

ALMAN KÖMÜR İŞLETMELERİNDE
ÇİFT-BİLEŞENLİ YAPAY-REÇİNE-ENJEKSİYON
UYGULAMALARI

*TWO COMPONENT RESIN GROUTING APPLICATIONS IN
GERMAN HARDCOAL MINING*

Ismail KOCAER*

ÖZET

Yapay reçine enjeksiyonu kömür madenciliğinde göçüklerin önlenmesinde, kaya kütesinin veya kömür tabakasının sağlamlaştırılmasında, kaya düşmelerinin önlenmesinde ve sızdırmazlığın sağlanmasında yaklaşık olarak 25 yıldır çok başarılı şekilde uygulanmaktadır. Mevcut olan değişik kimyasal katkıları sayesinde yapay reçinelerin özellikleri (örneğin, mekanik mukavemeti, donma zamam vb.) var olan sorunların türüne göre ayarlanabilmektedir.

Yeraltında kullanıldıkları alanlar şunlardır:

- Galeri açarken (lağım öncesi) tavanın sağlamlaştırılması
- Konverjans veya tabaka hareketlerini önleme
- Uzunayak içerisinde ve taban yollarında tavan tabakalarının duraylılığının sağlanması
- Su baskınlarını önleme

Yeraltı ocaklarında elde edilen bu deneyimler gittikçe genel inşaat sektörü ve tünelcilikte meydana gelen göçük ve su sızıntılarının önlemede de uygulanmaktadır.

ABSTRACT

Since 25 years, polyurethane resin grouting is used successfully in the coal mining industry for stabilizing coal and strata, preventing roof falls and spalling, and for sealing.

By employing a suitable chemical blend, the performance of the resin can be adjusted to the engineers' needs in respect of mechanical strength, setting time and other characteristics.

Fields of application in mining are as follows:

- stabilization of the roof in road drivage operations
- minimizing convergence and strata movements
- stabilization of the roof in longwalls and longwall entries
- sealing of water inrushes

This Know-How collected in hardcoal mining is more and more successfully transferred into applications in tunnelling and civil engineering.

(*) Maden Yük. Müh., CarboTech Berg- und Tunnelbausysteme GmbH, Essen/Almanya

1. GİRİŞ

Jeolojik sorunlardan dolayı kömür üretiminin ayaklarda azalması ve tamamı ile durması bir maden işletmesinin randımanlı çalışmasına olumsuz etki eder. Bu sorunların uzun sürmesi halinde işletmenin kapatılması da söz konusu olabilir. Alman yeraltı kömür işletmelerinde mevcut olan ayaklardan yaklaşık günde 2000 tonun üzerinde kömür çıkartılmaktadır.

Ayak içerisinde veya başlarında meydana gelen göçüklerden dolayı kazı makinasının (saban veya tamburlu kesici) durması halinde işletme her dakika yaklaşık olarak 1000 DM zarara uğramaktadır. Bu nedenle ayağı veya galeriyi bozuk zonlardan geçirirken amaç, üretimi veya ilerlemeyi aynı düzeyde tutmaktır.

Aynı amaçlar tünel kazısı için de geçerlidir. Sağlam olmayan, sıkışan, şişen, sulu zeminlerden veya jeolojik süreksizliklerin bulunduğu bölgelerden geçerken kaybedilen zaman, yapılan ek masraflar ve kazıyı zamamnda bitirememek büyük sorunlar yaratabilir.

Çift-bileşenli yapay reçine 1971'de o zaman ismi Bergbau Forschung GmbH olan ve şimdi DMT diye geçen bir araştırma kurumu tarafından kömür işletmelerindeki göçük olaylarını önlemek için geliştirilmiştir. Yapay reçine enjeksiyonu sayesinde çok ince çatlakları (<0.1 mm) birbirlerine rahatça yapıştırmak mümkün olmuştur.

