

ADESE TIPİ CEVHER YATAKLARI İÇİN AHŞAP SUNİ TAVANLI RAMBLELİ DESANDAN YENİ BİR İŞLETME SİSTEMİ

Cemal BİRÖN*

özet

Adese tipi cevher yataklarının yukarı doğru (ascendant, overhand) rambeli dilimler "tavan kaldırılması" sistemi ile çalışılması memleketimizde alışılmış bir işletme sistemidir. Bu sistemde üst seviyelere çıkıldıkça, cevher yatağı ana kitleden ayrılmakta ve tahkimat üzerine yüklenerek ağır tahkimat masrafı tevliid etmektedir. Bundan başka, tavadan taş düşmeleri, göçükler hasebiyle ocak emniyeti azalmakta, yangına müsait cevherlerde ayrıca ocak yangınları çıkarak rezerv kaybına sebebiyet vermektedir.

İşbu tebliğde, aşağı doğru (descendant, underhand) dilimler halinde çalışma teklif edilmekte ve hesaplanan "ahşap sun'î tavan" altında emniyetle çalışılması öngörülmektedir. Bu sistemde tavan yüklemeleri azalmakta ve sağlam zemin üzerinde çalışma ile cevher kitlesi bozulup kırılmıyacagından, tahkimata fazla yük gelmemekte ve yangına müsait yataklar için yangın ihtimali tamamiyle bertaraf edilmektedir.

Tebliğde, 50x30x30 m boyutunda bir pano çalışması bütün detayı ile açıklanmakta, bilhassa sun'î tavanın hesabı yapılmakta, fayda ve mahzurları belirtilmekte ve tahkimat maliyeti hesaplanmaktadır.

Abstract

It is an accustomed mining system in our country to work lens-type orebodies in several overhand (ascendant) stowed slices. In this system, as advanced upward, the orebody is separated from the mainrock and excessive loading expenses are caused. Furthermore, the safety is diminished

(*) Dr. Maden Y. Müh., İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden işletmesi ve Makinalan Kürsü Profesörü.

due to rockfalls and cavings. In reserves susceptible to spontaneous combustion, mine fires occur causing loss of reserves.

In this paper, underhand (descendant) stowed slices are suggested and an "artificial wooden roof" is designed under which a safe working is exercised. In this system, the loads on supports are diminished, mechanized haulage over the solid ore is realized. In descending order of working, the main orebody is not disturbed, supports are not excessively loaded and mine fires are eliminated for reserves susceptible to spontaneous combustion.

In the paper, the working of a panel of 50x30x30 m is given to full detail, the design of artificial wooden roof is made, the advantages and disadvantages of the system are discussed and supporting costs are calculated.

1. Giriş

Kahn damar ve büyük boyutlu kitlelerin üretilmesi işletmecilik bakımından bir problemdir. Böyle rezervi olan ocakların hazırlık masrafı az, buna mukabil üretim maliyeti yüksektir. Ayrıca, cevher kitlesinin tamamının alınamaması, yangınlar vb. gibi tehlikeleri de mevcuttur.

15 m kalınlıkta az yatımlı, yangına müsait bir* linyit damarı için sunî tavan döşeyerek tavandan-tabana (descendant) (underhand) bir işletme sistemi Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun bir projesi (MAG-240) olarak hazırlanmıştır (1). Bu projenin ana hatları bir makale olarak Madencilik Dergimizde yer almıştır (2)*.

İşbu etüd, aynı sistemin adese tipi cevher yataklarına uygulanabilmesi için yapılmıştır. Adese halinde veya dikey boyutu büyük olan kitlelere, kükürt, kömür gibi kann ve yamçı yataklara bühassa uygulanmalıdır. Dikey boyutu az (10 m'ye kadar) olan kitlelere aşağıdan yukarı (asandan) (overhand) sistem uygulanabilir.

Sistemin amacı, yatay dilimler halinde yukarıdan aşağı doğru ramble üe çalışmak ve bu çalışma esnasında kendimizin hesapladığı emniyetli bir "sunî tavan" meydana getirmektir. Asandan sistemlerde cevherden yapılmış tabii tavan altında ça-

(*) Parantez içindeki rakamlar kaynakları göstermektedir.

lııldığından, daima kırıklanmış bir tavan altında çalışılarak, taş düşmeleri olmakta ve göçükler meydana gelmekte, dolayısıyla emniyet azalmış bulunmaktadır. Kömür, kükürt gibi cevherlerde, çatlaklardan hava sızması neticesi ocak yangınları meydana gelmekte ve pek çok rezervin kaybına sebebiyet verilmektedir.

En emniyetli sun'î tavan, "betonarme" yekpare çalışan bir «istemdir (3). Büyük ve zengin yataklara avantaj ile uygulanabilir. Ancak, memleketimiz realitelerinde, betonarme tavamın yerinde imalindeki güçlükler muvacehesinde, "ahşap sun'î tavan" çok daha pratik bulunmuş ve 50x30x30 m'lik bir cevher blokuna uygulanması için işbu tebliğ hazırlanmıştır.

