

# AKICI BETONDAN İMAL EDİLECEK TABAN YOLU TAKVİYE SİSTEMİNİN EKONOMİKLİK ANALİZİ

Ergin ARIOĞLU\* Necdet BİÇER\*\*

## ÖZET

*Bu tebliğde, akıcı betondan imal edilecek taban yolu takviye sisteminin ekonomiklik analizi ayrıntılı olarak yapılmıştır. Söz konusu analize göre takviyenin birim maliyeti 5.300 (TL/m) bulunmuştur. Rijit takviyenin sağladığı kazançlar gözönüne alındığında, bu sistem ile klasik sistem (şes beş düzeninde yerleştirilen domuz damı) arasındaki maliyet farkı önemsiz olmaktadır.*

## SUMMARY

*In this paper the economic assessment of pump packing was fully made. According to the analysis unit cost of pump-packing was calculated to be 5300 (TL/m). Taking main advantages of pump-packing into account, cost difference between this system and wood chocks becomes practically unimportant.*

*The authors believe that the pump-packing can be justified owing to the elimination of losses of reserve in advancing system, heavy repair - maintenance work, air leakages.*

(\*) Dr. Maden Yuk. Müh. İTu

(\*\*) Maden Yük. Müh. İTu

## 1. GİRİŞ

Klasik takviye sistemleri (domuz damları, taş dolgu) yüzde yüz üretim felsefesine dayanan bugünün uzun ayak teknolojisinin isteklerini yerine getirmekten çok uzaktır, özellikle bu takviyelerim korunan taban yollarının servis ömürleri boyunca ancak ağır tamir+tarama masrafları ile açık tutunabilmeleri ve komşu panolar için tekrar kullanılmamaları söz üedilen sistemlerin en sakıncalı taraflarıdır. Ayrıca, ahşapın, endüstrinin diğer kesimlerinde çok daha rasyonel bir şekilde kullanılma imkanlarına sahip olduğu eklenirse, takviye sistemleri için yeni malzemelerin bulunma gereği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda kısaca değinilen sakıncaları büyük ölçüde ortadan kaldıran rijit takviyelerin\* uygulamaları son yıllarda önemli artışlar göstermiştir. Konu ile ilgili literatür yakından İncelendiğinde yeni takviye sistemlerinin uygulama sonuçlarının çok olumlu oldukları anlaşılmaktadır.

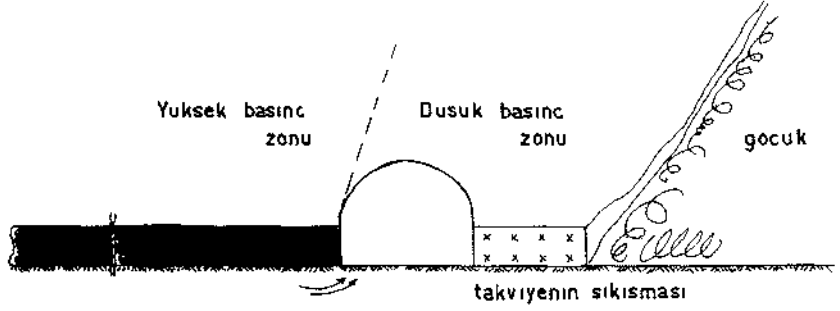
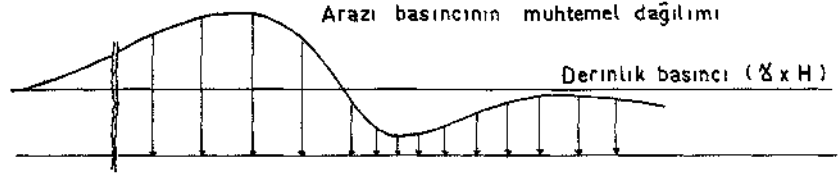
Bu çalışmada, akıcı betondan imal edilen takviye sisteminin ekonomikliği ayrıntılı olarak incelenmiştir. Objektif bir karşılaştırma yapabilmek gayesiyle hâlen uygulanan takviye sistemlerinin sakıncalı tarafları mümkün mertebe analitik bir şekilde ifade edilmeye çalışılmıştır. Bunun için Üzülmaz bölgesinin çeşitli taban yolları pilot yollar olarak alınmış, bu yollarda yapılan tamir+tarama işlemlerinin maliyetleri, ve havalandırma ölçümleri sonucunda da hava kaçakları saptanmıştır.

## 2. GENEL VE UYGUN TAKVİYE MALZEMESİNİN SEÇİMİ

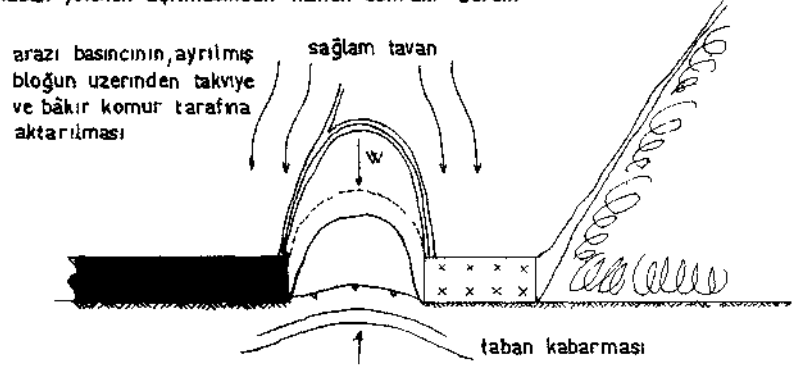
Göçertme metodu uygulanan bir uzun ayağın taban yollarının üretim boyunca oluşacak arazi hareketlerinden korunması özel bir takviye pratiğini gerektirir. Böyle bir pratiği zorunlu kılan nedenleri belirtmeden önce, bir taban yolunun *maruz* kalacağı arazi hareketlerinin genel karakterlerine kısaca değinmek burada yararlı olacaktır.

Şekil 1 'de bir taban yolunun açılımından hemen sonra gözlenen *durum* şematik olarak gösterilmiştir. Sözü edilen şekil yakından incelendiğinde başlıca üç önemli özellik farkedilebilir; birinci, bakir kömür üzerindeki yüksek basınç yığılmasının oluşturduğu kesme-kınlıma düzlemi, ikincisi taban formasyonuna transfer edilen bu basınç yığılmasının etkisiyle taban tabakalarının bakir kömürün hemen altından galeri açıklığına doğru deformasyon eğilimi (taban kabarması) göstermeleri ve en son özellikte, takviyenin zamanla göçük tarafına doğru sıkışmasıdır.

