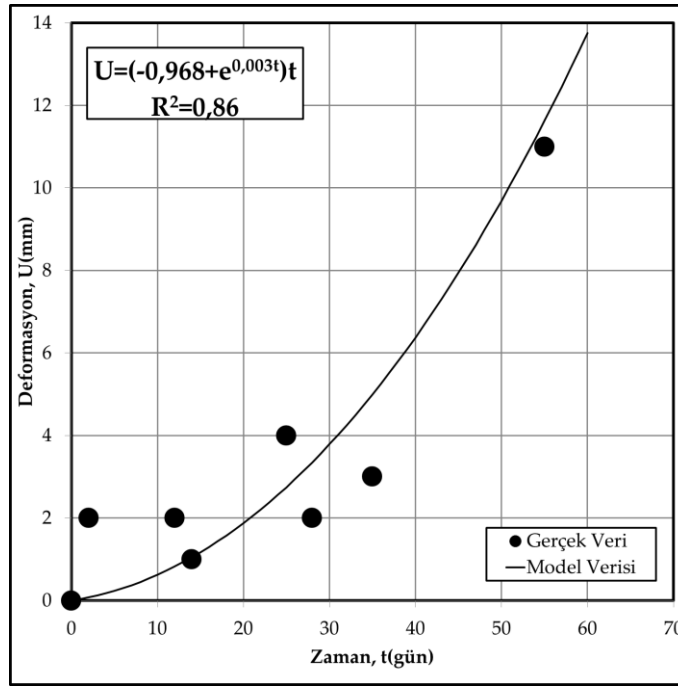
a ve b: Uygun istatistiksel parametrelerdir.

Şekil 5'te örnek olarak İstasyon 8'den elde edilen verilerin grafik üzerinde gösterimi ve deformasyon-zaman arasındaki ilişki verilmiştir. Bu örnekte görüldüğü üzere yapılan 55 günlük ölçümlerde Y yönünde oluşan deformasyon 11 mm olarak belirlenmiş ve yapılan 8 adet ölçümün modellenmesi sonucu Eşitlik 3 elde edilmiştir. Bu eşitliğin regresyon katsayısı 0,86 olarak

gerçekleşmiştir. Modelde zaman parametresi yerine konularak işleme tabi tutulduğunda ise deformasyon miktarı 11 mm olarak belirlenmiştir.

$$U=(-0,968+e^{0,003t})t \quad (3)$$

Buradan da görüleceği üzere 8 no'lu istasyondan elde edilen veriler modellendiğinde gerçeğe çok yakın deformasyon verilerine ulaşılmıştır. Tüm istasyonlardan elde edilen verilerin işleme tabi tutulmasının ardından Çizelge 1'de görülen eşitlikler ve regresyon katsayılarına ulaşılmıştır. Çizelge 1'den görüleceği üzere en yüksek doğruluk oranı 0,93 regresyon katsayısı ile İstasyon 1'de görülürken en düşük doğruluk oranı 0,40 regresyon katsayısı değeri ile İstasyon 4'de gerçekleşmiştir.



Şekil 5. İstasyon 8'den elde edilen zamana bağlı gerçek deformasyon ve model verilerinin karşılaştırılması (Comparison of actual and model data versus time obtained from Station 8)

Çizelge 1. Tüm istasyonlardan elde edilen deformasyon verilerinin zamana bağlı olarak oluşturulan fonksiyonları ve regresyon katsayıları (Functional presentation and regression coefficients of deformation data versus time obtained from all stations)

İstasyon No	Fonksiyon	Regresyon Katsayısı
1	$U=(-1,058+e^{0,005t})t$	0,93
2	$U=(-0,869+e^{0,0004t})t$	0,80
3	$U=(-0,655+e^{0,004t})t$	0,74
4	$U=(-1,033+e^{0,002t})t$	0,40
5	$U=(-0,852+e^{0,002t})t$	0,76
6	$U=(-0,960+e^{0,001t})t$	0,48
7	$U=(-1,107+e^{0,005t})t$	0,84
8	$U=(-0,968+e^{0,003t})t$	0,86
9	$U=(-0,798+e^{0,001t})t$	0,57
10	$U=(-0,958+e^{0,0002t})t$	0,80

Çizelge 1’de görülen fonksiyonlarda 55 gün olan nihai ölçüm zamanı yerine konulduğunda Çizelge 2’deki değerler elde edilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere modelden gerçek veriye çok yakın sonuçlara erişilmiştir. Bu yakınlığın istatistiksel doğruluk derecesi belirlendiğinde gerçek veriler ile model verileri arasında 0,99 regresyon katsayılı doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilerek Şekil 6’da görülen grafik oluşturulmuştur. Bu iki değer arasındaki doğrusal ilişki Eşitlik 4’de görülmektedir.

$$G = 1,0108M + 1,0158 \quad (4)$$

Burada;

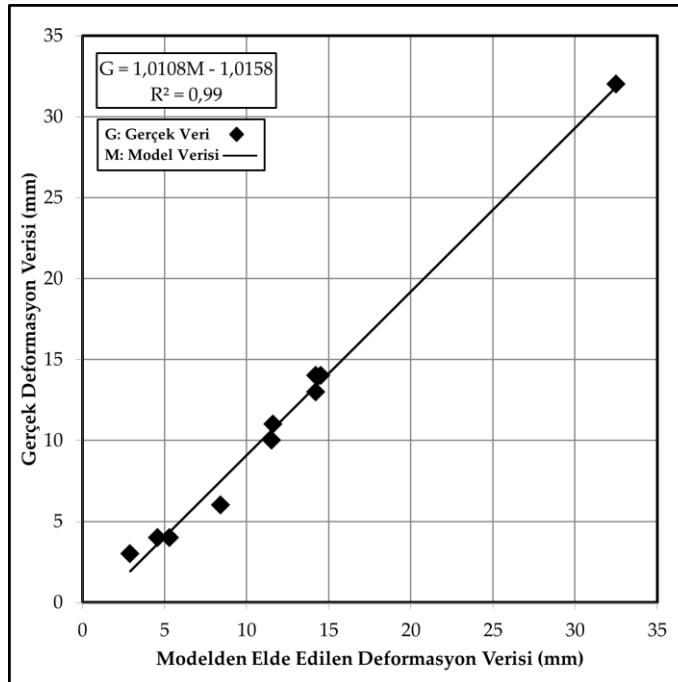
M: Model veri değeri (mm),

G: Gerçek veri değeridir (mm).