2 — Sistemin Ana Hatları

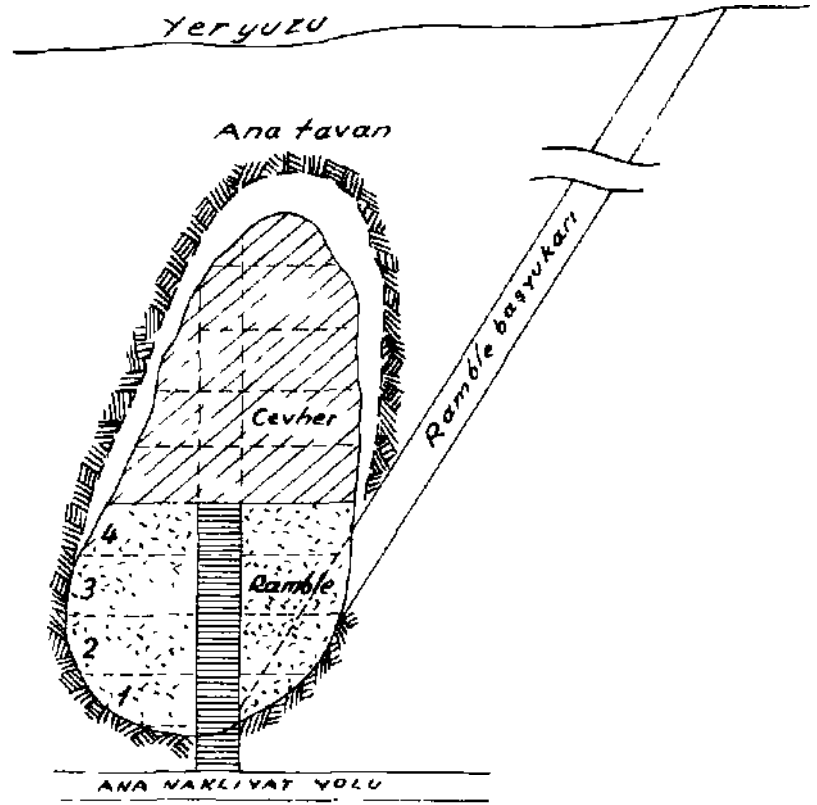
2.1 — Sistemin Gerekliliği

Büyük ve bilhassa kalın bir adese, tavandan-tavana doğru (asandan) (overhand) dilimleme metodu üe üretim yapıldığı takdirde, alınan sahalar, iyi ramble yapılmasına rağmen, zamanla sıkışmalar yapacağından, cevher kitlesi ana formasyondan ayrılmakta ve büyük bir kitle olarak tahkimat üzerine oturmaktadır (Şekil 1). Bu oturma genellikle 3. ve 4. dilimlerden sonra (10 m) başlamakta ve kitlenin üst kısımlarını almak için tahkimata çok fazla önem verümesi icabetmektedir. Buna rağmen tavandan cevher düşmeleri, göçükler meydana gelmekte ve neticede, ekseriya cevher kitlesinin üst kısımlarına erişmeden üretimi durdurmak icabetmektedir. Pek çok krom işletmelerinde bu durum müşahede edilmiştir.

Japonya'da "siyah cevher"*i (Pb-Zn-Cu) işlemekte olan ocaklarda da buna benzer durum müşahede edilmiş, tahkimatta binen aşırı yükler hasebiyle tahkimat masrafı artmış ve neticede yukarıdan aşağı doğru betonarme sun'î tavanlı bir sistem geliştirilmiştir (3).

Bu sistem, tahkimat avantajlarından maada, çalışmalar sağlam zeminde olacağından, mekanize araçlar kullanmaya da müsaittir. Ramble üzerinde çalışmanın vereceği güçlükler yeri-

ne, sağlam zeminde bilhassa lâstik tekerlekli loderler ile çalışmak, pano içi yükleme ve nakliye imkânlarını çok avantajlı bir duruma getirmektedir.



Sek 1 Cevher kütlesinin ana tavadan ayrılması ve tahkimat üzerine yüklenmesi

2.2 — Pano Hazırlığı

50x30x30 m boyutunda bir cevher blokunun pano hazırlığı Ek 1'de görülmektedir. Cevher kalınlığı 30 m civarında alınmıştır. Daha kaim yataklara da muhtelif katlar halinde uygulanabilir. Hazırlık ve işletme faaliyetleri aşağıda özetlenmiştir:

2.2.1 — Ana Nakliyat Yolu: Panonun ana ihraç yolu olup yeryüzüne nakliyat bakımından direkt olarak bağlıdır. Bu yolun cevher mineralizasyonunun tabanında olması sağlanmalıdır. Çok kalın yataklarda cevher içinde tâli katlar halinde de sürülebilir.

Ana katta araba-lokomotif nakliyatı en randımanlı bir sistemdir. Taban formasyonu çoğ sağlam ise tahkimat yapılmayabilir. Fakat, normal şartlarda, 1 m ara ile normal galeri bağı yapılması tavsiye olunur. Böyle bir tahkimat Ek l'de U-V kesitinde detaylı olarak gösterilmiş olup 2,5 m'lik boyunduruk ve 3.0 m'lik yan direkler ihtiyaca kifayet eder. 2.5x2.70 m'lik net bir galeri kesiti 1-2 tonluk araba nakliyatına yeterlidir.

2.2.2 — Üretim Fereleri: Cevhere 50 m aralıklarla dik "fere (bür)"lerle erişilmesi öngörülmüştür. Bu ferelerden iki tanesi Ek l'de plân ve dikey kesitte belirtilmiş ve tahkimat detayı ayrıca verilmiştir.

Ferelerin en az iki gözlü olması gereklidir. Bir gözü adam ve havalandırma yolu, diğeri cevher veya ramble nakli için kullanılır. "Selektif" madencilikte muhtelif cevher grupları için bu fereleri ayrı ayrı kullanma imkânı yanında, üç gözlü fereler yapılarak muhtelif cevherler muhtelif gözlerle doldurularak ana nakliyat yollarından uygun fasılalarla boşaltılabilir.

İki gözlü normal bir ferenin tahkimat detayı Ek l'de plân ve kesit olarak görülmektedir. Fere anbar gözlerinin 2x2 m boyutunda olması; 25 cm 0 direklerin üst üste yığılarak yapılması; bölmelerin asgarî 8 cm kalınlıkta kalaslarla ayrılması, uzun ömürlü ferelerin içlerinin saç ile kaplanması tavsiye olunur. Fere iç döşemesinin panonun ömrü ile orantılı olarak yapılması, üretim esnasında pahalı olan onarım işlerinden kaçınılması tavsiye olunur.

2.2.3 — Ramble Feresi: Üretim için açılmış fereler, müsâsip aralıklarla 50-60° yatımlı başyukarılar halinde, yeryüzüne bağlanarak ramble malzemesinin ocağa üetilmesi sağlanır ve hava çıkış yolları olarak kullanılır. Bu fereler, normal dik

fereler gibi yığma-bağ ile yapılabileceği gibi, 30-40 cm ara ile boyunduruk - yandirek - orta çatal sistemi ile de tahkim edilebilirler. Boruların adam bölümünde olması, boru bakım ve onarımı için daha avantajlıdır. Hidrolik ramblede, formasyon müsait olduğu takdirde, yeryüzünden 50 cm çaplı geniş sondaj delikleri açmak ve bunları normal hidrolik ramble borusu gibi kullanmak da mümkündür (4, 5).