(\*) Su ile sertleşen malzemeden (Beton, Anhidrit, Sentetik Anhidrit) imal edilen takviyeler.










a Taban yolunun açılmasından hemen sonraki durum



b Ayağın ilettilmesinden sonraki taban yolu durumu

ışaret

-  bükür komur
-  kesme kırılma düzlemi
-  taban tabakalarının galeri içine doğru deformasyon eğilimi
-  tahkimat üzerine etki eden sağlam tavadan ayrılmış bloğun statik ağırlığı
-  taban yolunun başlangıçtaki faydalı kesit alanı
-  deformasyona tabi kalan tahkimat
-  taban yolu takviyesi

Sekil 1

Model ve yerinde gerçekleştirilen araştırmalar kesme-kırılma düzlemlerinin çok zayıf tavan formasyonlarında, kalın damar ve derin üretim çalışmalarında daha belirgin şekilde meydana geldiklerini göstermişlerdir. Eğer kömürün basınç direnci düşük ise, bakir kömür üzerindeki yüksek kenar basınç yığılması (2-4 7H\*) kömürün basınç direncini her zaman aşarak, kömür içinde kırılmış bir zon oluşturacaktır. Şiddetli kırılmaların olduğu hallerde, tahkimat üniteleri bu zonu yansa! zorlamalarından etkilenecek galeri açıklığına doğru önemli ölçüde deforme olur. Genellikle, bu tür deformasyonlar tahkimatın asimetrik bükülmesine yol açarlar.

Taban yolu takviyesinde uygun malzeme kullanmak suretiyle kuvvetlerin bakir kömür ile takviye arasında oldukça uniform bir tarzda dağılması sağlanabilir. Şöyle ki, eğer takviye çok rijit bir malzemedir (akıcı beton veya anhidrit) yapılırsa, böyle bir malzemenin fazla deformasyona maruz kalmadan büyük yük taşıma kapasitesine sahip olması, takviyenin daha fazla yük almasını temin edecektir. Başka bir deyişle bakir kömür üzerine etki eden basıncın bir kısmı takviye üzerine transfer edilerek, bu bölgedeki basınç yığılması büyük miktarda azaltılacaktır. Şüphesiz ki taban yolunun bakir kömür tarafında böyle bir ferahlanmanın yaratılması tahkimat ünitelerinde gözlenen asimetrik karakterdeki deformasyonlar! etkin bir şekilde önleyecektir. Ayrıca, taban formasyonuna aktarılan basınç azalacağından taban kabarması da normal şartlar altında kontrol edilebilecektir.

Şekil 1 b ise taban yolunun üretim faaliyeti boyunca maruz kalacağı arazi hareketlerini şematize etmektedir. Galeri etrafında etkiyen kuvvetler arasında statik bir denge tesis edilinceye kadar arazi hareketlerinin tahkimat sistemi üzerindeki tesiri aktif şekilde devam edecektir. Pratikte yapılan gözlemlerin sonucuna göre hareketlerin şiddeti, ayağın ilk 2 haftalık işletme periyodu arasında daha belirgindir, örneğin göçertme metodunun uygulandığı ve göçük tarafı klasik bir takviye ile korunan bir uzun ayağın taban yolunun nihai konverjansı damar kalınlığının %60-50 kadar olup, bu hareketin büyük bir kısmı ayağın ilk 10-15 günlük çalışması içinde oluşmaktadır. Arazi kontrolü yönünden üzerinde durulması gereken diğer ilginç bir durum da, tahkimat sistemi sadece kesme kuvvetlerinin neden olduğu domun statik ağırlığına maruzdur. (Şekil 1 - b de görüldüğü üzere, söz konusu dom çoğu kez ana tavan formasyonundan belirgin kesme-kırılma düzlemleriyle ayrılmıştır).

Bu sınırlı açıklamalardan derhal anlaşılacağı gibi etkin bir arazi kontrolünün sağlanması bakımından takviyenin galeri açıklığı boyunca çökmekte olan ta-

(\*) Derinlik basınç

(\*\*) Bakir kömür tarafında da aynı karakteristikte malzeme kullanarak yapılacak takviye, kuvvetlerin dağılımını daha da uniform hale getirir. Fakat böyle bir pratiğin pahalı bir çözüm olacağı açıktır.

van tabakalarına karşı oldukça erken gelişecek büyük bir direnç göstermesi gerekir. Diğer kelimelerle, malzeme üretim başlangıcından itibaren zamanla artacak basınç direncine sahip olmalıdır.

Yukarıda belirtilenlerin ışığı altında bir taban yolu takviyesini gerektiren ana nedenler şöyle özetlenebilir:

— Ayağın üretim faaliyeti boyunca oluşacak arazi hareketlerinin\* tahkimat üniteleri üzerindeki etkilerini minimuma indirmek,

— Bakir kömür üzerindeki yüksek basınç yığılmasını azaltarak, arazi basınç dağılımını taban yolu civarında restore etmek, (özellikle zayıf tavan ve kömür halinde bu durum çok önem kazanır).

— Takviye ile muntazam ve rijit bir göçük hattı teşkil ederek tavan tabakalarının, ayak hızı ile uygun bir harmoni içinde kırılmasını sağlamak,

— Panolar arasında bir topuk bırakılmayacak ise, başka bir deyimle bir önceki taban yolunu yeni panonun girişim etkilerinden korumak,

— Buraya kadar verilenler geniş anlamda arazi kontrolü ile ilişkindirler. Bazı durumlarda, örneğin ayak havalandırma verimini artırmak amacı ile taban yollarının yanları kompakt bir tarzda ramble edilirler. Aynı pratik, kendi kendine tutuşma eğilimi gösteren damarların ayaklarını, diğer bakir panolardan izole etmek bakımından da uygulanabilir.

Şimdi ne cins bir malzeme yukarıda belirtilenleri yerine getirebilir sorunu ortaya çıkmaktadır. Takviyenin ana görevleri tekrar gözönüne alınırsa, takviye yapımında kullanılacak malzemenin aşağıda sıralanan özelliklere sahip olması gerektiği kendiliğinden belirlenmektedir [1] [2] [3].

1. Malzeme, takviye üzerine etkiyecek arazi basıncını emniyetle taşıyacak basınç direncine sahip olmalı ve böyle bir karakteristiği ayağın üretim faaliyetine başlamasını müteakip hemen göstermesi, başka bir ifade ile malzemenin basınç direnci zamanla artmalıdır, özellikle, ilk iki hafta içinde taşıma gücü yüksek olmalıdır.

2. Yüksek arazi basıncı altında malzemenin yapacağı düşey deformasyon çok düşük mertebede olmalıdır. Başka bir deyişle, malzeme mükemmel rijit olmalıdır.

(\* ) özellikle tavan alçalmaları

3. Bu özellikleri içeren malzemedeki uygulaması basit ve ekonomik olmalıdır. Ayrıca, takviyenin uygulama hızı ile bir harmoni sağlamalıdır,

Tabii - 1 pratikte' nalen kullanılan çeşitli takviye malzemelerinin özelliklerini ayrıntılı olarak W nelen kullanılır [1] [3]. Tablo yakından incelendiğinde yukarıda sıralanan özellikleri t büyük ölçüde yerine getiren malzemenin su ile sertleşen malzemeler (Anhi^rtt, Akıcı beton) olduğu açıkça görülmektedir.

