

T.C  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

105511

MERMER, İŞLEME TEKNOLOJİSİ  
VE KATRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Bilal MERT

Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Yavuz SOYDAN

Enstitü Ana Bilim Dalı: MAKİNE MÜH.  
Enstitü Bilim Dalı: MAKİNE TASARIM VE İMALAT

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2001

T.C  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERMER, İŞLEME TEKNOLOJİSİ  
VE KATRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Bilal MERT

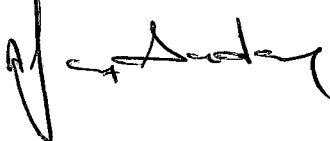
Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Yavuz SOYDAN

Enstitü Ana Bilim Dalı: MAKİNE MÜH.  
Enstitü Bilim Dalı: MAKİNE TASARIM VE İMALAT

Bu tez 27/09/ 2001 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Yavuz Soydan

Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Ömer K. MORBUL Doç. Dr. Hakan Arman

Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



## ÖNSÖZ

Son on yıl içinde mermer işlenmesi ve ihracatı konusunda büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Yer kabuğunun derinliklerinde saklı bu doğal güzellikleri gün ışığına çıkarmak ve bu güzellikleri bütün dünyaya en güzel şekilde yansıtabilmek için çağın gerektirdiği en son teknolojiyi kullanmak gerekmektedir. Mermer işleme teknolojisi bakımından Türkiye’de son yıllarda önemli gelişmeler olmuştur. Yalnız bu konudaki gelişmeler mermer işletmelerinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde değildir. Mermer işletmecileri gerekli makine ve donanımlarını çoğu ithal etmek zorunda kalmaktadır. Mermer işleme teknolojisinde çok önemli bir yeri olan katrik bu tezin konusu olmuştur.

Dünyadaki mermer yataklarının önemli bir kısmına sahip olan Türkiye’nin işlenmiş mermer ihracat olanağı çok büyüktür. Ayrıca ülkemizde mermer makineleri sanayisi de hızla gelişmiş dünyada imal edilen tüm mermer makinelerinin teknolojileri Türkiye’ye getirilerek üretilmeye başlanmıştır.

Bu tez konusu mermer işletmecilerinin en önemli donanımlarından biri olan katrik sistemidir. Aynı zamanda mermerin mineralojik ve mekanik özellikleri hakkında bilgi sunulurken, mermer işletmecilerinin mermer konusunda bilgilendirilmesi amacı güdülmüştür.

Mermer işleme teknolojisi hakkında gerekli bilgi ve desteklerini esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. Nejat KUN ve Arş. Grv. Kerim KÜÇÜK, tezin hazırlanmasında yardımlarından dolayı Mak. Müh. Kemal ÇELEBİ, Mak. Yük. Müh. Mustafa ARICIOĞLU, Mak. Yük. Müh. Mustafa Güçlü, Mak. Müh. Mehmet ALTINHAN, ve bu konuda bizi yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Yavuz SOYDAN’a en son olarak öğrenim hayatı boyunca beni destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mak.Müh. Bilal MERT

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
SUMMARY.....	xi

<b>BÖLÜM 1.</b>	<b>GİRİŞ VE AMAÇ.....</b>	<b>1</b>
-----------------	---------------------------	----------

<b>BÖLÜM 2</b>	<b>DOĞAL TAŞLARIN SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>7</b>
2.1	Doğal Taşların Tanımı.....	7
2.2	Doğal Taşların Sınıflandırılması.....	8
2.2.1	Kullanım Alanlarına Göre.....	8
2.2.2	Sertliklerine Göre.....	8
2.2.3	Kökenlerine Göre.....	9
2.2.3.1.	Magmatik Kökenli Doğal Taşlar.....	9
2.2.3.1.2	Kimyasal Bileşimlerine Göre Magmatik Kayaçlar.....	10
2.2.3.2.	Metamorfik Kökenli Doğal Taşlar.....	13
2.2.3.2.1	Gerçek Mermerler.....	14
2.2.3.2.2	Şistler.....	15
2.2.3.2.3.	Gnayslar.....	16
2.2.3.2.4.	Migmatitler.....	16
2.2.3.3	Sedimanter Kökenli Doğal Taşlar.....	17
2.2.3.3.1	Kırıntılı Tortul Kayaçlar.....	18
2.2.3.3.2	Kimyasal Tortul Kayaçlar.....	20
2.2.3.3.3	Organik Tortul Kayaçlar.....	22
2.3.	Kullanım Alanları.....	22

<b>BÖLÜM 3.</b>	<b>DOĞAL TAŞLARDA ARIZA VE KUSURLAR.....</b>	<b>24</b>
3.1	Boşluklar.....	24
3.2	Çatlaklar.....	24
3.3	Damarlar.....	25
3.4.	Fosiller.....	25
3.5.	Cila Alma Kapasitesi.....	25
3.6	Sertlik.....	25
<b>BÖLÜM 4.</b>	<b>DOĞAL TAŞLARDA DENEY VE MUAYENENİN AMACI.....</b>	<b>27</b>
4.1.	Doğal Taşların Standartları.....	27
4.2	Fiziksel Özellik Dahilindeki Standartlar.....	28
4.2.1	Görünüş.....	28
4.2.2.	Özgül Ağırlık Standardı.....	28
4.2.3	Birim Hacim Ağırlık Standardı.....	29
4.2.4	Porozite ve Doluluk Oranı Standardı.....	30
4.2.5	Atmosfer Basınca Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Oranı Standardı.....	30
4.3	Mekanik Özellik Dahilindeki Standartlar.....	31
4.3.1	Basınç Dayanımı Standardı.....	31
4.3.2	Çekme Dayanımı Standardı.....	32
4.3.3	Eğilme Dayanımı Standardı.....	33
4.3.4.	Darbe Dayanımı Standardı.....	33
4.3.5.	Aşınma Dayanımı Standardı.....	33
4.4	Kimyasal Özellikler.....	34
4.5	Petrografik Özellikler.....	34
4.6	Doğal Taşlarda Deney Metodları.....	35
4.6.1	Numune Alma.....	35
4.6.1.1	Ocaklardan Numune Alma.....	36
4.6.1.2.	Plaka ve Bloklardan Numune Alma.....	37
4.6.2	Muayeneler.....	37
4.6.2.1	Göz ve Büyüteçle Muayene.....	37
4.6.2.2	Binoküler ve Stereo-Mikroskop.....	38

4.6.2.3	Polarizan Mikroskopla Muayene.....	38
4.6.3	Deneyler ve Yapılışları.....	38
4.6.3.2	Özgül Ağırlık Tayini Deneyi.....	40
4.6.3.3	Doluluk Oranı Tayini (Kompasite) Deneyi.....	40
4.6.3.4	Gözeneklilik Oranı Tayini (Porozite) Deneyi.....	41
4.6.3.5	Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Yeteneği Tayini Deneyi....	41
4.6.3.6	Kaynar Suda Su Emme Yeteneği Tayini Deneyi.....	43
4.6.3.7	Basınç Altında Su Emme Yeteneğinin Tayini Deneyi.....	44
4.6.3.8	Doyma Katsayısı Tayini Deneyi.....	46
4.6.3.9	Basınç Dayanımı Tayini Deneyi.....	47
4.6.3.10	Eğilmede Çekme Dayanımı Tayini Deneyi.....	49
4.6.3.11	Darbe Dayanım Tayini Deneyi.....	50
4.6.3.13	Donma Dayanıklılık Tayini Deneyi.....	55
4.6.3.14	Su Geçirimsizliği.....	56
4.6.3.15	Bazaltlarda Güneş Yanığının Tayini Deneyi.....	57
4.6.3.1.6	Açık Hava Etkilerine Dayanıklılık Deneyi.....	58
<b>BÖLÜM 5</b>	<b>KATRAK.....</b>	<b>60</b>
5.1	Kesme Hızı.....	61
5.2	Soket aralıklarının yapısı.....	62
5.3	Lamaların Soğutulması.....	65
5.4	Blok boyutu.....	66
5.5	Lamaların montajı.....	66
5.6	Kalifiye eleman.....	75
<b>BÖLÜM 6</b>	<b>HESAPLAR.....</b>	<b>76</b>
6.1	Konum Denklemleri.....	76
6.2	Hareket ve Hız Denklemleri.....	82
6.3	İvme Denklemleri.....	86
6.4	Kuvvet denklemleri.....	87
6.5	Hız ve Moment Denklemleri.....	90

<b>BÖLÜM 7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>107</b>
KAYNAKLAR.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	109
EKLER (İmalat Resimleri)	



## SİMGELER LİSTESİ

A	Deneydeki toplam çarpma işi
$a_s$	Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği
$a_{ks}$	Kaynar suda ağırlıkça su emme yeteneği
$a_{bs}$	Basınç altında ağırlıkça su emme yeteneği
b	Numunenin mm duyarlılıkla ölçülen genişliği
D	Taşın darbe dayanımı
$d_o$	Numunenin aşınma deneyinden önce ölçülen ortalama kalınlığı
$d_a$	Numunenin aşınma deneyinden sonra ölçülen ortalama kalınlığı
$h_{bs}$	Basınç altında hacimce su emme yeteneği
h	Numunenin, kırılma noktasında mm duyarlılıkla ölçülen yüksekliği
$h_{ks}$	Kaynar suda hacimce su emme yeteneği
$h_s$	Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği
k	Doluluk oranı
l	Mesnet açıklığı
n	Deney numunesinin parçalandığı ana kadar yapılan darbe sayısıdır.
p	Gözeneklilik oranı
$P_{max}$	Kırılma anındaki yük
$\Delta d$	Numunenin sürtünme ile aşınma dayanım değeri
$\Delta V$	Numunenin aşınma deneyinden önce bulunan hacmi
V	Deney numunelerinin hacmi
$V_o$	Numunenin aşınma deneyinden önce bulunan hacmi
$V_a$	Numunenin aşınma deneyinden sonra bulunan hacmi
V	Toz numunenin hacmi
W	Toz numunenin ağırlığı
$W_d$	Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı
$W_s$	Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş numunenin su içindeki ağırlığı
$W_k$	Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş numune ağırlığı



$W_{kd}$	Kaynar suda su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı
$W_{ks}$	Kaynar suda su emdirilmiş numunenin su içindeki ağırlığı
$W_k$	Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş numune ağırlığı
$W_{bd}$	Basınç altında su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı
$W_{bs}$	Basınç altında su emdirilmiş numunenin sudaki ağırlığı
$\sigma_b$	Basınç dayanımı
$\sigma_e$	Eğilme dayanımı



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1	Yıllara Göre Türkiye Mermer İhracatı ve Artış Oranları.....	3
Tablo 1.2	Ürünler Bazında Mermer ve Sert Taş (Blok) İhracat Miktarları (Ton).....	4
Tablo 4.1	Bazı Taşların Özgül Ağırlıkları.....	29
Tablo 4.2	Bazı mermerlerin birim hacim ağırlıkları.....	29
Tablo 4.3	Bazı Taşların Porozite Oranları (Hacim-%).....	30
Tablo 4.4	Doğal Yapı Taşlarında Minimum Basınç ve Çekme Dayanım Değerleri.....	32
Tablo 4.5	Plaka ve Bloklardan Alınacak Numune Sayısı.....	37
Tablo 5.1	Bir lama için gerekli motor gücü (BG) .....	62
Tablo 5.2	Kesme hızları.....	62
Tablo 5.3.	Lama soket yapısının karakteristik özellikleri.....	64
Tablo 5.4	Pozitif kavis değerleri.....	67

## SUMMARY

Marble gang saw is very important for stone technology, they can have two configurations; the blade carrying frame can be moved vertically, with a block that can be raised vertically. Marble gang saw with the block in a set position have 4 columns anchored to the foundations and connected on the top by cross-pieces and beams. Each column has a saddle running on a guide; the 4 saddles serve as horizontal- positioned blade frame.

As cutting proceeds the frame gradually descends. To lower it, or raise it when cutting is finished, a feed nut mechanism is used, or in other words each column has a screw on the connected to a nut in the saddle.

The blade frame is driven by a connecting rod crank system, in other words is connected with connected rod to the crankshaft coupled to a flywheel to regularize movement.

The flywheel's shaft is moved by a belt connecting the drive pulley to the flywheel, which serves as an enormous pulley.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Anadolu tarih boyunca mermerlerin beşiği olarak bilinmesine rağmen Rönesans döneminden itibaren liderlik İtalya'nın olmuş, Anadolu ise giderek gerileyerek sıralamanın altlarına düşmüştür. Fakat özellikle son on yıl içinde Türkiye'de de beş yıldızlı prestij yapılarının yapılması ve uluslararası fuarlar nedeni ile Türk mermerlerinin dünya çapında tekrar tanınmaya başlanmasıyla birlikte sektörde önemli ve hızlı bir büyüme kaydedilmiştir. Örneğin, 1980 yıllarının başında 15 milyon dolar olan Türkiye'nin toplam mermer ihracatı, 1994 yılında 56 milyon dolara, 1995' de 77 milyon dolara, 1996 yılında 91 milyon dolara, 1998 yılında ise 128 milyon dolara yükselmiştir [2].

Yukarıdaki rakamlar da göstermektedir ki yıllardan beri ihracat artış oranı sürekli olumlu bir ivme takip etmektedir. 1994 yılında yapılan 56 milyon dolarlık ihracatın % 75'ini işlenmiş mermer, kalanını ise mermer bloklar oluşturmaktadır. Fakat işlenmiş mermer ham bloklara göre daha karlı olduğundan (m<sup>3</sup>'de 450 \$ daha fazla girdi sağladığı için) önümüzdeki yıllarda hedef blok satışını en aza, işlenmiş mermer satışını en fazlaya çıkartmaktır. Örneğin 1993'de ihraç edilen bloklar da işlenip satılsaydı Türkiye'nin mermer ihracatı 15 milyon dolar daha fazla olacaktı. Bu amaç doğrultusunda hızla yeni tesisler kurulmaktadır. 1993 rakamlarına göre Türkiye'de yaklaşık 500 adet faal mermer ocağı ve yaklaşık 1000 adet mermer işleme tesisi bulunmaktadır (Burada dikkat edilmesi gereken nokta 1970 tarihinde Türkiye'de yalnızca 40 adet mermer ocağı bulunduğu olgusudur). Özellikle son bir iki yıl içerisinde inşa edilen yeni mermer fabrikaları; batıdan ithal ettikleri yeni, gelişmiş teknolojileri ve modern tesisleri ile Türk mermer sektörünün alışlagelmiş eski fabrikalarından çok farklı bir görünüm sergilemektedir [2].

Bu arada dikkat çeken bir başka nokta da, son yıllarda, yabancı, özellikle batılı sanayicilerin de Türkiye'de yatırım yapmaya başlamalarıdır. Yabancıların ilgisi

Gümrük Birliği'nin gündeme gelmesi ile birlikte daha da artmıştır. Çünkü gümrük duvarlarının kalkmasıyla birlikte, zaten hammadde cenneti olan Türkiye, batıdan yapılacak ileri teknoloji transferi ile mermer endüstrisinde de dev adımlarla ilerleme olanağına sahip olacaktır. Mermerciliğin temel ilkesi "ocaksız fabrika, fabrikasız ocak işe yaramaz" prensibinin fazlasıyla bilincinde olan mermer işletmecileri Türkiye'nin hala "bakir" olarak tanımlanabilecek kadar az işlenmiş, sonsuz yeraltı kaynakları karşısında doğal olarak heyecanlanmaktadırlar. Yerli ve yabancı yatırımcıları heyecanlandıran bir başka faktör de devletin özellikle son yıllarda yeraltı zenginliklerine daha çok önem vermesi ve cazip teşviklerle mermercileri desteklemesidir [1].

Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracatı 1993'de, 1990 yılına göre hemen hemen ikiye katlanmıştır. Yani 1993 yılı mermer ihracatında bir dönüm noktası olmuş ve son yıllarda gerçekleştirilen yatırımların işletmeye açılması ile gözlenen bu artış devam etmiştir. 1993'den sonra büyük bir gelişme gösteren mermer sektörü yurt dışında da yerini almaya başlamıştır. Daha önce başta İtalya olmak üzere bazı Avrupa ülkelerine blok olarak satılan mermer son yıllarda işlenmiş olarak ihraç edilmektedir. Ancak Türk mermerleri halen dış ülkelerde tam olarak bilinmemekte ve tanınmamaktadır. Bunun en büyük göstergesi İtalya'nın yıllık 5.000.000.000 \$ dan fazla olan ihracatına karşılık Türkiye'nin ihracatının çok düşük seviyelerde kalmasıdır [1].

Türk mermerlerinin zengin çeşitleri ve yüksek kalitesi tüketici ülkelerin dikkatini çekmektedir, ancak Türk mermer sektörünün yeterli deneyime sahip olmaması ve ihracatta bilinçli davranmaması, yeterli dış bağlantıların yapılmasını önlemektedir.

Dünyadaki mermer yataklarının önemli bir kısmına sahip olan Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracat olanağı çok büyüktür. Birçok firma son beş-altı yıl içerisinde son teknolojik gelişmeleri takip ederek fabrikaları bu teknolojiye uygun olarak donatmışlardır. Ayrıca ülkemizde mermer makineleri sanayisi de hızla gelişmiş dünyada imal edilen tüm mermer makinelerinin teknolojileri Türkiye'ye getirilerek üretilmeye başlanmıştır [1].

Tablo 1.1 Yıllara Göre Türkiye Mermer İhracatı ve Artış Oranları[1]

YILLAR	İHRACAT (milyon Dolar)	% ARTIŞ
1992	44.2	---
1993	48.5	10
1994	56	15
1995	77	38
1996	91	18
1997	116	27.5
1998	128	10.35

Ülkemiz, doğal taş sektörünün AB üyesi diğer ülkelerin doğal taş sektörleri ile, rekabet edebilecek rezervlere sahip olduğu halde, çağın gerektirdiği politik ve teknolojik yeniliklerde az da olsa geciktiği için dünya sıralamasındaki gerçek yerini henüz alamamıştır. AB ülkelerinin büyük bir bölümünde mermer ve granit üretiminde yıllardır modern teknolojiler uygulanmaktadır. Bunun sonucu olarak, bu ülkeler doğal kaynaklarının önemli bir bölümünü faaliyete geçirdikleri için yeni doğal taş kaynakları olan ülkeler aramaktadırlar. Konu bu açıdan ele alındığında Türkiye, AB ülkeleri için yeni yatırım alanı ve doğal taş ürünleri satın alabilecekleri bir ülke konumunda görülmektedir [1].

Bu çalışmada ülkemiz mermer ihracatının bugünü ele alınmış, AB ülkeleri ile dış ticarete mevcut durum değerlendirilerek gelecekte beklenen olası gelişmeler irdelenmiştir.

1995 yılında toplam maden ihracatımız içinde mermer ihracatımız % 14 iken, 1996 yılında % 17'ye, ve 1997 yılında % 19'a, 1998 yılında bu oranın % 21'lere yükselmesi memnun edici bir gelişme olup son yıllarda mermer sektörünün madencilik sektörü içinde önemli rol oynadığının göstergesidir. Ayrıca yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi 1992 yılı baz alındığında, toplam doğal taş ihracatı 1998 yılı itibariyle % 189.6 oranında artmıştır. 1998 yılında 128 milyon dolar olan Türkiye mermer ihracatının 2000'li yıllarda 250-300 milyon dolarlık bir düzeye erişeceği düşünülmektedir.

Türkiye son yıllarda blok ve levha ihracatı yerine, işlenmiş mermer ihracatını hızla artırmıştır. Buradaki artışın en önemli nedenlerinden biri, ülkemizde sayıları hızla artan yeni mermer fabrikalarıdır. Bu fabrikalarda üretilen ürünler, dış pazar ülkelere işlenmiş olarak ihraç edilmiş ve son yıllarda da ülke ihracat hacmi genişlemiştir. Tablo 1.2 'de Türkiye mermer ve sert taş ham blok ihracat miktarları ve ihracat değerlerinin yıllara göre değişimi ve payları verilmiştir [1].

Tablo 1.2 Ürünler Bazında Mermer ve Sert Taş (Blok) İhracat Miktarları (Ton)[2]

TİPİ	1994		1995		1996		1997		1998	
	TON	%	TON	%	TON	%	TON	%	TON	%
Mermer	60,86	58,77	68,48	49,3	64.586,1	43,1	102.854,4	52,4	114.014,7	51
Granit vb. Sert taş	42,69	41,23	70.339,3	50,7	85.132,2	56,9	93.300,1	47,6	111.323,2	49
Toplam	103,56	100	70.407,78	100	149.718,3	100	196.154,5	100	225.337,9	100

Verilen çizelge ve grafiklerden açıkça görüldüğü gibi mermer ocaktan çıkarıldığı şekilde hiç bir işlem görmeden, ham olarak ihraç edildiğinde ülke ekonomisi büyük zarara uğramaktadır. Örneğin 1994 yılında ham mermer ve granit ihracatı gelirleri toplamı 103.556,4 ton için 11.3 milyon dolar iken, buna karşılık işlenmiş olarak ihraç edilen 105.062,9 ton mermer ve sert taştan yaklaşık 50.6 milyon dolar kazanç elde edilmiştir. Bu değerler 1998 yılında daha çarpıcı biçimde ortaya çıkmaktadır. 1998 yılında ham olarak ihraç edilen 225.337,9 ton mermer ve granitten 23.7 milyon dolar gelir elde edilirken, yine aynı yılda işlenmiş olarak ihraç edilen 234.191 ton mermer ve granitten 104.99 milyon dolar kazanç sağlanmıştır. Kabaca bir hesapla 1998 yılında ihraç edilen ham mermer ve granit ihraç edilseydi yaklaşık 75-80 milyon dolar ek kazanç sağlanacaktı. Bu rakamlar da göstermektedir ki ülkemizdeki potansiyel kaynakları yeterince değerlendirememekte ve ham mamulü yeterince işleyememektedir. Bu sorunun çözümü için mermer işleme tesislerine önem verilmeli, tesisler modernize edilmeli, sayıları artırılmalı, böylece ülkemiz doğal zenginlikleri hakettiği ölçüde değerlendirilmelidir [1].

Türkiye doğal taş ihracatının ülkelere göre dağılımı incelendiğinde toplam ihracatın % 95'inin Amerika, Avrupa, Ortadoğu ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelere

yapıldığı görülmektedir. Bu ülkelerden son 2 yılda Amerika Birleşik Devletleri, İspanya ile olan ihracatımız önemli oranda gelişme kaydetmiştir. 1999 yılının ilk 10 ayında İspanya'ya sadece Ege Bölgesi'nden yapılan ihracat tutarı 2.9 milyon dolar mertebesinde olup, bu rakam önceki yıllarda yapılan ihracat tutarının 3-4 katı civarındadır.

Mermer ve sert taş blok ihracatı açısından bir değerlendirme yapıldığında miktar bazında en önemli ülkeler İtalya, Yunanistan, Almanya, İsviçre ve İspanya olmak üzere Avrupa Birliği ülkeleri ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerini saymak mümkündür.

İşlenmiş mermer ve sert taş ihracatında miktar bazında 1998 yılı itibari ile Avrupa Birliği ülkeleri toplam ihracatının payı % 21.33 mertebesinde, ABD'nin payı % 17.33, BDT ülkelerinin toplam içindeki payı ise % 9.7 civarındadır. Görüldüğü üzere işlenmiş mermer ve sert taş ihracatının % 50'si bu ülkelere yapılmaktadır.

Türkiye blok mermer ihracatını, ihracat tutarı bakımından ülkeler itibariyle değerlendirildiğinde İtalya, Tayvan, İsrail, Hong Kong, Lübnan gibi ülkelerin en büyük alıcı ülkeler olduğu görülmektedir.

Blok sert taş ihracatında en önemli ülkeler Avrupa Birliği ülkeleridir. Almanya ve Hollanda en fazla blok sert taş alan ülke konumundadır.

İşlenmiş mermer ve sert taş ihracatının ülkelere göre dağılımı incelendiğinde ABD, İsrail, Suudi Arabistan, Rusya Federasyonu, İtalya'nın en fazla alıcı ülke oldukları görülmektedir.

Ülkelere yapılan doğal taş ihracatının ürünlere göre dağılımı incelendiğinde Avrupa'nın genel olarak sert taş öncelikli olmak üzere blok halde doğal taş alımının diğer alıcı ülke gruplarına oranla yüksek olduğu görülmektedir. Uzak Doğu ülkeleri de toplam doğal taş alımlarının hemen hemen % 50 oranında blok ve işlenmiş ürünler aldıkları, Amerika, Ortadoğu ve BDT ülkelerinin ise genelde işlenmiş ürünler ithal ettikleri görülmektedir [1].



Türkiye'nin bugün itibariyle Avrupa Birliği ülkeleri ile doğal taş dış ticaretinde ekonomik anlamda önemli bir ilişkisi mevcuttur. Yapmış olduğumuz incelemelerde Avrupa Birliği ülkelerinin Türkiye'den doğal taş ithalatının % 50'sinin blok halinde, % 50'lik oranda ise işlenmiş ürünler olarak gerçekleştirmektedir.

Türkiye'de yaklaşık 500 adet faal mermer ocağı ve 1000 adet mermer işleme tesisi bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda sayıları hızla artan mermerin işleme tesisleri, gelişmiş en son teknolojileri çoğu zaman ithal etmek zorunda kalmışlardır. Çünkü mermer sektöründe çalışan makina imalatçıları aynı paralellikte gelişme gösterememiş, ancak son bir kaç yıl içinde önemli gelişmeler kaydetmiştir. Türk mermerleri zengin çeşitleri ve yüksek kalitesi ile tüketici ülkelerin dikkatini çekmektedir. Fakat yer kabuğunun derinliklerinde saklı bulunan bu güzellikleri en iyi şekilde gün ışığına çıkarmak ancak gelişmiş teknolojileri kullanmakla mümkündür.

Türkiye'de önemli gelişmeler gösteren bir kaç firma makina imalatı alanında ihtiyaca cevap vermeye gayret etmektedir. Ancak bu çalışmalar yeterli kalmamaktadır. Mermer işletmecileri kullandıkları makinaların önemli bir bölümünü ithal etmeye devam etmektedir. Özellikle İtalya başta olmak üzere çeşitli ülkelere makina ithali gerçekleştirmektedir. Türkiye'de mermer sektöründeki gelişmeye paralel olarak makina sektöründe de aynı gelişmeyi göstermek zorundadır. Mermer işletmecilerin en büyük sorununu da bu gelişme sürecinin çok yavaş olması ve ihtiyaçları karşılayamamasıdır. Ancak son yıllarda Türkiye'de imal edilen mermer kesme ve silme makinaları yurtdışında da büyük ilgi görmektedir. Bu gelişmeler gelecek açısından önemli bir gelişmedir ve diğer alanlarda da aynı gelişmeyi göstereceğine inanıyoruz.

## BÖLÜM. 2 DOĞAL TAŞLARIN SINIFLANDIRILMASI

### 2.1 Doğal Taşların Tanımı

Yer kabuğunda çıkartılıp doğrudan veya işlenerek çeşitli amaçlarla kullanılan taşlara doğal taşlar denir. Doğada buluna kayaçların hemen hemen tüm bu tanıma göre doğal taş kapsamına girer. Doğal hammadde kullanılarak fabrikalarda üretilmeye başlanan taşlar, doğal taş sınıfına dahil edilmezler. Bu tür oluşumlar yapay malzemelerdir. Doğal yapı taşı, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, atmosfer etkilerine dayanıklı petrografik ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır. Doğal taşlar kullanımına, sertliklerine ve kökenlerine göre ayrı ayrı sınıflandırılırlar [2].

Doğal taşların kullanım alanlarının belirlenmesi, onların sahip olduğu teknik özelliklerin bilinmesiyle mümkündür. Bu özelliklerin belirlenmesi, doğal taşlar üzerinde yapılan bir takım deneylerin sonucunda elde edilen bilgiler ışığında olur. Yapılan deneylerin belirli standartlar çerçevesinde olması, doğal taşların kalite ve estetik yönünden sınıflandırılmasını mümkün kılmaktadır.

Doğal taşlar her ne kadar kırılmama, dayanıklılık, güçlü mekanik sağlamlılığı ile basınç, darbe, kimyasal etki ve çözülmelere karşı dirençli olsalar da, doğal bir taşın her türlü kullanım alanına hizmet etmesi söz konusu değildir. Örneğin buzlanmaya karşı hassas olan kireç taşlarının, bahçe ve parklar yerine iç mekanlarda kullanılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Bu amaçla taş seçimi esnasında uzman görüşlerinin alınması yerinde olacaktır.

Ülkemizde doğal taşların özelliklerinin belirlenmesi, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ve çeşitli üniversitelerimiz tarafından yapılan deneylerle mümkün

olmaktadır. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) uygulanan bu deneylerin nasıl yapılacağını belirtmiş olduğu gibi, doğal taşları da standartlarına ayırmıştır.

## **2.2 Doğal Taşların Sınıflandırılması**

### **2.2.1 Kullanım Alanlarına Göre**

Doğal taşlar kullanım alanlarına göre parlatılarak ve parlatılmadan kullanılabilirler. Parlatılarak kullanılan taşlar doğadan çıkarıldıktan sonra çeşitli işlemlere tabii tutulurlar. Bunlar fabrika ve atölyelerde kesilip istene ebatlara getirildikten sonra çeşitli aşındırıcılar vasıtası ile parlatılırlar. Ticari anlamda bu tür parlatılan doğal taşlara mermer adı verilir. Ancak bu kayaçlar; kireçtaşı, mermer, granit, serpantin, siyenit, kuvarsit gibi değişik isimler alabilirler [2].

Parlatılmadan kullanılan doğal taşlar doğadan çıkarıldıkları gibi kullanılabilen taşlardır. Bunlar yol, park ve bahçelerin yapımında kullanılan granit, bazalt, andezit ve ayrıca şömine, barbekü ve bahçe duvarı yapımında kullanılan tüf ve tüfitler ile değişik amaçlarla kullanılan şist ve benzeri taşlardır.

### **2.2.2 Sertliklerine Göre**

Doğal taşlar sertliklerine göre sert ve yumuşak taşlar olarak sınıflandırılırlar. Yumuşak taşlar genellikle  $CO_3$ 'lü mineraller Kalsit ve Dolomit içerirler. Sertlikleri 3-4 Mohs arasında değişir. Bu değişim tane boyutu, doku ve mineral değişimi ile ilişkilidir. Sert taşlar ise silikat minerallerinden Kuvars, Feldspat, Epidot, Amfibol ve Piroksen yapıdırlar. Sertlikleri 6-7 Mohs arasında değişir. Bu değişim kayacın dokusu mineral değişimi ve bu minerallerin kayaç içindeki oranları ile orantılıdır.