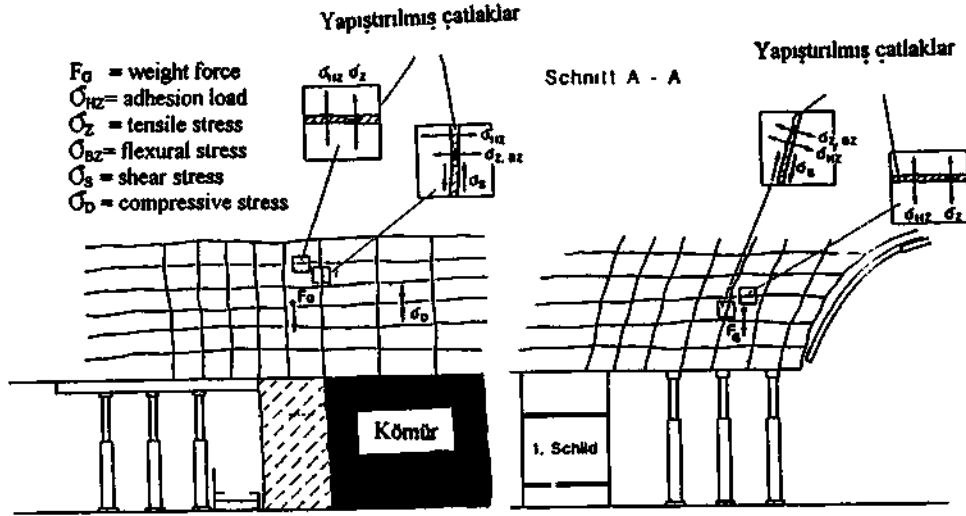
Şu anda Alman yeraltı kömür işletmelerinde suni reçine ile tabakaların ayak içerisinde veya başlarında enjeksiyon ile sağlamlaştırılması standart bir yöntem haline gelmiştir.

2. SUNİ REÇİNELERİN ÖZELLİKLERİ

2.1. Mukavemeti

Zayıf kayaçların enjeksiyon malzemeleri ile tekrar sağlamlaştırdıktan sonra, çatlaklarda değişik türde karışık gerilmeler oluşur. Kaya içerisinde hangi tür gerilmelerin meydana geldiği Şekil 1'de gösterilmiştir.

Kömür kazısı yapıldıktan sonra, damarın üzerinde tabaka hareketleri oluşur. Bunun birinci nedeni kazıdan sonra tahkimatın geç yapılması, diğeri ise tahkimatın ayak arım hareketlerini önleyememesidir. Buna göre, çatlaklar genelde kömür kazısı sırasında veya sonrasında çekme veya eğilme-çekme gerilmeleri meydana gelir. Basınçtan



Şekil 1. Yapıştırılmış çatlaklarda gerilmeler.

dolayı meydana gelen gerilmeler pek fazla rol oynamaz. Bu nedenle enjeksiyon malzemesinin yapıştırma veya kuvvet aktarma özelliğinin olması gerekir. Yukarıda sözü edilen özellikler yapay reçinelerde çimento bazlı enjeksiyon malzemelerine oranla daha yüksektir (Şekil 2).

| | Bevedol-N Bevedan | Bevedol-NK Bevedan | Bevedol-WF Bevedan | Bevedol-WT Bevedan | Carbothix H |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Kabarma Faktörü | 2,2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³) | 530 | 610 | 1150 | 1000 | 1100 |
| Basınç Dayanımı (N/mm ²) | 16 | 21 | 90 | 90 | 80 |
| Eğilme-Çekme Dayanımı (N/mm ²) | 15 | 18 | 50 | 50 | 70 |
| E-Modülü (N/mm ²) | 450 | 650 | 2500 | 2000 | 2500 |