2.2.4 — Pano Havalandırması: Panonun normal "asandan" havalandırması Ek 1'de oklarla gösterilmiştir. Ana kuyudan gelen temiz hava, ferelerin birinden yukarı çıkmakta, pano dilimlerini dolaşarak ramble feresinden dışarı atılmaktadır. Ocak gazları olmayan hallerde, tabii havalandırma basıncı ile sağlanan hava cereyanı ihtiyaca ekseriya kâfi gelmektedir. Gaz birikmesi olduğu hallerde, münferit bacaların vantilatör - vantüb sistemiyle havalandırılması; tabii havalandırmanın yetmediği hallerde, ramble terelerinden birine emici vantilatör veya hava girişine üfleyici bir vantilatör konması zorunlu olur.

2.3 — Dilim Hazırlık ve Çalışması

Panonun (örneğin 4. dilim) üretim hazırlığı, Ek 1'de şematik olarak gösterilmiş olup tahkimat detayları diğer eklerde belirtilmiştir. Bu konuda ayrıntılı bügi bilâhare verilecektir. "Dilim" çalışması şöyledir:

2.3.1 — Ana Ulaşım Yolu: Önce iki hazırlık feresi 3.0x2.5 m boyutunda bir ana yolla bağlanır, panonun havalandırması sağlanır ve ulaşım imkânı temin edilir. Bu yolun tahkimat durumu diğer eklerde detayı ile gösterilmiştir.

2.3.2 — "Oda"ların Sürülmesi: Üretim önce "oda-topuk" sistemiyle yapılır, sonraları aralardaki topuklar tekrar alınır. Oda'ların boyutu 2x2.5 m dikdörtgen kesitindedir. Tahkimat, Ek 2'de belirtildiği üzere, "sarma" ve "kurtağzı" bağlantısı olan yan "çatal"larla yapılır. Hududa varmış odaların tahkimatı sökölüp "sun'î tavan" döşenir ve ramble edilir.

2.3.3 — "Topuk"ların Ahnması: Odalar hududa erişip ramble edildikten sonra, arada kalan 2x2.5 m'lik "topuklar"

alınarak sun'î tavan yapılır ve ramble edilir. Topukların tahkimat sistemi Ek 4'te belirtilmiştir. En son, pano ana ulaşım yolunun sun'î tavanı yapıp ramble edilir ve müteakip alt dilime geçilir.

2.3.4 — Ramble işlemi: En iyi ve ucuz ramble "hidrolik" rambledir. Çalışılan yerlerin iyi dolmasını, çabuk solidleşerek iyi bir sun'î tavan meydana getirmesini ve bilhassa "anbar" gibi çalışarak düşük basınç yayılımı sağlar. Kolay göçen cevherlerde ramble yapılmayıp tavanın göçmesi sağlanabilir. Ancak kolay göçen ve kendi kabarmasıyla boşluğu oldukça iyi dolduran bir formasyona ihtiyaç vardır. Ekseriya bu durum temin edilemediği için, "ramble" en iyi bir tahkimat unsurudur.

Hidrolik ramble yapılamadığı hallerde, skraperler ile mekanik ramble, veya pnömatik ramble uygulanabilir.

3 — Sistemin Tahkimatı

Tebliğin ana ruhu, aşağıya doğru (desandan) (underhand) çalışmayı sağlayan "sun'î tavan" ve onunla ilgili diğer ayrıntılı tahkimat işlemleridir. Bu işlemler detaylı olarak belirtilmiştir.

3.1 — Odalarda Üretim Tahkimatı

Ek 1'de A-B ile belirtilen üretim odalarının detay tahkimatı Ek 2'de gösterilmiştir. Bir oda kazısının başlayabilmesi için dilim ana yolundan kilit çekilmesi ve girişe mâni olan yan direklerin çıkarılması icabeder (Tahkimat eleman 7 ve 8, Ek 2)*.

2x2.5 m boyutunda olan bir odanın 1 m ara ile 16 cm 0'lik bir sarma [1] ve aynı çapta iki çatalın [2] "kurt ağzı" bağlantı yapan bir tahkimatla desteklenmesi öngörülmüştür. Bu tahkimat muvakkat olup hududa kadar (15 m) devam eder ve sökülerek geri dönülür.

3.2 — Odalarda Sun'î Tavan Döşenmesi

15 m'lik hududa erişen "oda"nın sarma-çataldan teşekkül eden tahkimatı sökülür ve geriden Öne doğru "sun'î tavan"

(*) Tahkimat elemanları bütün eklerde, daire içinde sayılar ile, ayrıntılı olarak gösterilmiş ve metinde [] parantez ile belirtilmiştir.

döşemesi yapılır. Yanlara ramble teli döşenir ve oda ağzına su süzme barajı yapılarak bütün oda hidrolik ramble ile bir defada doldurulur.

"Sun'î tavan" detayı C-D tahkimatı olarak Ek 3'te gösterilmiş olup hesabı ayrıca açıklanmıştır. Yapılan hesaba göre, sun'î tavanın 2.5 m boyunda 25 cm çapında direklerin 50 cm ara ile döşenmesi [3] ve üzerlerinin 5-6 cm kalınlığında tahtalar [4] ile kaplanması ihtiyaca kâfi gelmektedir. Böyle bir döşeme, müteakip dilim için "sun'î tavan" görevini yaparak altına normal oda tahkimatı ile girmek mümkün olmaktadır. Sun'î tavan sarmasının 2.5 m boyunda olduğuna ve 25 cm oda yan cidarında açılan "cep"lere oturtulmuş olmasına dikkat edilmelidir (Ek 3). Aradaki topuğun alınmasında konulacak tavan sarmaları bırakılan bu ceplere komşu açılan ceplere konacak, böylece sarmaların 50 cm kısımları ile birbirine geçerek sun'î tavanın temasini sağlayacaktır (Ek 4'te plân görünüşe bakınız). Ramble teli, tavan ve tabandaki döşemeye çivilenir. Bu tel, ramble malzemesinin topuklar alınırken akmasını önler.

3.3 — Topukların Alınması ve Sun'î Tavam

Tahkimatı sökülmüş, sun'î tavanı yapılarak hidrolik olarak doldurulmuş odalar arasındaki 2.0x2.5 m'lik topukların alınması önemli bir husustur. Zira burada sağlam bir yer olmayıp her taraf ramble ile kaplıdır (Ek 4, E-F tahkimatı).

Bu topukların kazısında açılan boşluğun keza sarma-j-çatal tahkimat ile tutulması ve çatalların yan odalarda konmuş olan tavan sarmaları [3] üzerine oturtulmasına dikkat edilmelidir (Ek 4, E-F kesiti ve plân görünüş). Ramble teli yan odadaki ramblenin akmasını önler. Kazı hududa erişince, yapılmış tahkimat sökülmesizin aralara tekrar 2.5 m'lik sarmalar tabana döşenir ve üstü tahta ile kaplanarak sun'î tavan ikmal edilir. imkân verdiği takdirde, ramble teli sökülür ve hidrolik ramble ile doldurulur.