Çizelge 2. Arazide elde edilen deformasyon miktarları ile modelden elde edilen deformasyon miktarlarının karşılaştırılması (*Comparison of actual and model deformation amounts*)

İstasyon No	Gerçek Veri (mm)*	Model Verisi (mm)
1	13	14,22
2	6	8,42
3	32	32,51
4	4	4,58
5	14	14,53
6	4	5,31
7	10	11,52
8	11	11,63
9	14	14,22
10	3	2,92

* 55 gün sonunda



Şekil 6. Gerçek deformasyon verileri ile modelden elde edilen deformasyon verilerinin karşılaştırılması (*Comparison of actual deformation data with model data*)

SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada, elde edilen matematiksel modelde amaç bilinen veriler yani eldeki deformasyonlar kullanılarak elde olmayan deformasyon miktarlarına ulaşmak, bu sayede ileriki bir tarihte oluşabilecek deformasyon miktarını tayin edebilmektir. Bu kapsamda TKİ-GLİ İlgin linyit açık ocağında 55 gün boyunca arazide gerilim çatlakları üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Toplam 10 adet ölçüm istasyonu, arazide gözlenen gerilim çatlakları üzerine kurulmuştur. Bu çalışma sırasında mesafe ölçümleri, elektronik mesafe ölçer ile alınmıştır. Alınan veriler değerlendirilerek x, y ve z yönlerindeki toplam deformasyonlar bulunmuştur.

- X yönündeki en büyük deformasyon 79 mm olarak 3 no'lu istasyonda
- Y yönündeki en büyük deformasyon 86 mm olarak 3 no'lu istasyonda
- Z yönündeki en büyük deformasyon 59 mm olarak 3 no'lu istasyonda
- Üç yönün bileşke yönündeki en büyük deformasyon 130 mm olarak yine 3 no'lu istasyonda gerçekleşmiştir.

Elde edilen arazi verilerinden Y yönlü deformasyonların modellenmesi amacıyla

$$U=(a+e^{bt})t$$

modeli geliştirilmiş ve modelden elde edilen veri ile gerçek veriler karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucunda;

$$G = 1,0108M + 1,0158$$

bağıntısı elde edilmiştir. Bu bağıntının regresyon katsayısı da 0,99'dur. Deformasyon miktarında oluşacak artışların hız ve ivmesi gibi bazı parametreler göz önüne alınarak kritik hız ve ivme değerlerine yaklaşıldığında bir takım tedbirlerin alınması gerekebilecektir.

ÖNERİLER (RECOMMENDATIONS)

- Bu çalışma kapsamında ara mesafe yani y eksenini modellenmiş olup, x ve z eksenleri de bu şekilde bir modelde yer almalıdır.
- Deformasyon grafiklerinin yanında hız-zaman ve ivme zaman grafikleri de oluşturularak gerekli analizler yapılmalı hız ve ivmenin artışına bağlı olarak bir takım tedbirlerin alınması sağlanmalıdır.
- Modeldeki a ve b şeklinde verilen uyumlu parametrelerin kaynağı araştırılmalı ve yağış miktarı, tek eksenli basınç dayanımı gibi bazı parametreler ile ilgilerinin ne olabilecekleri konusunda çalışma yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Yazarlar, bu çalışmanın yapılmasında değerli katkılarını esirgemeyen TKİ-GLİ İlgin İşletmesi Açık Ocak Başmühendisi Seyit Kahveci ve Maden Mühendisleri Alper Pektaş, Atakan Cengiz Kurt, Emre Sağsöz, Enbiye Oğuzhan Altundaş ve Emre Şentürk'e teşekkür ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Çağlar, A.T., 1989, "Haremi Köy-İlgın (Konya) çevresinin jeolojisi ve linyit etütleri, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 42s., Konya
- Kulaksız, S., 2003, "Fenni Nezaretçilik ve İş Güvenliği Mühendisliği Eğitim Semineri", 28-30 Nisan 2003, ss. 217-229, Ankara.
- Kulaksız, S., 2012, "Madencilikte Çevre Yönetimi", ss. 47-48, Afyon.
- Kennedy, B.A., Niermeyer, K.E., Fahm, B.A., 1969, "A major slope failure at the Chuquicamata mine, Chile, Mining Engineering A.I.M.E., Cilt 12, Sayı 12, s. 60.
- Kennedy, B.A., Niermeyer, K.E., 1970, "Slope monitoring systems used in the prediction of a major slope failure at the Chuquicamata mine, Chile", Planning Open Pit Mines Symposium, pp. 215-225, Johannesburg.
- Özgenoglu, A., 2005, "Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi Analizi", Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, ss. 337-387, Ankara.
- Zvelebil J., Moser, M., 2001, "Monitoring Based Time-Prediction of Rock Falls: Three Case-Histories", Physics and Chemistry of the Earth (B), Cilt 26, Sayı 2, ss. 159-167.