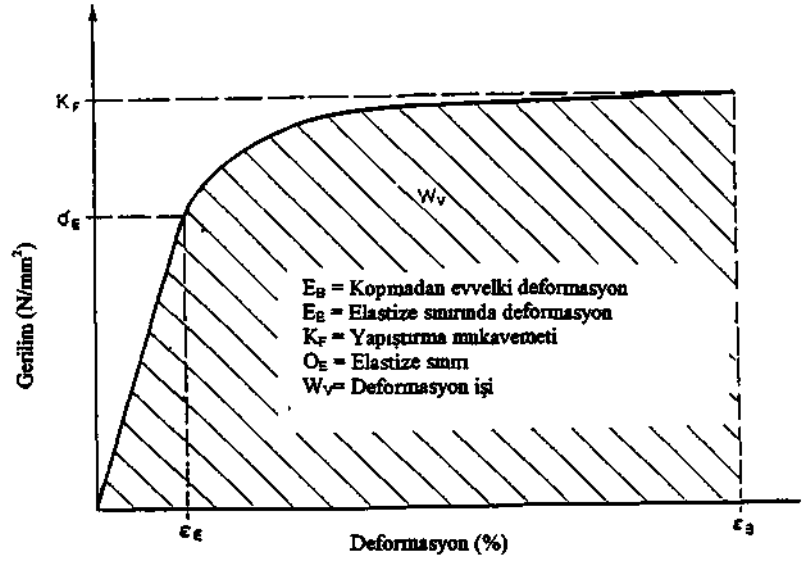
Şekil 2. Değişik suni reçineler üzerine veriler.

Piyasada mevcut yapay reçineler bu mukavemete yarım saat içerisinde rahatça erişebilmektedir. Eğer statik bir yükleme söz konusu ise, kömür kazı çalışmalarına başlamadan önce enjeksiyon malzemesinin en az 0,5 N/mm²lik bir yapıştırma mukavemetine erişmiş olması gerekir (1).

2.2. Kopmadan Uzaması

Yapay reçine ile sağlamlaştırılmış kayaç içerisindeki çatlaklar, yukarıda da belirttiğimiz gibi çoğunlukla çekme veya çekme-bükülme gerilmesi etkisi altındadır.

Kayaç içerisinde meydana gelen deformasyonları tamamen önlemek bir noktada imkansızdır. Önemli olan kazı çalışmaları sırasında ve tahkimat yerleştirilinceye kadar, göçüğe neden olabilecek aşırı tabaka hareketlerini önlemektir. Bu nedenle, enjeksiyon malzemesinin kazı çalışmaları bitinceye kadar, duraylılığı sağlaması gerekir. Malzeme uzasa bile kopmamalıdır. DMT kuruluşunun standartlarına göre, yeraltında kullanılan bir malzeme elastik deformasyondan sonra, kopmadan kalıcı bir deformasyon özelliği göstermelidir (Şekil 3). Bu özelliklerinden dolayı yapay reçineler deprem bölgelerinde yapıların taşıyıcı elmanlarında da kullanılmaktadır

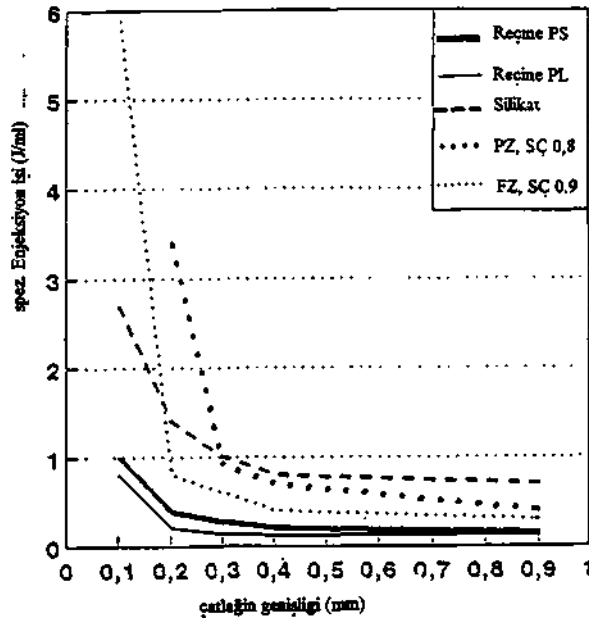


Şekil 3. Bir suni yapay reçine enjeksiyon malzemesinin Gerilme-Deformasyon Grafiği

2.3. Çatlaklara Girebilmesi

Yeraltında enjeksiyon yapılacak kayacın içerisindeki çatlakların yapısının belirlenmesi için değişik çalışmalar yapılmıştır. Taban yollarında yapılan araştırmalar sonucunda, çatlakların %50'sinden fazlasında çatlak genişliğinin 0,1 mm'den küçük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle taban yollarında veya ayak içerisinde kayacı sağlamlaştırma gerektiği zaman, enjeksiyon malzemesinin yıkanda belirtilen açıklıktaki çatlaklara girebilmesinin şart olduğu belirlenmiştir.