3.4 — Ana Ulaşım Yolunun Sun'î Tavam

Pano, sağlı sollu üretilip ramble edildikten sonra, dilim terkedilmeden önce fereler arasındaki ana yola da tabana

26 cm çaplı sarmalar yanyana aralıksız olarak mevcut ramttleli odalarda cepler açılarak konur ve boydan boya ramble edilir. Bu ana ulaşım yolunun taban genişliği 3.0 m olduğundan, konulacak tavan sarmalarının en az 3.5 m uzunlukta olması zorunludur [Tahkimat elemanı 11].

3.5 — Yapılan Tahkimatın Özeti ve Maliyeti

Yukarıda belirtilen 50x30x2.5 m boyutundaki bir dilime uygulanan tahkimat, üniteler gösterilmek üzere, aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

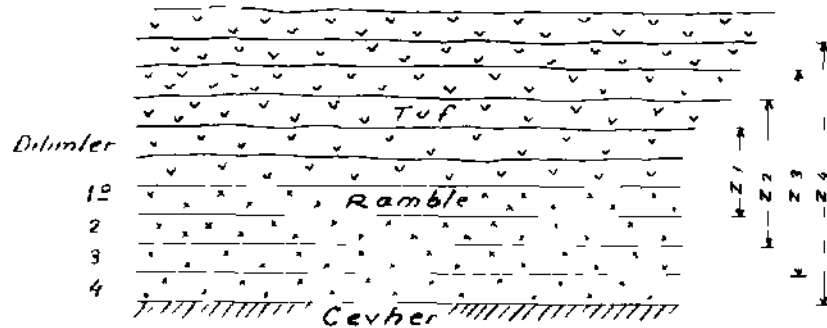
4 — Tahkimat Hesapları

Yukarıda projelendirilen tahkimat, bilhassa "sun'î tavan sarmaları" aşağıdaki hesaba göre yerleştirilmiştir.

4.1 — Basınç Hesabı

Dilimli işletme sistemi aşağı doğru geliştikçe, tavandaki formasyonda kırılmalar olacağı kabul edilmiş ve çalışmaların "ramble"li ve kırıklanmış tavan taşı altında sürdürüleceği öngörülmüştür. Bu durumda, kohezyonsuz granule bir ortam meydana gelmiştir (6). Bu ortamın teşekkülü ve çalışmasında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

1) Her dilim çalışmasında, o dilimin üzerinde, dilim kalınlığı kadar bir tavan tabakası kırıklanmakta ve granule malzeme olmaktadır. Birinci dilim çalışmasındaki kırıklanan bu kalınlık Z_1 , ikinci dilim çalışmasındaki zon Z_2 ... şeklinde gösterilmiştir (Şekil 2) (1, s. 70-73).



Şekil 2 - Ramble ve tavan taşı dilimleri

50x30x2.5 m Dilim Tahkimat Özeti

Tahkimat Yeri	N o t a s y o n Ad	No.	Boy cm	Çap cm	Aralık cm	Miktar Adet	mî	Açıklama
Oda	Sarma	(D	200	16	100	336	—	Bilâhare sökülerek yeniden kullanılacağından toplama dahil edilmemiştir.
Kazı	Çatal	(2)	250	16	100	672	—	
Oda ramble işlemleri	Tavan sarması	(3)	250	25	50	672	82.42	
	Tahta	(4)	200	15x6	yanyana	2184	39.31	
Topuk kazı ve ramble, işlemleri	Sarma	(D	200	16	100	336	13.50	Sarma ve çatallar yerinde kalacaktır.
	Çatal	(2)	250	16	100	672	33.76	
	Tavan sarması	(3)	250	25	50	672	82.42	
	Tahta	(4)	200	15x6	yanyana	2184	39.31	
Ana ulaşım yolu	Boyunduruk	(5)	250	16	50	98	4.92	
	Yandirek	(6)	300	16	50	196	11.82	
Kaza ve ramble işlemleri	Kilit sarma	(7)	300	16	yanyana	32	1.93	
	Kilit	(8)	250	16	300	64	3.22	
	Yandirek	(10)						
	Tavan sarması	(11)	350	25	25	196	33.60	
T o p l a m							346.21	

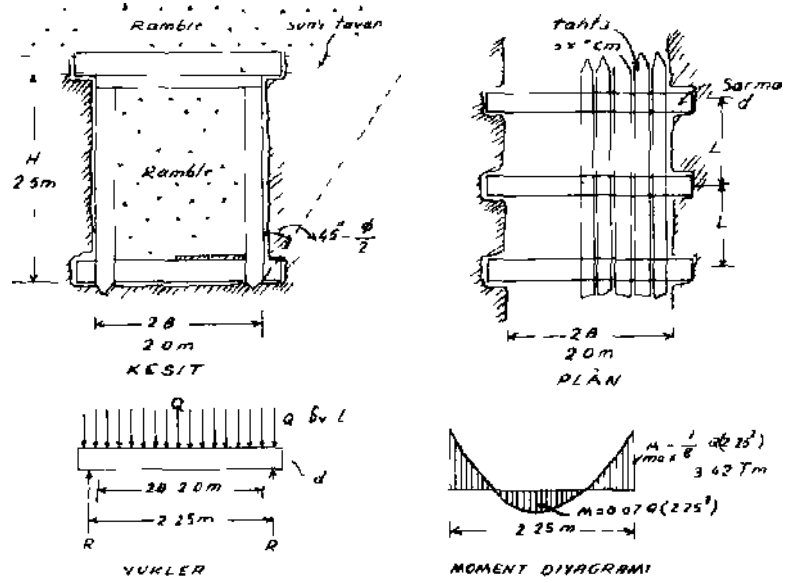
Bir dilimden üretilecek cevher miktarı: 50 m X 30 m X 2,5 m x 4 T/m³ — 15.000 ton.

346.21

Direk sarfiyatı: $\frac{346.21}{15.000} = 0.02308 \text{ m}^3/\text{T} = 23.08 \text{ dnP}/\text{T}$

15.000

Toplam tahkimat maliyeti, direk fiatı 300 TL/ms alınarak,
Ağaç Tahkimat Maliyeti = $0,02308 \text{ m}^3/\text{T} \times 300 \text{ TL}/\text{m}^3 = 6.92 \text{ TL}/\text{T}$.