## 2.2.3 Kökenlerine Göre

### 2.2.3.1. Magmatik Kökenli Doğal Taşlar

Magmatik kökenli doğal taşlar, magma adı verilen tamamen erimiş silikat sıvısının, yerkabuğunun değişik derinliklerine sokulması ve oralarda soğuyarak katılaşması sonucu oluşurlar. Magmatik kayaçların kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri oldukça değişkendir. Bu değişim kayacın dış renginde, kimyasal bileşiminde, mineral bileşiminde ve dokusal özelliklerinde kendini gösterir. Örneğin granit nispeten açık renkli kuvars, feldspat ve mika minerallerinden oluşan ve  $\text{SiO}_2$  oranı %66'dan fazla olan bir derinlik kayacıdır. Magmatik kökenli kayaçları yerleşme derinliklerine ve kimyasal bileşimlerine göre ikiye ayrılırlar [2].

Yerleşim derinliklerine göre magmatik kökenli doğal taşlar derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayaçları olarak sınıflandırılırlar. Derinlik kayaçları ergimiş silikat sıvısı olan magmanın yerkabuğunun derinliklerine sokulması ve orada uzun sürede, yavaş yavaş soğuması ile olan kayaçlardır. Yerkabuğuna sokulan magma yüzeye çıkmadan derinlerde soğursa silikat sıvısı içindeki elementler ile birleşerek mineralleri oluştururlar. Zaman öyle uzundur ki magma sıvısının tümü kristalleşir. Böylece magma, tümüyle kristalleşmiş yapıda kayaçlar yani holokristalin doku oluştururlar. Magmanın soğuma süresi ve yerleşme derinliği arttıkça minerallerin iriliği de artar. Granit, gradiyonit, siyenit, dünit, harzburjit, troktolit, gabro, norit, serpantinit, piroksenit kayaçları bu gruba örnek olarak verilebilir. Derinliklerine sokulmadan magmanın yüzeye çıkması sırasında yüzeye varmadan yerkabuğunun iç kısımlarında soğuması ile damar ve yarı derinlik kayaçları oluşur. Bu değişim kayacın dış renginde, kimyasal bileşiminde, mineral bileşiminde ve dokusal özelliklerinde kendini gösterir. Örneğin granit nispeten açık renkli Kuvars, Feldspat ve Mika minerallerinden oluşan ve  $\text{SiO}_2$  oranı % 66'dan fazla olan bir derinlik kayacıdır. Magmatik kökenli kayaçları yerleşme derinliklerine göre ve kimyasal bileşimlerine göre ikiye ayrılırlar.

Yerkabuğunun derinlerine sokulan magmanın yüzeye çıkması sırasında yüzeye varmadan yerkabuğunun iç kısımlarda soğuması ile damar veya yarı derinlik kayaçları oluşur. Bu kayaçlar, derinlerde fazla kalmadığından magmanın bir kısmı kristal yapısını kazanmadan soğumuştur. Böylece yarısı kristalleşme yarısı kristalleşmemiş ofitik veya aplitik dokulu kayaçlar oluşur. Bu kayaçlar genellikle kalınlıkları çok değişken damarlar halinde oluşurlar. Örnek olarak Diyabaz (Dolerit) ve Aplit verilebilir.

Diyabaz, Dünya'da ve Türkiye'de bilinen ve işletilen en önemli yarı derinlik kayacıdır. Başlıca mineralleri Ca bakımından zengin plajioklas ve bunların arasını dolduran yeşil renkli piroksenlerin oluşturduğu ofitik doku bazlı diyabazlarda gözle net olarak görülebilir. Ülkemizde çok uzun yıllardan beri çalıştırılan Gemlik Diyabazı dünyaca tanınmaktadır. Ayrıca son zamanlarda Antik yeşil adıyla Tavşanlı Kütahya'da ve Antalya yöresinde bazı Diyabazlar işletilmeye başlanmıştır. Ülkemizde diyabaz yayılım bölgeleri oldukça geniştir. Antakya, Hatay bölgesindeki ofiyolitler içinde, Marmaris ve Fethiye çevresindeki ofiyolitler içinde ve Güneydoğu Guleman çevresindeki bulunan ultrabazik içinde damar şeklinde işletilebilecek özelliklerde diyabaz türü kayaçlar vardır [2].

Yüzey Kayaçlarında ise yerkabuğuna sokulan magma herhangi bir jeolojik nedenle yüzeye çıkıyor veya yüzeye çok yakın bölgede soğursa cam veya matriks denilen ara maddenin hakim olduğu hiyalin veya hipokristalin doku oluşur. Riyolit, obsidyen, ignimbirit, andezit, bazalt, trakit, lösitit ve latit bu tür kayaçlara örnek olarak verilebilir. Doğada ultrabazik kayaçların derinlik tipleri olan peridotit ve dünitlere eşdeğer yüzey kayaçları bulunmaktadır.

#### **2.2.3.1.2 Kimyasal Bileşimlerine Göre Magmatik Kayaçlar.**

**a) Asidik Kayaçlar:** Bileşimlerinde bulunan  $SiO_2$  oranı %66'nın üzerindedir. İçlerinde serbest olarak bulunan kuvars minerallerinin oranı daima %10'dan fazladır. Bu oran bazen % 30'u aşar. Kuvars yanı sıra K-Feldspat, plajioklas, hornblend ve

biotit mineralleri asidik kayaçları ana mineralleridir. Piroksen ender olarak bulunabilir. Renkleri nispeten daha açıktır. Mafik minerallerin oranına, cinsine ve K-Feldspatların renk ve miktarına bağlı olarak değişik renkler sunarlar.

Granit ve Grnoiyorit asidik kökenli kayaçlardır. Bu kayaçlar diğer kayaç gruplarına göre yerkabuğunda yayılımları daha fazladır. Dünyada ve ülkemizde en iyi bilinen ve işletilen kayaçlar granitlerdir. Sağlam dayanıklı ve hava koşullarından az etkilenmeleri nedeniyle yüzyıllar boyunca dimdik ayakta duran granitten yapılmış eserlere rastlamak mümkündür. Buna en iyi örnek Mısır'da Nil granitinden yapılmış olan piramitlerin yüzyıllardır ayakta duruşudur, Dünyada bir çok ülkede özellikle İtalya, İspanya, Portekiz, Çin, Hindistan, Baltık Ülkeleri, Güney Amerika ve Kuzey Amerika'da işletilen ve dünya pazarlama sunulan çeşitli granitler vardır. Rosa Porrino bunların en iyi tanınanı ve en çok kullanılanıdır. Ülkemizde asidik kayaçları yayılımı Marmara Denizi'nin güneyi Orta Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgeleridir [2].

**b) Nötr Kayaçlar** Kimyasal bileşimlerinde  $SiO_2$  oranı %52-66 arasındadır. En büyük özellikleri bileşimlerinde % 10'un altında kuvars mineralleri bulunmasıdır. Kuvars oranının artmasıyla asidik kayaçlara geçiş olur. Mineralleri plajyoklas, K-feldspat, amfibol, biotit, Kuvars ve Piroksendir. Bu minerallerin oranlarının değişimi ile farklı kayaçlar oluşur. Başlıca kayaçları; Siyenit, diorit ve mozonittir.

Siyenit K-feldspat minerali bakımından oldukça zengin olan bu kayaçlarda plajyoklas oranı azdır. Kuvars %10'u geçmez.. Mafik minerali olarak en önemli mineral amfibol grubundan hornlendir. Biotit minerali az olarak bulunur. Bu tip kayaçlarda piroksen minerali de gözlenebilir. Kayaç çoğu kez renklidir. Çünkü K-feldspat beyaz olabildiği gibi açık pembeden kırmızıya kadar değişen tonlarda renk verebilir. Bu nedenle siyenitler pembeden koyu kırmızıya kadar renklenebilirler. Siyenitler Dünyada bilinen eski yapı taşlarıdır. Bilinen adıyla African Red (Nil Graniti) eski mısırdaki işletilmeye başlanmış olup halen işletilen ve dünyaca tanınan bir siyenittir. Ayrıca İmperyal Red, New Rubin, Rosso Toledo en çok kullanılan siyenitlerdir [2].

Monzonit kayaçları içinde bulunan feldspatlardan plajioklas ve K-feldspat oranları yaklaşık birbirine eşittir. Genellikle koyu bir kayaç olan monzonitin, dünyada ender rastlanan bir kayaç türüdür.

Diyorit kayacında bulunan feldspat çoğunlukla plajioklastır. Kuvars ender bulunur ve oranı hiç bir zaman % 10'u aşmaz. Kayaç içindeki amfibol ve biotit minerallerinin toplamı, piroksen mineralinden daima fazladır. Piroksen oranının sırası ile gabrolara, kuvars oranının artmasıyla da granodioritlere geçiş olur.

**c) Bazik Kayaçlar:** Bileşimlerinde  $\text{SiO}_2$  oranı % 45-52 arasında olup genelde kuvars minerali içermezler. Koyu renkli olan kayaçların bazıları, Gabro, Norit, Olivin Gabro, troktolit ve mermercilikte en çok tanınan bir kayaç olan Ladrodorittir.

Gabro bazik kökenli derinlik kayaçlarından en sık rastlanılanlardan olan gabrolar, birisi açık renkli, diğeri koyu renkli olan iki mineralden oluşur. Açık renkli olan Labrador veya Bitovinit cinsi Plajioklastır. Koyu renkli olan ise Piroksen grubu minerallerdir. Gabroların rengi piroksen grubu mineralleri rengiyle belirginleşir. Bu kayaçlar koyu yeşilimsi siyahtan, yeşil renge kadar değişen renk çeşitliliği sunarlar. Sertlikler 6-6.5 mohs arasında değişir.

Olivinli gabrolar ise gabroların tüm özelliklerini taşır. Mineral bileşimine olivin dahil olduğu için olivinli gabrolarda renk, zeytin yeşiline döner ve sertlik biraz daha artar. Ladrodoritin ise gabroların özelliklerine tamamen benzer. Bu kayaçlarda, açık renkli mineral olan labrodor cinsi plajioklasın oranı gabrolara göre daha yüksektir. Kayaç doğal ışıkta mavi-yeşil yansıma rengi veren labrodor minerallerinin iriliğine, rengine ve miktarına göre farklı renklerde görülebilir. Dünyada işletilen bir çok labrodit yatağı mevcuttur. Kanada, Noveç, Rusya ve Brezilya başlıca labrodit üreticileridir [2].

Ülkemizde son yıllarda Yozgat ve Antalya civarlarında sürdürülen çalışmalarda gabrolar işlenmeye başlanmıştır. Dünya piyasalarında en çok bilinen Star Galaxy, Emerald ile Black Sky , Blue Peat kayaçlardır.

**d) Ultrabazik Kayaçlar:** Magmadan ilk oluşan kayaçlardır. Taze yüzey renkleri, koyu yeşil, siyahımsı yeşil olup ayrışma renkleri kahverengimsi sarıdır. Bu renk kolay ayrışabilen olivin mineralinden kaynaklanır. Başlıca mineralleri olivin, Mg ve Fe'li piroksen, anortitçe zengin plajiokladır. Ultrabazik kayaçlarda kuvars bulunmaz. Başlıca kayaçları peridotit, dünit, ve serpantinittir.

Peridotit genel olarak bileşiminde % 30'dan fazla olivin ve % 10'dan az plajioklas bulunan tüm ultrabazik kayaçlara peridotit adı verilir. Peridotit bir kayaç grubunun adıdır. Harzburgit, verlit gibi kayaçlar bu gruba aittir. Dünit ise olivin oranı %90'dan fazla olan ultrabazik kayaçlara verilen isimdir. Olivin dışına kayaçta bulunan ikinci mineral piroksendir.

Serpantin temel olarak peridotit ve dünit gibi ultrabazik kayaçların serpantinleşmesi ile minerallerin değişmesi sonucu oluşmuş kayaçlardır. Kayaç serpantin grubu Lizardit, Krizotil ve Bastit minerallerinden oluşmuştur.

Bazı serpantinler hariç bu grup kayaçlar nadiren masif yapıdadırlar. Bu nedenle ultrabazik kayaçlardan blok alma oldukça zordur. Ayrıca sertlikleri, zor kesilmeleri ve cilalanmaları gibi özellikleri nedeniyle az üretilirler. Çankırı serpantini Türkiye'de üretilen nitrabazik kayaçlardandır. Isparta Eğirdir yöresindeki Kızıldağ harzburgitleri de serpantinleşmiş olup oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Sapanca ve çevresinde Sapanca Yeşili adıyla tanınan serpantin kayaçları mevcuttur [2].

### **2.2.3.2. Metamorfik Kökenli Doğal Taşlar**

Metamorfizma kelime anlamı ile başkalaşım demektir. Çeşitli kayaçları jeolojik ve tektonik olaylar sonucunda oluşan ısı ve basınç ile katı halde yapı, doku, mineral bileşimi gibi fiziksel özelliklerinin değişmesi olayına Metamorfizma, bu olaylar sonucu oluşan kayaçlara da Metamorfik Kayaçlar denir.

Metamorfitler, orijinal karakterleri yerküre içindeki çeşitli işlemlerle değişime uğramış olan kayaçlardır. Bu değişimler, minerallerin kendi aralarındaki kısmi



değişimleri veya kayacın her türlü ilksel özelliğinin değişimine neden olan yeni mineral oluşumları ve buna bağlı olarak yeni bir kayacın ortaya çıkmasıdır. Bu kayaçlar, magmatik sedimanter veya eski metamorfik kökenli kayaçların ısı basınç altında kalarak başkalaşıma uğramasıyla oluşan kayaçlardır. Şist, fillit, arduvaz, gnays, kuvarsit ve gerçek mermerler buna örnek olarak verilebilir.

Metamorfizma sırasında ısı ve basınç çok yüksekse kayaçtaki değişmelerde büyük olur. Kayaç ilksel özelliklerini tümünü kaybeder ve yeni bir isim alır. Isı ve basınç arttıkça kayaçta erime başlar. Erime özellikle kuvars ve feldspat gibi açık renkli minerallerden başlar. Bu aşamada metamorfizma sona ererse, koyu renkli mineraller erimeden kalacaktır. Böylece erimiş açık renkli minerallerin, erimemiş şekilde metamorfik kayaçlar oluşur. Migmatit adı verilen bu kayaçlar değişik desen ve ilginç görüntüleriyle sert taş piyasasının aranan malzemeleri arasına girmiştir.

Metamorfizmada ısı ve basınç daha fazla arttığında kayaçtaki siyah mineraller de erir. Böylece kayaçtaki tüm mineraller eridiğinden kayaç tamamen erimiş olur. Bu olaya Anateksi adı verilir. Bu olay sonucunda da Anateksi Graniti oluşur.

Metamorfik kayaçlar, saha çalışmalarına göre; Kontak Metamorfik Kayaçlar (Hornfelsler), Dinamik Metamorfik Kayaçlar (Milonitler), Bölgesel Metamorfik Kayaçlar ( Arduvaz, Fillit, Şist, gnays, mermer, kuvarsit, Amfibolit, Migmatit ) şeklinde gruplara ayrılırlar.

### **2.2.3.2.1 Gerçek Mermerler**

Kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşının ısı ve basınç ile metamorfizma geçirmesi ile oluşurlar. Metamorfizma sonucu mineraller yeniden kristalize olup dokusal olarak düzenlenirler. ( $\text{CaCO}_3$  veya  $\text{MgCO}_3$ 'ın metamorfizma geçirmesi ). Bu düzenleme sırasındaki ilksel kayaçtaki tane boyu farklılıktan kaybolur, kayaç yaklaşık eş tane boylu ve tekdüze görünümlü hale gelir. Bu arada kayacın dokusal özelliği de değişime uğrar. Kayaçtaki karbonat mineralleri girintili çıkıntılı sınırları boyunca

birbirine kenetlenir. Gerçek mermerlerdeki bu kenetlenme dokusuna Granoblastik Doku adı verilir [2].

Gerçek mermerler içinde, ilksel kayacın bileşimine bağlı olarak kalsit ve dolomitin yanı sıra kuvars, epidot, tremolit, aktinolit, feldspat gibi silikat mineralleri de bulunabilir. Gerçek mermerler genellikle Mesazoyik ve Paleozoyik yaşlıdır.

Gerçek mermerlerde tane boyutu çok önemli bir özelliktir, Mermer ilk olarak tane boyutu ile değerlendirilir. Mermerlerin tane boyutu, dayanımı, kullanım yeri, parlaklık ve cila alma özelliklerini direkt olarak etki eder. Bu nedenle gerçek mermerlerde tane iriliği azaldıkça ekonomik değer artar. Gerçek mermerleri tane boyutuna göre dört grupta toplayabiliriz.

Mermer yüzeyindeki taneler göz ile ayırt edilemez ise 0 kristali olarak adlandırılır. Bu tip mermerler 100 mikrondan daha küçük tane boyutuna sahiptir. Tane boyunun küçük olması nedeniyle çok iyi cila kabul ederler. Bu nedenle en iyi parlatılan mermerlerdir. İç yansımaları iyi iletirler. En pahalı ve en değerli mermerlerdir.

İnce kristalli mermerlerde tane boyutu 100-2000 mikron arasında değişir. Orta kristalli mermerler ise 2-5 mm arasında tane boyutlarına sahiptirler. Bu tane boyutuna sahip mermerlerde çatlama olayına sık rastlanır. Eğer kristal boyutu 5 mm'den fazla ise bunlarda iri kristalli mermerler olarak adlandırılır. Taneler gözle rahatlıkla görülebilir.

#### **2.2.3.2.2 Şistler**

Şistlerin mermercilikte kullanılabilmesi için kuvarsın fazla olması yani sertliğin yüksek olması gereklidir. Genellikle cilalanmadan kullanılırlar. Dünyada cilalanarak mermer olarak kullanılan şistlerde vardır. Dünyanı en pahalı taşlarında olan ve dünyada ender görülen mavi renge sahip Mavi Kral-Azul İmperiyal isimli şist örnek olarak verilebilir. Şistler genellikle yapı taşı olarak kullanılırlar. Bilimsel olarak şistozitelerin halk ve mermercilik deyiimi ile Kayrak Taş olma özelliklerinden dolayı

dekoratif olarak park, bahçe, havuz kenarı, yürüme yolları gibi görsel güzellik ve tabii görüntü aranan mekanlarda kullanılmaktadır. Ülkemizde menderes Masifi çevresinde özellikle kuvars şistleri ve kuvars flitler yerel olarak çalıştırılmaktadır.

### **2.2.3.2.3. Gnayslar**

Orta ve iri taneli, çekiçle vurulduğunda cm ve dm kalınlığında plaka ve sütuncuklar şeklinde parçalara ayrılabilen, ana mineralleri kuvars, mika ve feldspattan oluşan ve bunlara ek olarak da amfibol, granat, disten, silimanit gibi minerallerden yapılmış metamorfizma geçirmiş, yapraklanma gösteren kayalardır. Gnayslar kuvars ve feldspat içerdiklerinden sert kayalar grubuna girer. Yapısal olarak; gözlü gnayslar, bantlı gnayslar, granitik gnayslar olmak üzere üç grupta sınıflandırılırlar. Bunlardan gözlü ve granitik gnayslar blok almaya uygundur. Bantlı gnays ise bant bant olduğundan blok almaya elverişli değildir.

Dünyada birçok ülkede gnayslar işletilebilen ve pazarlanan kayalardandır. Seri olduklarından granit grubu kayalarla birlikte değerlendirilirler. Granitler dikkatle incelenirse bunların bir kısmının yönlü yapıya sahip gnayslar oldukları görülür. Bu kayalara örnek olarak Grigio, Malaga ve Tiger White verilebilir. Bir çok metamorfik masifin bulunduğu ülkemizde gnayslar hemen hemen hiç değerlendirilmemektedir. Trakya'da Istranca masifinde, Kırklareli civarında bulunan pembe renkli granitik gnayslar bir müddet işletilmiştir. Son yıllara ise Menderes masifinde Uşak yakınlarında bantlı gnayslar değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Menderes masifinin çekirdek serisinde yer alan gnayslar içinde mavi renkli ortoklas ve kuvarslar nedeniyle renkleşmiş mavi gözlü gnayslar işletilmeyi beklemektedir.

### **2.2.3.2.4. Migmatitler**

Metamorfizmanın ilerleyen evresinde kuvars, plajyoklas ve K-feldspat gibi beyaz ve pembe kırmızı renkli mineraller erimeye başlar. Eriyen bu mineraller erimeyen koyu renkli kısım içinde yeniden kristalleşir. Böylece eriyen minerallerin erimeyen kısım içinde kırılıp bükülerek yeniden kristalleşerek dağılması sonucu çok değişik

görünümlü migmatitler oluşur. Migmatitlerde bu oluşum şekli yüzünden sonsuz renk ve desen seçeneği ortaya çıkar.

Mineral bileşimi olarak gnays ve granitlerden pek farkı yoktur. Bu nedenle granit familyasındaki kayalar içinde kabul edilirler. Migmatitlerde homojenlik söz konusu değildir. Kayacın metamorfizması sırasında eriyen kısımlar seçimsiz olarak gelişigüzel dağıldığından aynı bir bloktan alınan levhalar üzerinden bile homojenlik sağlanamaz. Bu nedenle migmatitler pano olarak daha çok dış cephe kaplamalarında kullanılmaktadır.

Dünyada birçok yörede migmatit işletilmektedir. Özellikle Hindistan bu konuda büyük atılımlar yapmıştır. Indian Juparana Ivory, Juparana Light ve Bahia, Inisn Kinawa ve Kinawa Bianco (White Waves) bilinen magmatit cinsleridir.

### **2.2.3.3 Sedimanter Kökenli Doğal Taşlar**

Tortullaşma olayının çeşitli yolları ile oluşan kayalara tortul kayalar veya Sedimanter kayalar adı verilir. Bu tür kayalar genellikle tabakalıdır ve çoğu kez fosil içerirler. Fosil jeolojik devirlerde yaşamış canlıların korunmuş olan kalıntıları ve izleridir. Tortul kayaların oluşumu kaynak, taşınma ve depolama olmak üzere üç aşamada gerçekleşir. Tortul kayacın oluşumu için aşınma, ayrışma, kırılma, parçalanma veya yok olma yolları ile çeşitli boylarda parçalara ayrılabilen kayalara veya canlı organizmalara yani bir kaynağa ihtiyaç vardır. Kaynak kayalar magmatik, metamorfik veya eski bir tortul kayalar olabilir. Malzemenin kaynak özelliğine erişebilmesi için çeşitli yollar vardır. Bu yollar canlı organizmada ölüm ve parçalanma olurken, kayalar için sel, yağmur, nehir suları, buzul, rüzgar, gece gündüz farkı gibi olaylardır. Bu olaylar sonucu kaynak aşınır ve parçalanır. Böylece taşınma işlevi için hazır hale gelir. Ayrıca kaynak deniz suyu içinde bulunan tuz veya sulara bulunan kireç gibi çözeltilerde olabilir.

Kaynaktan çeşitli nedenlerle kopan değişik büyüklükteki parçalar genellikle bulunduğu yerden ötelere sürüklenir. Taşınma çoğu kez akan sular tarafından

gerçekleştirilir. Ancak rüzgar ve buzullar da taşıyıcı olurlar. Taşıma işlemi tane büyüklüğü ve taşıma gücü ile orantılıdır. İri taneler kaynağa göre daha yakınlarla, ince taneler ise daha uzaklara taşınırlar.

Tortul kayaları oluşumu için son aşama depolamadır. Kaynaktan kopan parçalar çeşitli taşınma şekilleri ile depolanma havzasına gelip burada birikirler. Bu havza göl, deniz veya okyanus olabilir. Böylece sedimantasyon ve tortul kaya oluşumu başlar.

### 2.2.3.3.1 Kırıntılı Tortul Kayaçlar

Kaynak kayaçlardan kopan çeşitli boyutlarda kayaç ve mineral parçalarının karalarda ve denizlerdeki tortullaşma havzalara taşınarak buralarda çökelmeleri ile oluşan taneli ve parçacıklı kayaçlardır. Kayacı oluşturan taneleri birbirine bağlayıp birleştirecek herhangi bir bağlayıcı maddenin bulunmadığı tanelerin serbestçe dolaştığı kayaçlar çimentosuz kayaçlar olarak adlandırılır. Bunlara örnek olarak çakıl ve kumlar verilebilir. Eğer taneler birbirine matris ile birbirine kenetlenmeleri sonucu elde edilen kayaçlara çimentolu tortul kayaçlar denir. Çimentolu tortul kayaçları içinde kumtaşları koglomeralar ve tüfitler örnek olarak verilebilir [2].

**a) Kumtaşları:** Kumtaşları tane boyutları 0,2-2 mm arasında değişen kırıntıların çimentolaşmasıyla oluşan kayaçlardır. Kumtaşı, grovak, arkoz gibi isimler alır. Kullanım alanları çok yaygın olmasa da iç mekânlarda özellikle aşınmanın çok olduğu yerlerde dayanıklı olduğundan taban döşemesi olarak, dış mekânlarda atmosfer ve sudan etkilendiği için etrafına taşı koruyan destekler yapılarak kullanılırlar. Kumtaşları genellikle parlatılmadan kullanılır. Kumtaşları kuvars ve feldspat minerallerinden yapıldıklarından sert mermerler sınıfına dahil edilirler.

**b) Tüfitler:** Volkan bacasından yüzeye çıkan 500-600 °C sıcaklıkta, asidik malzemenin akarsular ile taşınıp çökmesiyle oluşurlar. Oluşumları sırasında içlerinde metal oksitleri içeren suların oluşturduğu şekiller nedeniyle çok değişik desen ve görüntüler sunan tüfitler daha çok şömine, barbekü, sütun gibi yerlerde

kullanılırlar. Çoğu kez üzerinde kolay çalışılan ve yontulabilen bir malzemedir. Orta Anadolu'da Nevşehir ve Avonos bölgesinde, Batı Anadolu bölgesinde İzmir ve Çanakkale çevresinde işletilen ocaklar vardır.

**c) Koglomeralar:** Tane boyları 2 mm den büyük parçaların çeşitli çimento maddeleri ile birleşmesi sonucu oluşurlar. Koglomeraları mermer olarak kullanılmaları için koglomerayı oluşturan tanelerin eş kökenli ve eş sertlikte olması gerekir. Eğer çakıllar kireçtaşı yanında kuvarsit, kumtaşı, çört gibi farklı sertlik ve yapıda malzemeleri içeriyorsa, bu konglomera mermer olarak kullanılmaz. Koglomerayı oluşturan taneleri birleştiren çimento malzemesinin sıkılamış olması ve çimento malzemesinin içinde kil bulunmaması gerekmektedir.

**d) Pudingler:** Konglomeraları oluşturan parçaları çoğu yuvarlaklaşmış ise kayaç puding adını alır. Bunlara en güzel örnek Siyah Lale, Orkide gibi ticari isimlerle anılan Hereke pudingleridir. Bu yapı malzemesi 500 yıldan beri Türkiye'de kullanılmaktadır. Konglomeralar yapı taşı olarak genellikle iç cephe kaplamsında kullanılmaktadır. Çünkü çakılları bağlayan matriks killi ve sedimentasyon sırasında tam olarak pekleşmemiş ise atmosferik koşullardan etkilenecek zamanla aşınabilir. Ayrıca dış mekanda kullanılan konglomeraların zaman içinde doğadaki rengine dönüştüğü gözlenmiştir.

**e) Breşler:** Konglomeralar oluşturan kayaçların çoğu köşeli ise breş adını alırlar. Tektonik breş, volkanik breş ve buzul breşi olarak sınıflandırılabilir. Yapı malzemesi olarak kullanılan tektonik breştir.

Elazığ vişne ve Petrol Yeşili yurdumuzda ve dünya ülkelerinde tanınan Doğu Anadolu'nun mobil kuşağında uleman ofyolitlerinin aynı kuşakta bulunan Sivrice kayaçlarının üzerine sürüklendiği zonda gelişmiş çimentolaşmış fay breşleridir.

### 2.2.3.3.2 Kimyasal Tortul Kayaçlar

Kimyasal tortulların oluşumunda kaynak, sudaki erimiş haldeki tuzlardır. Bu tuzların hızlı ve devamlı olması gerekse beslenme havzasından tuz gelişiminin devam etmesiyle, zaman içinde yoğunlukları artar. Bu yoğunluk artışı sonucu su içinde erimeyen tuzlar jel haline gelerek yerçekimi etkisiyle hareket eder ve jel halinde çökerek depolanır. Ayrıca bikarbonat içeren sıcak veya soğuk sular, çatlaklarda gezerken üzerlerindeki basıncın kalkmasıyla içerlerindeki  $\text{CaCO}_3$ 'ü çökeltirler. Böylece kimyasal kökenli tortul kayaçlar oluşur. Doygun eriyiklerin çökmesi ve tuzlu suların buharlaşması ile meydana gelen kimyasal tortul kayaçlardan mermer ve yapı taşı olarak kullanılan travertenler, oniksler ve mikrokristalin kireçtaşlarıdır. Bu kayaçlar kimyasal bileşimlerine göre tanımlanırlar. Kireçtaşı, traverten, oniks, sarkıt ve dikitler, marnlar ve Ca-Mg karbonat olarak ayrılırlar [2].

**a) Travertenler :** Travertenlerin oluşumu, kalsiyum karbonatlı suların tektonik hatlar boyunca çıkışlarıyla bağlantılıdır. Kalsiyum karbonat içeren ve hidrostatik basınç altında sıcak ve mineralce zengin sular, bir çatlaktan veya yarıktan yeryüzüne çıktıklarında veya mağaralarda bir boşluğa ulaştıklarında üzerlerindeki basınç kalkar. Kalsiyum karbonatın  $\text{CO}_2$  açığa çıkar ve  $\text{CaCO}_3$  çöker. Böylece traverten oluşumu gerçekleşmiş olur. Travertenlerin boşluklu yapı kazanması yer yer içindeki bitki kalıntılarının olması ve bunların zaman içinde çürüyerek işgal ettikleri bölgenin boşalması ve traverten oluşumu sırasındaki gaz oluşumu nedenleriyleledir. Kullanım şekline göre parlatılmadan ve parlatılarak kullanılır. Bazen de parlatılmadan önce boşlukları doldurulur.

Travertenler mermercilikte problemsiz ve kusurlarının kamufle edilebildiği bir taş olarak kabul edilir. Traverten ile sakıt-dikiler arasındaki fark ortamlardır. Sarkıt ve dikitler mağaralarda travertenler ise yüzeylerde oluşur.