Yapay reçinelerin akışkanlığı diğer malzemelere oranla çok daha düşük olduğu için, çatlaklara daha kolay girer (Şekil 4). Bu sayede malzeme çatlak içerisinde geniş bir alana yayılır ve çatlağın sağında ve solundaki iki kaya parçasını daha etkin şekilde yapıştırır.



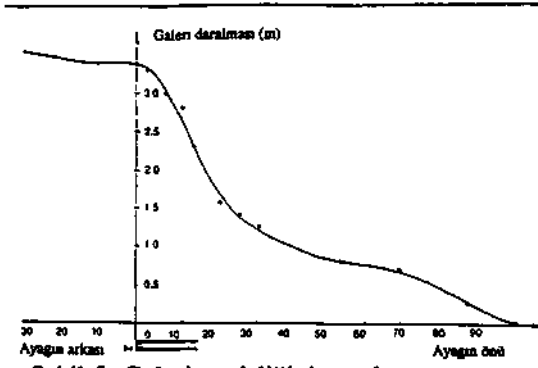
şekil 4. Değişik enjeksiyon malzemelerinde gerekli enjeksiyon iş gücü.

3. DEĞİŞİK UYGULAMALAR

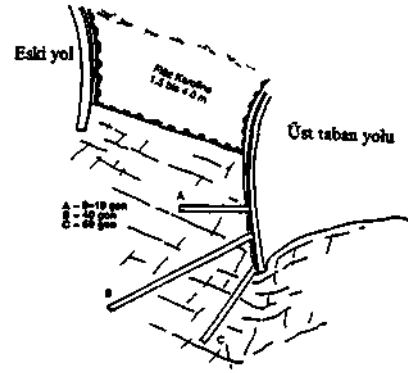
3.1. Galeri Daralmasını Önleme

Haus Aden taş kömürü işletmesinde yaklaşık olarak 1100 m. derinlikte bulunan bir panonun üst klavuzunun eski bir taban yoluna 1,5 ile 4,5 m. arasında değişen bir uzaklıkta açılması gerekmiştir (Şekil 6).

Kayacın zayıf nitelikte olması ve klavuz ile taban yolu arasında bulunan kömür topğununun kayaç içerisinde meydana getirdiği ek gerilmeler, ayağın önünde bulunan klavuzun genişliğini %55 azaltmıştır (Şekil 5). Bu nedenle, kazı yaparken veya ayak ilerlerken klavuz içine uzanan ayak konveyörünün başı sürekli olarak bağlara takılmış ve büyük sorunlar yaratmıştır. Bunun yam sıra ayak arkasında nakliyat çalışmaları da çok zorlaşmıştır (Şekil 7).



Şekil 5. Galeri genişliğinin azalması



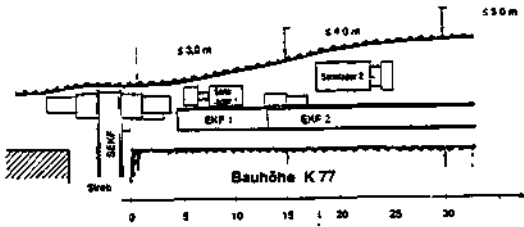
Şekil 6. Üst taban yolu

Yukarıda değinilen sorunları çözmek için, özel bir yapay reçine (Bevedol-S/Bevedan) ve enjeksiyon-ankrajları (IRMA) kullanılması kararlaştırılmıştır. Yapay reçinenin özelliği çok çabuk donması ve kısa zamanda en yüksek dayanıma erişmesidir. Üst klavuzda Şekil 5'de gösterildiği gibi her 1,4 metrede bir 5,5 m.'lik uzunluğa kadar varan delikler delinmiştir. Her delik içerisinde yapılan enjeksiyon miktarı aşağıda belirtilen miktarları aşmamıştır:

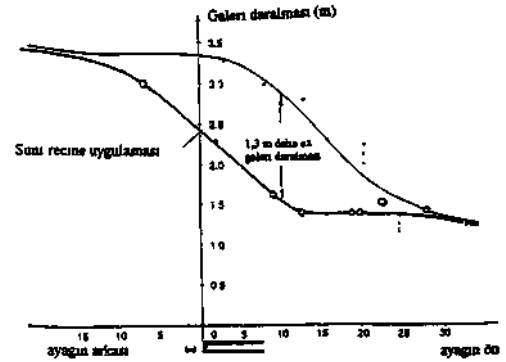
A-Sirasındaki delikler: max. 60 l/Delik

B-Sirasındaki delikler : max. 120 l /Delik

C-Sirasındaki delikler: max. 60 l/Delik



Şekil 7. Galerinin daralması

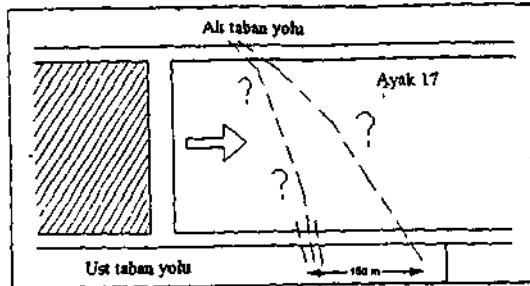


Şekil 8. Galerinin enjeksiyon yapmadan ve yapıldıktan sonraki genişliği

Yukarıda yapılan uygulamanın sonuçlarını belirlemek için, klavuz içerisinde, ayak gelmeden önce başlayarak ve geçtikten sonra da devam eden konverjans ölçümleri yapılmıştır. İlgili sonuçlar Şekil 8'de grafik halinde gösterilmiştir. Buna göre taban yolunun daralması yaklaşık 1 m. azalmış ve kazı çalışmaları rahat bir şekilde sürdürülmüştür. Bu sonuçlar reçine enjeksiyonu uygulamasının başarısını göstermektedir.

3.2. Bir Fayın Etrafının Sağlamlaştırılması

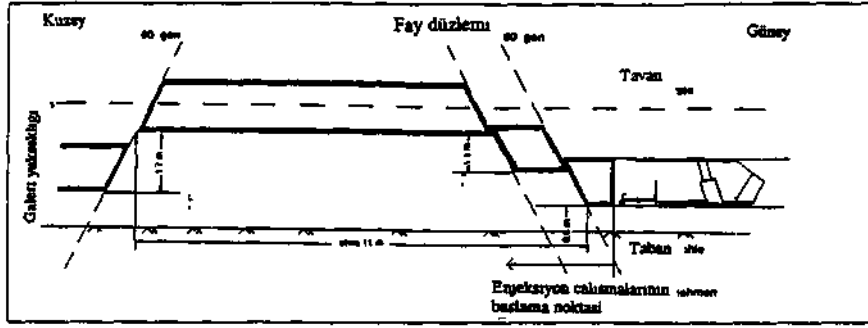
Sophia-Jacoba taş kömürü işletmesinde 17 numaralı uzunayağın üst taban yolundan başlayarak, ayağın içerisine uzanan ve daha sonra da alt taban yolundan çıkan bir fay belirlenmiştir (Şekil 9). Doğal olarak başlangıçta, fayın pano içerisindeki yapısı ve gidişi tesbit edilememiştir.