### 3, UYGUN TAKVİYE SİSTEMİNİN HAVZA ŞARTLARINDA UYGU LAMA ZORUNLULUKLARI

#### GENEL

Zonguldak havzasında uygulanan taban yolları takviye sistemleri klasik olup, gerek arazi hareketlerini kontrol etmek bakımından, gerekse havalandırma isteklerini yerine getirmek bakımından yeterli değildirlir. Bu durumun mümkün merteye analitik bir şekilde ortaya koymak amacı ile tahkimat sistemlerinin maruz kaldığı deformasyonların şiddetleri Üzülmaz bölgesinin çeşitli taban yollarında incelenmiş, bu yollarda yapılan tamir+tarama işlemlerindeki fiili işçilik ve malzeme tüketimleri yerinde takip edilerek tamir+tarama maliyeti hesaplanmış, ve debi ölçümleri sonucunda da hava kaçakları kafi yaklaşıklıkla saptanmıştır.


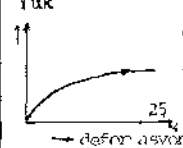

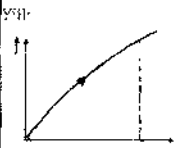
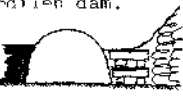



Bu bölümde, Üzülmaz bölgesinde gerçekleştirilen pratik araştırmanın neticeleri özlü bir şekilde belirtilecektir.

#### 3.2 DEFORMASYON YÖNÜNDEN

##### 3.2.1. Taban Yollarında Gözlenen Deformasyonlar

Konverjans ölçen aracın temin edilmemesi nedeniyle deformasyonların büyüklüğü yerinde yapılan gözlemler sonucunda saptanmaya çalışılmıştır. Fotoğraf 1.2.3.4 çeşitli taban yollarında gözlenen deformasyonların şiddetleri hakkında anlamlı fikirler vermektedir.

Fotoğraf 1 ayak tarafı tek sıra domuz damı+taş dolgudan oluşan takviye sistemi ile korunan bir taban yolunda rijit tahkimat sisteminde gözlenen deformasyonu göstermektedir, izleneceği gibi, tahkimat asimetrik tarzda deforme olmuş, neticede faydalı kesitin % 40 - 50' si gibi büyük bir kısmı kapanmıştır.

Malzeme	Direnç Özelliği	Deformasyon Özelliği	İşçilik ve uygulama hızı	Çeçirgenlik Özelliği	Maliyet
Ahşap 	Genel olarak maksimum yük taşıma kapasitesi büyük deformasyonlar sonucunda oluşur. (Erken yük taşıma kapasitesi yok)	Yük 	Fazla işçilik içerir. Uygulama hızı oldukça düşüktür.	Var.	Tam mekanize uygulamaları için pahalı sistem.
Ahşap, taş dolgu 	Taş dolgu nedeniyle yük taşıma kapasitesi daha yüksektir. Bu sistem de erken yük taşıma özelliğine sahip değildir.	Yük 	Fazla işçilik ve düşük inşaat hızı	Oldukça var. Dolgu kalitesi önem kazanır.	Maliyeti yüksektir.
Hafif beton, tel örgüden imal edilen dam. 	Yük taşıma gücü yüksek olup, küçük deformasyon ile başarıya ulaşmaktadır. Kısaca, erken yük taşıma özelliğine sahiptir.	Rijit Malzeme 	Domuz damı gibi	Var.	Pahalı sistem özellikle nakliyat masrafı yüksektir.
Su ile sertleşen malzeme (Anhidrit veya akıcı beton) 	Su/bağlayıcı madde miktarına göre basınç direnci değişir. İlk gün sonunda kazandığı basınç direnci (1080-1500 t/m <sup>2</sup> ) dir.	Rijit Malzeme 	Mekanize edildiği için az işçilik içerir. Uygulama hızı çok yüksektir (5-8 m/gün)	Mükemmel izole edici malzeme.	Diğer tür sistemlere oranla ucuz veya eşit maliyette

E. ARIÖGLÜ

Tablo - 1.



Fotoğraf 1

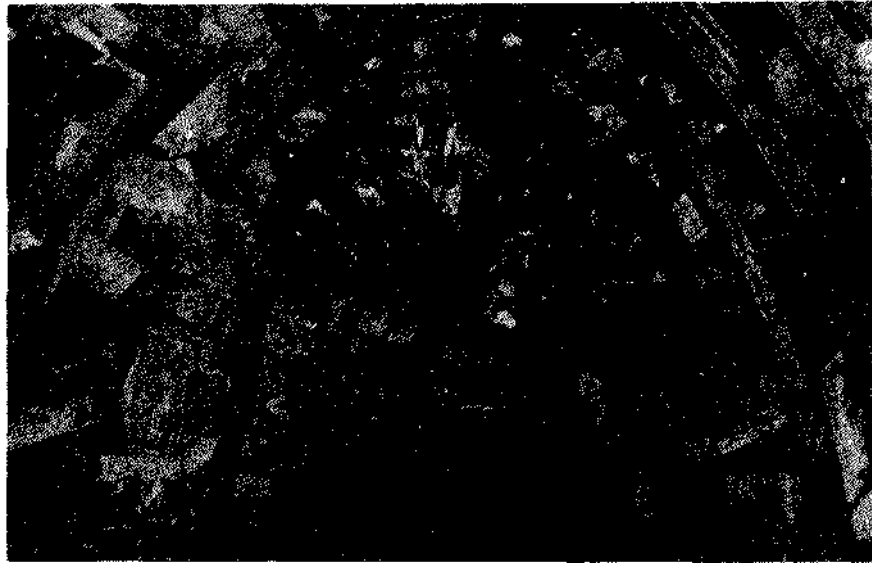
Fotoğraf 2 ise tahkimatların önemli ölçüde yansal deformasyona maruz kaldıklarını belirtmektedir. Söz konusu fotoğraf yakından incelendiğinde dik-kati çeken bir durum fark edilmektedir. Kahkimat üniteleri genellikle plan dışı etkileyen kuvvetlerin oluşturdukları burukma karakterindeki deformasyondan kendilerini oldukça koruyabilmişlerdir. Bu durum, tahkimatları birbirine bağlayan yan lataların az çok düzenli şekilde yapılmış olması ile açıklanabilir.

Fotoğraf 3 ve 4 Lui damarında sürülmüş bir taban yolunda gözlenen deformasyonların büyüklüğü ve etkisi hakkında bazı görünümlem vermektedirler, özellikle fotoğraf 4. deformasyonun tahkimat üzerindeki etkisini gayet açık olarak göstermesi bakımından önem taşımaktadır. Görüldüğü üzere, tahkimat sistemi birleşim yerinden ayrılmış, bu durumda tahkimat taşıyıcılık görevini yerine getiremediğinden tavan taşı göçmüştür. Tavan, "ok tahkimatı" olarak adlandırılan (Sarma+Çatal direk) takviyesiyle taşınmaktadır. Fotoğrafta bu takviyenin yetersiz olduğu açık şekilde görülmektedir. Sözü edilen taban yolunda faydalı kesitin % 40 mertebesinde kapandığı saptanmıştır.