**b) Oniksler :** Oniks mermerleri, kalsiyum bikarbonatlı kaynak suların içindeki veya yarıkların içinde dolaşan soğuk suların içindeki  $\text{CaCO}_3$ 'ün çökmesiyle oluşan

mermerlerdir. Tektonik fay hatlarında ve karstik boşluklarda sıkça rastlanır. Oluşum ısısı 29 °C'nin üzerinde ise aragonit, 29 °C nin altında ise kalsit kristalleri oluşur.

Gerçek onikslerin kimyasal bileşenleri SiO<sub>2</sub>'dir. Oniks mermerler gerçek onikslere çok benzediğinden oluşum şekilleri birbirine çok benzer. Oniks mermer genellikle mermer beyaz, bal renkli, sarı, kırmızı ve yeşil renklerde olup, yarı saydamdır. Hareli, bantlı ve damarlı şekillerde bulunan oniks mermerleri, tanelerin birbirine sıkı sıkıya bağlanmış olmaları nedeniyle oldukça serttirler ve oldukça iyi cila kabul ederler. Ülkemizde en iyi bilinen oniks mermerleri Gül Oniks, Demirci Oniks ve Romalılar devrinden bu yana işletilen Akhisar Harmandalı köyü çevresindeki oniksler ve Bilecik Oniks mermerleridir.

**c) Marnlar :** Jeolojideki anlamıyla marn, kireçtaşı ve kiltaşının eş miktarlarda birleşimiyle oluşmuş olan tortul bir kayadır. Kil oranının artması ile kireçli kiltaş, CaCO<sub>3</sub> oranının artmasıyla da killi kireçtaşı adını alır. Ülkemizde genellikle killi kireçtaşları yapı taşı olarak değerlendirilmektedir. Bunlardan en önemlileri İzmir Bergama Yeniköy yakınlarında işletilen sarı renkli marn ocaklarıdır. Ayrıca Antalya civarında uzun yıllardan beri işletilen Limra mermerleri bu gruba dahil edilebilir.

**d) Mikrokristalin Kireçtaşları :** Tane boyutu 0,003-0,1 mm arasında olan kalsit tanelerinin, sedimanter ortamlarda birbirlerine kenetlenerek taşlaşma geçirmesi ile oluşur. Çok ince taneli karbonat veya karbonat çamurlarından oluşmuşlardır.

Ülkemizde Batı Anadolu'da yaygın olarak kullanılan bej türü mermerler Ege Bej, Çeşme Bej, Akhisar Bej, Gölpazarı Bej, Burdur Bej, İzmir Füme, Ege Kahve, Ege Rose, gibi mermerler kireçtaşı kökenli olup genellikle Mesozoik yaşlıdır.

**e) Alabaster :** Alabaster jips mineralinin mikrokristalin bir cinsidir. Bu taş ilk bakışta bazı ince taneli mermer türlerine benzer. Fakat mermerlere oranla oldukça yumuşaktır. Alabaster CaSO<sub>4</sub>.2 H<sub>2</sub>O bileşiminde, sertliği 2 olan ve genellikle beyaz bazen gül rengi, koyu kahve ve gri renklerde görülebilen bir kayadır. Asurlular, Mısırlılar ve Etrüksler alabaster ile çeşitli süs ve kullanım eşyası yapmışlardır.



Günümüzde genellikle heykel başta olmak üzere süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. Kullanılmaları sırasında sertlikleri az olduğundan parçalanmasını ve kırılmasını önlemek için üzerleri vernikle kaplanır. Alabasterler dünyada birçok yerde bulunur. Almanya'da Harz ve Anhalt, Avusturya'da Karten, İtalya'da Toskana, İngiltere'de Deryshire ve Amerika'da Michigan-Colarodo'da bulunur. Ülkemizde de Çorum ve Siirt çevresinde Alabaster bulunmaktadır [2].

### **2.2.3.3.3 Organik Tortul Kayaçlar**

Bu kayaçların oluşumunda kaynak canlıdır. Deniz ve göllerde yaşayan kavkılı canlıların yerçekimi etkisiyle dibe taşınıp depolanmasıyla oluşurlar. Bu tür kayaçlar mikroskop altına incelendiğinde tümüyle fosil organizmalardan oluştuğu görülür. İstanbul'da bulunan mactralı ve nümmilitli kireçtaşları ile Alacakaya firmasının ürettiği Elazığ Siyah ve Elazığ Sunta buna en iyi örneklerdir.

## **2.3. Kullanım Alanları**

Mermerin genel kullanım alanlarını inşaat sektörü, heykeltraşlık, süs eşyası yapımı, mezarlık ve dekoratif amaçlı kullanımlar oluşturmaktadır. En fazla kullanım inşaat sektöründedir. Binaların iç ve dış kaplamalarında, iç döşemelerinde merdiven ve giriş kısımlarında, mutfak ve banyolarda mermer kullanımı oldukça yaygındır. Özellikle son bir yıl içerisinde turizme yapılan yatırımların artması sonucu kıyı yerleşim merkezlerindeki otellerde mermer kullanımı hızla artmaktadır. Ayrıca park ve bahçeler ile büyük şehirlerin cadde ve tretuvarlarında da mermer kullanımı hızla artmaktadır[2].

Yaklaşık üretilen mermerlerin %60'dan fazlası kaplamalarda ve geri kalan kısmı heykeltçilikte kullanılır. Ayrıca ortaya çıkan kırılmış ve ufak parçalan öğüterek çimento ve kireç yapımında kullanılır [2].

Granit, olduğu gibi veya parlatılmak sureti ile abide, sütun vs. gibi yerlerde kullanıldığı gibi yol, tahkimat, temel, iskele taşı olarak da çok kullanılmaktadır. Süs taşları olarak özellikle iri ve hoş renkli, taneli cinsleri geçerlidir [2].

Granitlerin, pegmatitli olanlarında bir çok nadir minerallere rastlanabilir. Bununla beraber bunlardan daha fazla rastlanan mineral feldspat ve muskovittir. Feldspatlı olanları özellikle porselen ve cam sanayinde kullanılır. Mikalı olanları ,ateşe karşı daha dayanıklı oldukları için, yani erime noktalarının yüksek olması dolayısıyla, sobalarda, fırınlarda, lambalarda vs. çok kullanılırlar. Ancak bu muskovitlerin büyük levhalar halinde bulunması şarttır. Daha küçük levhalar halinde bulunanlar tecrit maddesi olarak elektrik sanayinde işe yararlar. Nihayet muskovit tozu da bazı kağıtların imalinde kullanılmaktadırlar [2].

Mermerin en çok kullanıldığı alan inşaat sektörüdür. Aşınmaya karşı granit gibi sert kayalara oranla daha az dirençli olan mermer, çok büyük renk çeşitliliğine sahip olması ve granite göre daha kolay montajından dolayı iç yüzeylerde tercih edilmektedir. Mermerin dış yüzeylerde tercih edilmeyişinin bir diğer nedeni ise, mermerin yumuşak yapısından dolayı cilalanan yüzeyin granit kadar uzun süre cilalanmış yüzey özelliğini koruyamamasıdır [2].

## **BÖLÜM 3. DOĞAL TAŞLARDA ARIZA VE KUSURLAR**

Her cins mermerde doğal olayların etkisinden dolayı arıza ve kusurlar bulunur. Bu arıza ve kusurların bir kısmı satışına engel olabilecek kadar belli ve önemlidir. Bir kısmı ise tolere edilebilir seviyededir.

Mermerlerdeki başlıca bozukluk ve kusurlar şu şekilde sıralanabilir.

### **3.1 Boşluklar**

Boşluğun ebadı ne olursa olsun, mermerde boşlukların bulunması istenmez. Fakat özel tip mermerlerde ve travertenlerde bu durum kusur oluşturmaz. Buna karşı siyah mermerlerde daha ziyade kömür, şist, bitüm ve grafit içermesinden dolayı meydana gelen boşluklar kusur sayılır.

### **3.2 Çatlaklar**

Mermer bloklarında tabii çatlakların olması normaldir. Ancak bu çatlakların açık olup olmaması önemlidir. Çatlakların açık olması veya çatlakları dolduracak solüsyonlu suların çatlağı tamamen kapatmaması büyük bir sakınca yaratır. Bu duruma özellikle breş mermerlerinde çok rastlanmaktadır. Bir çok mermer yataklarında çatlaklar düz ve yekpare, bazı yataklarda kavisli ve düzensizdir. Bunların bazıları çok belirgin, bazıları ise belirgin olmayıp anlaşılması güçtür. Çatlaklar arası mesafe çok değişiktir. Bazı yataklarda 3-9 cm bazılarında da 15-20 cm'dir. Çatlaklar arası mesafenin az olması yatağın değerini düşürür. Çatlaklar daha çok taş kütesinin gerilmelere maruz kalması ile meydana gelir.

### 3.3 Damarlar

Mermerlerde tektonik olaylar neticesinde meydana gelen çatlak ve kırıkların sonradan dolmasıyla bir çok değişik renkte ve karakterde damarlar meydana gelir. Bu durum özellikle tektonik breşlerde çok görülür. Damarların daha çok demiroksitli sularla meydana gelmiş olanları genellikle mermerin sağlamlığını bozar. Bu türlü mermerlerde damarlar kirli pas rengindedir ve bu damarlar sakıncalıdır [2].

Oniks mermerlerinde ise bu damarların bulunması tercih edilir. Çünkü damarların birbirine paralel olması ve değişik renkler göstermesi taşa daha cazip bir görünüş verir.

### 3.4. Fosiller

Kristalize kalkerlerin bir çoğunda değişik tip ve irilikte fosillere rastlanır. Bunlar taşa ayrı bir güzellik kazandırır. Türkiye’de Gebze çevresindeki mermerlerin hemen hepsi fosil içerir. Bazı mermerlerdeki fosiller çok küçüktür, bazılarında ise 4-5 cm büyüklüğündedir. Bu durum taşın değerini azalttığı gibi kalitesini de düşürür [2].

### 3.5. Cila Alma Kapasitesi

Doğada her cins taş cilalanabilir. Ancak cila alma kapasitesi değişiktir. Bunlardan bir kısmı iyi cila kabul ettikleri halde, bir kısmı bu özelliğe sahip değildir. Bunun yanı sıra bazı taşlar kolay cilalanabildikleri halde, bazılarının cilalanması çok uzun zaman ve özel işler gerektirir. Ayrıca mermerin bir kısmının iyi cila alıp diğer kısmının cila almaması büyük bir sakınca doğurur [2].

### 3.6 Sertlik

Mermerin biçilme ve cilalanma özellikleri ile sertliğinin yakın ilgisi vardır. Sert mermerler genellikle iyi cila kabul etseler de, cilalanmaları oldukça zaman ve işçilik ister. Bununla beraber, bir mermerin sert mermer cinsinden olması satış bakımından

avantaj bile sağlamaktadır. Fakat sertlik, mermerin ocaktan çıkartılıp atölyede kesilip parlatılmasında olumsuz bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Normal sertlikteki bir mermer içinde de yuvalar, şeritler ve kil veya tel tabir edilen damarlar halinde sert kısımlar bulunabilir. Bir mermer için bunlar çok büyük kusurlardır. Bu gibi kusurlara daha ziyade breş ve pudinglerde rastlanır [2].



## **BÖLÜM 4. DOĞAL TAŞLARDA DENEY VE MUAYENENİN AMACI**

Doğal taş kapsamına giren ve kesilip parlatılabilen bütün taşlar, mermerler, granitler eski çağlardan günümüze kadar olan süreçte yerleşim yerlerinin vazgeçilmez yapı taşları olmuştur. Özellikle mermerler ve granitlerden yapılan yapıtlar, bu taşların yüksek mekanik dayanımı sebebi ile yüzyıllarca kendilerini koruyarak sağlam kalmayı başaramışlardır [3].

Estetik güzelliği ile dikkat çeken bu taşların göze hoş gözükmesi, kullanışlı ve dayanıklı olması günümüz inşaat sektöründe de önemli bir yer tutmasını sağlamıştır. Ancak taş seçimi yaparken sadece estetik güzelliğe önem verilip, taşın kullanılacağı ortam şartlarına uygun olmayan bir taş seçimi yapılırsa, ileride bir takım olumsuzluklar ortaya çıkabilir. Bu olumsuzluklar; cila kaybı, renk solması (tortul kayaçlarda), kararırma ve paslanma (kristalin mermerlerde), kırılma ve çatılama, asitlerden etkilenme (karbonatlı kayaçlarda ) vb [3].

Hangi taşın ne tür ortam koşullarında daha uzun süre dayanabileceğinin belirlenmesi için doğal taşlar üzerinde bir takım deneyler yapılır. Bu sayede taşın teknik özellikleri hakkında bilgi sahibi olur ve kullanım koşulları hakkında fikir elde ederiz [3].

### **4.1. Doğal Taşların Standartları**

Doğal yapı taşlarının fiziksel, mekaniksel, kimyasal ve petrografik yönden kalite kontrollerinde kullanılmak amacıyla Türk Standartları enstitüsünün (TSE) çıkardığı belli başlı standartlar şunlardır:

T.S. 2027/NİSAN 1975	Kayaçların çekme dayanımı tayini
T.S. 2030/NİSAN 1975	Kayaçların elastisite modülünün ve poisson oranlarının tek eksenli basınç deneyi ile tayini
T.S. 1910/ŞUBAT 1977	Kaplama olarak kullanılan doğal yapı taşları
T.S. 2513/ŞUBAT 1977	Doğal yapı taşları
T.S. 2809/HAZİRAN 1977	Doğal parke taşları
T.S. 699/MART 1978	Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metotları
T.S. 699/OCAK 1987	Tabii yapı taşları muayene ve deney metotları
T.S. 5961/EYLÜL 1988	Serpantin-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlar

## 4.2 Fiziksel Özellik Dahilindeki Standartlar

### 4.2.1 Görünüş

Doğal taşlarda killi damar, çürük damar, boşluk, çatlak, dolgu ve yapay birleştiriciden oluşan kusurlar bulunmamalıdır [3].

### 4.2.2.Özgül Ağırlık Standardı

Birim hacimdeki cismin ağırlığının 4 °C derecedeki aynı hacim arı suyun ağırlığına oranıdır. Özgül ağırlık boyutsuz bir büyüklüktür [3].

Ham taşın özgül ağırlığı hesaplanırken, toplam hacim kullanılır. Buradaki delikler ve gözenekler hesaplanmaz. Taşın özgül ağırlığı, içerdiği mineral yapılara, dolayısıyla mineralojik içerik yapısına bağlıdır. Çizelge 4.1 de belli başlı doğal taşların özgül ağırlıkları karşılaştırılmaktadır. TS 2513'e göre özgül ağırlık mermerlerde en az 2.7 g/cm<sup>3</sup> traventerlerde ise 2.3 g/cm<sup>3</sup> olmalı.

Tablo 4.1 Bazı Taşların Özgül Ağırlıkları ( $\text{kg/cm}^3$ ) [3]

Taş cinsi	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
Kuvars Bağlı Kumtaşı							
Kumtaşı							
Kireçtaşı							
Gözenekli kireçtaşı							
Granit							
Volkanik Tüf							
Bazaltlava							
Trakit							

#### 4.2.3 Birim Hacim Ağırlık Standardı

Mermerlerin birim hacim ağırlığı, yüklemelerde kullanılan sapan halatlarının kalınlıklarının ve nakliye ücretlerinin hesaplanmasında kullanılır. Taşın birim hacim ağırlığı kayaç içerisindeki boşluk, çatlak, ve su miktarına göre değişmekte, mineralojik bileşime, diğer fiziksel ve mekanik özelliklere göre de farklı olmaktadır. Numune toplam ağırlığın, toplam hacme bölünmesi ile bulunmaktadır. Birimi  $\text{g/cm}^3$  veya  $\text{ton/m}^3$  dür [3].

Tablo 4.2 Bazı mermerlerin birim hacim ağırlıkları [3]

Traverten	2.200-2.500 $\text{ton/m}^3$
Dolomit	2.400-2.900 $\text{ton/m}^3$
Kristalize Kalker	2.400-2.700 $\text{ton/m}^3$
Serpantin	2.500-2.750 $\text{ton/m}^3$
Granit	2.550-2.750 $\text{ton/m}^3$
Siyenit	2.700-3.000 $\text{ton/m}^3$
Bazalt	2.750-3.200 $\text{ton/m}^3$



#### 4.2.4 Porozite ve Doluluk Oranı Standardı

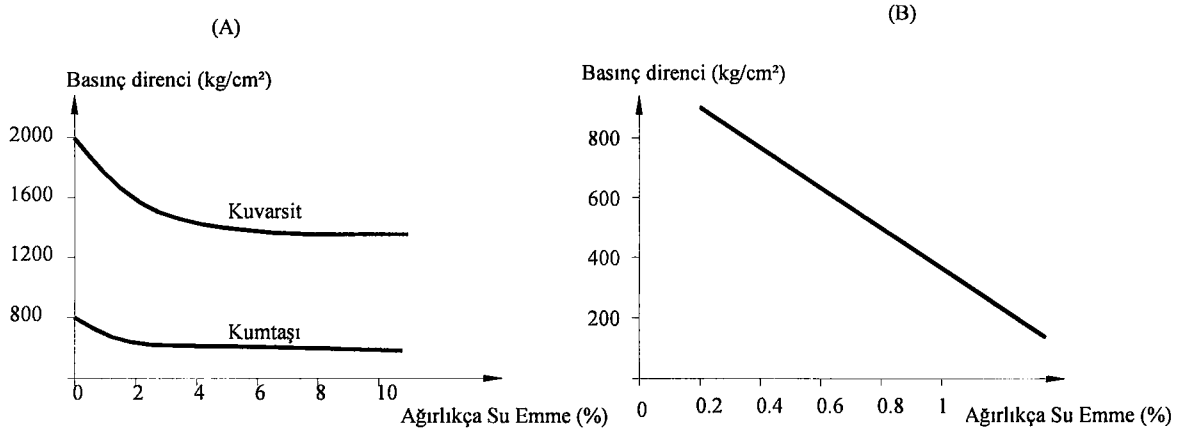
Taşın gözenekliliğini ifade eden porozite değeri taşın ham ve saf özgül ağırlıkları ilişkisinde hesaplanır. Porozite değerinin bilinmesi taşın basınç dayanımı ve su emme yeteneği ile doğrudan ilişkilidir. Porozite ne kadar büyükse mermerin ekonomikliği o derece azalır. İyi kalite mermerin porozitesi % 0,0002 - % 0,5 arasındadır. T.S. 1910'a göre doğal taşlarda gözeneklilik % 2'yi aşmamalıdır. Travertenler için bu değer en çok % 12 olmalıdır.

Tablo 4.3 Bazı Taşların Porozite Oranları (Hacim-%)[3]

Taşın Cinsi	0	5	10	15	20	25	30
Kuvars Bağlı Kumtaşı	0-5						
Kumtaşı	0-20						
Kireçtaşı	0-5						
Gözenekli Kireçtaşı	0-25						
Granit	0-5						
Volkanik Tüf			10-25				
Bazaltlava		5-20					
Trakit	0-5			15-30			

#### 4.2.5 Atmosfer Basınca Ağırlıkça ve Hacimce Su emme oranı Standardı

Ağırlık ve hacimce su emme oranı, taşın basınç altında olmaksızın ne kadar su emeceğini bize göstermektedir. Taşın su emme yeteneği aynı zamanda taşın donmaya karşı olan dayanıklılığını da etkilemektedir. Suyun donduğu zaman hacminin % 10 genişlediğini ve bu genişleme esnasında  $\text{cm}^2$ 'ye 2500 kg basınç yaptığını hesaba katarsak bu özelliğin taşın dayanımını ne derece etkilediğini anlamış oluruz. T.S. 1910'a göre doğal taşların atmosfer basıncında ağırlıkça su emme yeteneği % 0,75 den çok olmamalıdır. Travertenler için bu değer % 7,5 den çok olmamalıdır.



Şekil 4.1 A- Kuvarsit ve Kumtaşlarında, B-Mermerlerde Basınç Direnci ve Su Emme Arasındaki İlişkiler

### 4.3 Mekanik Özellik Dahilindeki Standartlar

Kaya mekaniği ile ilgili problemlerin çözümünde, sağlam kayacın mekanik özelliklerini bilmek büyük önem taşır [3].

Bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, kristalleşme derecesi, su emme ve boşluk suyu basıncı, süreksizlikler ve ayrışma derecesi gibi parametreler kayaların mekanik özelliklerinin davranışına etki etmektedir [3].

#### 4.3.1 Basınç Dayanımı Standardı

Taşın mekanik bir etki altında kırılma olmaksızın dayanabildiği maksimum basınç değeridir. Taşların basınç direnci, mineral bileşimi, su içeriği ve ayrışma derecesi ile azalmaktadır. Ayrıca süreksizlikler ve tabaka yüzeylerine dik veya paralel gelen gerilmeler ile de değişmektedir. Süreksizlik yüzeyine dik doğrultuda mukavemet, paralel doğrultuda elde edilen mukavemetten daha fazladır [3].

Kayaçların basınç dayanımına etki eden jeolojik özellikler.

- Litoloji

- Süreksizlik
- Su içeriği
- Çimentolanma ve kristallenme derecesi
- Homojenite
- İzotropluk
- Ayrışma derecesi

Birçok numune üzerinde yapılan deneyler sonucunda,

- L / D (yükseklik / çap) oranı,
- Yükleme hızı
- Numunenin alt ve üst yüzeylerinin nitelikleri

gibi numune ve deney şartlarına bağlı faktörlerin kayacın basınç dayanımına etki ettiği saptanmıştır.

#### 4.3.2 Çekme Dayanımı Standardı

Kayaçların çekme dayanımları basınca ve kesilmeye karşı gösterdikleri dayanımlardan çok daha küçüktür. Çekme dayanımı basma dayanımının yaklaşık on da biri kadardır[3].

Bazı taşların T.S. 2513'e göre minimum çekme dayanımı Tablo 5.4'e göre olmalıdır.

Tablo 4.4 Doğal Yapı Taşlarında Minimum Basınç ve Çekme Dayanım Değerleri[3]

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (min) kgf / cm <sup>2</sup>	Eğilmede Çekme Dayanımı (min) kgf / cm <sup>2</sup>
Kalker, traverten , kireç bağlayıcılı kum taşı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, Bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, Grovak	800	60
Granit, siyenit, diyorit, Melafir, dianaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik Taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

### 4.3.3 Eğilme Dayanımı Standardı

Çeşitli mekanik özelliklere bağlı olan eğilme dayanımı, taşın zorlanması durumunda, kırılma noktasına kadar yaptığı eğilme boyudur. Taşlar mekanik basınca karşı hemen hemen hiç plastik veya elastik özellik göstermezler. Taşın çekirdek bağlarına ve gözenekliliğindedir bağlı olan eğilme dayanımı, özellikle konstrüksiyona göre ayarlanmış merdiven basamakları ve podyum alanlarında önemli bir rol oynar.

### 4.3.4. Darbe Dayanımı Standardı

Darbe dayanımı, standart boyutlardaki mermerin belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanım alanının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

TS 2513'e göre doğal taşlara darbe deneyi uygulandığında bulunacak darbe dayanım değeri  $6 \text{ kgcm/cm}^3$  den, eğer bu taş yol parkesi, bordürü vb. aşırı darbe etkilerine karşı bulunan yapı kısımlarında kullanılacak ise darbe dayanımı değeri  $12 \text{ kgcm/cm}^3$  den küçük olmamalıdır.

### 4.3.5. Aşınma Dayanımı Standardı

Aşınma dayanımı, mermerin yüzeyindeki aşındırıcı maddelerle meydana getirilen aşındırmaya karşı direncidir. Mermerlerin aşınma dayanımlarının bilinmesi son derece önemlidir. Taban döşemesi ve merdiven basamaklarında kullanılacak mermer plakalarda oluşabilecek aşınma kayıplarının önceden laboratuarda ölçümü, uygun taş seçimine imkan sağlamaktadır. Ticari tanım kapsamındaki her tür mermer için bilinmesi gereken sürtünme etkisi ile oluşan aşınma kayıpları, genellikle karbonatlı kayalarda yüksek, mineral içeriği ve içerdiği minerallerin özellikleri nedeniyle sert taş olarak nitelenen magmatik kökenli kayalarda ise düşüktür. Birimi  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$  dir [3].

TS 2513'e göre merdiven basamağı, döşeme kaplaması, vb. aşındırıcı etkiler karşısında kalacak yapı kısımlarında kullanılacak taşlar üzerinde, sürtünmeden dolayı aşınma deneyi uygulandığında bulunacak sonuç  $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$  den, yol parkesi ve bordürü vb. yapımında kullanılacak taşlar üzerinde aynı deneyi uyguladığımızda bulunacak sonuç ise  $10 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$  den daha fazla olmamalıdır.

#### 4.4 Kimyasal Özellikler

Mermerlerin kimyasal bileşiminin belirlenmesi amacıyla çeşitli kimyasal analizler gerçekleştirilir. Bu deneylerde:

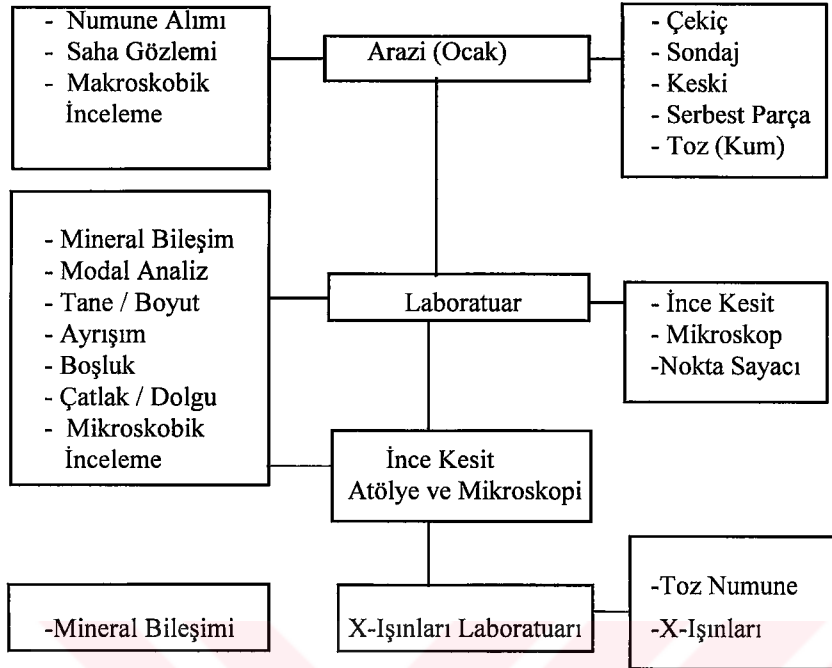
- CaO,
- MgO,
- SiO<sub>2</sub>,
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
- Na<sub>2</sub>O,
- TiO<sub>2</sub>,
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

yüzdeleri hesaplanır. Kimyasal bileşimi tespit edilen CaO miktarı 1/0,56 katsayı ile çarpılarak CaCO<sub>3</sub> e, MgO miktarı 1/0,48 katsayısı ile çarpılarak MgCO<sub>3</sub> e dönüşüm yapılır [3].

#### 4.5 Petrografik Özellikler

Kayaçların çeşitli iç yapı özelliklerinin tanımlanmasında kullanılan petrografik analiz, mermerlerde ocaktan kullanım yerine kadar, mermer karakterizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Mermerlerde sertlik, kırılgenlik, kesilebilme, parlatılabilme, cila alma gibi parametreler gerçekte malzemenin iç yapısı ile ilgilidir. Örnek olarak, bir mermer yatağında aynı kimyasal bileşimde fakat farklı mineralojik yapıda olan hakiki mermer ile kalsit kristalleri bir arada bulunabilmektedir. Böyle bir mermer yatağında kalsit kristallerinin büyük kafalar oluşturması halinde, kesilen

bloklardan plaka almada zorluklarla karşılaşmaktadır. Petrografik analiz yöntemleri ile bu ve benzeri özelliklerin önceden belirlenmesi ile tedbirler alınabilecektir [3].



Şekil 4. 2 Mermerde Petrografik Analiz-Akım Şeması

Mikroskop ve X-ışınları yardımı ile petrografik analizler yapılarak mermerlerin makroskobik olarak belirlenemeyen bileşenleri belirlenebilmektedir. Petrografik analiz ile mermerlerde iç yapı (dokuteksür) özelliklerinin tanınması yanında içerdikleri mineral tür ve boyutları belirlenir. Mermere renk, sertlik, kırılma gibi bilinmesi gereken özellikleri oluşturan minerallerin belirlenmesi petrografik analizlerle sağlanmaktadır. Petrografik analiz yöntemi, metodolojik olarak Şekil 4.2’de gösterilmiştir [3].

## 4.6 Doğal Taşlarda Deney Metodları

### 4.6.1 Numune Alma

Numune alma işlemi ocaklardan, kesilmiş plaka ve bloklardan olmak üzere iki kısma ayrılır.

#### 4.6.1.1 Ocaklardan Numune Alma

Yapıda kullanılması düşünülen her nevi doğal yapı taşı için, taşın çıkarıldığı ocaktan en az 20 x 20 x 30 cm boyutlarında yeterli sayıda numune bloklar alınmalıdır. İri taneli, büyük kristalli veya çok gözenekli taşlardan alınacak numune bloklar, bu duruma uygun olarak yeterince daha büyük olmalıdır.

Numune blokların ocağın hava etkileri ile bozulmaya başlamış olan yüzey kısımlarından ve lağım deliklerinden uzak kısımlardan çıkarılmış olmalı ve numune blokların çıkarılması sırasında, taşın yapısını ve dokusunu bozabilecek varyoz, ağır çekiç vb. aletlerin kullanılmamasına özen gösterilmelidir.

Blokların yataktaki duruşuna göre üst yüzlerine gelecek şekilde numaraları yazılmalı ve özel bir liflilik, tabakalılık veya damarlılık durumu varsa bu yüze bir ok çizerek işaret edilmelidir.

Numune alınmasında, alınan numunenin ocağı tam temsil edebilmesi sağlanmalı, ocağın farklılık gösteren muhtelif kısımlarından yeterince numune alınmalıdır.

Numune bloklardan, deneylerde yararlanılacak olan deney örneklerinin herhangi bir zedelenmeye ve özelliklere etki yapacak hasarlara uğramasına sebep olmamak üzere numune bloklarından testere ile kesilerek çıkarılmış olmalıdır.

Taş ocağından numune alınması sırasında bir tutanak düzenlenmeli ve bu tutanakta aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır;

- Taş ocağının yeri ( il, ilçe, bucak, köy ve mevki ),
- Taşın hangi amaçlar için kullanılacağı,
- Numunenin sayısı cinsi, varsa işaret ve numaraları,
- Alınan numunenin ocağı tam olarak temsil etmemesi halinde ne oranda temsil ettiği,
- Numunenin alındığı tarih,
- İlgililerin isim ve görevleri [3].