Şekil 3 Suni Tavan Tetay

Birinci dilimde bu zon kalınlığı $Z_1 = 7.5$ m, ikinci dilimde $Z_2 = 12.5$ m, üçüncü dilimde $Z_3 = 17.5$ m'dir (her dilim kalınlığı 2.5 m'dir).

2) Ramble malzemesi yoğunluğu 1.8 T/m^3 , tavan taşı (ortalama) yoğunluğu 2.5 T/m^3 alınmıştır.

3) Granule malzemenin taneler arası sürtünme açısı $\phi = 42^\circ$ kabul edilmiştir (6). Bu durumda teşekkül eden basınç değeri Terzaghi'nin Toprak Mekaniği formülü (7) üe hesaplanabilir:

$r^{\wedge}M^{\wedge}$

$$\sigma_v = B_1 \frac{\gamma_{\text{ort}} - C/B_1}{K \text{tg } \psi} \left[\frac{-K \text{tg } \psi}{1-e} \frac{Z}{B_1} \right]$$

$$\sigma_v = \text{Dusey basınç, T/m}^2$$

$$B_1 = B + H \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (\text{Şekil 3'e bakınız});$$

- B = Çalışma yeri (oda) genişliğinin yansı, çalışmalarımızda 1 m;
H = Çalışma yeri yüksekliği, çalışmalarımızda dilim kalınlığa, 2.5 m;
 φ = Granüler malzemenin iç sürtünme açısı, çalışma şartlarımız için 42° alındı;

γ_{ort} = Granule malzemenin ortalama yoğunluğu, T/m³;

Z = Granule zon kalınlığı, 1. dilimde 7.5 m, 2. dilimde 12.5 m vs;

C = Granüler malzeme kohezyon sayısı, çalışma şartlarımız için C = 0 alındı (6);

K = Amprik katsayı, şartlarımız için K = 1 alındı (6).

Not: Z/B_i oram büyüdüğü zaman, parantez içindeki değer 1'e yaklaşır.

Bu durumda formül, basit olarak aşağıdaki şekli alır:

$$\sigma_v = B_i \frac{\gamma_{ort}}{K \operatorname{tg} \varphi}$$

Çalışma şartlarımızdaki basınç değeri şöyle hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} B_i &= B + H \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= 1 + 2.5 \operatorname{tg} \left(45 - \frac{42}{2} \right) \\ &= 1 + 2.5 \operatorname{tg} 24^\circ = 2.11 \text{ m}; \end{aligned}$$

Granule malzeme ortalama yoğunluğu, birinci dilim için:

$$\gamma_{ort} = \frac{5 \times 2,5 + 2,5 \times 1,8}{7,5} = 2.27 \text{ T/m}^3;$$

Z_i = 7.5 m;

Bu değerler Terzaghi formülüne uygulandığında:

$$\sigma_v = 2.11 + \frac{2.27}{\operatorname{tg} 42^\circ} \left[\frac{-\operatorname{tg} 42^\circ \frac{7.5}{2.11}}{1 - e} \right]$$

$$= 2.11 + \frac{2.27}{0.9} \left[1 - e^{-3.2} \right]$$

$$= 2.11 + \frac{2.27}{0.9} (0.960) = 5.1 \text{ T/m}^2 \text{ (1. Dilim).}$$

Daha alt dilimlerde $\frac{Z}{B_1}$ oranı büyük olacağından, parantez içindeki ifade 1 olarak alınabilir. Bu durumda:

$$\sigma_v = \frac{2.11 \times 2.27}{0.9} = 5.33 \text{ T/m}^2 \text{ (alt dt/m}^2 \text{ler J)}$$

Hesap kolaylığı bakımından bu değer 5.4 T/m² olarak alınmış ve tahkimat hesapları bu basınca göre yapılmıştır.

4.2. Tavan Sarması Hesabı

Sunî tavanın 2.25 m uzunlukta, d cm çapında, h aralıkları ile döşenmiş "tavan sarmaları" ve üzeri tahta ile kapatılmış olduğunu düşünelim (Şekil 3). Bu durumda, en uygun L açıklığı ve d çapının hesabı yapılmaktadır. Tavan sarması 2.25 m mesnet mesafesi olan basit bir kiriş olarak çalışmaktadır (1, s. S&-92) (2, s. 13) (S).

Önce h mesafesini 1 m alalım. Kirişin üzerine gelen mütemadi yük, yukarıda hesaplanan dikey basınç ile L mesafesi çarpımıdır.

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} \times 1 \text{ m} = 5.4 \text{ T/m}$$

Basit kirişte maksimum eğilme momenti (Şekil 3):

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q \text{ (mesnet mesafesi!)}^2 \text{ T.m}$$

$$M_{\max} = \frac{5.4 \text{ T/m} \times (2.25 \text{ m})^2}{8} = \frac{5.4 \times 5.06}{8}$$

$$= 3.42 \text{ T.m} = 342.000 \text{ kg/cm'dir.}$$

Eğilme gerilmesi hesabında, S eğilme = M_{\max} / W olup, âzami moment yukarıda hesaplanan açıklık momenti, W ise kesitin mukavemet momentidir ve yuvarlak direkler için

$W = \frac{\pi d^3}{32}$ formülü ile verilmektedir. Bu eğilme gerilimini

2. sınıf ağaçlar için (maden direği) 110 kg/cm^2 alabiliriz (9). Bu durumda:

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{342000 \text{ (Kg.cm)}}{\frac{\pi d^3}{32} \text{ (cm}^3\text{)}} = 110 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{342000 \times 32}{\pi \cdot 110}} = 31.6 \text{ cm}$$

Sarmalar 1 m ara ile döşenmek istendiği takdirde çaplarının 31.6 cm olması icabeder. Bu tip pek kalın direği temin etme güçlüğü muvacehesinde, L aralığının daha az alınması yerinde olur. $L = 0.5 \text{ m}$ olduğu takdirde, aym şekil hesaplamalar ile:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \text{ T/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{2.7 \times (2.25)^2}{8} = 1.71 \text{ T m} = 171000 \text{ Kg cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{\frac{171000 \times 32}{3.14 \times 110}} = 25 \text{ cm}$$