Tahkimatın nominal deformasyonunun çok üzerinde oluşan bu tür deformasyonların yegane nedeni çökmekte olan tavan tabakalarına karşı gerekli erken-büyük direncin uygun bir takviye sistemi ile sağlanmamasıdır.

Daha önce de belirtildiği gibi domuz damı esas taşıma gücüne büyük defor-





Fotoğraf 2



Fotoğraf 3



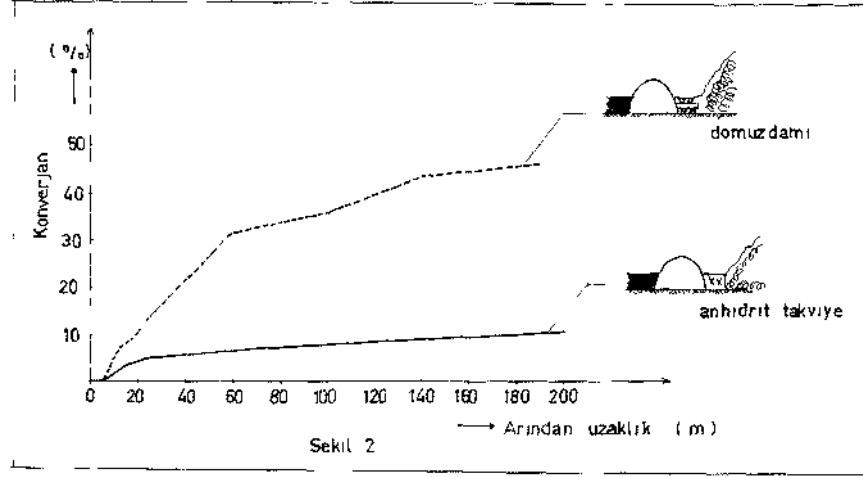
Fotoğraf 4

masyonlar sonucunda ulaşmaktadır. Başka bir deyişle domuz damı yüksekliğinin % 20 - 30 oranında deformasyon yaptıktan sonra tavan tabakalarının konverjansını etkin bir şekilde dengelemektedir. Doğaldır ki başlangıçta böyle bir deformasyonun tahkimat sistemi tarafından hissedilmesi yolun geometrik boyutlarında büyük çapta değişikliklere neden olacaktır.

Rijit takviyenin (anhidrit) tavan alçalması üzerindeki olumlu etkisi Şekil-2'de açıkça görülmektedir [4] [5], Domuz damının kullanılması halinde nihai konverjans % 45 mertebesinde iken aynı jeolojik ve işletme şartlarında anhidrit takviyesinde bu büyüklük % 10'un altında kalmıştır. Bu mertebedeki deformasyon tahkimat sisteminin nominal deformasyon kapasitesi içinde rahatlıkla karşılanabileceğinden, aynı taban yolu çok az bir tamir+tarama işlemiyle komşu panonun hava dönüş yolu olarak kullanılabilir. Bu ise sistemin en Önemli ekonomik yararadır.

### 3.2.2. Tamir+Tarama Maliyetinin Hesaplanması

Fotoğraf yardımıyla belirtilmeye çalışılan deformasyonların büyüklüğü taban yollarının geometrik boyutlarını ciddi Ölçülerde etkilemektedirler. Bu yüzden taban yolu servis ömrü boyunca ortalama 2 kere taranması gerekmektedir. Ağır deformasyon şartlarında tarama işlemi adeti 3 olmaktadır. Yolların defalarca taranmasına karşın, aynı yollar komşu panoların üretim faaliyetleri için tu-



Sekil 2

tu (anlamaktadırlar. Başka bir deyimle iki pano arasında topuk bırakılarak, ayrı bir yolun sürülmesi gerekmektedir. Uygulanan takviye sistemlerinin yetersiz olmasından kaynaklanan bu gereksime ihzarat masraflarını büyük çapta artırmaktadır.

Rijit takviye sisteminin ekonomik analizini yapabilmek amacıyla domuzdardı ile takviye edilen taban yollarına ait (tamir tarama) maliyetleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara esas olan ilgili büyüklükler (malzeme, işçilik) yerinde yapılan fiili değerlendirmeler sonucunda elde edilmiştir.




Birim uzunluk için (tamir+tarama) masrafları toplu halde tablo 3 ve 4'de özetlenmiştir. (Havzada tarama işleminde çeşitli takviye tahkimatları uygulandığından, maliyet hesabında tahkimat türünün etkisi ağırlıklı ortalama yöntemiyle gözönüne alınmıştır).

Tablo 2 ve 3'de hesaplanan değerlere göre toplam tarama maliyeti birim uzunluk için yaklaşık  $337 + 695 = 1032$ .- TL olmaktadır. Yukarıda da değinildiği gibi bir taban yolu servis Ömü boyunca ortalama 2 kere taranmaktadır. O halde (tamir+tarama) maliyeti 2064 TL/m'dir.

### 3.3 HAVA KAÇAKLARI YÖNÜNDEN

#### 3.3.1. Kaçak Debinin Saptanması

Muhtelif ayakların taban yollarında hız ölçümleri yapılarak, kaçak debinin mertebesi hakkında yaklaşık fikir elde edilmeye çalışılmıştır. Söz konusu ölçümlerin neticeleri ve hesaplanan debi değerleri kesit boyutları ile birlikte tablo - 4'

Tamir+Tarama Tahkimat cin.	Prensip Şeması	Tahkimat Elemanları	Boyutları		Miktar		(1) Tesir Uzun- luğu (m)	(2) Birim Hacim (m3/m)	(3) B1. Malz. Fi. (TL/m3)	Birim Maliyet (TL/m)	Toplam Mal zeme Masr. (1x2x3) (TL)
			Çap (cm)	Boy (cm)	Adet	m3					
Ok Tahkimatı		Sarma	20	300	2	0.314	10	0.0662	2000	132.40	1324.00
		Catal	20	185	6	0.348					
Çift Sarmalı Kilit		Sarma	20	500	12	1.884	30	0.1739	"	347.80	10.434.00
		Yan direk	20	185	36	2.091					
		Fırça	20	220	18	1.244					
Ağaç Bağ		Boyunduruk	20	220	17	1.174	13.6	0.2315	"	463.00	6296.80
		Yan direk	20	185	34	1.975					
$Maş.ort = \frac{\sum (1x2x3) \left( \frac{m^3}{m} \times \frac{TL}{m^3} \right)}{\sum 1 (m)} = (TL/m)$											18.054.80

$$Maş.ort = \frac{1324.00 + 10434.00 + 6296.80}{53.6} = 337 (TL/m)$$












Tablo - 2. Tamir+Tarama İşleminde Tüketilen Ahşap Malze-e Miktarı ve Maliyeti

(\*) Sadece tarama için yapılan ek tahkimat sistemi gösterilmiştir.