#### 4.6.1.2. Plaka ve Bloklardan Numune Alma

Bir seferde muayeneye sunulan blok veya plakalar bir parti sayılarak, ilerinden Tablo 4.5’de gösterilen miktarda numune, gelişigüzel ayrılır.

Tablo 4.5 Plaka ve Bloklardan Alınacak Numune Sayısı[3]

Partideki Blok veya Plaka sayısı	Plaka Veya Bloklardan Alınacak Numune Sayısı
1 - 10	1
11 - 25	3
26 - 125	5
126 - 216	6
217 - 1000	10
1001 ve daha çok	15

Partiyi oluşturacak blok veya plakaların her birine sıra ile numara verilir. Bu numaralar içinden istenilen sayıda numune, kura yöntemi ile saptılır. Tablo4.5’e göre alınan numuneler deneyler için yeterli olmadığında numune sayısı arttırılmalıdır [3].

#### 4.6.2 Muayeneler

Muayeneler, taşın petrografik özelliklerini tespit etmek amacıyla açıklanan  aşamada yapılır.

##### 4.6.2.1 Gz ve Büyüteçle Muayene

Muayene yeteri kadar büyüklükte iki,  tane numune parçasının kırık yüzeyinin göz ve büyüteçle incelenmesi yolu ile yapılarak, taşın dokusu, minerallerin görünüş özellikleri ve taşın cinsi tayin edilir. Gerektiğinde muayeneden önce, taşın kırık yüzeyine HCL (hidroklorik asit) damlatıldıktan sonra muayene tekrarlanır.



#### 4.6.2.2 Binoküler ve Stereo-Mikroskop

Muayenede, yeterli büyüklükte ve kırık yüzü düzeltilerek perdahlanmış (cilalanmış) iki, üç taş parçası kullanılır.

Bu şekilde perdahlanarak hazırlanmış numuneler binoküler ve stereo-mikroskopla muayene edilerek taşın dokusu, minerallerin çeşit ve boyutları, varsa hamur kısmı, pas yapan mineraller, taşın boşluk ve çatlakları ile numunede ayrışmaya uğramış, bozulmuş kısımlarının miktar ve durumu tespit edilmelidir.

#### 4.6.2.3 Polarizan Mikroskopla Muayene

Taş numunesinden perdahlanarak hazırlanan 0,02-0,04 mm kalınlıktaki ince kesit plakaları polarizan mikroskopla incelenerek, taşı oluşturan minerallerin cinsi, birbirine göre durumları, kristal şekli, varsa hamur cinsi, tane homojenliği, camsı görünüş olup olmadığı, doku, gözeneklilik, yarık, kılcal çatlak ve damarlar, bozuşup ayrışma olup olmadığı ve dolgu kısımları tayin edilir [3].

#### 4.6.3 Deneyler ve Yapılışları

Bu bölümdeki deneyler TS 699/Mart 1978 normlarına uygun olarak anlatılmıştır.

##### 4.6.3.1. Birim Hacim Ağırlığı Tayini Deneyi

Bu deneyde doğal yapı taşının gözenekleri ile birlikte birim hacminin ağırlığı bulunur. Deney düzgün olarak küp veya dikdörtgenler prizması veya silindir biçiminde kesilmiş numunelerle yapılır. Deneyde alet olarak, sıcaklığı  $105 \pm 5$  °C a ayarlanabilen bir etüv, duyarlılığı en az 0,1 g olan terazi ve uygun büyüklükte bir desikatör kullanılır.

Taş testeresi ile düzgün küpler veya dikdörtgenler prizması şeklinde numuneler kesilerek 3 adet deney numunesi hazırlanır. Deney numunelerinin yüzü bir tel fırça

ile fırçalanıp temizlendikten sonra boyutları 0,1 mm duyarlılıkla ölçülür ve hacimleri ( V ) hesaplanır. Sonra bunlar  $105 \pm 5$  °C sıcaklıktaki bir etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur. Birbirini izleyen 8'er saatlik kurutmalar sonunda oluşan ağırlık azalması % 0,1 den daha az ise, değişmez ağırlığa ulaştığı kabul edilir ve deney numunesi bir desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 g duyarlılıkta tartılarak kuru ağırlık bulunur ( $W_k$ )

Birim hacim ağırlığı;

$\Delta = \frac{W_k}{V} [g/cm^3]$ , formülü ile ve virgülden sonra yüzde hanesine yuvarlatılarak

bulunur.

Bu formülde;

$\Delta$  = Birim hacim ağırlığı ( $g/cm^3$ ),

$W_k$  = Numunenin değişmez (kuru) ağırlığı (g),

V = Numunenin hacmi ( $cm^3$ ) dir.

Eğer numune düzgün geometrik boyutlu değilse, her birinin ağırlığı 150 g dan az olmayan 3 adet deney numunesi kullanılarak deney yapılır. Numuneler değişmez ağırlığa kadar kurutulup bir tel fırça ile temizlendikten sonra 0,1 g duyarlılıkta tartılarak kuru ağırlık bulunur ( $W_k$ ). Bu şekilde kurutulmuş deney numunesine atmosfer basıncında su emdirilir ve su emdirilmiş numunenin havadaki ( $W_d$ ) ve su içindeki ( $W_s$ ) ağırlıkları 0,1 g duyarlılıkta tartılarak bulunur. Sonra taşın birim hacim ağırlığı;

$\Delta = \frac{W_k}{W_d - W_s} [g/cm^3]$ , formülü ile ve virgülden sonra yüzde hanesi yuvarlatılarak

bulunur.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Her numunenin biçimi ve büyüklüğü,
- Deney numunelerinin her birinin birim hacim ağırlıkları ile bunların ortalamaları.

#### 4.6.3.2 Özgül Ağırlık Tayini Deneyi

Deney üç numune üzerinde yapılmalıdır. En az 0,01 g duyarlıkta bir terazi, 0,2 mm göz açıklığında bir deney eleği, kurutma etüvü ve desikatör kullanılarak deney yapılır.

Taş numunesi 0,2 mm'lik deney eleğinden tamamı geçecek incelikte öğütülerek kurutma etüvünde birim hacim ağırlığı tayini deneyinde açıklandığı şekilde değişmez ağırlığa kadar kurutulur. Sonra bu kuru tozdan yaklaşık 40 gram 0,01 g duyarlıkta tartılarak ayrılır. Uygun hacimdeki bir piknometre ile, oda sıcaklığındaki hacmi 0,01 cm<sup>3</sup> duyarlıkla tayin edilir (V). Öğütülmüş taş tozu arasındaki hava kabarcıklarının çıkması, piknometre zaman zaman sarsılarak ve gerektiğinde ısıtılarak sağlanmalıdır.

Özgül ağırlık;

$\delta = \frac{W}{V}$  (g/cm<sup>3</sup>), formülü ile ve virgülden sonra yüzde hanesi yuvarlatılarak

bulunur.

Bu formülde;

$\delta$  = Özgül ağırlık (g/cm<sup>3</sup>),

W = Toz numunenin ağırlığı (g) ,

V = Toz numunenin hacmi (cm<sup>3</sup>) dır.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Her numunenin özgül ağırlığı,
- Özgül ağırlık değerlerinin aritmetik ortalamaları.

#### 4.6.3.3 Doluluk Oranı Tayini (Komposite) Deneyi

Deney üç deney numunesi üzerinde yapılır. Deneyde kullanılan numunelerin her birinin üzerinde birim hacim ağırlığı deneyi ve özgül ağırlık deneyi yapılır. Bulunan birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık deneyleri sonuçlarından doluluk oranı :

$k = \frac{\Delta}{\delta} \cdot 100$  (%), formülü ile ve tam sayıya yuvarlatılarak bulunur. Bu formülde ;

k = Doluluk oranı (%),

$\Delta$  = Birim hacim ağırlığı ( $\text{g/cm}^3$ ),

$\delta$  = Özgül ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ ), dir.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Her numunenin bulunan doluluk oranı,
- Doluluk oranı değerlerinin ortalaması.

#### 4.6.3.4 Gözeneklilik Oranı Tayini (Porozite) Deneyi

Deney üç deney numunesi üzerinde yapılır. Deneyde kullanılan numunelerinin her birin üzerine birim hacim ağırlığı deneyi ve özgül ağırlık deneyi yapılır. Bulunan birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık deney sonuçlarından, gözeneklilik oranı :

$p = \left(1 - \frac{\Delta}{\delta}\right) \cdot 100$  (%), formülü ile tam sayıya yuvarlatılarak bulunur.

Bu formülde ;

p = Gözeneklilik oranı (%),

$\Delta$  = Birim hacim ağırlığı ( $\text{g/cm}^3$ ),

$\delta$  = Özgül ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ ), dir.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Her numunenin bulunan gözeneklilik oranı,
- Gözeneklilik oranı değerlerinin aritmetik ortalaması [3].

#### 4.6.3.5 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Yeteneği Tayini Deneyi

Deneyde en az 0,1 g duyarlılığı olan bir terazi, uygun büyüklükte bir desikatör, sıcaklığı  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  olan etüv ve paslanmaz malzemeden yapılmış su kabı kullanılır. Deney 5 adet numune ile yapılır. Numunelerin ağırlığı 150-350 g arasında olabildiğince yassı parçalar halinde olmalı ve yaklaşık olarak aynı büyüklükte bulunmalıdır.

Numuneler bir tel fırça ile fırçalanarak, damıtık su ile yıkanıp temizlenir. Temizlenmiş numuneler, Deney 4.6.3.1’de belirtildiği gibi değişmez ağırlığa kadar kurutulur, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 g duyarlılıkla tartılarak kuru ağırlıkları bulunur ( $W_k$ ). Kurutulmuş numuneler, içinde  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  sıcaklıkta damıtık su bulunan yüksekliklerinin  $\frac{1}{4}$  ü kadar suya daldırılır. Sonra kaba yavaş yavaş su ilave edilerek su düzeyinin, başlangıçtan 1 saat sonra numunelerin yüksekliklerinin yaklaşık yarısına ve ikinci saatin sonunda ise  $\frac{3}{4}$  üne ulaşması sağlanır. Bu anda yani numunelerin suya konuluşundan iki saat sonra kaba yeniden su konularak numunelerin tamamen su altında kalmaları temin edilir. Sonra numuneler, tamamen su altında kaldıklarından 22 saat ve deney başlangıcından 24 saat sonra sudan çıkarılır, üzerindeki su damlaları, ısıtılarak sıkılmış bir bez veya sünger parçası ile silinip alındıktan sonra süratle tartılarak numune tekrar su içine konur. Bundan sonra bu tartma işlemi 24 saat aralıklarla tekrarlanır. Tamamen su altında bırakılan numuneye bu şekilde su emdirilmeye devam edilir ve 24 saat aralıklarla yapılan tartılarda bulunacak olan ağırlık artışı bir evvelki tartının % 0,05 inden fazla değil ise son tartım suya doymuş değişmez ağırlık olarak ve 0,1 g duyarlılıkla tespit edilir ( $W_d$ ). Sonra suya doymuş numune, su içinde de tartım yapabilen bir terazi (arşimed terazisi) ile su içinde yine 0,1 g duyarlılıkla tartılarak numunenin su içindeki ağırlığı bulunur ( $W_s$ ) [3].

Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği :

$$a_s = \frac{W_d - W_k}{W_k} \cdot 100 (\%), \text{ formülü ile hacimce su emme yeteneği:}$$

$h_s = \frac{W_d - W_k}{W_d - W_s} \cdot 100$  (%), formülü ile ve virgülden sonra onda bir hanesine

yuvarlanarak bulunur. Bu formüllerde

$a_s$  = Atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği (%)

$h_s$  = Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği (%)

$W_k$  = Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş numune ağırlığı (g)

$W_d$  = Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (g)

$W_s$  = Değişmez ağırlığa kadar su emdirilmiş numunenin su içindeki ağırlığı (g), dır.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Her numunenin ağırlıkça su emme yeteneği ( $a_s$ )  
ve bunların aritmetik ortalaması ( $a_{so}$ )
- Her numunenin hacimce su emme yeteneği ( $h_s$ )  
ve bunların aritmetik ortalaması ( $h_{so}$ )

#### 4.6.3.6 Kaynar Suda Su Emme Yeteneği Tayini Deneyi

Deneyde Deney 4.6.3.1'de anlatılan kurutma etüvü, terazi, desikatör ve uygun büyüklükteki ve içinde su kaynatılabilecek şekilde yapılmış, tercihen porselen bir kap kullanılır. Bu deneyde 5 deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri her birinin ağırlığı 150-350 g arasında olabildiğince yassı parçalar halinde bulunmalı ve yaklaşık olarak aynı büyüklükte olmalıdır.

Numuneler, bir tel fırça ile fırçalanıp, damıtık su ile yıkanıp temizlendikten sonra Deney 4.6.3.1'de açıklandığı gibi değişmez ağırlığa kadar kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 g duyarlılıkla tartılarak kuru ağırlık bulunur ( $W_k$ ). Kurutulmuş deney numuneleri uygun ve tercihen porselen bir kaptaki yüksekliklerinin yaklaşık yarısına damıtık su içinde kalacak şekilde bir saat bekletilir. Sonra kap, numuneler tamamen su altında kalacak şekilde damıtık su ile doldurulur ve uygun bir ısı kaynağının üzerine konularak kaptaki su iki saat süre ile kaynatılır. Kaynama süresince zaman zaman kaba damıtık su ilave edilerek numunelerin bütün kaynatma süresince su altında kalmaları sağlanmalıdır. Kaynatmanın sonunda numuneler

kaptaki su içinde oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır. Sonra sudan çıkarılan numunelerin üzerindeki su damlaları ıslatılarak sıkılmış bir bez veya sünger parçasıyla tamponlanarak silinip temizlenir ve bekletilmeden 0,1 g duyarlılıkla tartılarak, kaynar suda su emdirilmiş ağırlığı bulunur ( $W_{kd}$ ). Yine bekletilmeden, su içinde tartı yapabilen bir terazi ile 0,1 g duyarlılıkla tartılarak, su içindeki ağırlığı bulunur ( $W_{ks}$ ).

Kaynar suda ağırlıkça su emme yeteneği :

$$a_{ks} = \frac{W_{kd} - W_k}{W_k} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

formülü ile, kaynar suda hacimce su emme yeteneği :

$$h_{ks} = \frac{W_{kd} - W_k}{W_{kd} - W_{ks}} \cdot 100 \text{ (\%)}, \text{ formülü ile virgülden sonra onda bir hanesine}$$

yuvarlanarak bulunur. Bu formüllerde :

$a_{ks}$  = Kaynar suda ağırlıkça su emme yeteneği (%)

$h_{ks}$  = Kaynar suda hacimce su emme yeteneği (%)

$W_k$  = Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş numune ağırlığı (g)

$W_{kd}$  = Kaynar suda su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (g)

$W_{ks}$  = Kaynar suda su emdirilmiş numunenin su içindeki ağırlığı (g), dır.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Her numunenin kaynar suda ağırlıkça su emme yeteneği ( $a_{ks}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $a_{ks0}$ )
- Her numunenin kaynar suda hacimce su emme yeteneği ( $h_{ks}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $h_{ks0}$ )

#### 4.6.3.7 Basınç Altında Su Emme Yeteneğinin Tayini Deneyi

Deneyde deney 4.6.3.1'de açıklanan kurutma etüvü, terazi, desikatör ve vakum pompalı basınçlı su kabı (iç basıncı  $22 \pm 2$  mm civa sütunu değerine düşürülebilecek bir vakum pompası bulunan ve istendiğinde, en az  $150 \text{ kgf/m}^2$  ( $14,7 \text{ MN/m}^2$ ) lik bir

basınç uygulanabilen kapalı, camdan yapılmış bir basınçlı su kabı) kullanılır.5 adet numune ile deney yapılır. Deney numuneleri her birinin ağırlığı 150-350 g arasında olabildiğince yassı parçalar halinde bulunmalı ve yaklaşık olarak aynı büyüklükte olmalıdır.

Numuneler bir tel fırça ile fırçalanıp, damıtık su ile yıkanıp temizlendikten sonra deney 4.6.3.1’de açıklandığı gibi değişmez ağırlığa kadar kurutulur, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 duyarlıkta tartılarak kuru ağırlığı bulunur ( $W_k$ ). Bu şekilde kurutulmuş numuneler, uygun bir vakum pompasına bağlı camdan bir vakum kabına yerleştirilir. Bu cam vakum kabında, içine su verilmesini ve deneyde gerekli derecede yüksek bir basınç oluşturulmasını ve bu basıncı en az 24 saat koruyup sürdürebilmesini sağlayan düzenekler bulunmalıdır. Vakum pompası çalıştırılarak, vakum kabı içindeki basınç  $22 \pm 5$  mm civa basıncına indirilir. Bu sırada vakum kabına damıtık su verilerek numunenin tamamen su altında kalması sağlanır. Yukarıda belirtilen vakum basıncının uygulanması, hava kabarcıklarının çıkması azalıp bitene kadar sürdürülür. Bunu sağlanması için genellikle 3 saatlik bir süre yeterlidir. Vakum kaldırılır ve numuneler 2 saatlik süre ile atmosfer basıncı altında bırakıldıktan sonra kaptaki, içinde numuneler bulunan suya  $150 \pm 15$  kgf/cm<sup>2</sup> ( $14,7 \pm 1,47$  NM/m<sup>2</sup>) lik bir basınç uygulanır. Bu yüksek basınç 24 saat sürdürülür ve sonra kaldırılır. Kaptaki numuneler çıkarılıp, su altında da tartma yapabilen bir terazi ile 0,1 g duyarlıkta tartılarak su içindeki ağırlığı bulunur ( $W_{bs}$ ). Sonra numuneler sudan çıkarılarak üstündeki su damlaları, ıslatılarak sıkılmış bir bez veya sünger ile tamponlanarak silinip alındıktan sonra bekletilmeden 0,1 g duyarlıkla tartılarak su emdirilmiş ağırlık bulunur ( $W_{bd}$ ).

Basınç altında ağırlıkça su emme yeteneği :

$$a_{bs} = \frac{W_{bd} - W_k}{W_k} \cdot 100 (\%),$$

formülü ile ve basınç altında hacimce su emme yeteneği :

$$h_{bs} = \frac{W_{bd} - W_k}{W_{bd} - W_{bs}} \cdot 100 (\%),$$
 formülü ile ve virgülden sonra onda bir hanesine

yuvarlatılarak bulunur. Bu formüllerde :



$a_{bs}$  = Basınç altında ağırlıkça su emme yeteneği (%)

$h_{bs}$  = Basınç altında hacimce su emme yeteneği (%)

$W_k$  = Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş numune ağırlığı (g)

$W_{bd}$  = Basınç altında su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (g)

$W_{bs}$  = Basınç altında su emdirilmiş numunenin sudaki ağırlığı (g)

Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Her numunede bulunan ağırlıkça su emme yeteneği ( $a_{bs}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $a_{bso}$ )
- Her numunede bulunan hacimce su emme yeteneği ( $h_{bs}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $h_{bso}$ )

#### 4.6.3.8 Doyma Katsayısı Tayini Deneyi

Bu deneyde 10 adet numune kullanılır. Deney numuneleri, her birinin ağırlığı 150-350 g arasında, olabildiğince yassı parçalar halinde bulunmalı ve yaklaşık olarak aynı büyüklükte olmalıdır.

Numunelerin 5 tanesi üzerinde deney 4.6.3.5'de açıklanan atmosfer basıncı altında su emme deneyi uygulanarak, ağırlıkça su emme yeteneğinin ortalaması ( $a_{so}$ ) ile hacimce su emme yeteneğinin ortalaması ( $h_{so}$ ) hesaplanır. Numunelerin diğer 5 tanesi üzerinde deney 4.6.2.7'de açıklanan basınç altında su emme deneyi uygulanır ve ağırlıkça su emme yeteneğinin ortalaması ( $a_{bso}$ ) ile hacimce su emme yeteneğinin ortalaması ( $h_{bso}$ ) hesaplanır.

Ağırlıkça doyma katsayısı:

$$S_a = \frac{a_{so}}{a_{bso}}$$

formülü ile ve hacimce doyma katsayısı:

$$S_h = \frac{h_{so}}{h_{bso}}$$

formülü ile virgülden sonra yüzde hanesine yuvarlatılarak bulunur.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Ağırlıkça doyma katsayısı ( $S_a$ )
- Hacimce doyma katsayısı ( $S_h$ )

#### 4.6.3.9 Basınç Dayanımı Tayini Deneyi

Deneyde kullanılacak aletler:

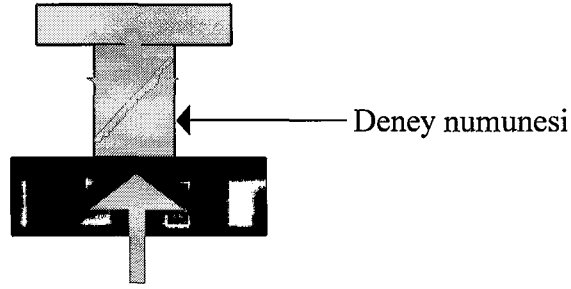
**Basınç deney presi:** Alt veya üst tablası hareket ederek numuneye basınç uygulayan yeterli kapasitede hidrolik bir pres. Presin iki tablasından biri kuvvetin uygulandığı numune yüzeyi ile tam uyuşmayı sağlayarak kuvvet yığılmalarına engel olmak üzere oynak başlı olmalıdır. Uygulanan kuvveti kırılma kuvvetinin en az %1 i duyarlılığında gösterecek bir göstergesi bulunmalıdır. Kırılma anındaki kuvvetin kolayca okunabilmesi için hareketli ibrenin sürüklediği ve kırılma meydana geldiğinde geri dönmeyerek olduğu yerde kalan sabit bir ibresi de bulunmalıdır.

Deney için numune taş bloklardan taş testeresi ile kesilmek sureti ile küp veya silindir şeklinde 10 tane deney numunesi hazırlanır. Küp şeklindeki deney numunelerinin kenarları  $50 \pm 2$  mm ve silindir şeklindeki deney numunelerinin ise çapı  $50 \pm 2$  mm ve yüksekliği  $50 \pm 2$  mm olmalıdır. İri kristalli taşlarla, bünye yapısı iri gözenekler gösteren taşlarda ise silindirlerin çap ve yükseklikleri ile küplerin kenar uzunlukları  $100 \pm 5$  mm olmalıdır.

Tabakalı ve şist yapıları taşlar ile tabakalaşma doğrultusu belirli olan tortul taşlarda basınç dayanımı deneyi, hem tabakalaşma doğrultusuna dik ve hem de doğrultuya paralel olarak yapılır. Bu nedenle bu tür taşlarda hazırlanması gereken numune sayısı 15 adet olmalıdır. Bu numunelerden 10 tanesinde, küp şeklindeki numunelerde küpün birbirine paralel olan dört kenarı ve silindir şeklindeki numunelerde ise silindir yüksekliği tabakalaşma yüzeyine dik tutularak, numunelerin basınç uygulanacak yüzlerinin tabakalaşma yüzeyine paralel olması sağlanmalıdır. Diğer 5 deney numunesi ise küp şeklindekilerde küpün birbirine paralel dört kenarı ve silindir şeklindeki numunelerde silindir yüksekliği tabakalaşma yüzeyine paralel

düzenlenerek, basınç uygulanacak numune yüzleri tabakalaşma yüzeyine dik olacak şekilde düzeltilmelidir.

Deney numunelerin boyutları kumpasla 0,1 mm duyarlıkla ölçülerek basınç uygulanacak yüzeyin alanı 0,1 cm<sup>2</sup> ye yuvarlatılarak hesaplanır. Basınç dayanımı deneyi, numunelerin 5 tanesi hava kurusu olarak, diğer 5 tanesi su emdirilmiş olarak yapılır.



Şekil 4.3 Deney Düzenegi

Deney numunesi basınç deney presinin tabakalarının arasına ve alttaki tabakanın tam ortasına yerleştirilir. Bu işlemden önce aletin tablaları iyice silinerek temizlenmiş olması gerekir. Bu şekilde basınç deney presine yerleştirilmiş bulunan deney numunelerine meydana gelecek basınç gerilme artışı yaklaşık olarak saniyede 15 kgf/cm<sup>2</sup> (150 N/cm<sup>2</sup>) olacak şekilde çarpmasız ve devamlı olarak artan bir (P) kuvveti, deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanır. Kırılma anındaki P<sub>max</sub> kaydedilir.

Basınç dayanımı değeri:

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{A} \text{ [kgf / cm}^2\text{] , formülü ile ve tam sayıya yuvarlatılarak bulunur.}$$

Bu formülde:

$$\sigma_b = \text{Basınç dayanımı (Kgf / cm}^2\text{)}$$

$$P_{\max} = \text{Kırılma anındaki yük (Kgf)}$$

$$A = \text{Deney numunesinin basınç uygulanan yüzeyinin alanı (cm}^2\text{) dır.}$$

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

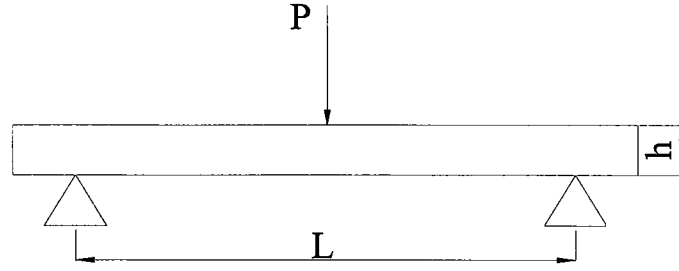
- Numunenin şekil ve boyutları,

- Su emdirilmemiş numunelerde bulunan basınç dayanımı değerleri ( $\sigma_b$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $\sigma_{bo}$ ),
- Su emdirilmiş numunelerde bulunan basınç dayanım değerleri ( $\sigma_{bs}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $\sigma_{bso}$ ),
- Numuneler tabakalı taşlara ait ise, tabakalanma yüzlerine paralel doğrultudaki basınç dayanım değerleri ve bunların aritmetik ortalaması.

#### 4.6.3.10 Eğilme Dayanımı Tayini Deneyi

Deneyde Deney 4.6.3.9'da açıklanan ve uygulanan kuvvetin en az % 1'i kadar duyarlıkta bir pres ve kumpas kullanılır. Deney için, numune taş bloklarından, taş testeresi ile kesilmek sureti ile 10 deney numunesi hazırlanır. Bunların boyutları 50x100x200 mm olmalı ve bu boyutlarda tolerans  $\pm 5$  mm bulunmalıdır. Tabakalı ve şist yapıları taşlar ile tabakalaşma doğrultusu belirli olan tortul taşlarda eğilme dayanımı deneyi hem tabakalaşma yönüne dik hem tabakalaşma yönüne paralel yükleme yolu ile yapılır. Bu nedenle bu gibi taşlarda 15 tane deney numunesi hazırlanır ve bunların 10 tanesinde numunenin 5 cm lik kısa kenarı tabakalanma yüzeyine dik diğer 5 tanesinde ise 20 cm lik uzun kenarı tabakalanma yüzeyine dik bulundurulur.

Eğilme deneyi düzeni: Uzunlukları en az deney numunesinin genişliği kadar olan 20 mm çapında çelikten iki mesnet ve bir yükleme parçasından oluşan eğilme deney düzeninde, mesnetler ve yükleme parçalarının eksenleri birbirlerine paralel olmalı ve bunların ikisi, deney numunesinde deney sırasında burulma etkisi yapmamaları için serbestçe hareket edebilecek biçimde tertiplenmiş olmalıdır. Mesnetlerin arasındaki serbest açıklık 180 mm olmalı ve yükleme parçası bu açıklığın tam ortasında bulunmalıdır.



Şekil 4.4 Eğilme Deneyi düzeneği

Deney, numunelerinden 5 tanesi üzerinde hava kurusu olarak, diğer 5 tanesinde ise Deney 4.6.3.5’de açıklandığı şekilde su emdirilmiş olarak uygulanır. Deney numunesi, basınç presinin tablaları arasına yerleştirilmiş deney düzeneği üzerine oturtulur. Oluşacak eğilmede çekeme gerilmesi artışı saniyede yaklaşık  $2 \text{ kgf / cm}^2$  ( $20 \text{ N/cm}^2$ ) olacak bir yükleme hızı ile çarpmasız ve devamlı olarak artan bir ( $P$ ) kuvveti, deney numunesi kırılana kadar uygulanır. Kırılma anındaki  $P_{\max}$  kaydedilir.

Eğilme dayanımı:

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot L \cdot P_{\max}}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ [kgf / cm}^2\text{]}$$

$\sigma_e$  = Eğilme dayanımı ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$P_{\max}$  = Kırılma anındaki yük ( $\text{kgf}$ )

$L$  = Mesnet açıklığı ( $\text{cm}$ )

$b$  = Numunenin mm duyarlılıkla ölçülen genişliği ( $\text{cm}$ )

$h$  = Numunenin, kırılma noktasında mm duyarlılıkla ölçülen yüksekliği ( $\text{cm}$ ) dir

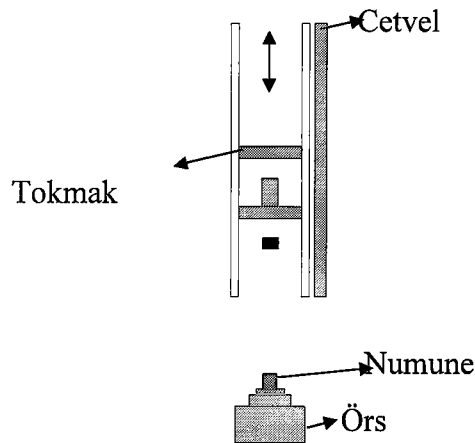
Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Numunenin şekil ve boyutları
- Su emdirilmemiş numunelerde bulunan eğilme dayanımı değerleri ( $\sigma_e$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $\sigma_{eo}$ )

- Su emdirilmiş numunelerde bulunan eğilme dayanımı değerleri ( $\sigma_{es}$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $\sigma_{eso}$ )
- Numunelerin tabakalı taşlara ait olması halinde tabakalaşma doğrultusuna paralel olarak yapılan eğilme dayanımı deneyinde bulunan eğilme dayanımı değerleri ve bunların aritmetik ortalaması

#### 4.6.3.11 Darbe Dayanım Tayini Deneyi

Deneyde darbe dayanımı deney aleti ve aletin tokmağından gelen darbeleri deney numunesine iletebilmek için sert çelikten bir plaka kullanılır. Bu plakanın boyutları, deney numunesi kenarlarından her yönde 1 cm taşacak şekilde olmalı, deney numunesine degecek olan yüzü tamamen düzlemsel ve tokmağın çarpacağı tarafı ise küresel bombeli bulunmalıdır. Deney için numune taş bloklarından, kenar uzunluğu  $40 \pm 1$  mm olan küp biçimindeki 10 deney numunesi taş testeresi ile ıslak kesilmek sureti ile hazırlanır. Tabakalı ve şist yapılı taşlar ile tabakalaşma doğrultusu belirli olan tortul taşlarda darbe dayanımı deneyi, hem tabakalaşma doğrultusuna dik ve hem de bu doğrultuya paralel yönde uygulanır. Bu nedenle 10 tane tabakalaşma yönüne dik, 10 tane tabakalaşma yönüne paralel olmak üzere 20 tane deney numunesi hazırlanır ve üzerinde tabakalaşma yönü işaretlenerek belirtilir.