25 cm çapında kalın direkler temin edüebilir ve bu aralık pratiklik bakımından avantajlıdır. Aynı düşüncelerle $L = 0.25 \text{ m}$ alınırsa:

$$Q = 5.4 \times 0.25 = 1.35 \text{ T/m}, M = Q (2.25)^2 / 8 = 0.85 \text{ T/m} = 85000 \text{ kg/cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{85000 \times 32}{\pi \times 110}} = 20.3 \text{ cm}$$

bulunur ve sarmaların yanyana aralıksız döşenmesini icabettirir ki uygulama bakımından mümkün olmaz. Zira, sarmaların yanlarda açılacak 25 cm'lik "cepler"e oturtulması iktiza eder (Tahkimat detayına bakınız, Ek 3, Ek 4). Bu durumda en pratik solüsyon, L = 0.5 m, d = 25 cm'dir. Tahkimat plânları bu esasa göre yapılmıştır. Böyle bir direğin makaslama (kesme) mukavemeti hesaplandığında, Şekil 3'teki reaksiyonların değeri:

$$R = \frac{\delta_v \times d \times 2.25}{2} = \frac{5.4 \times 0.25 \times 2.25}{2}$$

$$= 1.55 \text{ ton} = 1530 \text{ kg}$$

dır. Kesme mukavemeti bu reaksiyonun kesite bölünmesiyle elde edileceğinden*

$$I_{\text{kesme}} = \frac{4}{3} \frac{R}{\text{Kesit}} = \frac{4}{3} \frac{1530 \text{ Kg}}{\frac{\pi \cdot (25)^2 \text{ cm}^2}{4}}$$

$$= \frac{4 \times 4 \times 1530}{3 \times \pi \times 525} = 4.85 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$$

bulunur. Bu değer 2. sınıf ahşap malzemede 30 kg/cm²'dir (9). Dolayısıyla 25 cm çapındaki direk 30/5 r= 6 emniyet faktörü ile fazlasıyla kifayettir.

4.3. Döşeme Kalınlığı Hesabı

Ramble malzemesinin alt dilime dökülmemesi için sunî tavanın üstünün tahta ile kaplanması gerekmektedir. Bu tahtaların kısmen eski ocak direklerinden karşılanacağı düşünülerek genişliklerinin a == 15 cm olması kabul edilmiştir. Aşağıdaki uygulama ile "t" kalınlığı hesap edilmektedir (1, s. 91).

Tahtaların 50 cm aralıklı tavan sarmalarına iki mesnetli giriş gibi oturacağı gözönüne alınacak M_{max} momenti, $\frac{at^3}{6}$ kesit mukavemeti momentleri aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \text{ T/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q L^2 = 0.125 \times 2.7 \text{ T/m} \times (0.5)^2 \text{ m}^2$$

$$= 0.0844 \text{ T.m}$$

$$= 8440 \text{ Kg.cm}$$

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{M_{\max}}{W} = 110 \text{ Kg/cm}^2 \text{ formülünden}$$

$$110 = \frac{8440}{\frac{15 t^2}{6}} \quad \text{ve :}$$

$$t = \sqrt{\frac{8440 \times 6}{15 \times 110}} = 5.5 \text{ cm}$$

Tahta kalınlığının 5-6 cm olması gerekmektedir.

4.4. Üretim Anayolu Tavan Sarması Hesabı

Üretim dilim anayolunda, yol genişliği 3.0 m olduğuna göre, tavan sarmasının 3.5 m olması icabeder. Aralıkların 1 m olması çok büyük çaplı direği icabettirdiğinden 0.5 ve 0.25 m'lik mesafelerin hesabı, 4.2 kısmında yapıldığı gibi, aşağıya çıkarılmıştır.

L = 0.5 m olduğu takdirde:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \times 0.5 = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q (3.25)^2 = 3.565 \text{ T.m}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{\frac{356500 \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{37750} = 33 \text{ cm}$$

L = 0.25 olduğu takdirde:

$$Q = 5.4 \times 0.25 = 1.35 \text{ T/m}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1.35 \times (3.25)^2 = 1.7825 \text{ T/m} = 178.250 \text{ kg/cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{178250 \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{18875} = 26.5 \text{ cm}$$

Görüldüğü üzere 33 cm'lik direklerin teminindeki güçlük ve taşınmasındaki zorluk muvacehesinde, 26.5 cm'lik direklerin yanyana aralıksız (yığma) olarak döşenmesi ihtiyaca kifayet edecektir. Bu durumda üstüne tahta döşeme ihtiyacı da kalmayacaktır.

4.5. Suni Tavan Maliyeti

2x2.5 m'lik bir odada 1 m ilerlemeye tekabül eden sunî tavanı hesap edelim:

$$\text{Tavan sarması: } 2 \text{ adet} \times 2.50 \text{ m boy} \times 25 \text{ cm} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$\text{Döşeme tahtaları: } 13 \text{ adet} \times 1.10 \text{ m boy (15x6 cm)} = 0.116$$

$$\text{Toplam} \dots\dots\dots 0.360$$

Bir odada 1 m ilerlemesinden elde edilecek cevher (4 m³/T) :

$$\text{Cevher} = 2 \times 2.5 \times 4 = 20 \text{ ton}$$

$$0.360$$

$$\text{Sunî tavan sarfiyatı} = \frac{0.360}{20} = 0.018 \text{ m}^3/\text{T} = 18 \text{ dm}^3/\text{T}$$

$$\text{Sunî tavan maliyeti} = 0.018 \text{ m}^3/\text{T} \times 300 \text{ TL/m}^3 = 5.4 \text{ TL/T}$$

Bu rakam toplam dilim tahkimat maliyeti olan 6.92 TL/T'dan tabiiyle düşüktür (Çizelgeye bakınız). Ton başına 5.4

TL'lık sun'î tavan şarjı fazla önemsenerek bir maliyet unsuru değildir.