Tamir+Tarama Tahkimat Cinsi	İşçiliv Cinsi	Adet/1 Vardi.	1 Tahkimat ünitesi irin gerekli var-diya	1 Tahkimt Ünitesi için gerekli işçi-lik adedi	Ünite Adeti	Toplam İşçilik Adeti	Tesir •Uzunl.	Ortalama İşçilik	Toplam İşçi-lik <b>Masrafı</b> (TL)
Ok Tahkimat	Usta,Yedek	2	i	2	2	4	10	600	2400.00
2 Şamalı Kılıç	Usta,Yedek	2	2	4	6	24	30	600	14400.00
Aflaç Ba'ı	Usta,Yedek	2	1	2	17	34	13.6	600	20400.00
									37200.00

$$\frac{37200}{53.6} = 695 \text{ (TL/n)}$$

Tablo - 3. Tamir, Tarama İşleminde İşçilik ve Maliveti

OLÇME NOKTASI		1	2	3 (ayak ölçüsü)	HAVA KAYBI	
					1-3 (m)	$\frac{1-3}{1} \times 10^6$ (%)
TABAN ACILIK AYAK	Tahkimat Şekli					
	Istasyonlar arası uzaklık (m)	-	30	37		
	Kesit	3.57	3.65	3.73	0.31	20.26
	Hava hızı (m/sn)	0.43	0.37	0.33		
	Geçen hava miktarı (m <sup>3</sup> /s.)	1.53	1.35	1.22		
SULU AYAK	Tahkimat Şekli					
	Istasyonlar arası uzaklık (m)	-	45	115		
	Kesit (m <sup>2</sup> )	4.65	4.87	5.96	1.37	18.66
	Hava hızı (m/sn)	1.58	1.36	1.18		
	Geçen hava miktarı (m <sup>3</sup> /s.)	7.34	6.62	5.97		
HACİMETLİ AYAK	Tahkimat şekli					
	Istasyonlar arası uzaklık (m)	-	70	65		
	Kesit (m <sup>2</sup> )	4.23	4.34	4.54	1.03	37.45
	Hava hızı (m/sn)	0.65	0.50	0.37		
	Geçen hava miktarı (m <sup>3</sup> /s.)	2.75	2.17	1.72		
ESKİ ÇAY AYAK	Tahkimat şekli					
	Istasyonlar arası uzaklık (m)	-	-	-		
	Kesit (m <sup>2</sup> )	4.34	-	4.68	2.48	24.31
	Hava hızı (m/sn)	2.35	-	1.65		
	Geçen hava miktarı (m <sup>3</sup> /s.)	10.20	-	7.72		

Tablo 4- Muhtelif Taban yollarında Saptanan Kaçaj Hava Oeb Miktarları

Tane granulometrisi (mm)	02	1	3	7	15	25	İncelik modulu
İnce agregat kumu (%)	20	30	90	100	-	-	U0
Kırma tas	—	—	-	40	70	100	3,90
Karışım agregası (%)	78	19,5	36,1	63,1	81,7	100	2,925

Tablo 5. Agregat granulometrisi ile ilgili büyüklükler

şimiarı için önerilen granulometri limitleri [6] içinde kalmaktadır.

Karışımın basınç direnci 7 günlük küre\* tekabül etmektedir. Gerek malzemenin, gerekse diğer hususlardan (teorik kabullerin belirsizliği, sistemin uygulanması sırasında ortaya çıkan belirsizlikler) ileri gelebilecek belirsizlikleri gözönüne almak bakımından takviyenin boyutlandırılmasında emniyet katsayısı 1.5 olarak alınmıştır [7].

Pompalanabilir özellikte beton karışımına girecek malzeme miktarları hazırlanan genel bir dizayn nomogramı yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 4, [8].)

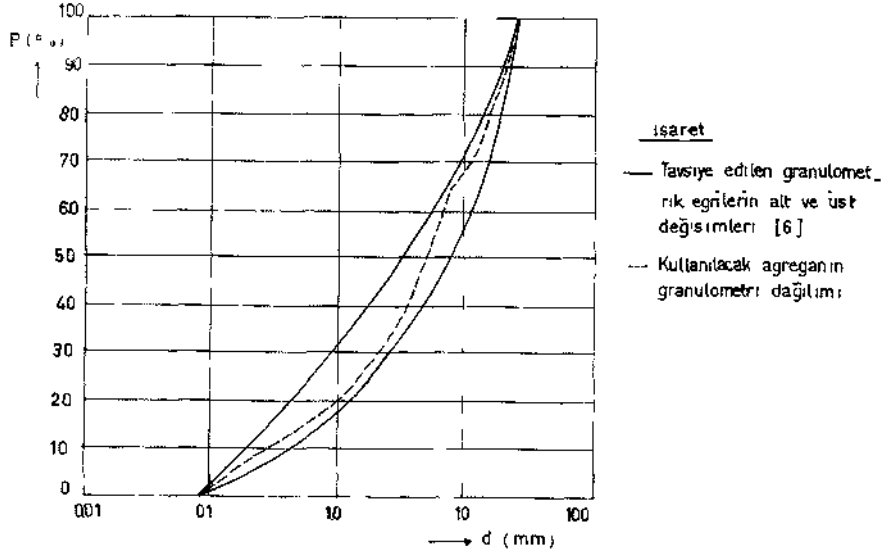
Beton Pompası:

Beton karışımı dolgu yerine çift etkili bir hidrolik pompa ile iletilecektir. Seçilen pompaya ait teknik karakteristikler tablo-6'da verilmiştir [9].

Tablo -6

Max hidrolik basınç (kg/cm <sup>2</sup> )	Motor gücü (HP)	Ortalama kapasite (m <sup>3</sup> /saat)	Boru Çapı (mm)	Maksimum yatay pompalama mesafesi (m)	Maksimum dikey pompalama mesafesi (m)
154	30	10	10	365	90

(\*) Şimdiye kadar yapılan gözlemlerin sonucuna göre, takviye üzerinde maksimum yüklenme yaklaşık bir hafta sonunda oluşmaktadır.



Sekil 3 Agreganın granulometrik eğrisi

#### İşçilik:

Takviye yapımında 2 - işçilik prevü edilmiş olup, görevleri aşağıda belirtilmiştir.