Şekil 4. 5 Darbe Deneyi Düzenegi

Deney için numune taş bloklarından, kenar uzunluğu  $40 \pm 1$  mm olan küp biçimindeki 10 deney numunesi taş testeresi ile ıslak kesilmek sureti ile hazırlanır. Tabakalı ve sist yapıları taşlar ile tabakalaşma doğrultusu belirli olan tortul taşlarda darbe dayanımı deneyi, hem tabakalaşma doğrultusuna dik ve hem de bu doğrultuya paralel yönde uygulanır. Bu nedenle 10 tane tabakalaşma yönüne dik, 10 tane tabakalaşma yönüne paralel olmak üzere 20 tane deney numunesi hazırlanır ve üzerinde tabakalaşma yönü işaretlenerek belirtilir.

Deney, numuneler hava kurusu durumunda iken uygulanır. Deney numunesi, darbe deney aletinin örsü üzerindeki başlığın ortasına yerleştirilir. Üzerine çelik plaka konulduktan sonra deney, tokmağın ardarda ve deney numunesi kırılıp parçalanıncaya kadar serbestçe düşürülmesi sureti ile yapılır. Tokmağın ilk darbesinde, deney numunesinin her cm'lük kısmı için 2 kg.cm lik bir çarpma işi elde edebilecek şekilde, serbest düşme yüksekliği ayarlanır. Tokmak ağırlığı 50 kg olduğuna göre bu yükseklik;  $h = 0,004 \cdot V$  (cm) formülü ile bulunur. Bu formülde (V)  $\text{cm}^3$  olarak deney numunesinin hacmidir. Bu ilk darbeden sonra, her darbedeki düşme yüksekliği, bir evvelki darbenin düşme yüksekliğinin ilk yükseklik (h) kadar artırılması yoluyla deneye devam edilir. Tokmak, deney numunesine çarptıktan sonra bir miktar geri sıçrar. Düşme yüksekliğinin artmasına rağmen sıçrama miktarı artmaz veya azalırsa numune parçalanmış sayılır ve çarpma dayanımının hesaplanmasında sıçrama miktarında artış meydana getirmiş olan darbe sayısı (n) göz önünde bulundurulur. Tokmağın geri sıçrama miktarında bir azalma olmadığı halde önemli derecede çatlama, pullanma veya mıcır şeklinde ufalanma vb. hasarlar olursa bu hasarın olduğu son darbe, (n) sayısının hesaplanmasında göz önünde tutulmaz. Darbe dayanımı;

$D = \frac{A}{V}$  ( $\text{kg} \cdot \text{cm} / \text{cm}^3$ ), formülü ile tam sayıya yuvarlatılarak bulunur. Bu

formüllerde:

D = Taşın darbe dayanımı ( $\text{kg.cm} / \text{cm}^3$ )

A = Deneydeki toplam çarpma işi ( $\text{kg.cm}$ )

V = Deney numunelerinin hacmi ( $\text{cm}^3$ )

$n$  = Deney numunesinin parçalandığı ana kadar yapılan darbe sayısıdır.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

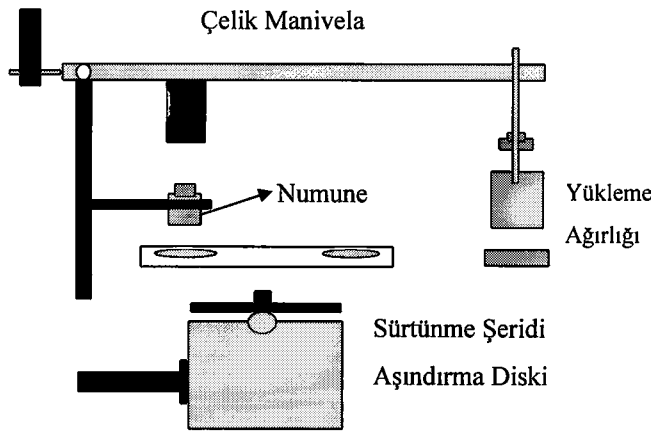
- Darbe dayanımı deneyi sonuçları ile bunların aritmetik ortalaması
- Numunelerin tabakalı taşlara ait olması halinde tabakalaşma yüzeyine paralel olarak yapılan darbe deneyinin de sonuçları ve bunların aritmetik ortalaması.
- Deney sonucunda oluşan kırılmanın tarifi (dağılma, çatlama, pullanma, patlama vb.)
- 

#### 4.6.3.12 Sürtünme İle Aşınma Dayanımı Deneyi

Deneyde, aşınma deney aleti, numunenin kalınlığını 0,01 mm duyarlılıkla ölçebilecek ve ağızı yeterli açıklıkta bir mikrometre ve aşındırıcı madde olarak zımpara taşı tozu kullanılmalıdır [3].

Sürtünme şeridi üzerine yaklaşık 20 g zımpara taşı tozu konulur ve deney numunesine çelik manivela aracılığı ile  $30 \pm 0,3$  kg lık ağırlık uygulanarak deney numunesinin sürtünme şeridine  $0,6 \text{ kg/cm}^2$  lik bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra, alet çalıştırılıp disk harekete getirilir. Diskin dönme hareketi sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları, uygun bir düzen ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır. Her 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk ve sürtünme şeridi üzerindeki zımpara tozları ve aşınma ile deney numunesinden ayrılan kısımlar temizlenir ve sürtünme şeridi üzerine yeniden yaklaşık 20 g zımpara tozu konulup, deney numunesi düşey eksenini etrafında  $90^\circ$  çevrildikten sonra aşındırma diskine yeniden yol verilir. Bu şekilde, her seferinde, aşınan kısımlar ve zımpara tozları temizlenip yeniden yaklaşık 20 g zımpara tozu konulmak ve deney numunesi hep aynı yöne doğru  $90^\circ$  çevrilmek sureti ile 22 şer devirlik 20 aşındırma periyodu uygulanır. Bu şekilde sürtünme ile aşındırılmış deney numunesinin üzerindeki aşınmış kısımlar ve taş tozları sert bir kıl fırça ile temizlendikten sonra, kalınlığı, 9 ayrı yerden, 0,01 mm duyarlılıkla ölçülür. Bu dokuz ölçünün aritmetik ortalaması alınarak deney numunesinin kalınlığı bulunur.





Şekil 4.6 Aşınma Deney Aleti

Sürtünme yüzeyinin kenarları da 0,1 mm duyarlıkla ölçülür ve bu yüzün alanı, 0,01 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak hesaplanır. Sürtünme ile aşınma dayanımı değeri, numunede meydana gelecek hacim azalması ile belirtilecek ise, 20 aşınma periyodundan geçen numunenin hacmi 0,1 g duyarlıkla su emdirilmiş ağırlık ( $W_{ds}$ ) ve su emdirilmiş durumda su içindeki ağırlık ( $W_{as}$ ) değerlerinden yararlanılarak

$V_a = W_{ds} - W_{sa}$  (cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>) formülü ile virgülden sonra onda bir hanesine yuvarlatılarak bulunur.

Sürtünme ile aşınma dayanımı kalınlık azalması cinsinden belirtilecek ise :

$$\Delta d = d_o - d_a \text{ (cm)}$$

veya  $\Delta d = \frac{V_0 - V_a}{A}$  (cm), formüllerinden biri ile ve virgülden sonra yüzde bir

hanesine yuvarlatılarak; deney numunesinin 50 cm<sup>2</sup> lik aşınma yüzünde meydana gelen hacim azalması cinsinden belirtilecek ise

$$\Delta V = (d_o - d_a) \cdot 50 \text{ (cm}^3\text{/50.cm}^2\text{)}$$

veya  $\Delta V = \frac{V_0 - V_a}{A} \cdot 50 \text{ (cm}^3\text{/50.cm}^2\text{)}$ , formüllerinden biri ile ve virgülden sonra

yüzde bir hanesine yuvarlatılarak bulunur.

Bu formüllerde:

$d_o$  = Numunenin aşınma deneyinden önce ölçülen ortalama kalınlığı (cm)

$d_a$  = Numunenin aşınma deneyinden sonra ölçülen ortalama kalınlığı (cm)

$\Delta d$  = Numunenin sürtünme ile aşınma dayanım değeri (cm)

$\Delta V$  = Numunenin aşınma deneyinden önce bulunan hacmi (cm<sup>3</sup>)

$V_o$  = Numunenin aşınma deneyinden önce bulunan hacmi (cm<sup>3</sup>)

$V_a$  = Numunenin aşınma deneyinden sonra bulunan hacmi (cm<sup>3</sup>)

$A$  = Numunenin aşınma sürtünmesi uygulanan yüzeyinin alanı (cm<sup>2</sup>)

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Her birinin deneyden önce ve sonra bulunan ortalama kalınlığı veya hacmi
- Kalınlık azalması veya hacim azalması yoluyla bulunan aşınma dayanımı değerleri

#### 4.6.3.13 Donma Dayanıklılık Tayini Deneyi

Deneyde, kurutma etüvü, sıcaklığı ayarlanabilen ve en az -20 °C ye inebilen bir soğuk hava dolabı, desikatör, porselen veya camdan su kabı kullanılır. Her birinin ağırlığı 150-350 g arasında olan 5 tane numune ile deney yapılır.

Deney numuneleri kurutma etüvünde kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlık bulunur ( $W_k$ ). Bu şekilde kurutulmuş deney numuneleri Deney 4.6.3.5'de açıklandığı gibi atmosfer basıncı altında su emdirilerek soğuk hava dolabına konur. Dolap sıcaklığı yaklaşık 4 saatte en az -15 °C düşecek şekilde ayarlanır ve bu sıcaklıkta 2 saat süre ile bekletilir. Bu donma olayını takiben soğuk hava dolabından çıkarılan numuneler, içinde oda sıcaklığında damıtık su bulunan su kabında en az 2 saat bekletilerek donun çözülmesi sağlanır ve numune yüzeyindeki su damlları silinerek 0,1 g duyarlılıkla tartılır. Bu şekilde donma ve çözülme işlemleri 25 kez tekrarlanarak ve her seferinde deney numunesinin ağırlığı ve numunede meydana gelen gözle görülür değişiklikler kaydedilerek sürdürülür. Donma ve çözülme işlemlerinin sonunda, çözülmeye kullanılan su kabındaki damıtık

su kaynatılıp buharlaştırılarak, deney numunesinden gevşeyip koparak ayrılan kısımların ağırlığı 0,05 g duyarlıkla tartılarak bulunur. ( $W_d$ )

Dona dayanıklılık tayini deneyinde, koparak ayrılan kısımlardan meydana gelen ağırlık azalması ağırlık yüzdesi olarak :

$a_d = \frac{W_d}{W_k} \cdot 100$  (%), formülü ile virgülden sonra onda bire yuvarlatılarak hesaplanır.

Bu formülde:

$a_d$  = Ağırlık azalması değeri (%)

$W_d$  = Deney numunesinin don deneyindeki ağırlık kaybı (g)

$W_k$  = Deney numunelerinin kuru ağırlığı (g) dir.

Numuneler üzerinde Deney 4.6.3.9'da açıklandığı üzere basınç tayini deneyi yapılır. Bu şekilde bulunan basınç dayanımı ortalamaları ve daha önce bulunan aynı cins basınç dayanımı ortalamaları değerinden yararlanılarak, basınç dayanımında don deneyi nedeni ile meydana gelen azalma :

$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{b0} - \sigma_{d0}}{\sigma_{b0}} \cdot 100$  (1%), olarak ta hesaplanır.

Bu formülde:

$\Delta\sigma$  = Don deneyi nedeniyle basınç dayanımında oluşan azalma (%)

$\sigma_{b0}$  = Evvelce bulunan basınç dayanımı ortalama değeri ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$\sigma_{d0}$  = Donma deneyi yapıldıktan sonra bulunan basınç dayanım değeri ( $\text{kgf/cm}^2$ )

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Deney numunelerinin her birinin biçimi
- Deneyden önceki kuru ağırlığı ( $W_k$ )
- Deneydeki ağırlık kaybı ( $W_d$ )
- Hesaplanan dona dayanıklılık değeri ( $a_d$ ) ve bunların aritmetik ortalaması ( $a_{dor}$ )
- Deney sırasında her 5 kez sonundaki ağırlıklar ve deneyden sonra, numunede gözlenen değişiklikler.
- Basınç dayanımında don deneyi nedeni ile meydana gelen azalma (%)

#### 4.6.3.14 Su Geçirimsizliği

Deney aleti olarak iç çapı yaklaşık 100 mm olan bir tarafı kapalı diğer tarafı flanşlı çelik bir silindir kullanılır. Bu silindir bir boru ile basınçlı su veren bir tulumbaya bağlanmış olmalı ve borunun silindire giriş kısmında, suyun basıncını ölçen manometre bulunmalı ve aleti deney sırasında numuneyi sıkıca tutabilecek alt çerçevesi ve üst plakası olmalıdır.

Deneyde  $50 \pm 2$  mm kalınlıkta ve yaklaşık 24 x 24 cm boyutunda 5 deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri taş bloklarından taş testeresi ile ve ıslak kesilerek çıkarılmış olmalı ve basınçlı su uygulanacak olan 24 x 24 cm boyutlu yüzü ile bunun karşı tarafındaki yüz iyice düzeltilerek pürüzsüz hale getirilmiş olmalıdır [3].

Deney numunesi hava kurusu durumunda olmak üzere deney aletinin çerçevesi içine yerleştirilir. Numunenin üst yüzünün tam ortasına basınçlı su uygulayacak bir tarafı flanşlı silindir, flanşlı tarafına bir kauçuk rondela konularak yerleştirilir, numune ve silindir birbirinden ayrılmayacak ve aradan su sızmayacak şekilde sıkıştırılır. İçinde deney numunesi bulunan alet, su dolu bir kabın üzerine su yüzünden yaklaşık 25 - 30 cm yüksekte duracak şekilde ve uygun bir ayak veya sehpa kullanılarak yerleştirilir. Numuneye, silindir aracılığı ile  $20 \pm 5$  °C sıcaklıktaki damıtık su  $1 \text{ kgf} / \text{cm}^3$  ( $100 \text{ KN} / \text{m}^2$ ) lik bir basınç uygulanır. Numunenin alt yüzü 48 saat süre ile gözlenerek, bu yüzde ıslanma veya damlama oluşup oluşmadığı ve oluşmuş ise başladığı an tespit edilir. Bu basınçla 48 saat süre sonuna kadar damlama oluşmaz ise basınç  $3 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ 'ye yükseltilir ve damlamanın meydana gelip gelmediği gözlenerek bu basınç 24 saat sürdürülür. Damlama veya ıslanmanın başladığı an kaydedilir. Bu ikinci basınç kademesinde de ıslanma veya damlama oluşmaz ise basınç son kez  $7 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ 'ye yükseltilerek yukarıdaki gözlemeye yine 24 saat süre ile devam edilir. ıslanmanın veya damlamanın olduğu an kaydedilir. Bu son basınç kademesinde de damlama veya ıslanma oluşmaz ise son 24 saatin bitiriminde deneye son verilir.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Deney sırasında ıslanma veya damlama oluşup oluşmadığı
- Damlama veya ıslanma oluşmuş ise, hangi basınç kademesinde ve kademenin hangi anında başladığı

#### 4.6.3.15 Bazaltlarda Güneş Yanığının Tayini Deneyi

Görünüş bakımından aşırı derecede camsı kitleli bazik bazaltlarda, güneş yanığının olumsuz ve tehlikeli sonuçları görülebilir. Bu durum taşlarda parçalanmalara neden olabilen, açık renkte yıldız şeklinde lekeler ve bunları izleyen kılcal çatlaklar şeklinde kendisini gösterir.

Yeterli büyüklükte ve içinde su kaynatmaya uygun özellikte porselen veya camdan su kabı ile deney yapılır. Deneyde el büyüklüğünde yaklaşık 1-2 cm kalınlığında ve bir tarafı ince perdahlanmış iki deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri, su kabında ve üzerlerini örtecek kadar damıtık su içinde 36 saat süre ile kaynatılır. Bu sürede, zaman kaba su ilave edilerek, numunelerin bütün kaynatma süresince su altında kalması sağlanır. Kaynatma işi tamamlanan numuneler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra bir kurutma etüvünde ısıtılıp kurutularak veya numunenin perdahlanmış yüzeyi ısıtılarak, yağ veya kireçli su sürülerek, yıldız biçimindeki lekelerin ve çatlakların görülecek hale gelmesi sağlanır.

Deney numunelerinin perdahlanmış yüzü dikkatle gözden geçirilerek açık renkli, yıldız şeklindeki lekelerin çıkıp çıkmadığı tespit edilir.

Deney raporunda belirtilecek bilgiler:

- Deney numunelerinin şekil ve büyüklüğü
- Deney numunelerinde deney sonuçlarının gözle görülür hale gelmesi için uygulanan yöntem.
- Numunelerde görülen yıldız şeklindeki lekelerin ve çatlakların miktarı ve dağılışı açıklaması

#### 4.6.3.1.6. Açık Hava Etkilerine Dayanıklılık Deneyi

Bu deney yapıda süsleme amacı ile kullanılan ve açık ara etkileri karşısında kalacak taşlar üzerinde uygulanarak, özellikle açık hava etkisinin bu taşlarla oluşturabileceği görünüş ve renk değişikliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılır.

Deneyde yaklaşık el büyüklüğünde ve bir tarafı perdahlanıp cilalanmış üç tane deney numunesi kullanılır. Deney, numunelerinin perdahlanmış yüzeyi, fark edilebilir bir aşınma veya görünüş değişikliği meydana gelene kadar sulu karbondioksit çözeltisi, 1/100 oranında seyreltilmiş tuz asidi veya sulandırılmış kükürt oksit çözeltisi etkisinde bırakılır. Bu işlem, deney numunelerini bu çözeltilere daldırılarak yapabileceği gibi, çözeltilerin deney numunesinin perdahlanmış yüzeyine sürülmesi, püskürtülmesi veya diğer uygun bir yolla da yarine getirilebilir. Deney sonunda, numunenin perdahlanmış yüzeyi dikkatle incelenip aynı taştan perdahlanarak hazırlanmış fakat deneyden geçmemiş numuneler ile kıyaslanarak, deneyde meydana gelmiş bulunan değişiklikler tespit edilir [3].

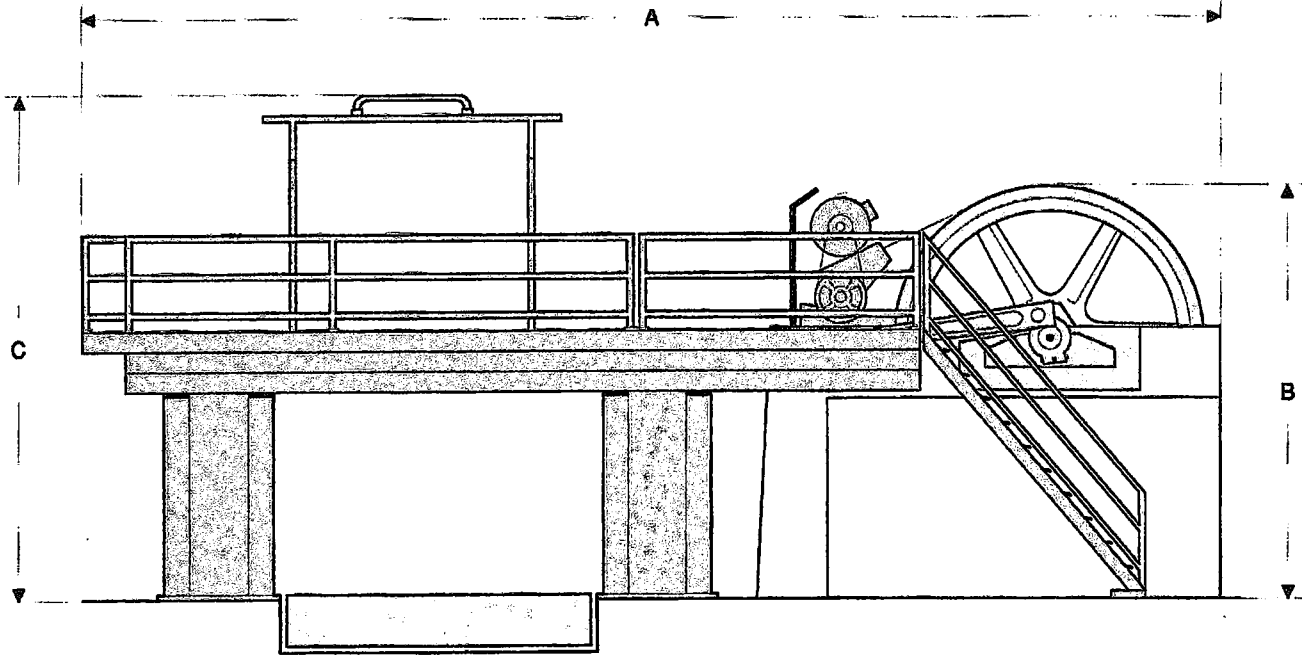
Deney raporunda belirtilecek bilgiler :

- Deneyde, çözeltilerin etkisinin sağlanması için uygulanan yöntem
- Gözle görünür değişikliğin oluşması için geçen süre
- Deneyde, numunelerde oluşan değişikliklerin detaylı açıklaması

## BÖLÜM.5 KATRAK

Günümüzde doğal taş işleyen fabrikalarda kullanılan katrakların çeşitli modelleri olmasına karşılık çalışma sistemleri genelde aynı esaslara dayanmaktadır ve krank biyelli metal kesme testerelelerinin çalışma prensiplerine benzerlik gösterir. Bilindiği üzere katraklar köşelerindeki mafasallar yardımıyla ileri geri hareket yapan ve bu hareket esnasında üzerinde soketler bulunan lamalar yardımıyla kesme işlemini gerçekleştirir. Kesim anında lamaların gerilmiş bulunduğu kasa ileri geri hareket yaparken bloğun sabitlendiği vagonun kesim esnasında yukarı doğru hareketi ile kesme işlemi gerçekleşir. Diğer bir modelde de mermer bloğunun sabitlendiği vagonun hareketi yerine, lamaların gerdirildiği kasanın sabit duran mermer bloğuna doğru hareketi sonucu kesme işlemi gerçekleşir. Kesim işleminde önemli parametrelerden biri olan kesme hızı bloğun yukarı doğru hareketi veya lamaların bulunduğu kasanın bloğa doğru hareketinin cm/saat cinsinden ifadesidir. Katraklar genellikle kasaya gerdirilen lama sayılarına göre adlandırılır. Bu gerdirme işlemi mekanik veya hidrolik olabilir. Kesme anında oluşacak kuvvetleri karşılayabilmesi açısından lamaları gerdirme kuvveti oldukça önemlidir. Lamaların dizildiği kasa kesme işlemi sırasında ileri geri hareketini biyel kolu ile bağlı olduğu kranktan alır. Krankın hareketi ise elektrik motoru tahrikli kasnak sayesinde gerçekleşir.

Ocaktan gelen blokların ürün haline getirilmesinde en önemli aşama olan plaka kesiminde katrakların verimli bir şekilde çalıştırılması halinde işletme ekonomisine büyük katkılar sağlanmaktadır. Doğal taş işleyen fabrikalarda katraklarla kesim operasyonunda kesme verimini etkileyen faktörler; kesme hızı, taşın özelliği, soketlerin yapısı ve aralıkları, su miktarı ve basıncı blok boyutu, kalifiye eleman, makine tamir bakımı olarak saymak mümkündür [5].



Şekil 5.1 80 Lamalı Katrak Genel Görünüş

### 5.1 Kesme Hızı

Kesme hızı, kesme verimini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Kesme hızının optimum tutulması gereklidir. Kesme hızı deneyimler sonucu ortaya çıkmıştır. Günümüzde kullanılan katraklarda devir sayısı en az 90 d/d olmaktadır. Bu makinalarda strok boyu 500mm civarında olmaktadır. Taşa giriş ve çıkışlarda yükün ve kesme hızının azaltılması gerekir. Bunun nedeni taşın üst yüzeyindeki pürüzlerin soketlerin üzerine yüksek basınçla etki etmesidir. Soketler kendilerine yol açtıktan sonra işlem hızlandırılır. Çıkışta azaltmanın nedeni ise bloğun alt kısmında basınçtan dolayı çatlama ve kırılmanın önlenmesidir. Yapılan araştırmalarda katraklarda en yüksek verimi, strok sayısının dakikada 102 olması durumunda elde edilmiştir. Kesim hızı 35-40 cm/saat Karl Mayer katrağı ile travertende elde edilmiştir. Yüksek hızda çalışma kesme verimini arttırırken makinanın mafsallarına aşırı ve değişken yük gelmesinden dolayı aşınmalar meydana gelecek bu da makinanın ömrünü olumsuz yönde etkileyecektir. Kesme işleminin en verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için önerilen strok sayısı dakikada 90-95 arasındadır.



Kesilecek maksimum blok boyutu, kesme işlemini gerçekleştiren lamaların boyunu ( $L_1$ ), soketlenmiş lama boyunu ( $L_2$ ), soket aralığı ( $L_3$ ) ve soket sayısını belirler. Lama boyu ve soket sayısı tespit edildikten sonra her bir lama için gerekli motor gücü BG cinsinden değeri Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Bir lama için gerekli motor gücü (BG)[5]

Soket Sayısı	Yavaş katarlarda (BG)	Hızlı katarlarda (BG)	Dikey Katarlarda (BG)
20-30	1 – 1,5	1,5 2,2	2- 3
30-40	1,5 -1,8	2- 2,5	3- 4
40- ve daha fazla	2 - 2,2	2,5 - 3	4- 5

Kesme işleminin verimli bir şekilde gerçekleşmesi için mermerin cinsine göre tespit edilen soket sayısı ve yapısı ve soketlerin lama üzerindeki dizilişleri önemlidir.

Tablo 5.2 Kesme hızları[5]

Kesilen Malzeme	Yavaş Katarlar cm/saat	Hızlı Katarlar cm/saat
Kristalin mermer	8-15	15-20
Bej mermer	8-14	12-15
Traverten	15-22	20-30

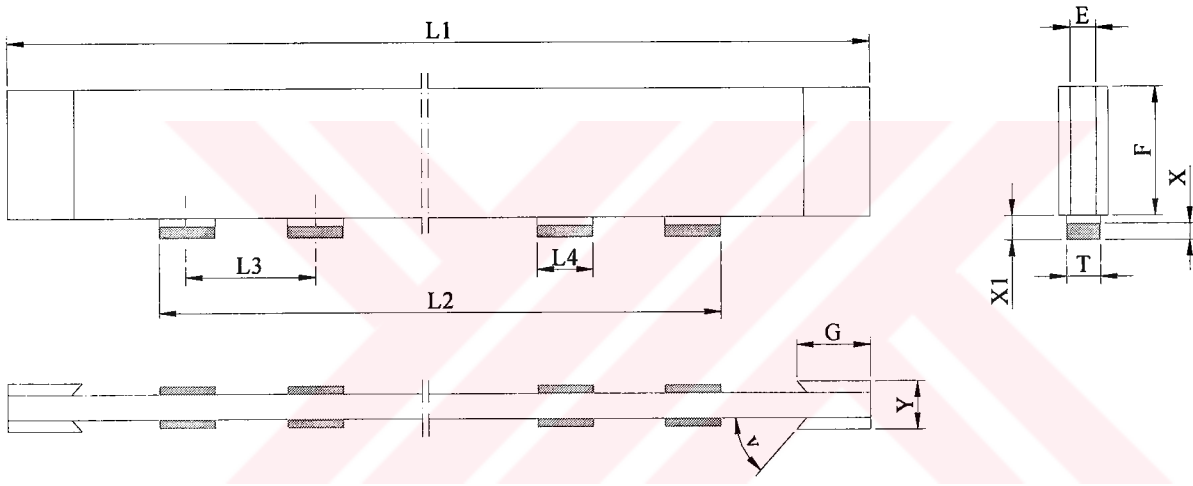
Her taşa uygun kesme hızı deneyimler sonucu ortaya çıkar, farklı taşlara uygun kesme hızları belirlenmeli ve mutlaka kesim hızlarına uyulmalıdır. Tablo 5.2’de katarlarda kesilen malzemeye göre uygun kesme hızları verilmiştir. Kesilen malzemenin özellikleri çok iyi belirlenmeli ve kesim parametreleri buna göre ayarlanmalıdır. Blok halinde doğal taşın katar altına verilmiş yönü ve biçimi de diğer faktördür. Bloğun katar altına verilme biçimi daha markalama aşamasında belirlenmeli ve blok tanıtım kartlarında bu husus belirtilmelidir.

## 5.2 Soket aralıklarının yapısı

Katarlarda kullanılan soketlerin kesilen doğal taşın yapısına bağlı olarak yumuşak, orta sertlikte ve sert soketler olarak çeşitleri bulunmaktadır. Katarlarda en büyük

sorunların başında lamaların sökülüp aşınan soketlerin yerine yeniden soketlerin kaynatılması ve tekrar lamaların yerine bağlanmasıdır. Bu işlem yapılırken lamaların takıldıktan sonra tekrar ayarlanması gerekir. Daha uzun ömürlü soketler seçilerek bu işlemlerdeki zaman kaybı minimize edilebilir. Uzun ömürlü olarak bilinen bu tip soketlerde ortalama 950-1100 m<sup>2</sup> lama başına kesim yapılabilmektedir. Şekil 5.2'de lamanın soket yapısı verilmiştir [5].

Soketlerde sürekli sert taş kesmek yerine silisyum karbürlerin ortaya çıkması bakımından sert mermerden sonra yumuşak kesme işlemi yapılarak sert mermerdeki kesme hızı arttırılabilmektedir. İşlemlerde genellikle traverten, kristalize mermer, bej sırası veya bu sertlik sıralamasına uygun kesimler tercih edilir.