Şekil 9. 17 numaralı ayağın panosu

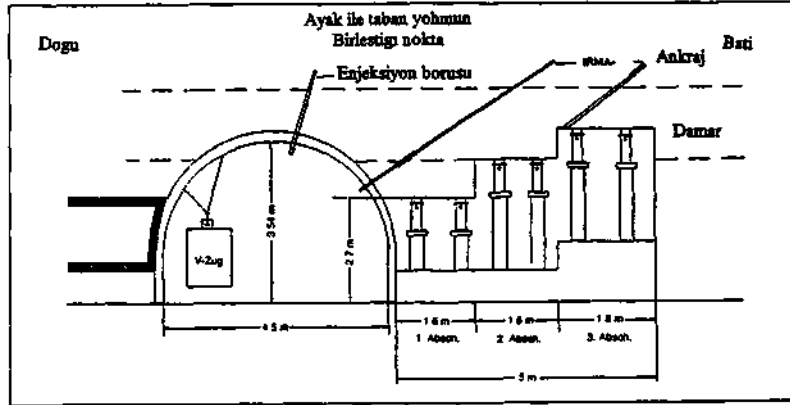
Bu ayağın uzunluğu 260 m. ve günlük ilerlemesi yaklaşık 6 metredir. Yapılan belirlemelere göre, eğer uzunayak fayın içerisinde meydana gelecek göçüklerden dolayı ilerleyemeseydi, panoda yaklaşık 70000 ton kömür rezervi yeraltında bırakılacaktı.

Fay ile karşılaşma ilk önce alt taban yolunda olmuştur. Şekil 10'da fayın alt taban yolundaki kesiti görülmektedir. Fayın varlığı önceden bilindiği için, ayak fay içerisinden geçmeden önce tavan tabakası, Şekil 11'de görüldüğü gibi, taban yolundan uygulanan enjeksiyon-ankrajların (IRMA) yardımı ile sağlamlaştırılmıştır. Burada da enjeksiyon malzemesi olarak Bevedol-S/Bevedan adında yapay bir reçine kullanılmıştır.



Şekil 10. Fayın alt taban yolunda kesiti.

Ayak 60 m. faya yaklaştıktan sonra enjeksiyon çalışmalarına başlanmıştır. Enjeksiyon delikleri ilk önce taban yolundan ve iki sıra halinde delinmiştir. Yapılan planlamaya göre, kısa deliklerin uzunluğu 1,5 m., uzun deliklerin uzunluğu 4 m., delikler arası mesafe ise 1,5 m. olarak alınmıştır. Daha sonra kazı yapılarak ayak tarafından kömür ve kayaç alınmış, yaklaşık 5 m. içeriye girilerek ve buradan tekrar delikler delinerek enjeksiyon yapılmıştır (Şekil 11). Enjeksiyon çalışmaları taban yolu içerisinde yaklaşık 11 m.'lik bir alanda uygulanmıştır. Delik başına 90-120 litre arasında değişen miktarda yapay reçine sıkılmıştır.



Şekil 11. Alt taban yolunda enjeksiyon çalışmaları.

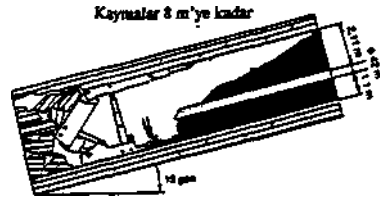
Uzunayak iki günde fay içerisinden hiçbir zorluk çıkmadan ve günlük sabit kömür üretimini tutturarak geçebilmiştir. Çalışılan yerde kaya kütlesi çok bozuk olmasına rağmen, yapay reçine ve ankrāj kullanarak göçüklerin meydana gelmesi önlenebilmiştir. Geçmişte yapay reçine enjeksiyonu yapılmadığı zaman yukarıda

belirtilen nitelikteki ayaklar genelde en az 1 hafta içerisinde geçirilebiliyor, bazı durumlarda ise üretim hiç mümkün olamıyordu. 17 numaralı uzunayakta, fay alttaban yolunu geçtikten sonra ayağın içerisine girmiş, burada da duraylılığı sağlamak için yapay reçine enjeksiyonu yapılmıştır.

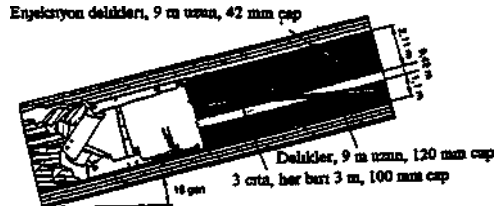
3.3. Yüksek Damarlarda Kömür Arınım Duraylılığı

Westfalen adlı kömür işletmesinde genelde kömür kazısı kalınlığı 2 ile 5 m. arasında değişmektedir. Bu ocakta 431 nolu ayağın arını kazı başladıktan sonra sürekli olarak 8 m. derinliğe kadar gevşemiş ve dökülmüştür (Şekil 12). Bu durum ayağın bazen günlerce durmasına neden olmuş, tamburlu kesici kazı yapamamış ve günde yaklaşık 5000 ton kömür kaybı meydana gelmiştir.