Görevi	Adet
Beton karışımçı ve pompa operatörü	1
Karışımçı yedeği	1
Borucu	1/2

### 4.3 SİSTEMİN EKONOMİKLİK ANALİZİ

#### 4.3.1. Sabit ve Değişken Masraflar

##### Amortisman Maliyetleri

Beton pompası	$\frac{536000 \text{ TL}}{5 \text{ sene} \times 330 \text{ gün/sene}}$	= 325 TL/gün
Boru*	$\frac{230000}{4 \times 330}$	174 TL/gün

(\*) 300 m'lik boru uzunluğu esas alınmıştır



### Yatırımın Faiz Maliyeti\*\*

$$\text{Beton pompası} = \frac{536000 \times 6}{2 \times 5 \times 330} \times 0.20 = 195 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Boru} = \frac{230000 \times 5}{2 \times 4 \times 330} \times 0.20 = 87 \text{ TL/gün}$$

### Bakım + Tamir

$$(\text{Pompa} + \text{Boru}) \dots \dots \dots (325+174)\text{TL/gün} \times 0.50 = 250 \text{ TL/gün}$$

### Tesisi Kurma Maliyeti

$$\text{Pompa} \dots \dots \dots 325 \text{ TL/gün} \cdot 0.05 = 16 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Toplam Sabit Masraf} \dots \dots \dots 1047 \text{ TL/gün}$$

### 4.3.2. İşçilik Maliyeti

$$\text{İşçilik} \dots \dots \dots 1 \times 600 \text{ TL/işçi} = 1500 \text{ TL/gün}$$

### 4.3.3. Malzeme Maliyeti

Projede alınan ortalama geometrik verilere (Derinlik H=400 m, takviye genişliği a= 1.25 m) göre, karışıma girecek malzeme miktarları Şekil 4'ten.

$$\text{Çimento} \dots \dots \dots W_{\text{ç}} = 340 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Su} \dots \dots \dots \text{orani} \dots \dots \dots a = 0.55$$

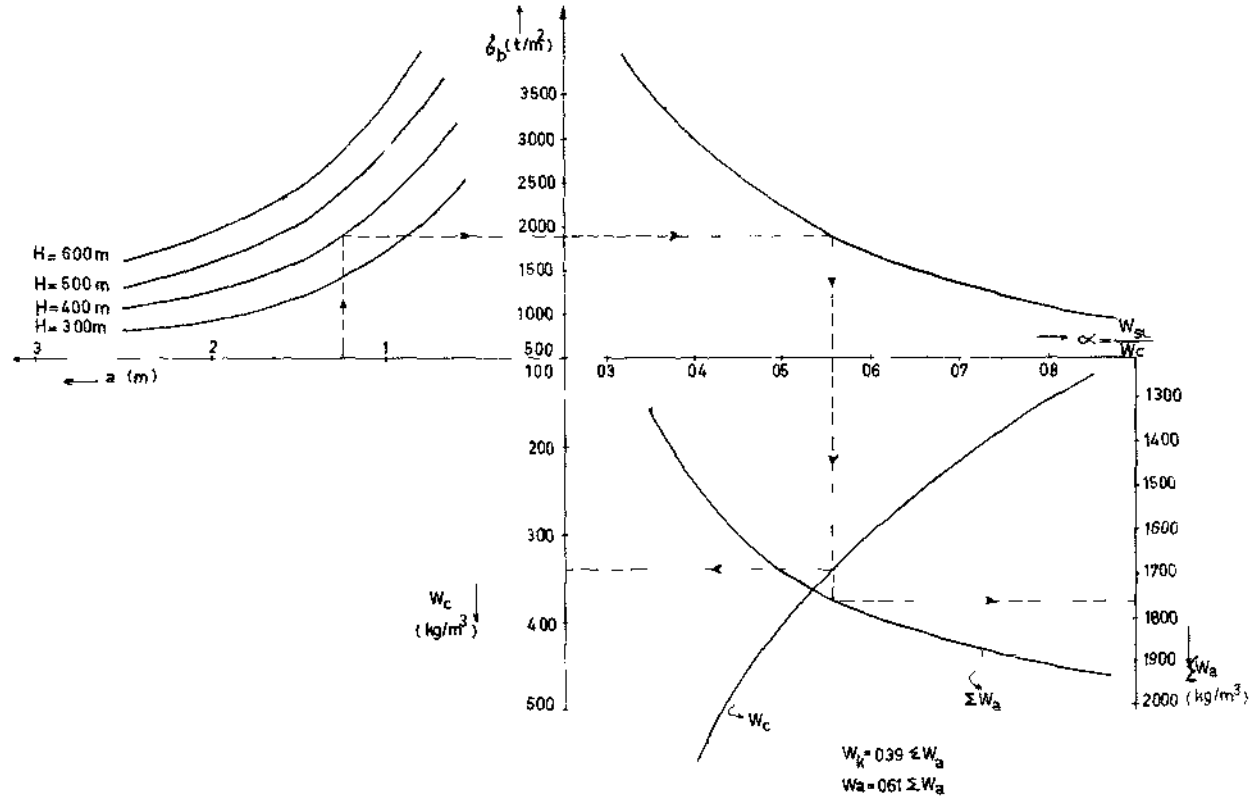
Çimento

$$\text{Su} \dots \dots \dots W_s = 0.55 \times 340 = 187 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Toplam agrega} \dots \dots \dots ZW_a = 1750 \text{ kg/m}^3$$

(\*\*) Ortalama faiz maliyeti  $\frac{A \cdot i \cdot (1+i)^n}{2n}$  formülünden hesaplanmıştır. Burada

- A . . . . . Yatırım miktarı
- B . . . . . Amortisman süresi
- i . . . . . Faiz oranı



Sekil U Akıcı beton takviyesinin boyutlandırılması ve karışım hesabı için genel dizayn nomogramı

E ARIOGLU

$$\text{Kum (0.2 mm - 7 mm)} \dots W_k = 0.39 \times 1750 = 682.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{İri agrega (7 mm - 25 mm)} \quad W_a = 0.52 ; 1750=1067.5 \text{ kg/m}^3$$

olarak elde edilirler.

Yukarıdaki malzeme girdilerine göre maliyet

$$\text{Çimento} \dots \dots \dots 340 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Çimento} \dots \dots \dots 340 \text{ kg/m}^3 \times 1.02 \text{ TL/kg} = 347 \text{ TL/m}^3$$

$$\text{Kum} \dots \dots \dots 68.5 \text{ kg/m}^3 \times 0.38 \text{ kg/m}^3 = 260 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kırmataşı (iri agrega)} \dots \dots 1067.5 \text{ kg/m}^3 \times 0.44 \text{ kg/m}^3 = 470 \text{ TL/m}^3$$

$$\text{Toplam} \dots \dots \dots = 1077 \text{ TL/m}^3 \text{ 'dir.}$$

$$\text{Takviye hacmi} \dots \dots \dots 2 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 1.20 \text{ m/gün} = 3 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

(Damar kalınlığı 2 m kabul edilmiştir).

$$3 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 1077 \text{ TL/m}^3 = 3231 \text{ TL/gün}$$