5. **Fayda ve Mahzarlar**

5.1. Faydalar

a) Sistemin en önemli avantajı emniyetli bir sun'î tavan altında çalışma imkânı vermesidir. Böylece tavandan cevher düşmesi, göçükler ve benzeri kazalar hemen hemen zail olmaktadır.

b) Sistemin ikinci önemli avantajı, yüklerin anbar teorisi gereğince azalmış olması ve tahkimata az yük binmiş olmasıdır. Normal işletmelerdeki kırılanmış tavan kitesinin tahkimata binerek onları kırması önlenmiş ve yüksek olan tamir-tarım masrafı azalmıştır.

c) Sağlam zeminde çalışma mekanizasyon imkânlarını geliştirmektedir. Odalarda lâstik tekerlekli loderler kullanarak pano içi yükleme ve nakliyat ucuz ve güvenilir tarzda mekanize edilmiş olur.

d) Hidrolik ramble odalarda çok kolay uygulanabilir. En uygun ve ucuz bir dolgu sistemi seçilmiş olur. Yeryüzü kotu gravite ile ramblenin gönderilmesi halinde, ramble nakliyat masrafı da asgariye iner. Kot farkı buna uygun değilse bir tulumba sisteme dahil edilir. Lavuar tesisi olan işletmelerde lavuar artıkları ideal ramble malzemesidir.

e) Yangına müsait minerallerde tavan çatlakları, oksidasyon vs. olaylar olmayacağı, tabandaki cevher tamamen baki kalacağı cihetle, "yangın" olayı meydana gelmeyecek ve dolayısıyla rezerv kaybı ve ilgili yangın önleme masraflarından tasarruf sağlanacaktır.

f) Cevher sun'î tavana kadar tamamen alındığı veçhile rezerv kaybı yoktur ve tavan taşının cevhere karışarak tenörü düşürmesi de bahis konusu değildir.

g) Sistem "selektif" madencilığe müsaittir. Bacalar münferit çalışıp cevheri, tenor durumuna göre, ayrı fereye veya bir ferenin ayrı gözüne dökülebilir.

5.2. Mahzurlar

a) En Önemli mahzur, sunî tavanın ilâve maliyetidir. Yukarıda ton başına 5.4 TL olarak hesaplanan bu maliyet artışı, tamir - taramadaki tasarruf ile azaltılabilir.

b) Cevherde muntazam çalışmak zorunluluğu vardır. Çok fakir kısımlar çalışılmadan yerinde bırakılamaz.

5.3. Sonuç

Dikey boyutu 15 m'nin üstünde olan kaim yataklara, yurt gerçeklerine uygun şekilde ve emniyetle tatbik edilebilecek bir sistemdir.

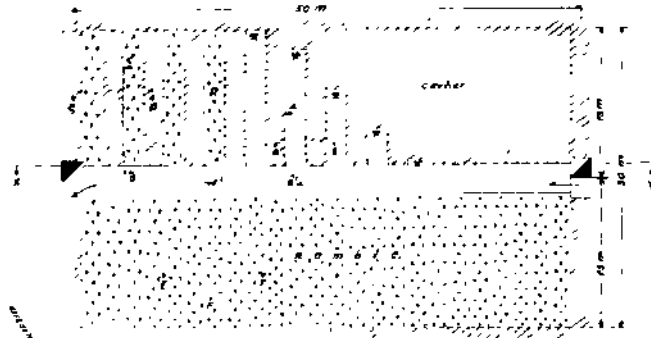
6. Teşekkür

Tebliğin basınç ve tahkimat hesaplarında Asistan Ergin ARIOCLU'na, Şekil ve Eklerin çizilmesinde Ressam Necmi ONAT'a, foto ve slaydların hazırlanmasında Emin KAVUNCU'ya, tebliğin hazırlanmasına yardımcı olan Maden Mühendisleri Odası Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi Yürütme Kurulu'na, İ.T.U. Maden ve Mühendislik - Mimarlık Fakültelerine teşekkür olunur.

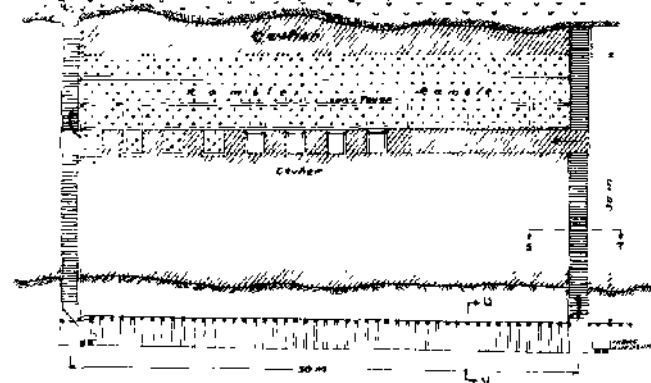
Bibliyografik Tanıtım

1. Birön, C: Garp Linyitleri işletmesi Soma Bölgesi için Betonarme Sunî Tavanlı Rampleli İşletme Projesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu MAG-240 Projesi, s. 70-76 (1971).
2. Birön, C: Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi için Betonarme Sunî Tavanlı Rampleli İşletme Projesi. Madencilik Dergisi, c. 11, sayı 2, s. 3-20 (1972).
3. Kondo, K.: New Materials in Mining (Special Mining Method with Artificial Roof). 5th. International Mining Congress, F-4, Moscow (1967).
4. Suttie, J. Application of Hydraulic Fill-Mining Congress Journal, April 1960, pp. 48-50 (1980).
5. Birön C: Madenlerde Tahkimat işleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayını Sayı 83, s. 281 (1971).

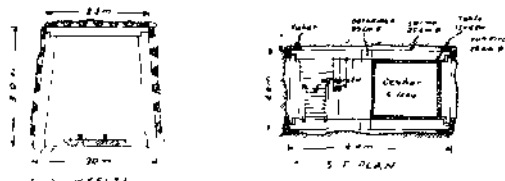
6. Woodruff, S. D.: Method of Working Coal and Metal Mines. Pergamon Press, London, vol. 1, pp. 243-247 (1966).
7. Terzaghi, K.: Theoretical Soil Mechanics, 3. Edition. John Willey and Sons Inc., New-York, pp. 194-197 (1965).
8. Shevyakov, L. : Mining of Mineral Deposits. Foreign Languages Publishing House, Moscow, pp. 415-417 (1968).
9. Ahşap inġaat Őartnamesi Türkiye Kpr ve tngaat Cemiyeti Yayını (1958).