Yukarıdaki zorlukların ana nedenleri damar içerisinde ayağa paralel çatlakların oluşması ve damar eğiminin kazı yönünde yukarıya doğru 13,5 derece yükselmesidir. Bunun yanısıra damar içerisinde bulunan ara kesme ile damar arasındaki boşluklar da kömürün boşalmasına neden olmuştur.



Şekil 12. Ayağın içerisinde kömür parçalarının kayması



Şekil 13. Kömür cephesinin stabilize edildikten sonraki hali.

Bu zorlukların önlenmesi için kömür arını değişik bir yapay reçine enjeksiyon yöntemi ile sağlamlaştırılmıştır. İlk önce her 3 yürüyen tahkimatta bir 9 m. uzunluğunda, 120 mm çapında ara kesmeyi kesen bir delik delinmiştir (Şekil 13). Bu

deliklere her biri 3 m. olan 3 tane 100 mm çapında ağaç çıtalar (saplamalar) yerleştirilmiştir. Bundan sonra, bu deliklerin 1 m. yanından 9 m. uzunluğunda ve 42 mm çapında enjeksiyon delikleri delinmiş ve enjeksiyon yapılmıştır. Yapay reçine olarak geç donan Bevedol-NX/Bevedan kullanılmıştır. Kömür içerisinde bulunan çatlaklardan ortalama yayılan yapay reçine ağaç çıtaların olduğu deliklere girmiş ve bunları kömüre yapıştırmıştır (Şekil 13). Yukarıdaki uygulamalardan sonra kazı çalışmaları aksaksız devam etmiştir.

4. SONUÇ

Alman yeraltı ocaklarında çimento, silikat ve yapay reçine türü enjeksiyon malzemeleri tavan taşının ve kömür damarlarının sağlamlaştırılmasında kullanılmış ve elde edilen sonuçlar bilimsel olarak değerlendirilmiştir. Buna göre, yapay reçine uygulamasında başarı oranı yaklaşık %95, silikat bazlı malzemelerde %75 ve çimento bazlı malzemelerde ise %50'dir. Yapay reçinelerin ve silikat bazlı enjeksiyon malzemelerin birim fiyatları çimento bazlı enjeksiyon malzemelerine oranla çok yüksektir. Bunun için, öncelikle duraylılık sorunu yaratan nedenler ortadan kaldırılmalı, var olan sorunlar başlangıçta daha ekonomik tahkimat türleri veya enjeksiyon malzemeleri ile çözümlenmeye çalışılmalıdır. Bildiride anlatılan türdeki zorluklar ve sorunlar ile karşılaşıldığı takdirde ise pahalı fakat başarılı sonuçlar veren yapay reçineli enjeksiyon ve IRMA türü saplamalar kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Dr. Richter/Dr. Comely; Application and advantages of cement and polyurethane in mining and tunnelling, Proceeding of the Int. Conf. on grouting in rock and concrete/Salzburg/Austria/11-12 Oct. 1993.
2. Dr. Richter; Grundlagen zur Verminderung und Überwindung von Hangendausbrüchen in Schildstrecben, Diss. 15 Februar 1991, TU Clausthal.
3. Paukstadt und Böhm; Verfestigen des Abbaustoßes mit Polyureman und Zugstäben auf dem Bergwerk Westfalen, Glückauf 129 (1993) Nr. 3.
4. Gilenberg und Arnold; Verminderung der Stoßwanderung durch Ankern und Gebirgsinjektion auf dem Bergwerk Haus Aden, Bergbau 8/92.
5. Kocaer und Reith; Störungdurchörterung im Flöz Rauschenwerk, Bergbau 3/93.