$L_1$  = Lama toplam Uzunluğu  
 $L_2$  = Soketli lama uzunluğu  
 $L_3$  = Soketler arası mesafe  
 $L_4$  = Soket Uzunluğu  
 $T$  = Soket genişliği  
 $X_1$  = Soket Yüksekliği

$X$  = Soket elması kısmı yüksekliği  
 $F$  = Lamanın genişliği  
 $E$  = Lama gövde kalınlığı  
 $S$  = Soketlerin lama kenarlarından taşıdığı kısım  
 $G$  = Kırılma genişliği  
 $Y$  = Kırılma kalınlığı  
 $V$  = Kırılma açısı

Şekil 5.2 Lamanın soket yapısı[4]

Tablo 5.3. Lama soket yapısının karakteristik özellikleri [4]

Maksimum blok Uzunluğu (mm)		1000	1350	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
Şasenin çeşidi	Malzeme	Lamanın karakteristik büyüklükleri (mm)											
	Dikey	Mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>	1000	1350								
			Soket aralığı L <sub>3</sub>	Değişken									
Soket sayısı			20-27										
Yatay Strok 360 mm	Mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
		Soket aralığı L <sub>3</sub>	70/100										
		Soket sayısı			24	27	30	33	36	39	42	45	48
Yatay hareket Strok 500 mm	Yumuşak Mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250
		Soket aralığı L <sub>3</sub>	80/110										
		Soket sayısı			25	27	30	33	35	38	40	43	46
	Sert Mermer	Soket aralığı L <sub>3</sub>	95/115										
		Soket sayısı			22	25	27	30	32	34	37	39	41
	Aglomer Mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500
		Soket aralığı L <sub>3</sub>	80/110										
		Soket sayısı			27	30	33	35	38	40	43	46	48
	Yatay hareket Strok 700 mm	Yumuşak Mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2350	2600	2850	3100	3350	3600	3850	4100
Soket aralığı L <sub>3</sub>			80/110										
Soket sayısı					26	28	31	34	36	39	42	44	47
Sert Mermer		Soket aralığı L <sub>3</sub>	95/115										
		Soket sayısı			23	26	28	31	33	35	38	40	42
Aglomer Mermer		Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2700	2950	3200	3450	3700	3950	4200	4450	4700
		Soket aralığı L <sub>3</sub>	80/110										
		Soket sayısı			29	32	35	37	40	43	45	48	50
Yatay hareket Strok 800 mm		Yumuşak mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2400	2650	2900	3150	3400	3650	3900	4150
	Soket aralığı L <sub>3</sub>		80/110										
	Soket sayısı				26	29	32	34	37	39	42	45	47
	Sert Mermer	Soket aralığı L <sub>3</sub>	95/115										
		Soket sayısı			24	26	29	31	33	36	38	41	43
	Aglomer mermer	Soket uzunluğu L <sub>2</sub>			2800	3050	3300	3550	3800	4050	4300	4550	4800
		Soket aralığı L <sub>3</sub>	80/110										
		Soket sayısı			30	33	36	38	41	44	46	49	52

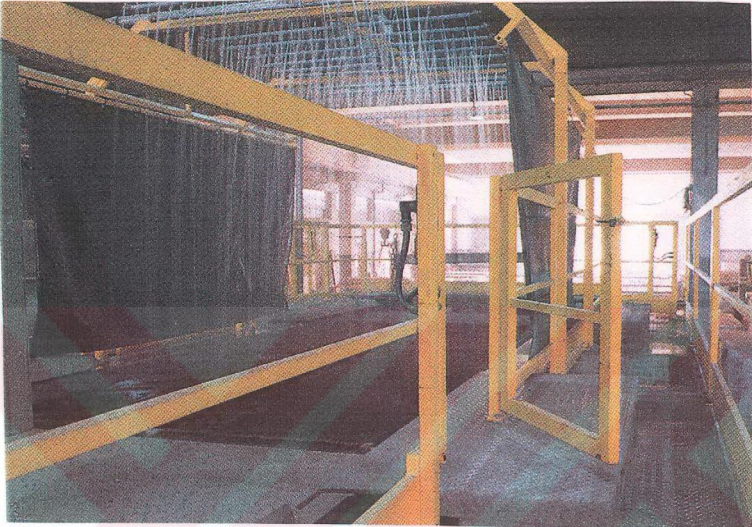
Katraklar kasaya gerdirilen lama sayısına göre adlandırılır; 60,80 ve 100 lamalı olarak değişik modellerde yapılmaktadır. Kesme işlemini lamanın üzerine kaynatılmış soketler gerçekleştirir. Soketlerin yapısı ve aralıkları mermerin cinsine göre değişir. Lamanın boyu kesilecek maksimum boyuna göre tespit edilir.

Tablo 5.3’de kesimi yapılacak maksimum blok boyu, tespit edildikten sonra, strok sayısına göre lamanın soket sayısı, soket uzunluğu ve soket aralığı kesilecek mermerin özelliğine göre seçilir [4].

Diğer önemli olan konuda kasaya lamaların aralıklı dizilimidir. İki veya üç bıçaklı gruplarda eşit olmayan bir aralıkla dizme, bıçakların titreşimini azaltır. Kesilmiş plakaların yüzey kalitelerini artırır ve bıçak ömrünü uzatır. Ortalama aralıklı parçaların sayısını belirtir. Eğer aralıklı dizme çok küçük seçilmişse, bıçak göbeklerinin stabilitesi ve tüm makinaların gerekli temas basıncı yetersiz olacaktır. Soketler arası uzaklığın kesme verimine en iyi etkisi 10-15 cm aralıklarla monte edilmesiyle sağlanmaktadır. Her işletmede yapılacak denemelerle en kaliteli soket ve soket aralığı belirlenerek yüksek verim elde etmek mümkündür [5].

### **5.3 Lamaların Soğutulması**

Gerektiği kadar su ve iyi yönetilen soğutma kesmede en önemli koşuldur. Lama başına dakikada 8-10 lt suyu blok yüzeyine çok ağızlı nozullarla, delikli borular yardımıyla yayılmaktadır. Suyun işlevi sadece soğutma olmayıp kesmede talaşların uzaklaştırılmasını da sağlamaktır. Soketlerin yıpranmasında su miktarı ve basıncının önemi büyüktür. Su basıncı üst düzeyde tutulmalıdır. Basıncın soketler üzerine değişik yönlerden ve aynı miktarda gelmesi kesme verimini olumlu yönde etkiler. Şekil 5.3’de soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 5.3 Soğutma Sistemi[7]

#### 5.4 Blok boyutu

Kesme veriminde önemli parametrelerden birisi de blok boyutudur. Burada önemli olan husus tüm blokların kesim yapılabilecek şekilde lamaların altına en uygun kesme şartlarında yerleştirilmelidir. Katraklarda esas olan lamaların altına girebilecek maksimum boyutlarına sahip mermer bloklarının kullanılmasıdır. Uygun boyutlarda blok elde edilmemesi durumunda monolamalarla düzeltilmiş birden fazla blok ktrak altına verilmek suretiyle kesim işlemi yapılabilmektedir. Lamalar üzerindeki bütün soketlerin kesme işlemi yapması esas alınmalıdır. Şekil 5.11’de bloğun sabitlenmesi ve kesime hazırlanması gösterilmiştir.

### 5.5 Lamaların montajı

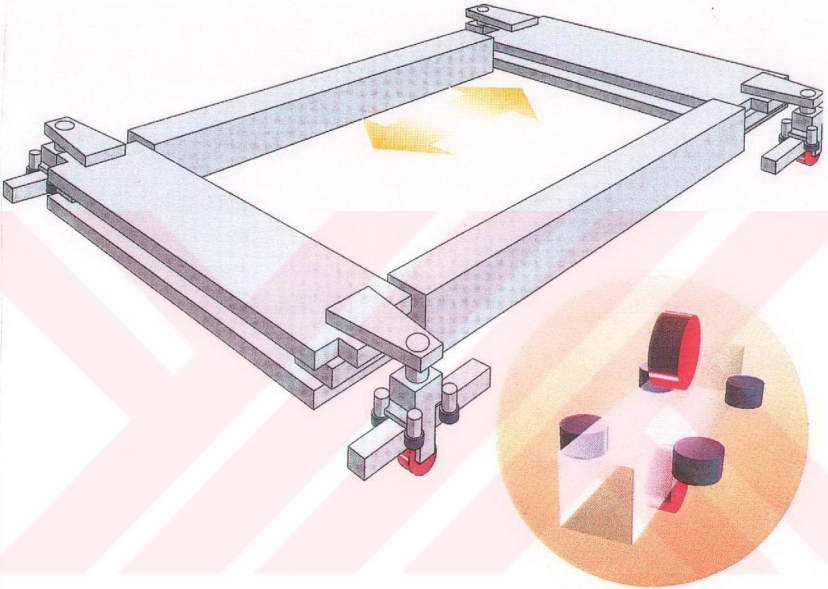
- Lama yerleştirilecek ölçü takozlarının ve lama yerleştirilecek şase gövdesinin temiz ve kullanılır olmasına dikkat edilmelidir.
- İlk lamadan başlayarak lamalar yerleştirilir. Lamaların paralellığı, yataylığı ve dikeyliği kontrol edilmelidir. Maşalardaki ayar vidası ile lama ekseninin maşa ekseninden 10-13 mm yukarıda olmasına dikkat edilmesi gerekir. Her lama ön gerilmeye tabi tutulur, bu değer yaklaşık 5-10 tondur.
- Bütün lamalar, yerleştirildikten sonra nihai gerilme verilir. Hafif gövdeli katraklarda nihai gerilme 9-10 ton, ağır gövdeli katraklarda 10-12 ton'dur.
- Lamaların ortasındaki pozitif kavis kontrol edilir. Şekil 5.4'de lamaların montajı gösterilmektedir.

Tablo 5.4 Pozitif kavis değerleri[4]

Lamanın Uzunluğu ( $L_1$ )	Düşük Hızlı katraklarda Pozitif eğim	Yüksek hızlı katraklarda Pozitif eğim
2600-2799	1,8-2,0	2,1-2,2
2800-2999	2,0-2,1	2,2-2,4
3000-3199	2,1-2,3	2,4-2,6
3200-3399	2,3-2,4	2,6-2,7
3400-3599	2,4-2,5	2,7-2,9
3600-3799	2,5-2,7	2,9-3,0
3800-3999	2,7-2,8	3,0-3,2
4000-4199	2,8-3,0	3,2-3,4
4200-4399	3,0-3,1	3,4-3,5
4400-4599	3,1-3,2	3,5-3,7
4600-4799	3,2-3,4	3,7-3,8
4800-4999	3,4-3,5	3,8-4,0
5000-5199	3,5-3,7	4,0-4,2
5200-5399	3,7-3,8	4,2-4,3
5400-5599	3,8-3,9	4,3-4,5
5600-5799	3,9-4,1	4,5-4,6
5800-6000	4,1-4,2	4,6-4,8



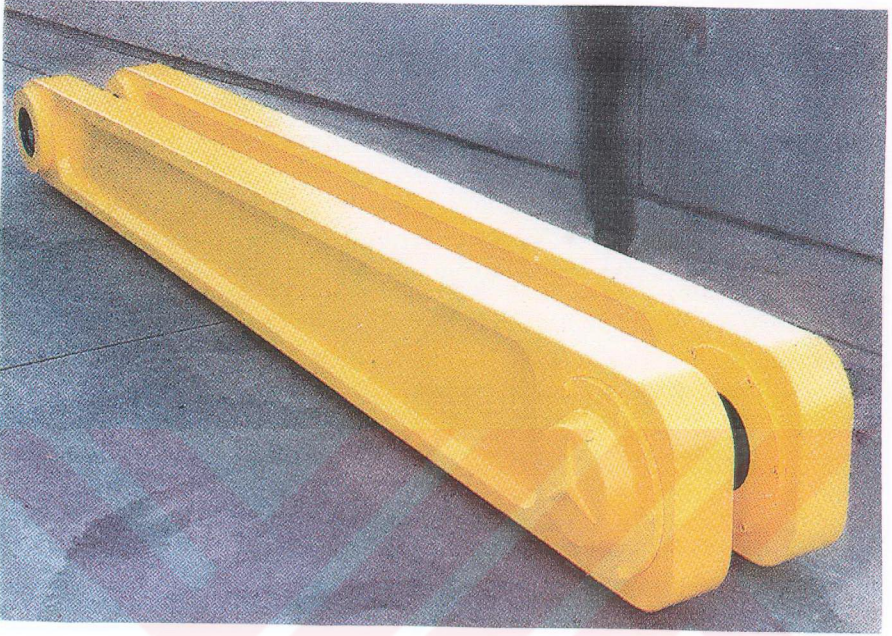
Şekil 5.4 Lamaların Montajı[7]



Şekil 5.5 Lamaların Gerdirildiği Kasa[7]

Kasaya gerdirilmiş lamalar, kasanın ileri geri hareketi ile kesim işlemi gerçekleşir. Kasa her köşesinde bulunan yataklar üzerinde hareketini gerçekleştirir. Kasanın biyel kolu ile bağlantısı kasanın önünde bulunan mafsallar ile sağlanır. Şekil 5.5'de lamaların gerdirildiği kasa gösterilmektedir.

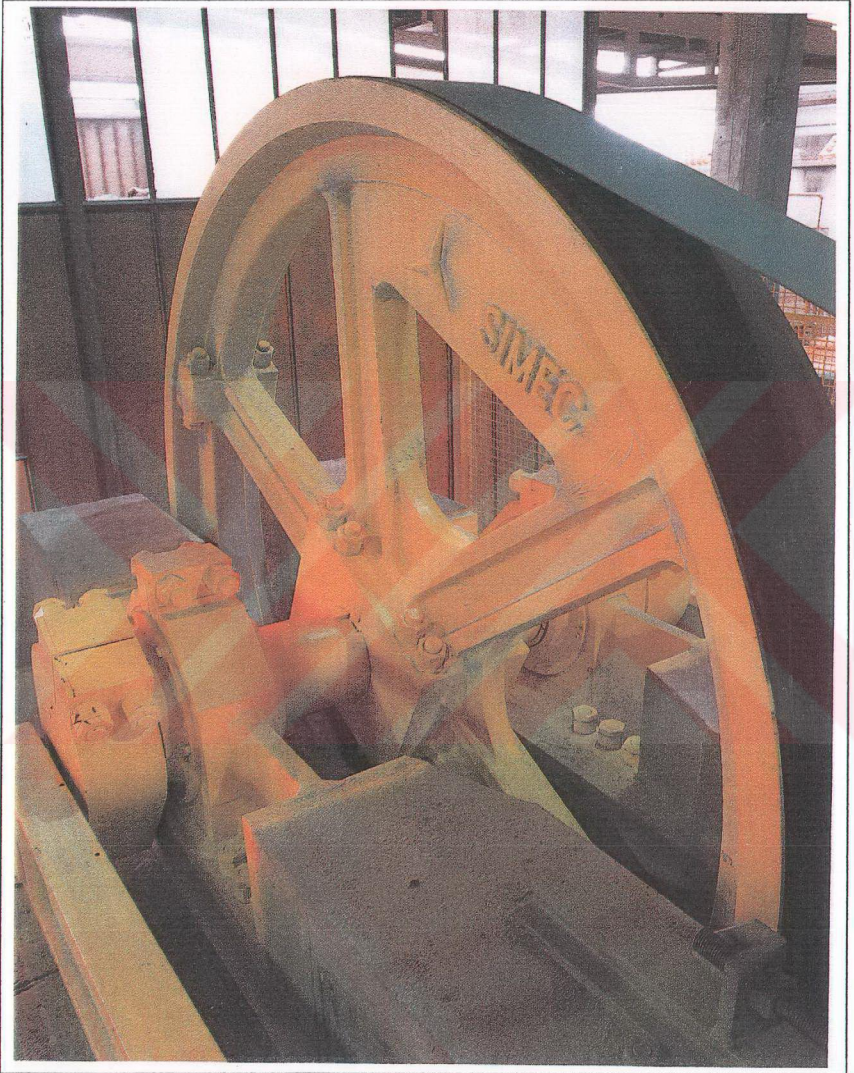




Şekil 5.6 Biyel Kolu[7]

Biyel kolu lamaların gerdirilmiş bulunan kasayla krankın arasındaki bağlantıyı sağlar. İki yada tek biyel kollu olarak değişik modellerde imal edilirler. Kayış kasnak mekanizması ile döndürülen kasnak hareketini krank yardımıyla biyel koluna aktarır. Şekil 5.6'da biyel kolu gösterilmektedir.

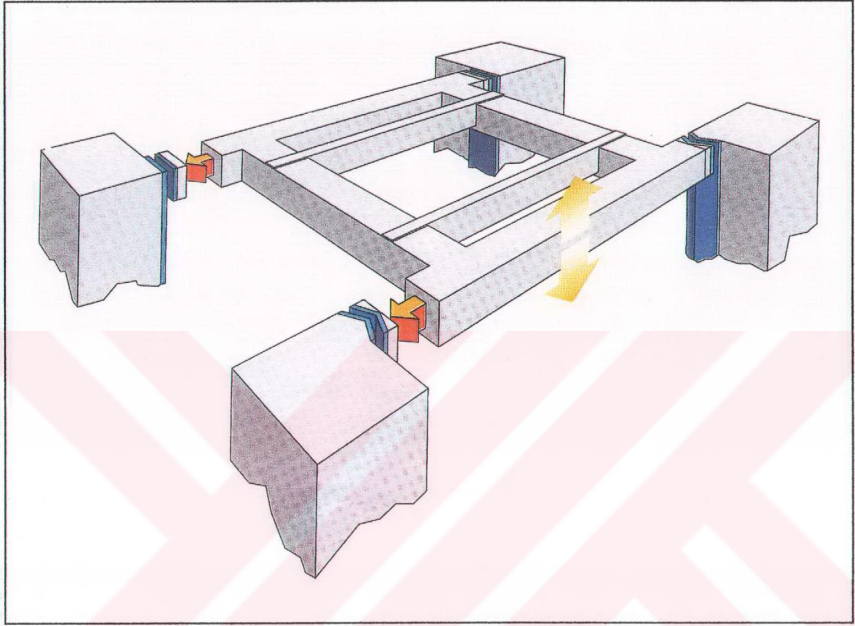
Krank ile kasnak aynı mil üzerinde bulunmaktadır. Bu mil her iki tarafından yataklanmaktadır. Ana kasnağın montajı Şekil 5.7'de gösterilmektedir. Bu yataklara kesim esnasında değişken yükler ve titreşimler meydana geldiği için yataklanmanın çok iyi yapılması gerekmektedir



Şekil 5. 7 Kasnağın Montajı[7]



Şekil 5.8 Ana Mil[7]



Şekil 5.9 Asansör[7]

Asansör üzerine blok sabitlenir ve asansörün hareketi ile kesim işlemi başlar. Kesim hızını asansörün hareket hızı belirler. Asansör 4 bir köşesinde bulunan direklere sürtünmeli kızaklarla temas halindedir ve hareket vidalarla gerçekleşir. Bu hareket vidaları bir redüktör yardımıyla tahrik olmaktadır ve hareket sağlanmaktadır. Şekil 5.9'da asansörün yukarı aşağıya hareketi gösterilmektedir.



Şekil 5.10 Hareket Vidaları[7]

Asansörü hareket ettiren hareket vidaları tepe redüktörleri ve ara şaftlarla birbirleri ile bağlantılı durumdadırlar. Aşağıya yukarı hareketi farklı hızlarda olduğu için çoğu zaman değişik güçte iki motor girişli redüktörler kullanılmaktadır. Şekil 5.10'da hareket vidaları gösterilmektedir.



Şekil 5.11 Bloğun Sabitlenmesi[7]

## 5.6 Kalifiye eleman

Fabrikalarda son yıllarda belli oranlarda kalifiye eleman yetişmiş durumdadır. Ancak sektörün henüz gereksinime yanıt verecek olmadığı görülmektedir. Son yıllarda endüstri meslek liseleri bünyesinde açılan mermer teknolojisi bölümleri ve yüksek öğretim veren mermer teknikerliği programları sektörün bu konuda ihtiyaçlarını karşılayabileceği planlanmaktadır

## BÖLÜM 6 HESAPLAR

### 6.1 Konum Denklemleri

Katnak makinasının temel çalışma prensibi krank-biyel mekanizmasına dayanmaktadır. Krank biyel mekanizması dairesel hareketi doğrusal harekete dönüştüren bir sistemdir. Elektrik motorundan alınan güç kayış mekanizması yardımıyla kasnağa aktarılmaktadır. Kasnağın dönme hareketi sonucu aynı mil üzerinde bulunan krankın dönme hareketi gerçekleşir. Buna bağlı olarak biyelin hareketi ve lamaların bulunduğu kasanın doğrusal hareketi gerçekleşir. Biyelin hareketini yani strok mesafesini krankın boyu belirler. Mekanizma krank biyel mekanizmasıdır, krank ve biyel uzuvlarından oluşmaktadır. Krank ile aynı mil üzerinde bulunan tahrik kasnağından hareket sağlanmaktadır. İlk önce krank biyel mekanizmasının serbestlik derecesini inceleyelim.

Bir mekanizmanın serbestlik derecesi, bir mekanizmada bulunan tüm uzuvların konumunu belirlemek için gerekli olan parametre sayısıdır. Mekanizmaların serbestlik derecesi uzuv sayısına, mafsalsayısına ve mafsalserbestlik derecesine bağlıdır, uzuv boyutuna bağlı değildir. Öyle ise, mekanizma serbestlik derecesi ile mekanizmada bulunan mafsalların serbestlik derecesi, mafsalsayısı, uzuv sayısı arasında bir bağıntı bulmayı hedefleyebiliriz. Matematiksel olarak olaya bakmak için aşağıda verilmiş olan parametreleri tanımlayalım,

$\lambda$  = Uzay Serbestlik Derecesi

$\lambda = 3$  düzlemsel uzaylar için

$\lambda = 6$  genel uzay için

$l$  = Mekanizmada uzuv sayısı (sabit uzuv dahil)

$j$  = Mekanizmada mafsalsayısı

$f_i$  =  $i$  mafsalsının serbestlik derecesi

$F$  = Mekanizma serbestlik derecesi

$l$  sayıda uzvun  $\lambda$  serbestlik dereceli uzayda herhangi bir kinematik çift ile birbirlerine bağlanmadan durduklarını düşünelim. Bu durumda sabit uzuv hariç, diğer uzvun her biri için  $\lambda$  sayıda parametre tanımlamamız gerekir (sabit uzva referans koordinat sistemi bağlı olduğundan sabit uzvun konumu sabittir). Öyle ise hiç bir mafsal olmadığında uzuvların konumu:

$\lambda$  parametre ile belirlenecektir.

Uzay serbestlik derecesi  $\lambda$  olan bir uzayda  $f_i$  serbestliği olan bir mafsal,  $(\lambda - f_i)$  kadar hareket serbestisini önler ve cisimlerin serbest olduğu duruma nazaran bu kadar parametreyi tanımlamamız gerekmez. Eğer her bir mafsalın engellediği hareket serbestisi diğer mafsaldan farklı ise, mekanizmada bulunan  $j$  mafsal ile uzuv hareketleri üzerine getirilecek olan toplam sınırlama olacaktır.

$$\sum_{i=1}^j (\lambda - f_i) = \lambda_j - \sum_{i=1}^j f_i$$

Bu durumda mekanizmada bulunan uzuvların konumlarını belirlemek için gereken parametre sayısı hiç bir mafsal olmadığında gereken parametre sayısından mafsalların sınırladığı serbestliklerin çıkarılması ile elde edilir. Öyle ise:

$F$  = Serbest uzuvlar için gerekli parametre sayısı

Mafsalların getirdiği sınırlamalar

$$F = \lambda(\lambda - 1) - \left( \lambda_j - \sum_{i=1}^j f_i \right)$$

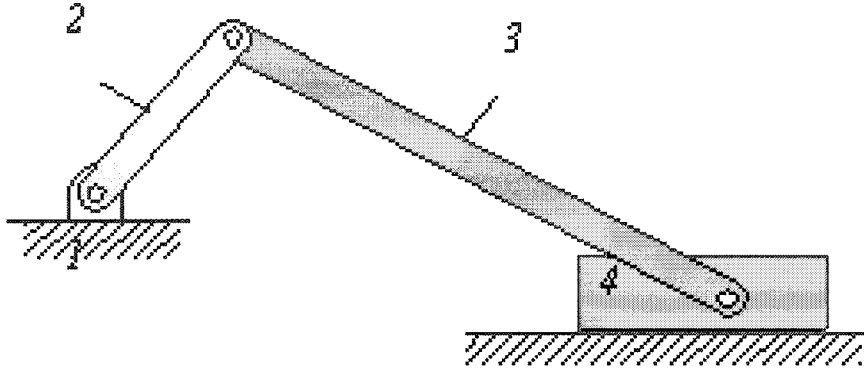
veya

$$F = \lambda(\lambda - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

Son elde ettiğimiz denklem mekanizma serbestlik derecesi denklemidir. Serbestlik derecesi denklemi, birçok mekanizma için geçerli ise de bu denkleme uymayan mekanizmalar da bulunmaktadır. Bunun nedeni bu denklemin elde edilişi sırasında yapılmış olan varsayımlardır. Bu varsayımların en önemlisi mafsalların getirmiş



olduğu hareket sınırlamalarının birbirlerinden bağımsız olmasıdır. Ancak uzuv boyutlarının belirli değerler alması durumunda bu varsayım geçerli olmayabilir ve mekanizma serbestlik derecesi denklemi bazı mekanizmalar için doğru sonuçlar vermeyebilir. Bu özel durumları görmeden önce denklemin geçerli olduğu mekanizmaların incelenmesinde yarar bulunmaktadır.



Şekil 6.1 Krank-Biyel Mekanizması Serbestlik Derecesi Hesaplaması

Serbestlik Derecesi Hesaplaması

$\lambda = 3$  düzlemsel mekanizma

$l = 4$  Mekanizmada uzuv sayısı (sabit uzuv dahil)

$j = 4$  Mekanizmada mafsalları sayısı

$f_i = 1$  tüm mafsallar için

$F =$  Mekanizma serbestlik derecesi

$$\sum f_i = 4$$

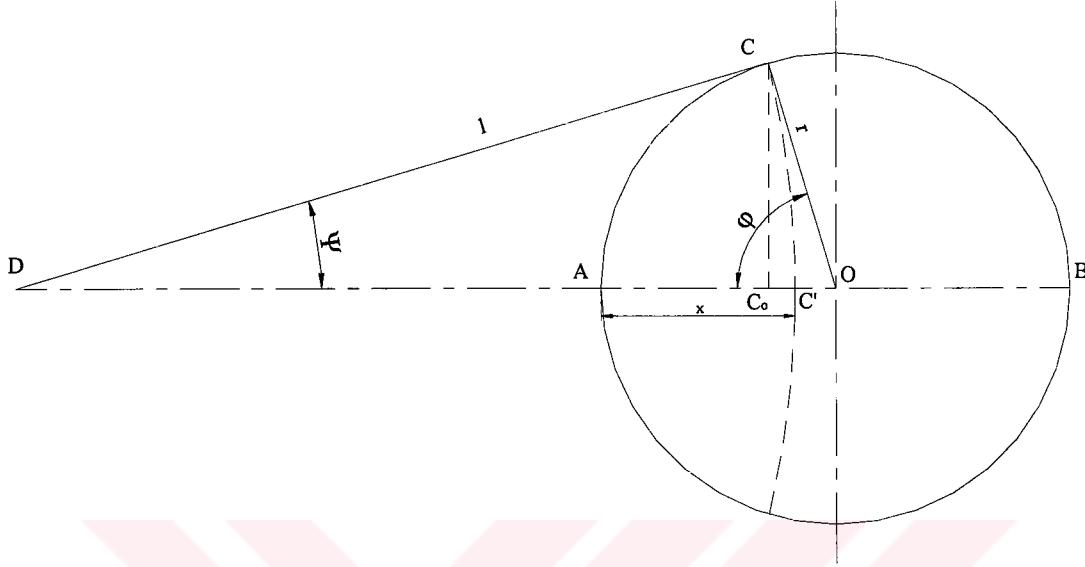
$$F = \lambda(\lambda - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

$$F = 3(4 - 4 - 1) + 4$$

$F = 1$  krank biyel mekanizmasının serbestlik derecesi

Krank biyel mekanizmasının hareketini şematik olarak gösterilmektedir. Kranın  $r$  uzunluğu strok boyunu tayin eder. Strok boyu  $2r$  kadardır. A ve B noktaları ölü

noktalardır. Krankın bu noktalardan geçerken strok maksimum ve minimum değerini almaktadır. Krank biyel mekanizması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.2 Krank Biyel Mekanizması Şematik Olarak Gösterilmesi

AB yönündeki hareket (+)

BA yönündeki hareket (-)[6]

$$AC_0 = r - r \cdot \cos \varphi ,$$

$$AC_0 = r \cdot (1 - \cos \varphi)$$

$$C_0C' = f$$

konum denklemi  $x = r \cdot (1 - \cos \varphi) \mu f$

$$f = \lambda(1 - \cos \varphi) \text{ ve } \sin \varphi = \frac{r}{\lambda} \sin \varphi$$

$$f = \lambda \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{\lambda^2} \cdot \sin^2 \varphi} \right) \text{ bu serinin açılması ile;}$$

$\frac{f}{\lambda} = \frac{r^2}{\lambda^2} \cdot \sin^2 \varphi + \frac{r^4}{8 \cdot \lambda^4} \cdot \sin^4 \varphi + \frac{r^6}{16 \cdot \lambda^6} \cdot \sin^6 \varphi + \dots$  serinin yüksek mertebeli terimleri ihmal edilirse;

$$x = r \cdot (1 - \cos \varphi) \pm \frac{r^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \sin^2 \varphi \text{ bağıntısı elde edilir [8].}$$

$\varphi$  açısının değişimine bağlı olarak biyelin konumunu belirlemek için  $15^0$  lik artışlarla krankın bir tam dönmesinde biyelin konumları tespit edilmiştir.