PANO 4. KAT PLÂN GÖRÜNÜŞÜ



PANO X-Y DİKEY KESİTİ

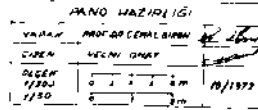


L-V KESİTİ

S-T PLAN



PANO KESİTİ



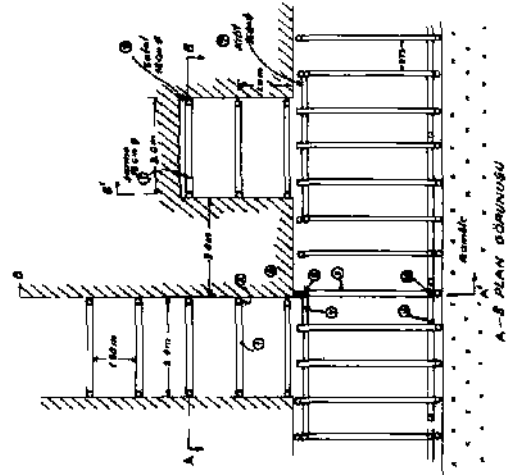
PANO HAZIRLIĞI

FERE TAKKİMÂT DETAYI

LEVAND

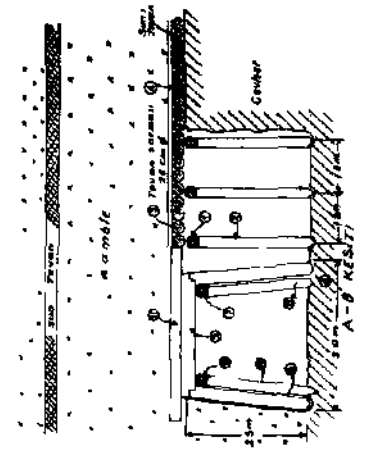
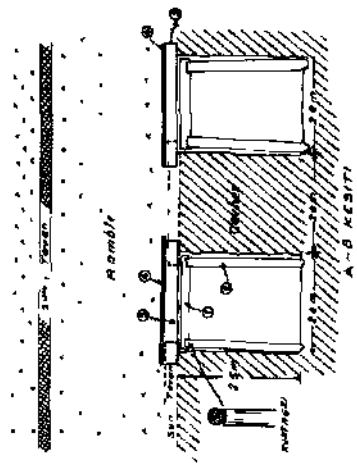
-  Çeşme
-  Çeşme İstasyonu
-  Tef (40' 100)
-  Ramble
-  Duvak (Yarıgenişlik Duvak (10'60))
-  Duvak (Nisli)
-  Kısım
-  Tef (10'60)
-  Tahta (Dış)
-  Hava Alımı
-  KESİT
-  Ramble Zeti
-  Sun Zeyan

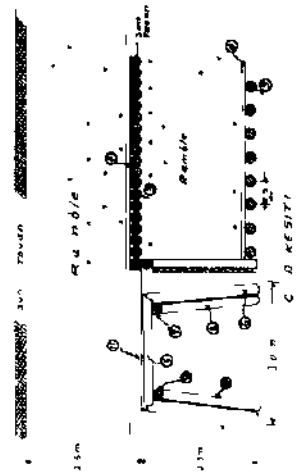
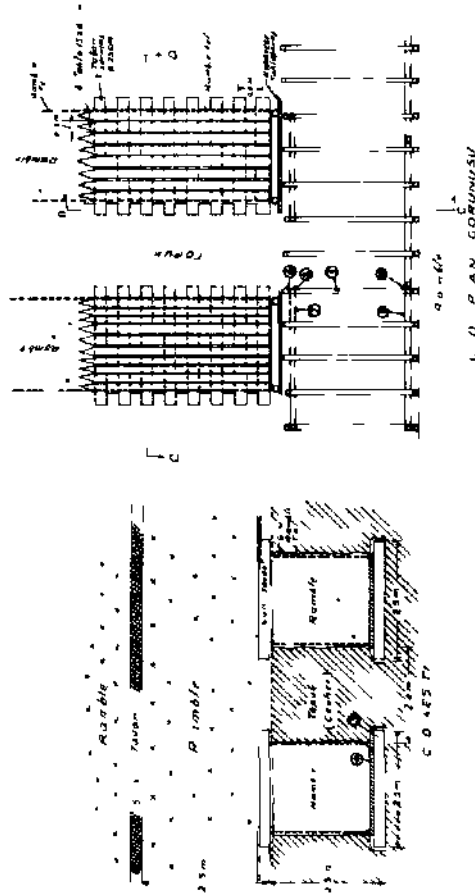
EK-1



EK-2

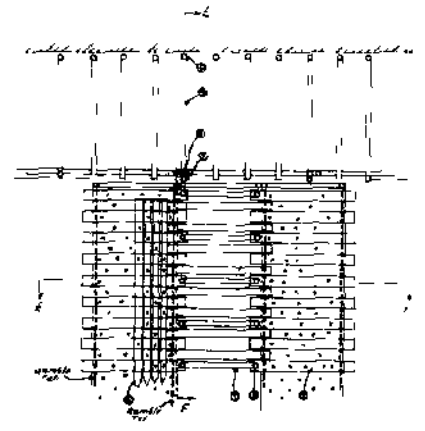
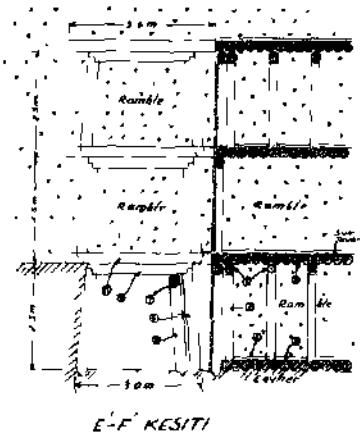
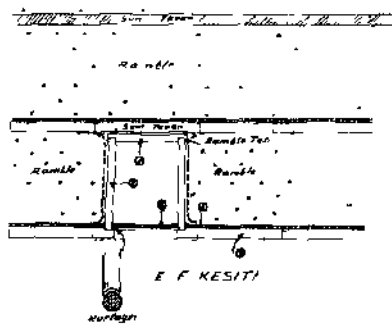
ODALARDA ÜRETİM TAKKİMİ	
YAPILAN	İNŞAATÇI İŞİ
ÇİZEN	NECİMİ ÖMAY
İNŞA	19/1922





EK-5

OBALARDA SUNU / TAVAN			
DÖŞEMESİ VE RAMPLER			
YERİN	100/0	100/0	100/0
LİZEN	100/0	100/0	100/0
MECMI ANAT	100/0	100/0	100/0
	100/0	100/0	100/0



PLÂN BORUNUS

EK-4

TOPUKLARIYIN TARKIMATI VE SINIYI TAYIN OSENMESI		
YERIN	ANOTIYI CEMAL BIRIN	12.08
CEZEN	MECHNI ONAT	12.08
MEKEM	12.08	12/1922