#### 4.3.4. Toplam Maliyet

Akıcı betondan imal edilecek takviyenin toplam maliyeti

$$\text{Sabit Masraflar} \dots \dots \dots 1047 \text{ TL/gün}$$

$$\text{İşçilik masrafları} \dots \dots \dots 1500 \text{ "}$$

$$\text{Malzeme} \dots \dots \dots 3231 \text{ "}$$

$$5778 \text{ "}$$

$$\text{Beklenmeyen diğer masraflar (\% 10)} \dots \dots \dots 578$$

$$6356 \text{ TL/gün}$$

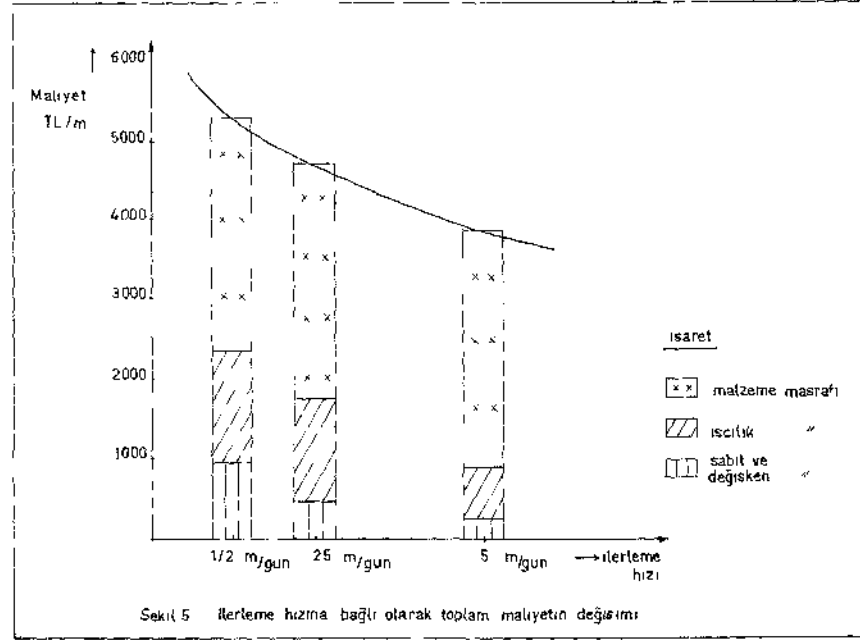
bulunur. 1 metre için toplam maliyet

$$\frac{6356 \text{ TL/gün}}{1.2 \text{ m/gün}} = 5300 \text{ TL/m}$$

olarak hesaplanır.

Takviyenin ilerleme hızına bağlı olarak toplam maliyetin değişimini ince-

lemek ilginç olacaktır. Şekil 5'de çeşitli ilerleme hızları için toplam maliyetin değişimi verilmiştir. Derhal görülebileceği üzere, artan ilerleme hızı ile sabit ve işçilik masrafları azalacağından, toplam maliyette önemli miktarda azalma elde edilmektedir.



#### 4.3.5. Teklif Edilen Yeni Sistemle Halen Uygulanmakta Olan Takviye Sistemlerinin Ekonomik Yönünden Karşılaştırılması

Bu karşılaştırmanın yapılması amacı ile halen uygulanmakta olan klasik takviye sistemlerinin toplam maliyetleri (malzeme + işçilik) birim uzunluk için hesaplanmıştır. Maliyet hesaplamalarının ayrıntılı dökümü tablo-7'de toplanmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi klasik takviye sistemleriyle korunan taban yolları servis ömürleri boyunca yaklaşık 2 kere tarama gerektirmektedirler. Ve bu taramanın yol açtığı ilave masraf 2064 TL/m mertebesindedir. (Eğer aynı taban yolu rijit takviye ile korunmuş olsa idi, bu yol çok az bir (tamir+tarama) gerektirecekti. Bu masraf pratik bakımdan ihmal edilebilecek büyüklükte olduğundan karşılaştırmada gözönüne alınmamıştır).

Söz konusu edilen bölgede halen yaygın olarak uygulanan takviye sistemleri ile

KATEGORI	JENIS	KANTON	KAWASAN					KAWASAN				TOTAL		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1. LAYANAN	KAWASAN	KAWASAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
2. LAYANAN	KAWASAN	KAWASAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
3. LAYANAN	KAWASAN	KAWASAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
4. LAYANAN	KAWASAN	KAWASAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
			120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

10 - Mubtela f takwira sistemactine dit malzeme m jendalik malweldert

teklif edilen sistemin ekonomik karşılaştırılması tablo-8'de yapılmıştır. Tablo yakından incelendiğinde, aşağıdaki pratik sonuçlara varmak mümkündür.

Takviye Sistemi	Maliyeti (1) TL/m	(Tamir+ Tarama) (2) (TL/m)	Toplam Maliyet (1+2) TL/m	Fark (TL/m) (II-I) (111 -1)	Fark* (TL/m) (II-I) (HI-I)	Fark** (TL/m) (II-I) (III-I)
Akıcı Beton (0)	5300	-	5300			
Tek sıra domuz-damı+taş dolgu (II)	1350	2064	3414	-1886	-1152	-976
Şeşbeş sıra domuz damı (m)	2450	2064	4514	-786	-52	+124

Tablo - 8 Maliyetlerin Karşılaştırılması

Notlar: \* Tesis kendisini geri ödedikten sonra, akıcı betonun maliyeti sadece tamir+bakım „ malzeme ve işçilik masraflarından oluşacaktır. Bu durumda, birim uzunluk için maliyet 4566 TL olmaktadır.

\*\* Beton karışımında çimento tüketimini azaltmak için bağlayıcı özelliğe sahip uçucu kül belirli miktarda kullanılabilir [10]. % 15 uçucu küllü beton karışımı uygun olup maliyeti 1013 TL/m 'dür. Uçucu küllü akıcı betondan imal edilecek takviyenin toplam maliyeti 5120 TL/m olarak hesaplanmıştır. Tesis kendisini geri ödemesi durumunda, takviye 4390 TL/m'ye mal olmaktadır.

Teklif edilen sistem tek sıra domuzdamı takviyesine nazaran 1886 [TL/m] daha pahalıdır. Projenin kendisini geri ödeme durumunda\*, maliyetler arasındaki fark 1152 [TL/m] olmaktadır. Uçucu küllü betonun kullanılma alternatifinde de söz konusu fark 976 [TL/m] mertebesinde kalmaktadır. Görülüyor ki sadece (tamir+tarama) maliyetleri gözönüne alınarak yapılan karşılaştırma sonucunda, rijit takviye sistemi ekonomik gözükmemektedir. Fakat, şu husus unutulmamalıdır ki bu karşılaştırmada taban yolları arasında bırakılan, daha sonra üretimleri (İllerle-

timleri çalışma halinde) yapılamayan topukların *oluşturduğu çok* önemli kayıplar gözönünde tutulmamıştır. Şüphesiz ki bu kayıpların parasal değerlendirmesi yapıldığı taktirde sistemin ekonomikliği belirgindir.