$$\text{Konum deklemi; } x = r \cdot (1 - \cos \varphi) \pm \frac{r^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \sin^2 \varphi$$

$$\varphi = 15^\circ \text{ için } x_1 = 0,4 \cdot (1 - \cos 15) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 15 \right) \quad x_1 = 0,0153 \text{ m}$$

$$\varphi = 30^\circ \text{ için } x_2 = 0,4 \cdot (1 - \cos 30) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 30 \right) \quad x_2 = 0,060 \text{ m}$$

$$\varphi = 45^\circ \text{ için } x_3 = 0,4 \cdot (1 - \cos 45) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 45 \right) \quad x_3 = 0,130 \text{ m}$$

$$\varphi = 60^\circ \text{ için } x_4 = 0,4 \cdot (1 - \cos 60) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 60 \right) \quad x_4 = 0,22 \text{ m}$$

$$\varphi = 75^\circ \text{ için } x_5 = 0,4 \cdot (1 - \cos 75) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 75 \right) \quad x_5 = 0,320 \text{ m}$$

$$\varphi = 90^\circ \text{ için } x_6 = 0,4 \cdot (1 - \cos 90) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 90 \right) \quad x_6 = 0,426 \text{ m}$$

$$\varphi = 105^\circ \text{ için } x_7 = 0,4 \cdot (1 - \cos 105) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 105 \right) \quad x_7 = 0,524 \text{ m}$$

$$\varphi = 120^\circ \text{ için } x_8 = 0,4 \cdot (1 - \cos 120) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 120 \right) \quad x_8 = 0,62 \text{ m}$$

$$\varphi = 135^\circ \text{ için } x_9 = 0,4 \cdot (1 - \cos 135) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 135 \right) \quad x_9 = 0,695 \text{ m}$$

$$\varphi = 150^\circ \text{ için } x_{10} = 0,4 \cdot (1 - \cos 150) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 150 \right) \quad x_{10} = 0,752 \text{ m}$$

$$\varphi = 165^\circ \text{ için} \quad x_{11} = 0,4 \cdot (1 - \cos 165) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 165 \right) \quad x_{11} = 0,787 \text{ m}$$

$$\varphi = 180^\circ \text{ için} \quad x_{12} = 0,4 \cdot (1 - \cos 180) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 180 \right) \quad x_{12} = 0,8 \text{ m}$$

$$\varphi = 195^\circ \text{ için} \quad x_{13} = 0,4 \cdot (1 - \cos 195) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 195 \right) \quad x_{13} = 0,787 \text{ m}$$

$$\varphi = 210^\circ \text{ için} \quad x_{14} = 0,4 \cdot (1 - \cos 210) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 210 \right) \quad x_{14} = 0,752 \text{ m}$$

$$\varphi = 225^\circ \text{ için} \quad x_{15} = 0,4 \cdot (1 - \cos 225) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 225 \right) \quad x_{15} = 0,695 \text{ m}$$

$$\varphi = 240^\circ \text{ için} \quad x_{16} = 0,4 \cdot (1 - \cos 240) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 240 \right) \quad x_{16} = 0,62 \text{ m}$$

$$\varphi = 255^\circ \text{ için} \quad x_{17} = 0,4 \cdot (1 - \cos 255) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 255 \right) \quad x_{17} = 0,524 \text{ m}$$

$$\varphi = 260^\circ \text{ için} \quad x_{18} = 0,4 \cdot (1 - \cos 260) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 260 \right) \quad x_{18} = 0,426 \text{ m}$$

$$\varphi = 275^\circ \text{ için} \quad x_{19} = 0,4 \cdot (1 - \cos 275) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 275 \right) \quad x_{19} = 0,320 \text{ m}$$

$$\varphi = 290^\circ \text{ için} \quad x_{20} = 0,4 \cdot (1 - \cos 290) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 290 \right) \quad x_{20} = 0,22 \text{ m}$$

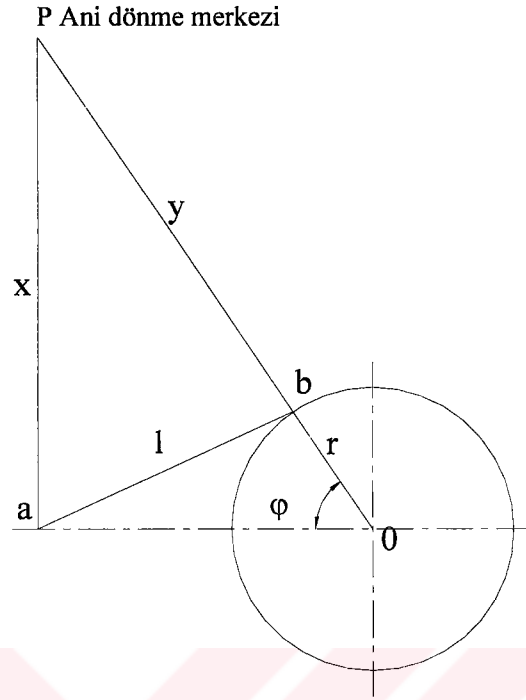
$$\varphi = 315^\circ \text{ için} \quad x_{21} = 0,4 \cdot (1 - \cos 315) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 315 \right) \quad x_{21} = 0,130 \text{ m}$$

$$\varphi = 330^\circ \text{ için} \quad x_{22} = 0,4 \cdot (1 - \cos 330) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 330 \right) \quad x_{22} = 0,06 \text{ m}$$

$$\varphi = 345^\circ \text{ için} \quad x_{23} = 0,4 \cdot (1 - \cos 345) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 345 \right) \quad x_{23} = 0,015 \text{ m}$$

$$\varphi = 360^\circ \text{ için} \quad x_{24} = 0,4 \cdot (1 - \cos 360) \pm \left( \frac{0,4^2}{2 \cdot 3} \cdot \sin^2 360 \right) \quad x_{24} = 0 \text{ m}$$

## 6.2 Hareket ve Hız Denklemleri



Şekil 6.3 Krank Biyel Mekanizmasının Hız Denklemleri

Krankın çevre hızı  $V = r \cdot \omega$  dir. Doğrusal olarak bir hız verilen lamaların bulunduğu kasanın hızını bulmak için biyelin yaptığı düzlem hareketini P ani dönme merkezi etrafında bir dönme hareketi olarak almak yeterlidir. Kasanın c hızı ile krankın çevre hızı  $V$  arasındaki oranın P den olan  $x$  ve  $y$  uzaklıkları arasındaki orana eşit olduğu

$$c = V \cdot \frac{x}{y}$$

$$\text{Yol denklemi } x = r \cdot (1 - \cos \varphi) \pm \frac{r^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \sin^2 \varphi$$

Yol denkleminin zaman göre türevini alırsak hız denklemini elde ederiz.

$$c = \frac{dx}{dt} = r \cdot \omega \left( \sin \varphi \pm \frac{r}{2\lambda} \sin 2\varphi \right) \text{ Burada } \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \text{ sabit kabul edilmiştir.}$$

Bu işlemin tekrar zamana göre türevi alınırsa ivme bulunur. [6]

$$b = \frac{dc}{dt} = r \cdot \omega^2 \left( \cos \varphi \pm \frac{r}{\lambda} \cos 2\varphi \right) \text{ burada (+) ileri hareketi ve (-) geri hareketi göstermektedir.}$$

İleri harekette;  $\varphi = 0^\circ$  için;  $b_{\max} = r \cdot \omega^2 \left(1 + \frac{r}{\lambda}\right)$

ve  $\varphi = 180^\circ$  için  $b = -r \cdot \omega^2 \left(1 - \frac{r}{\lambda}\right)$

Hız denklemi;  $c = \frac{dx}{dt} = r \cdot \omega \left(\sin \varphi \pm \frac{r}{2\lambda} \sin 2\varphi\right)$ , ve  $r = 0,4 \text{ m}$ ,  $\omega = 9,424 \text{ rad/s}$ 'e

göre;

$$\varphi = 15^\circ \text{ için } c_1 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 15 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 15)\right) c_1 = 1,1 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 30^\circ \text{ için } c_2 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 30 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 30)\right) c_2 = 2,1 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 45^\circ \text{ için } c_3 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 45 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 45)\right) c_3 = 2,89 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 60^\circ \text{ için } c_4 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 60 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 60)\right) c_4 = 3,482 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 75^\circ \text{ için } c_5 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 75 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 75)\right) c_5 = 3,766 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 90^\circ \text{ için } c_6 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 90 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 90)\right) c_6 = 3,7639 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 105^\circ \text{ için } c_7 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 105 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 105)\right) c_7 = 3,51 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 120^\circ \text{ için } c_8 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 120 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 120)\right) c_8 = 3,046 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 135^\circ \text{ için } c_9 = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 135 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 135)\right) c_9 = 2,418 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 150^\circ \text{ için } c_{10} = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 150 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 150)\right) c_{10} = 1,667 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 165^\circ \text{ için } c_{11} = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 165 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 165)\right) c_{11} = 0,846 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 180^\circ \text{ için } c_{12} = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 180 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 180)\right) c_{12} = 0 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 195^\circ \text{ için } c_{13} = 0,4 \cdot 9,424 \left(\sin 195 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 195)\right) c_{13} = -1,1 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 210^\circ \text{ için } c_{14} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 210 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 210) \right) c_{14} = -2,1 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 225^\circ \text{ için } c_{15} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 225 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 225) \right) c_{15} = -2,89 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 240^\circ \text{ için } c_{16} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 240 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 240) \right) c_{16} = -3,482 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 255^\circ \text{ için } c_{17} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 255 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 255) \right) c_{17} = -3,766 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 270^\circ \text{ için } c_{18} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 270 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 270) \right) c_{18} = -3,7639 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 285^\circ \text{ için } c_{19} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 285 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 285) \right) c_{19} = -3,51 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 300^\circ \text{ için } c_{20} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 300 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 300) \right) c_{20} = -3,046 \text{ m/s}$$

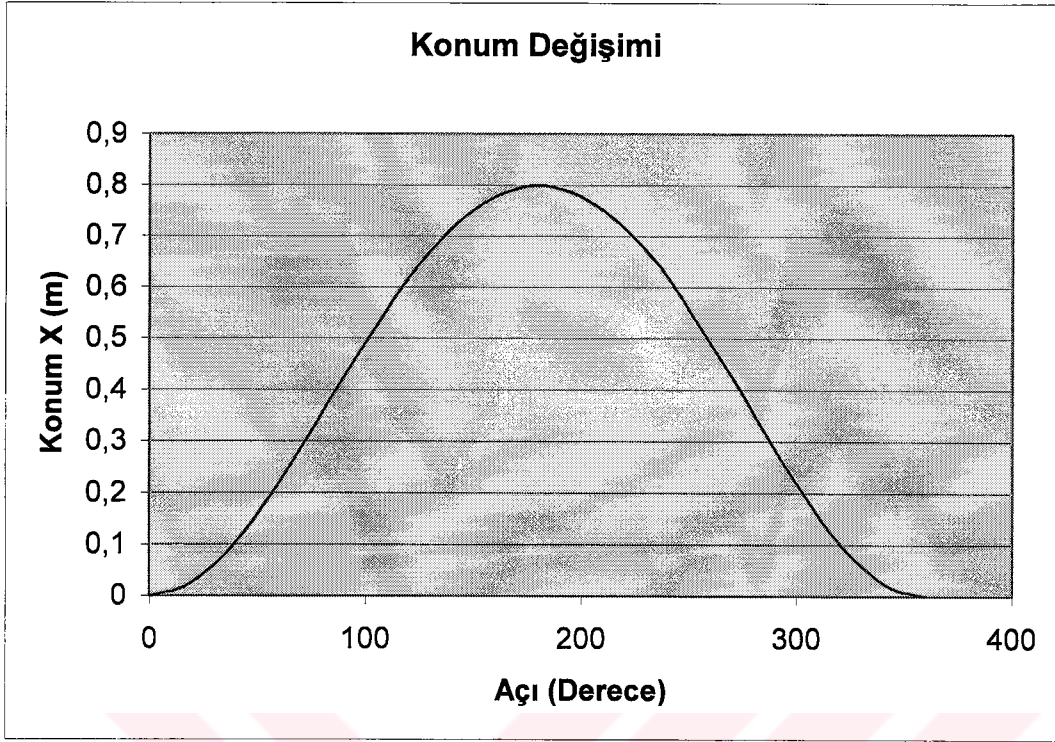
$$\varphi = 315^\circ \text{ için } c_{21} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 315 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 315) \right) c_{21} = -2,418 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 330^\circ \text{ için } c_{22} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 330 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 330) \right) c_{22} = -1,667 \text{ m/s}$$

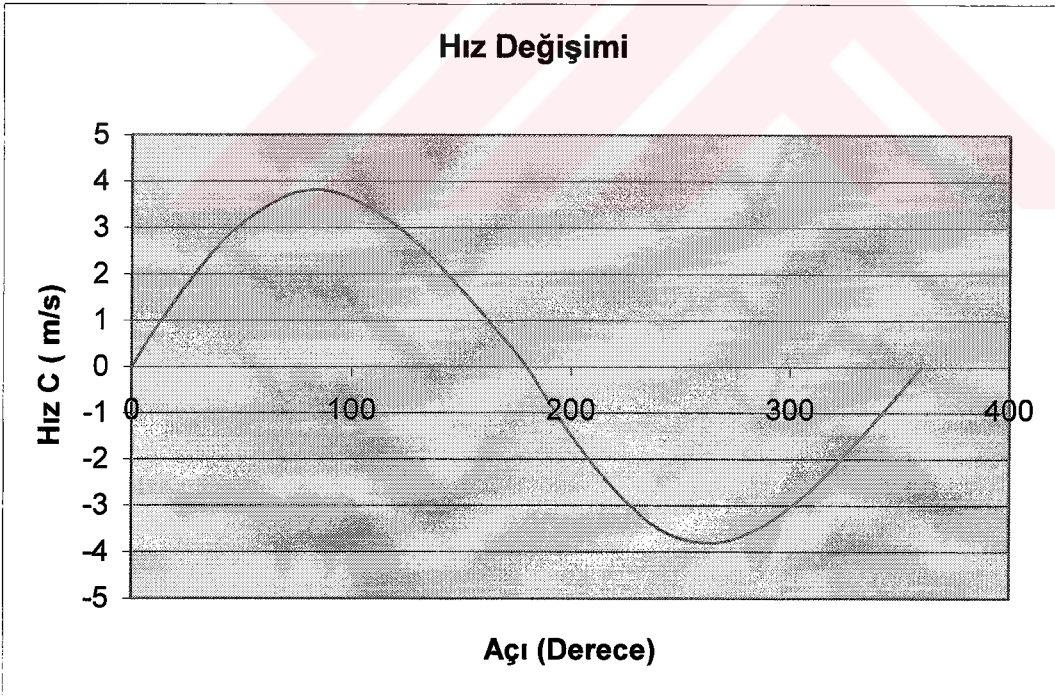
$$\varphi = 345^\circ \text{ için } c_{23} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 345 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 345) \right) c_{23} = -0,846 \text{ m/s}$$

$$\varphi = 360^\circ \text{ için } c_{24} = 0,4 \cdot 9,424 \left( \sin 360 + \frac{0,4}{2 \cdot 3} \sin(2 \cdot 360) \right) c_{24} = 0 \text{ m/s}$$

$\varphi = 90^\circ$  için konumu için kasanın hızı maksimumdur. Maksimumu hız  $c_6 = 3,7639 \text{ m/s}$ 'dir.



Şekil 6.4 Krank Biyel Mekanizmasının Konum Değişimi



Şekil 6.5 Krank Biyel Mekanizmasının Hız Değişimi



### 6.3 İvme Denklemleri

$$b = \frac{dc}{dt} = r \cdot \omega^2 \left( \cos \varphi \mu \frac{r}{\lambda} \cos 2\varphi \right), b_{\max} = 40 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 15^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 15 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 15) \right) \quad b_1 = 38,36 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 30^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 30 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 30) \right) \quad b_2 = 33,12 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 45^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 45 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 45) \right) \quad b_3 = 25,12 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 60^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 60 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 60) \right) \quad b_4 = 15,39 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 75^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 75 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 75) \right) \quad b_5 = 5,1 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 90^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 90 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 90) \right) \quad b_6 = -4,724 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 105^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 105 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 105) \right) \quad b_7 = -13,278 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 120^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 120 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 120) \right) \quad b_8 = -19,99 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 135^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 135 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 135) \right) \quad b_9 = -24,864 \text{ m/s}^2$$

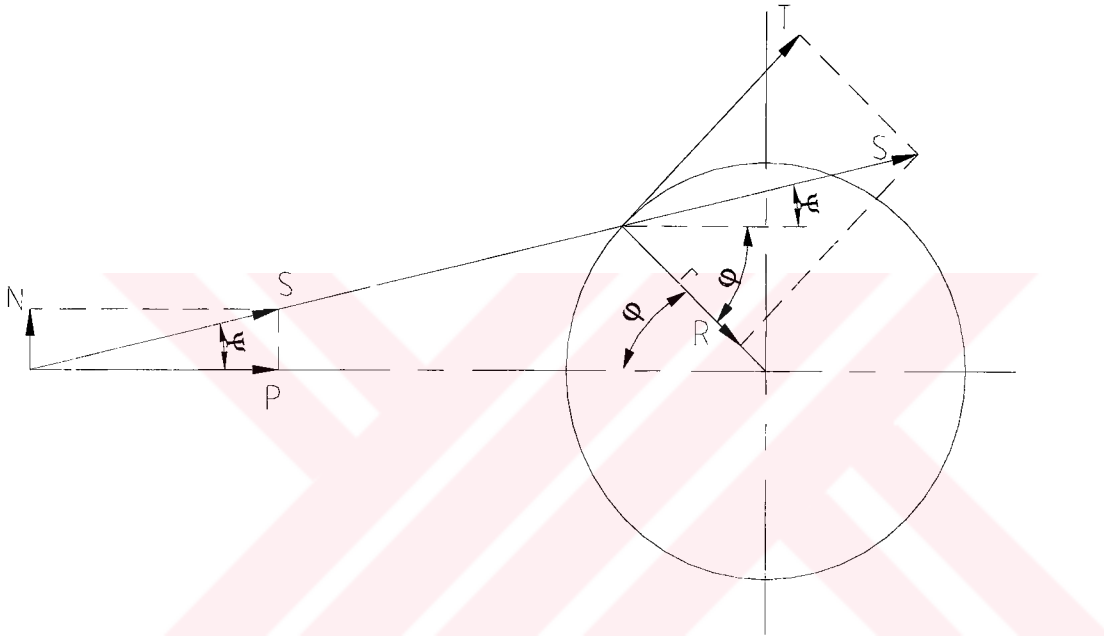
$$\varphi = 150^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 150 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 150) \right) \quad b_{10} = 28,4 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 165^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 165 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 165) \right) \quad b_{11} = -30 \text{ m/s}^2$$

$$\varphi = 180^\circ \text{ için } b = 0,4 \cdot (9,424)^2 \left( \cos 180 + \frac{0,4}{3} \cos(2 \cdot 180) \right) \quad b_{12} = -30,79 \text{ m/s}^2$$

#### 6.4 Kuvvet denklemleri

Krank biyel mekanizmasında biyelin iletteği kuvvet  $S$  olarak gösterilmektedir. Kayış kasnak mekanizması ile tahrik olan kasnak, motordan aldığı momenti aynı mil üzerinde bulunan krank yardımıyla biyeye iletmektedir. Burada  $T$  kuvveti kasnak yardımıyla motordan alınan momentin krank yardımıyla biyeye iletilen kuvvet bileşenidir. Krankın uzunluğu  $r$  ile gösterilmektedir.  $S$  biyel kuvveti  $N$  normal kuvvet ve  $P$  kesme kuvveti bileşenlerine ayrılır [6].



şekil 6.6 Krank Biyel Mekanizmasında Kuvvetler

$S$  biyel kuvveti;  $S = \frac{P}{\cos \psi}$  ve  $T$  kuvveti  $S$  kuvvetinin teğetsel bileşeni  $R$  ise radyal bileşenidir.

Ölü noktalarda  $T = 0$  dır.

$$T = S \cdot \sin(\varphi + \psi)$$

Normal kuvvet;  $N = P \cdot \tan \psi$   $P$  kuvveti sabit kaldığı taktirde  $\psi$  açısının en büyük olduğu durumda  $S$  biyel kuvveti de en büyük değerini alır.

T kuvvetini bulmak için ilk önce motordan kayış kasnak mekanizması ile alınan momentin hesaplanması gerekir.

P kesme kuvvetini elde etmek için uygun kesme koşulları, kesilecek malzemenin boyutlarına ve cinsine bağlı olarak daha önce seçilen lama sayısı ve lamanın soket yapısına göre gerekli motor gücü tespit edilmiştir. Verimli bir kesme işlemi için strok boyu  $l=800-1000$  mm arasında değişir.

Verilenler;

Strok boyu  $l = 2.r = 2.400 = 800$  mm

Lamanın boyu: 4450 mm

Lama sayısı: 80

Lamanın soket uzunluğu: 3900 mm ( Tablo5.3)

Lamanın soket aralığı: 80/110 ( Tablo 5.3)

Soket sayısı: 42 (Tablo 5.3)

Maksimum blok boyu: 3250 mm

Soket genişliği: 6 mm

Asansör, mermer bloğunu yukarı doğru kaldırarak kesme işlemini gerçekleştiren hareketi yapmaktadır. Buna göre kesme hızı asansörün yukarı hareket hızı olarak alınmaktadır. Kesme hızı 30 cm/h dir

Dakikada strok sayısı: 90 strok/dak

Toplam strok sayısı:  $90 \times 60 = 5400$  strok/h

Bir saatte 30 cm kesmesi için 5400 strok yapması gerekir. Strok boyu 800 mm'dir.

Buna göre;

5400 strok            300 mm

1 strok            x mm

$$x = \frac{300}{5400} = 0.005555 \text{ mm}$$

Lamalar bir stok yaptığında malzemeye  $x= 0.005555$  mm dalmaktadır.

Buna göre 1 kesici ucun kesme alanı:

$$A = a \times b$$

$$A = 0.00555 \times 6$$

$$A = 0.33 \text{ mm}^2$$

Kesme esnasında bir lamada maksimum 30 kesici takım kesme işlemi yapabildiğine göre;

Bir lamadaki toplam kesme alanı:

$$A_T = 30 \times 0.33 = 10 \text{ mm}^2 \text{ (bir lama için toplam kesme alanı)}$$

$$\Sigma A_T = 80 \times 10 = 800 \text{ mm}^2 \text{ (80 lamalı bir katrakta toplam kesme alanı)}$$

$$\tau = \frac{P}{\Sigma A_T}; \Rightarrow P = \tau \cdot \Sigma A_T$$

$$\tau = 150 \text{ Mpa (Mermerin kopma mukavemeti)}$$

F = Toplam uygulanan kesme kuvveti [N]

$\Sigma A_T$  = Toplam Kesme alanı [mm<sup>2</sup>]

$$P = \tau \cdot \Sigma A_T$$

$$P = 150 \cdot 800 = 120.000 \text{ N}$$

$$\text{Toplam Güç: } N = \frac{P \cdot l}{t} \text{ [Watt]}$$

N= Toplam Güç

P = 120.000 N Toplam uygulanan kesme kuvveti

l = 800 mm strok boyu

t = 2/3 s (bir strok için geçen zaman)

$$N = \frac{P \cdot l}{t}$$

$$N = \frac{120.000 \cdot 800}{2/3} = 147 \text{ kW}$$

$$Md_1 = 9550 \cdot \frac{N}{n_1} \text{ N.m}$$

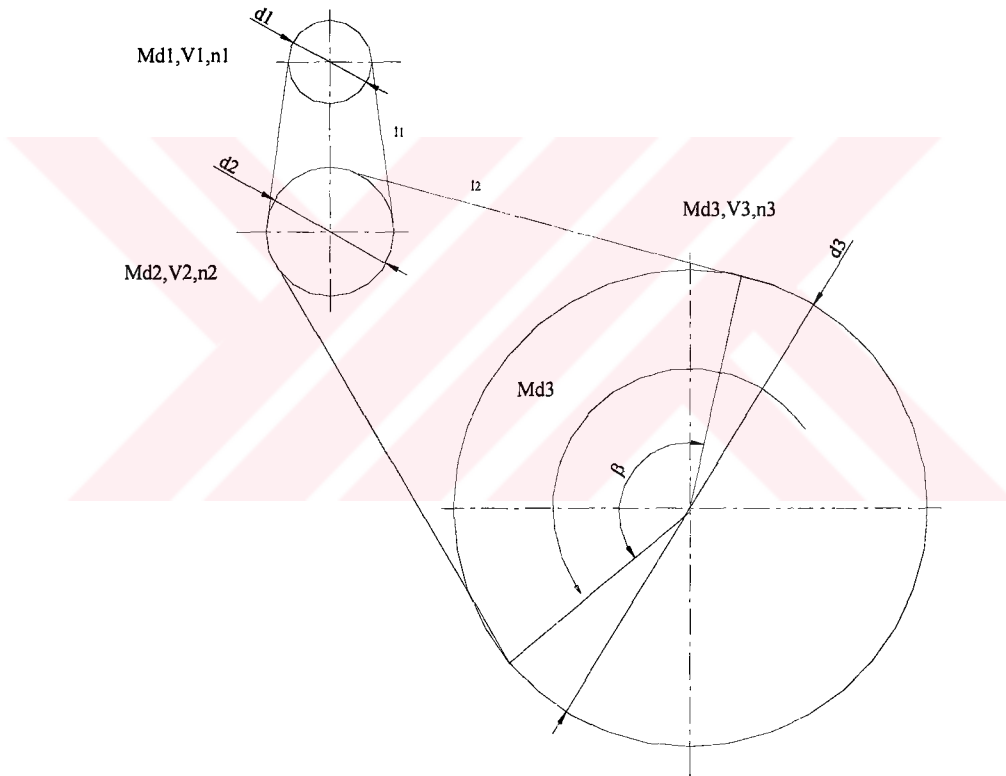
Md<sub>1</sub> = Motorun ileticeği moment (N.m)

N = Motorun gücü (kw) = 147

n<sub>1</sub> = Motorun devir sayısı (d/d) 1000

### 6.5 Hız ve Moment Denklemleri

Motorun momenti ve çevresel hızı kayış kasnak mekanizması yardımıyla aktarılır. Çevre hızları birbirine eşittir. Düz kayış kasnak mekanizmalarında optimum çevresel hız  $V_{opt}$  ( 20-50) m/s dir.  $Md_1$  motorun çıkış momentidir. Motorun kasnağının çapı  $d_1$  ve hızı  $V_1$ , ara tamburun çapı  $d_2$ , hızı  $V_2$ , ana kasnağın çapı  $d_3$  ve hızı  $V_3$  olarak gösterilmektedir.  $i_1$  çevrim oranıdır [9].



Şekil 6.7 Kayış Kasnak Mekanizmalarında Hız Ve Moment İlişkileri

$$\text{Çevresel hız } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \text{ [9]}$$

Hız denkleminde  $V_1 = V_2 = V_3$  bağıntısı kullanılarak

$$\frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{60} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{60} \text{ denklemleri elde edilir. Bu denklemlerde eşitliğin her iki}$$

tarafı sadeleştirirsek  $d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2 = d_3 \cdot n_3$  denklemleri elde edilir.

Motor kasnağı ile ara kasnak arasındaki bağıntıdan

$$d_1.n_1 = d_2.n_2$$

$$315.1000 = 420.n_2$$

$$n_2 = 750 \text{ d/d olarak bulunur.}$$

Motor kasnağı ile ana kasnak arasındaki bağıntıdan

$$d_1.n_1 = d_3.n_3$$

$$315.1000 = d_3.90$$

$$d_3 = 3500 \text{ mm olarak bulunur.}$$

Çevrim oranı  $i_1 = \frac{n_1}{n_2}$  ve  $i_2 = \frac{n_2}{n_3}$  [9]

$$i_{top} = i_1.i_2 \text{ toplam çevrim oranı}$$

$$i_1 = \frac{1000}{750} = 1.33 \quad i_2 = \frac{750}{90} = 8.33$$

$$i_{top} = 1,33.8,33 = 11,1$$

$$Md_1 = 9550. \frac{N}{n_1} \text{ N.m}$$

$$Md_1 = 9550. \frac{147}{1000} = 1404 \text{ N.m motorun çıkış momenti}$$

$$Md_3 = Md_1.i_{top}$$

$$Md_3 = 1404.11.1$$

$$Md_3 = 15600 \text{ N.m}$$

Motorun momentini kayış kasnak yardımıyla ana kasnağa iletilmektedir. Kayışın momenti iletirken oluşan kuvvet ve gerilmelere karşı mukavemeti ve oluşan maksimum gerilmeler bu kısımda hesaplanacaktır. Kayışın boyutları ve malzemesi buna göre tespit edilecektir.