Teklif edilen sistem şaş beş düzeninde yerleştirilen domuzdamı ile maliyet yönünden karşılaştırılabilir. Hatta, uçucu küllü beton kullanımı halinde, söz konusu sistemin 124 (TL/m)'iik bir farkla klasik takviye sistemine kıyasla daha ucuz olduğu söylenebilir.

Sistemler arasında daha objektif bir karşılaştırma yapılabilmesi bakımından yukarıda belirtilenlere ek olarak, iki ayrı hususun gözönüne alınması gerekir. Birinci husus ahşapın birim maliyetidir. Bu değer analizde 2000 TL/m<sup>3</sup> alınmıştır. Bu fiyatla ahşapın ierki yıllar için havzada kullanılma imkanını düşünmek bir hayli iyimserlik olacaktır. Bilindiği gibi Orman İşletme Müdürlüğü ile TKİ arasındaki anlaşma esaslarına göre işlem gören ahşapın birim fiyatı bugünün ticari fiyatının çok altındadır. Diğer bir deyimle kabul edilen birim fiyatı gerçek değeri aksettirmemektedir. Bu nedenledir ki Orman İşletme Müdürlüğü şimdiden satış politikalarını değiştirmek zorunluluğunu hissetmeğe başlamıştır [13]. İkinci husus da ahşapın malzeme olarak rasyonel bir şekilde kullanılmamasıdır. Orman ürünleri bakımından çok sınırlı imkanlara sahip olan memleketimizde, ahşap malzemenin yeraltında göçüğe terk edilmesi dikkati çeken niteliktedir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada ele alınan konulardan çıkartılan belli başlı sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Su ile sertleşen malzemelerden yapılan taban yolu takviyeleri aşağıda sıralanan faydaları sağlayacaktır.

- Çökmekte olan tavan tabakal arına karşı erken ve büyük direncin oluşması sonucunda tavan konverjansı önemli ölçüde azalacaktır. Bu nedenle, aynı taban yolu komşu pano üretiminde hava dönüş yolu olarak kullanılabilir.

- Hava kaçakları büyük oranda azalacağından, ayak içi havalandırması daha etkin olacaktır.

(\*) Rijit takviye ile korunan yol rahatlıkla ikinci defa kullanılabilir. (11, 12). Bu durumda bir B8 kesitli taban yolunun ortalama 5000 TL/m'ye açıldığı kabul edilirse, 300 metrelik taban yolu için yapılacak yatırımın miktarı 300 m x 5000 TL/m = 1500.000 TL olacaktır. Rijit takviye sistemi için yapılan ilk yatırım ise 792.800.—TL.dir. O halde projenin geri ödeme süresi

$$= \frac{792.800}{1500.000} = 0.53 \text{ 'dur.}$$

- Takviyenin ilerleme hızı ayarlanabileceğinden, her türlü şartlar altında takviye yapımı arın ilerleme hızını yakından takip edebilecektir.

Bu avantaj gerek arazi kontrolünün etkinliği bakımından, gerekse üretim ekonomisi bakımından önemlidir.

2. Üzülmez bölgesinde gerçekleştirilen sınırlı gözlemler taban yollarının ciddi boyutlarda hasara maruz kaldıklarını ortaya koymuştur. Gözlenen kesit daralmaların ortalaması orijinal kesitin % 30'u olarak saptanmıştır.

3. Hava ölçümleri sonucunda hesaplanan kaçak debi, giriş debisinin % 20 - 35'i kadardır.

4. Pompalanabilir özellikte hazırlanacak beton karışımı için bir dizayn abakı verilmiştir (Şekil 4). Bu abak yardımıyla verilen üretim derinliği ve takviye genişliği için karışıma girecek malzeme miktarları kafi yaklaşıklıkla takdir edilebilir.

5. Akıcı betondan imal edilecek takviyenin birim maliyeti 5.300 (TL/m) hesaplanmıştır. Proje kendisini geri ödediği durumda, bu değer yaklaşık olarak 4.566 (TL/m) olmaktadır. Tamir+tarama masrafları gözönüne alındığında, teklif edilen sistemin maliyeti şaş beş düzeninde uygulanan domuz damının maliyetine yaklaşmaktadır. Başka bir deyişle sözüedilen sistemlerin arasındaki maliyet farkı önemsizdir. % 15 uçucu küllü beton karışımının kullanılması halinde, teklif edilen sistem yaklaşık 120 (TL/m'lik) bir kazanç sağlayabilecektir.

## REFERANSLAR

- (1) DUNHAM, R.K.  
ARIOĞLU, E. "Su ile sertleşen Ramble Duvarlarının Tatbikatı, Madencilik Dergisi, Maden Mühendisleri Odası Yayın Organı, C.H. XV. Sayı 6 (1975).
- (2) ARIOĞLU, E. "Maden Galerilerinin Takviyesi İçin İnşa Edilen Ramble Duvarlarının imalinde Kullanılan Anhydrite Karışımlarının Teknik özellikleri, İTu Dergisi, C.H 33, Sayı 5 (1975)
- (3) ARIOĞLU, E. "Galeri - Ramble Takviye Tekniğinde Yeni Gelişmeler, İTu Maden Fakültesi Linyit Semineri, (Ekim - 1976).
- (4) ADAM, G.J.  
BRAİDFORD, W.  
DUDLEY, W.R. "Stability of Access Tunnels To Coal Mine Excavation, Rock Engineering, Newcastle Upon Tyne, England, (1977).
- (5) ARIOĞLU, E.  
DUDLEY, W.R. "Investigation Into Physical Properties of Anhydrite/Accelerator Mixtures For Use As a Gateside Packing Medium, Report For National Coal Board, (1975).



- (6) - "Manual of Conctere Practice, Pumping Concrete Section (Chapter-9), American Concrete Institute, (1978).
- (7) ARIÖĐLU.E. "Su ile sertleşen malzemeden yapılan Ramble Duvarının Genişliğinin Statik Modelle Hesaplanması, Madencilik, C.H. XIV, Sayı 5, (1975).
- (8) BİRÖN.C.  
ARIÖĐLU, E. "Madenlerde Tahkimat işleri (Hazırlanmakta olan Telif Kitap).
- (9) - "Teknik Broşür, Charroid Limited, England, (1977).
- (10) BİRÖN, C.  
ARIÖĐLU.E. "Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi Betonarme Suni Tavanlı İşletme Projesi Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Projesi No. MAG: 240, (1971).
- (11) BREER.W. "Gateroad Support Problems In the west German Coal Mining Industry, 5th International Strate Control Conference London (1972).
- (12) LENGE, G.  
RAUSS, B.  
GARTE, R. "Experience with Side Packs Built As Stoppings with Rapidly Setting Materials, Glue Konf. 107, 482 - 88, (1971).
- (13) BOZKURT, Y. "Şahsi Görüşme, İÜ Orman Fakültesi (1978).