Ana kasnakta oluşan çevre kuvveti  $F_u$  ile gösterilecektir. [9]

$$\text{Çevre kuvveti } F_u = \frac{Md_3}{d_3/2} \cdot c_2 \text{ [9] denklemden } F_u = \frac{15600}{3,5/2} \cdot 1,5 = 13371 \text{ N,}$$

$F_u$  = Çevre kuvveti

$c_2$  = Yük faktörü 1,5

Çevre kuvvetinden dolayı çeki zorlanması  $\sigma_u$  ;

$$\sigma_u = \frac{F_u}{b \cdot s}$$

$b$  = kayışın genişliği

$s$  = kayışın kalınlığı

$\gamma = 1.1$  kayışın özgül ağırlığı ( $\text{kg/dm}^3$ )

$\sigma_{em} = 25 \text{ N/mm}^2$  kayışın emniyet gerilmesi

$E_e = 40 \text{ N/mm}^2$  Kayışın Eğilme Elastik modülü

$$\sigma_u = \frac{F_u}{b \cdot s} \leq \sigma_{em} \text{ denklemden kayışın kesit alanı bulunur.}$$

$$\sigma_u = \frac{13371}{300 \cdot 12} \leq 25$$

$b \cdot s = 300 \times 12$  olarak kayış standartlarına göre seçilmiştir.

$$\sigma_u = 3.71 \text{ N/mm}^2 \leq 25$$

Sarılma açısı  $\beta_1$  ;

$$\cos \beta_1 / 2 = \frac{d_3 - d_2}{2 \cdot a}$$

$d_3$  = ana kasnak çapı 3500 mm

$d_2$  = ara kasnak çapı 420 mm

$a$  = eksenler arası mesafe

$$\cos \beta_1 / 2 = \frac{3500 - 420}{2 \cdot 2665} = 0.5778$$

$$\cos \beta_1 / 2 = 0.5778$$

$$\beta_1 / 2 = 54.59^\circ$$

$$\beta_1 = 109.3^\circ = 110^\circ$$

$$\beta_1 = \frac{110 \cdot \pi}{180} = 1.91 \text{ rad}$$

Gergin kol kuvveti  $F_1$ ;

Kayışların gergin kol ile gevşek kol arasındaki bağıntı; [9]

$$F_1 = F_u \frac{m}{m-1} [9] \quad \text{ve} \quad m = e^{\mu \cdot \beta_1} = \frac{F_1}{F_2}$$

$$\beta_1 = \text{Sarıma açısı } 110^\circ$$

$$\mu = \text{Sürtünme katsayısı } 0.63$$

$$m = e^{\mu \cdot \beta_1} = e^{0.63 \cdot 1.91} = 3.33 \text{ olarak bulunur.}$$

$$F_1 = F_u \frac{m}{m-1}$$

$$F_1 = 13371 \frac{3.33}{3.33-1} = 19100 \text{ N}$$

$$F_1 = 19100 \text{ N}$$

Gergin koldan dolayı çeki zorlanması  $\sigma_1$ ;

$$\sigma_1 = \sigma_u \frac{m}{m-1}$$

$$\sigma_1 = 3.71 \frac{3.33}{3.33-1} = 5.3 \text{ kg/mm}^2$$

Gevşek kol kuvveti  $F_2$ ;

$$F_2 = F_u \frac{1}{m-1}$$

$$F_2 = 13371 \frac{1}{3.33-1}$$

$$F_2 = 5740 \text{ N}$$

Gevşek koldan dolayı çeki zorlanması  $\sigma_2$ ;

$$\sigma_2 = \sigma_u \frac{1}{m-1}$$

$$\sigma_2 = 3.71 \frac{1}{3.33-1}$$



$$\sigma_2 = 1.59 \text{ N/mm}^2$$

Merkezkaç gerilmesi  $\sigma_f$  ;[9]

$$\sigma_f = \frac{\gamma}{g} \cdot v^2$$

$$v = \text{hız} \quad v = \frac{\pi \cdot d_3}{60} = \text{Çevresel hız} \quad v = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{60} = v = \frac{\pi \cdot 3,5,90}{60} =$$

$$v = 16.5 \text{ m/s}$$

$$\gamma = \text{kayışın özgül ağırlığı} \ 0.9 \text{ kg/dm}^3$$

$$g = 9.81 \text{ yerçekimi ivmesi m/s}^2$$

$$\sigma_f = \frac{\gamma}{g} \cdot v^2$$

$$\sigma_f = \frac{0,9 \cdot 10^3}{9.81} \cdot 16.5^2$$

$$\sigma_f = 24977 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_f = 2.4 \text{ N/mm}^2$$

Eğilme gerilmesi  $\sigma_e$  ;[9]

$$\sigma_e = E_e \frac{s}{d_3}$$

$$E_e = 40 \text{ N/mm}^2 \text{ Eğilme elastik modülü}$$

$$s = \text{kayışın kalınlığı} \ 12 \text{ mm}$$

$$d_3 = \text{ana kasnağın çapı} \ 3500 \text{ mm}$$

$$\sigma_e = E_e \frac{s}{d_3}$$

$$\sigma_e = 40 \cdot \frac{12}{3500}$$

$$\sigma_e = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Eksenel kuvvet  $F_A$ ;[9]

$$F_A = F_U \frac{m-1}{m+1}$$

$$F_A = F_U \frac{1}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{m-1}{m+1} < 1$$

$\varphi$  = Çekme faktörü 1 den küçük olmalı

$$\varphi = \frac{3.33-1}{3.33+1} < 1$$

$$\varphi = 0.538 < 1$$

$$F_A = F_U \frac{1}{\varphi}$$

$$F_A = 13371 \frac{1}{0.538}$$

$$F_A = 1337 \frac{1}{0.538} = 24850 \text{ N}$$

$F_A$  kuvvetinden dolayı çekme gerilmesi  $\sigma_A$ ;[9]

$$\sigma_A = \sigma_u \frac{m+1}{m-1}$$

$$\sigma_A = \sigma_u \frac{1}{\varphi}$$

$$\sigma_A = 3.71 \frac{1}{0.538}$$

$$\sigma_A = 6.89 \text{ N/mm}^2$$

Toplam gerilme  $\sigma_{top}$ ;[9]

$$\sigma_{top} = \sigma_1 + \sigma_e + \sigma_f \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma_{top} = 3.71 + 0.13 + 2.4 \leq 25$$

$$\sigma_{top} = 6.24 \leq 25 \text{ emniyetlidir.}$$

Kayış kasnak mekanizması ile iletilen moment

$$Md_3 = (F_1 - F_2) \cdot d_3 / 2 \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Burada  $F_1$  gergin koldaki kuvvet,  $F_2$  gevşek koldaki kuvvet olmak üzere iletilen moment  $F_1 = 19100 \text{ N}$  ve  $F_2 = 5740 \text{ N}$  Ana kasnağın çapı  $d_3 = 3500 \text{ mm}$  olarak bulunmuştur.

$$Md_3 = (F_1 - F_2) \cdot d_3 / 2$$

$$Md_3 = (19100 - 5740) \cdot 3,5 / 2$$

$$Md_3 = 23380 \text{ N.m}$$

Bu moment aynı mil üzerinde bulunan krank tarafından biyele aktarılacaktır.

$$Md_3 = T \cdot r$$

$$23380 = T \cdot 0,4$$

$$T = 58450 \text{ N olarak bulunur.}$$

$$r = 0.4 \text{ m}$$

Krank biyel mekanizmasında biyelin ilettiği kuvvet  $S$  olarak gösterilmektedir. Kayış kasnak mekanizması ile tahrik olan kasnak, motordan aldığı momenti aynı mil üzerinde bulunan krank yardımıyla biyele iletmektedir. Burada  $T$  kuvveti kasnak yardımıyla motordan alınan momentin krank yardımıyla biyele iletilen kuvvet bileşenidir. Krankın uzunluğu  $r$  ile gösterilmektedir.  $N$  normal kuvvet  $S$  biyel kuvveti  $N$  normal kuvvet ve  $P$  kesme kuvveti bileşenlerine ayrılır.

$$S \text{ biyel kuvveti; } S = \frac{P}{\cos \psi} \text{ ve } T \text{ kuvveti } S \text{ kuvvetinin teğetsel bileşeni } R \text{ ise}$$

radyal bileşenidir. Ölü noktalarda  $T = 0$  dır. [6]

$$T = S \cdot \sin(\varphi + \psi)$$

Normal kuvvet;  $N = P.tg\psi$   $P$  kuvveti sabit kaldığı takdirde  $\psi$  açısının en büyük olduğu durumda  $S$  biyel kuvveti de en büyük değerini alır.

$T$  kuvveti iletilen moment sabit olduğundan  $T$  kuvveti de sabit kalacaktır. Geometrik bağıntılar daha önce elde ettiğimiz  $T = S.\sin(\varphi + \psi)$  bağıntısını kullanarak  $S$  biyel kuvvetini bulmak mümkündür.  $S$  biyel kuvveti  $\varphi$  ve  $\psi$  açılarna bağlı olarak değişmektedir. Krank milin etrafında bir dönme hareketi gerçekleştirdiğinde biyelin diğer ucu alt ölü noktadan üst ölü noktaya gidip gelmektedir. Dolayısıyla  $\varphi$  açısı tam bir dönme gerçekleştiği için  $0^0$  ile  $360^0$  arasında değişmektedir. Her bir açı için  $S$  biyel kuvvetini hesaplamak yerine  $15^0$  aralıklı hesaplamak yaklaşık sonucu vermektedir.  $\varphi$  açısına göre  $\psi$  açısının aldığı değeri sinüs teoreminden bulunabilir.

Buna göre  $\frac{l}{\sin\varphi} = \frac{r}{\sin\psi}$  denklemini kullanarak değişen her  $\varphi$  açısı için  $\psi$  açısı bulunur.

$$l=3000 \text{ mm}$$

$$r=400 \text{ mm}$$

$$\varphi = 0^0 - 360^0$$

$$\frac{l}{\sin\varphi} = \frac{r}{\sin\psi}$$

$$\varphi = 15^0 \text{ için denkleme yerine koyarsak } \frac{3000}{\sin 15} = \frac{400}{\sin\psi}$$

$$\psi = 0,19 \text{ bulunur.}$$

$T=58450 \text{ N}$  olarak daha önceden bulunmuştu.

$T = S.\sin(\varphi + \psi)$  denkleme  $T=58450 \text{ N}$  değeri konulursa;  $S$  biyel kuvveti

$$T = S_1.\sin(15 + 1,97), \quad S_1=200230 \text{ N}$$

$$T = S_2.\sin(30 + 3,81), \quad S_2=105120 \text{ N}$$

$$T = S_3.\sin(45 + 5,4), \quad S_3=75900 \text{ N}$$

$$T = S_4.\sin(60 + 6,62), \quad S_4=63740 \text{ N}$$

$$T = S_5 \cdot \sin(75 + 7.35), \quad S_5 = 59040 \text{ N}$$

$$T = S_6 \cdot \sin(90 + 7.6), \quad S_6 = 58980 \text{ N}$$

$$T = S_7 \cdot \sin(105 + 7.35), \quad S_7 = 63200 \text{ N}$$

$$T = S_8 \cdot \sin(120 + 6.62), \quad S_8 = 72820 \text{ N}$$

$$T = S_9 \cdot \sin(135 + 5.4), \quad S_9 = 91680 \text{ N}$$

$$T = S_{10} \cdot \sin(150 + 3.81), \quad S_{10} = 132530 \text{ N}$$

$$T = S_{11} \cdot \sin(165 + 1.97), \quad S_{11} = 238570 \text{ N}$$

$$T = S_{12} \cdot \sin(180), \quad S_{12} = 0$$

S biyel kuvveti;  $S = \frac{P}{\cos \psi}$  denkleminde  $P$  kesme kuvveti  $P = S \cdot \cos \psi$  bulunur. [6]

$$P = S \cdot \cos \psi$$

$$P_1 = S_1 \cdot \cos \psi_1, \quad P_1 = 200230 \cdot \cos 1.97, \quad P_1 = 200110 \text{ N}$$

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \psi_2, \quad P_2 = 105120 \cdot \cos 3.81, \quad P_2 = 104880 \text{ N}$$

$$P_3 = S_3 \cdot \cos \psi_3, \quad P_3 = 75900 \cdot \cos 5.4, \quad P_3 = 75560 \text{ N}$$

$$P_4 = S_4 \cdot \cos \psi_4, \quad P_4 = 63740 \cdot \cos 6.6, \quad P_4 = 63310 \text{ N}$$

$$P_5 = S_5 \cdot \cos \psi_5, \quad P_5 = 59040 \cdot \cos 7.3, \quad P_5 = 58560 \text{ N}$$

$$P_6 = S_6 \cdot \cos \psi_6, \quad P_6 = 58980 \cdot \cos 7.6, \quad P_6 = 58460 \text{ N}$$

$$P_7 = S_7 \cdot \cos \psi_7, \quad P_7 = 63200 \cdot \cos 7.3, \quad P_7 = 62680 \text{ N}$$

$$P_8 = S_8 \cdot \cos \psi_8, \quad P_8 = 72820 \cdot \cos 6.6, \quad P_8 = 72330 \text{ N}$$

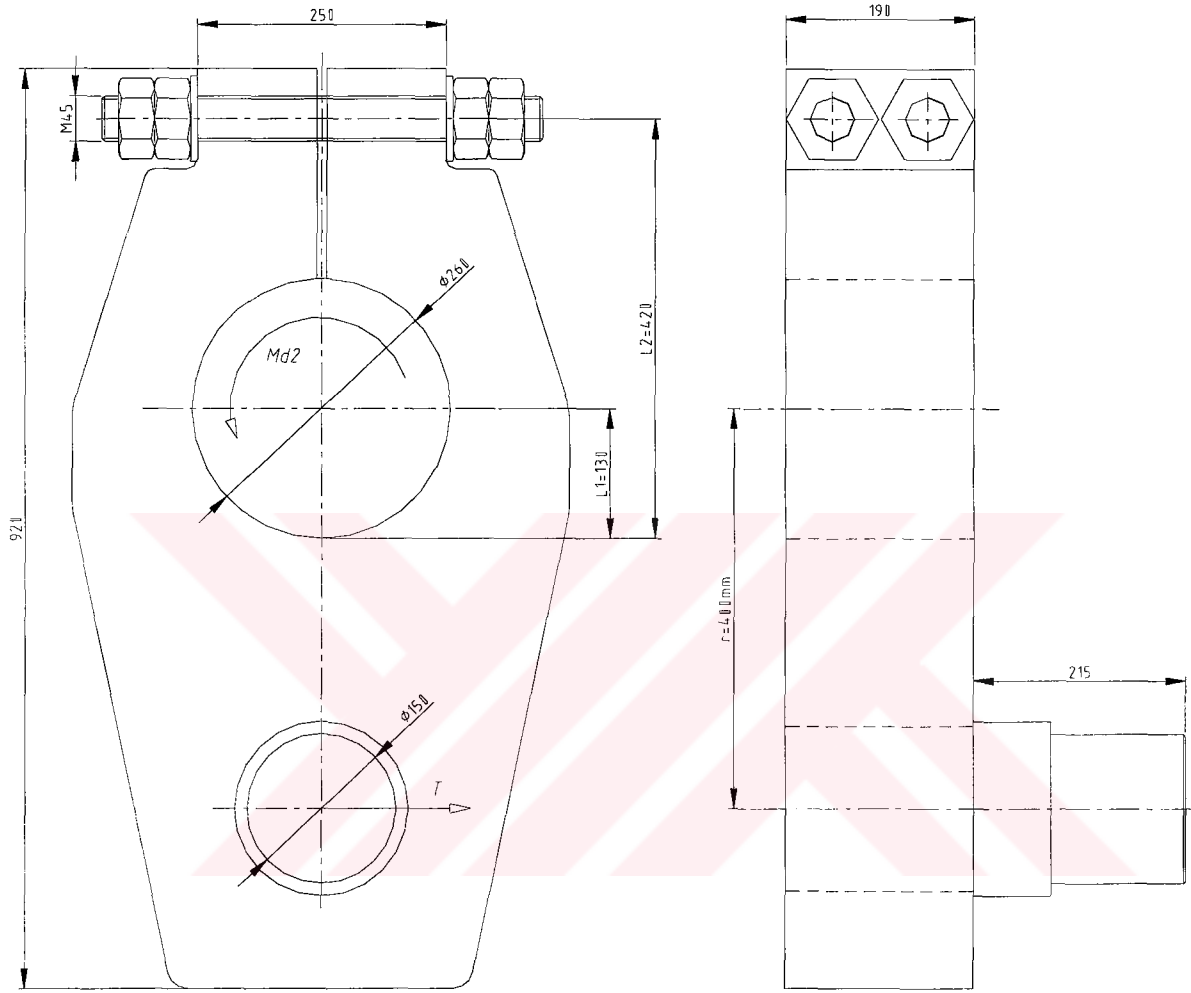
$$P_9 = S_9 \cdot \cos \psi_9, \quad P_9 = 91680 \cdot \cos 5.4, \quad P_9 = 91270 \text{ N}$$

$$P_{10} = S_{10} \cdot \cos \psi_{10}, \quad P_{10} = 132530 \cdot \cos 3.8, \quad P_{10} = 132230 \text{ N}$$

$$P_{11} = S_{11} \cdot \cos \psi_{11}, \quad P_{11} = 238570 \cdot \cos 1.9, \quad P_{11} = 238420 \text{ N}$$

$$P_{12} = S_{12} \cdot \cos \psi_{12}, \quad P_{12} = 58450 \cdot \cos 0, \quad P_{12} = 58450 \text{ N}$$

Ana mil üzerinde bulunan krank şekilde gösterilmiştir. Civatanın sıkılması sonucu oluşan kuvvetler milin momenti iletirken dönmemesini sağlamaktadır. Civatalar yardımıyla mil üzerine tespit edilmektedir.



Şekil 6.8 Krankın Moment ve Hız İlişkisi

Kran ile ana mil arasındaki bağlantının  $Md_3$  momentini  $S=1.6$  emniyetli bir şekilde iletebilmesi için civataya verilen ön gerilme kuvvetini ve yataklama esnasında meydana gelen yüzey basıncının uygunluğunu tespit etmek için hesaplamalar yapmak gerekir. Krankın konstrüktif değerleri Şekil 6.8 gösterilmiştir.

$$P_{em}=40 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = 0.1 \text{ Sürtünme katsayısı}$$

$$d=260\text{mm}$$

$$r=400\text{mm}$$

$$Md_3=23380 \text{ N.m}$$

$$S= 1.6 \text{ Emniyet katsayısı,}$$

$$L_1=130\text{mm}$$

$$L_2=420\text{mm}$$

$$i=2 \text{ civata sayısı}$$

$$b=190\text{mm}$$

Bağlantının kaymaması için gerekli çevre kuvveti (sürtünme direnci) [9]

$$F_s = \frac{S.Md_3}{d}$$

$$F_s = \frac{1,6.23380}{0,26}$$

$$F_s=143870 \text{ N}$$

$F_s$  Sürtünme direncini elde etmek için gerekli normal kuvvet  $F_n$ ; [9]

$$F_n = \frac{F_s}{\mu}$$

$$F_n = \frac{143870}{0.1}$$

$$F_n=1438700 \text{ N}$$

Bir civataya için gereken normal gerilme  $F_e$ ; [9]

$$F_e = \frac{1438700}{2} = 718900 \text{ N}$$

Civataya verilmesi gereken ön gerilme  $F_{ön}$ ; [9]

$$F_{ön}.L_2 = F_e.L_1$$

$$F_{ön}.420 = 718900.130$$

$$F_{ön} = 222510 \text{ N}$$

Göbek ile mil arasındaki ortalama yüzey basıncı  $P_y$  ; [9]

$$P_y = \frac{F_n}{b.d}$$

$$P_y = \frac{1438700}{260.190}$$

$$P_y = 29.1 \text{ N/mm}^2$$

Göbek ile mil arasındaki emniyetli ortalama yüzey basıncı  $P_{em} = 40 \text{ N/mm}^2$  olduğuna göre bulduğumuz değer emniyetlidir.

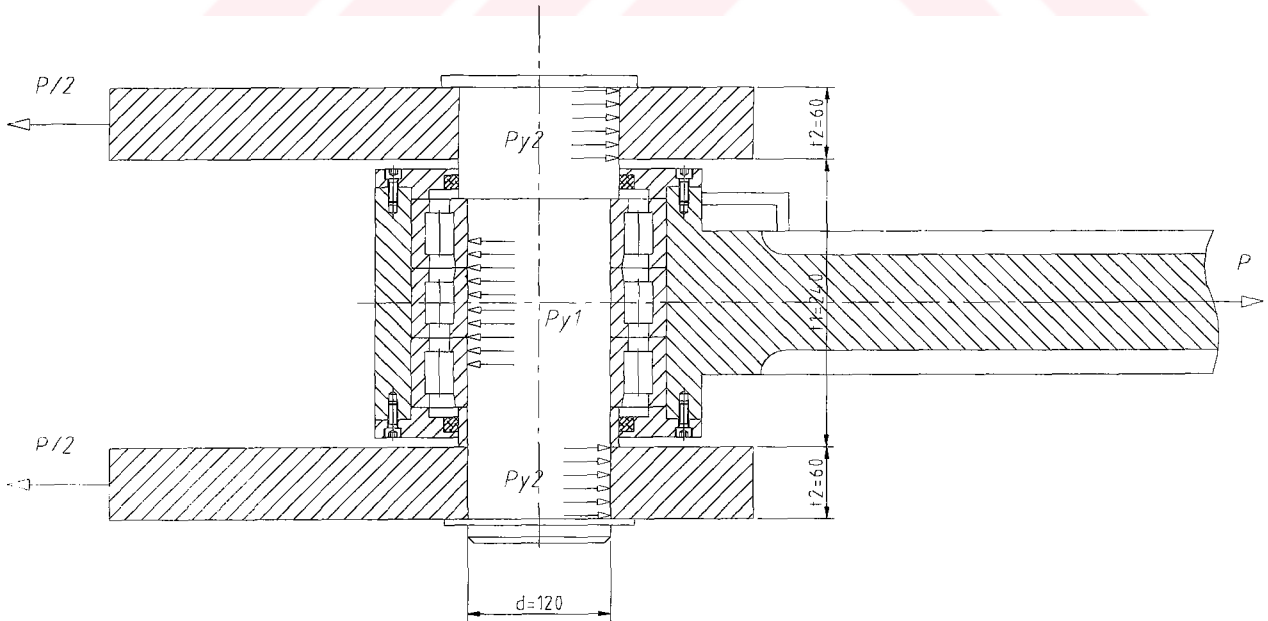
Civata meydana gelen maksimum gerilmeye göre M45 çekirdek kesit alanı  $A = 1194.5 \text{ mm}^2$  8.8 kalitesindeki civatanın akma sınırı  $640 \text{ N/mm}^2$  dir.

$$F_e = \frac{1438700}{2} = 718900 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F_e}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{718900}{1194.5} \Rightarrow \sigma = 601 \text{ N/mm}^2$$

civatanın akma gerilmesinden küçük olduğu için emniyetlidir.

Biyelin lamaların bağlı bulunduğu kasa ile bağlantısını sağlayan milin mukavemet kontrolü yapılması gerekir. Biyelin uyguladığı  $P$  kuvvetini yataklara  $P/2$  olarak etki edecektir. Mil ile yataklar arasında oluşan yüzey basıncı  $P_y$  kontrol edilecektir



Şekil 6.9 Biyelin Yataklanması



Mil ile yatak arasında oluşan yüzey basıncı  $P_{y1}$ ;

$$P_{y1} = \frac{P}{t_1 \cdot d} \leq P_{em}$$

$$P_{y1} = \frac{238420}{240 \cdot 120} \leq P_{em}$$

$$P_{y1} = 8.2 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{em} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{max} = 238420 \text{ N}$$

$$t_1 = 240 \text{ mm}$$

$$t_2 = 60 \text{ mm}$$

$$d = 120 \text{ mm}$$

$$P_{y2} = \frac{P/2}{t_2 \cdot d} \leq P_{em}$$

$$P_{y2} = \frac{238420/2}{60 \cdot 120} \leq P_{em}$$

$$P_{y2} = 16.5 \text{ N/mm}^2 \leq 40 \text{ N/mm}^2$$

Eğilme gerilmesine göre milin kontrolü  $\sigma_e$ ; [9]

St 50 için;

$$\sigma_{ak} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{eD} = 240 \text{ N/mm}^2$  Eğilmede tam değişkenli zorlanma sınırı

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\sigma_e = \frac{Me}{W}$$

$$\sigma_e = \frac{P \cdot (t_1 + t_2) / 4}{\frac{\pi \cdot 120^3}{32}} \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma_e = \frac{238420 \cdot (240 + 60) / 4}{\frac{\pi \cdot 120^3}{32}} \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma_e = 105 \text{ N/mm}^2 \leq 240 \text{ N/mm}^2$$

Kayma gerilmesi  $\tau_e$ ;

$$\tau_{em} = 140 \text{ N/mm}^2 \text{ St 50 için;}$$

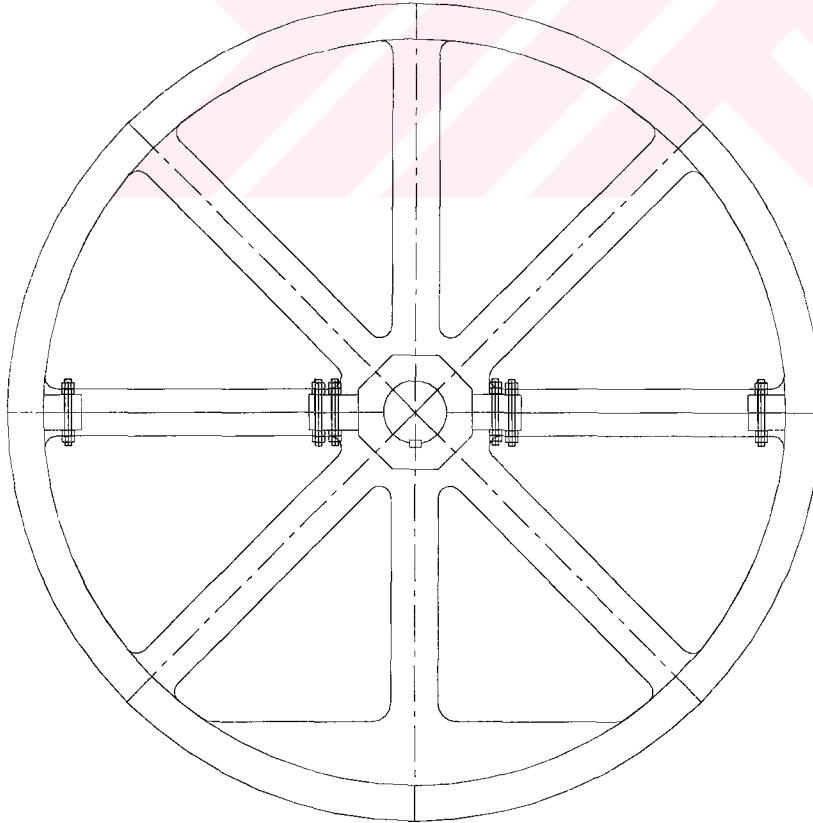
$$\tau_e = \frac{P}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_e = \frac{238420}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 120^2}{4}} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_e = \frac{238420}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 120^2}{4}} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_e = 10.55 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{em} \text{ emniyetlidir.}$$

Kasnak iki parçadan oluşmaktadır. Şekil 6.10'da kasnağın montajı gösterilmektedir. Kasnağın birbiri ile bağlantısı civata ile sağlanmaktadır. Öngörülen momenti iletebilmesi için civatalara uygulanması gereken  $F_{\text{ön}}$  kuvveti ve civatalarda oluşan gerilmeleri hesaplamak gerekir.



Şekil 6.10 Ana Kasnağın Montajı

Kasnağın ön görülen momenti iletebilmesi için gerekli çevre kuvveti  $F_s$  ;

$$Md_3 = 23380 \text{ N.m}$$

$$d = 280 \text{ mm}$$

$$b = 360 \text{ mm}$$

$$S = 1.6 \text{ emniyet katsayısı}$$

$$i = 8 \text{ civata sayısı}$$

$$\mu = 0.1 \text{ sürtünme katsayısı}$$

$$P_{em} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$F_s = \frac{S \cdot Md_3}{d}$$

$$F_s = \frac{1,6 \cdot 23380}{0,280} = 133600 \text{ N}$$

Gerekli normal kuvvet  $F_n$  ; [9]

$$F_n = \frac{F_s}{\mu}$$

$$F_n = \frac{133600}{0.1}$$

$$F_n = 1336000 \text{ N}$$

Civataya verilmesi gereken ön gerilme  $F_{ön}$  ; [9]

$$F_{ön} = \frac{F_n}{2 \cdot i}$$

$$F_{ön} = \frac{1336000}{2 \cdot 8}$$

$$F_{ön} = 83500 \text{ N}$$

Göbek ile mil arasındaki yüzey basıncı  $P_y$  ; [9]

$$P_y = \frac{F_n}{b \cdot d} \leq P_{em}$$

$$P_y = \frac{1336000}{280 \cdot 360} \leq P_{em}$$

$$P_y = 13.2 \text{ N/mm}^2 \leq 40 \text{ N/mm}^2 \text{ emniyetlidir.}$$

Kasnak bağlantı civatalarına gelen gerilme; [9]

M30 kesit alanı  $615 \text{ mm}^2$  ve 8.8 kalitesindeki civata için akma gerilmesi

$$\sigma_f = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\text{ön}}}{A}$$

$$\sigma = \frac{83500}{615}$$

$$\sigma = 135 \text{ N/mm}^2 \text{ emniyetlidir.}$$

Kasnak ile mil arasındaki kamanın mukavemet kontrolü; [9]

$$Md_3 = 23380 \text{ N.m}$$

$$d = 280 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ kamanın genişliği}$$

$$h = 30 \text{ mm kamanın yüksekliği}$$

$$l = 360 \text{ mm kamanın boyu}$$

$$t_2 = h/2 = 15 \text{ mm}$$

$$b \times h = 30 \times 50$$

$$P_{em} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{em} = 140 \text{ N/mm}^2$$

Kamaya etki eden çevre kuvveti  $F_u$ ; [9]

$$F_u = \frac{Md_3}{d/2}$$

$$F_u = \frac{23380}{0.28/2}$$

$$F_u = 167000 \text{ N}$$

Kama ile kasnak arasındaki yüzey basıncı  $P_y$ ; [9]

$$P_y = \frac{F_u}{t_2 \cdot l} \leq P_{em}$$

$$P_y = \frac{167000}{15.360} \leq P_{em}$$

$P_y = 30.9 \text{ N/mm}^2 \leq P_{em}$  emniyetlidir.

Kamada meydana gelen kesme gerilmesi  $\tau$  ;[9]

$$\tau = \frac{F_u}{b.l} \leq \tau_{em}$$

$$\tau = \frac{16700}{50.360} \leq 140$$

$\tau = 9.2 \leq 140$  emniyetlidir.



## BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1993 yılı Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracatında bir dönüm noktası olmuş ve son yıllarda gerçekleştirilen yatırımların işletmeye açılması ile gözlenen bu artış devam etmiştir. 1993'den sonra büyük bir gelişme gösteren mermer sektörü yurt dışında da yerini almaya başlamıştır. Daha önce başta İtalya olmak üzere bazı Avrupa ülkelerine blok olarak satılan mermer son yıllarda işlenmiş olarak ihraç edilmektedir. Bu değişimde en büyük payı mermer işletmeleri üstlenmektedir. Sayıları hızla artan mermer işletmecileri sayesinde artık blok satışı yerine işlenmiş mermer ihraç edilmeye başlanmıştır. Bunun içinde en son teknolojilerle donatılmış fabrikaların kurulması ve sayılarının hızla artması gerekmektedir.

Mermer sektöründeki gelişmeler, mermer işleme makinalarına olan ihtiyacı artırmıştır. İhtiyaçlar ilk önce ithalatla karşılanmış, özellikle başta İtalya olmak üzere değişik ülkeler makine ithalatı hızla artmıştır. Son yıllarda makine imalatı konusunda oldukça önemli gelişmeler sağlanmıştır. Fakat bu gelişmeler büyük oranda birebir kopyalama şeklinde olmuştur. Bu çalışma mermer işleme içersinde önemli bir yere sahip olan katrik makinasının tasarımı konusundaki önemli bir boşluğu doldurmak için yapılmıştır.

Çalışmanın başlangıcında mevcut katrik makineleri incelenmiş ve tasarımda esas alınacak giriş parametreleri belirlenmiştir. Burada en önemli parametreler, işlenecek malzeme ve bu malzemeye ait özellikler, ocaktan tek parça halinde ekonomik olarak çıkarabilecek ve taşınabilecek blok büyüklüğü ve kesme hızıdır. Bu temel parametreler esas alınarak, katrik makinası ana ve yardımcı elemanlara bölünmüş, daha önceden elde edilen verilerde göz önüne alınarak gerekli hesaplamalar, kabuller ve sonuç olarak katrik makinasına ait imalat resimleri çıkarılmıştır.

Sistemin temel boyutları, kesilecek maksimum ve minimum malzeme boyutları ve kullanılacak takımlar esas alınarak çıkarılmıştır. Motordan alınan dairesel hareketin doğrusal harekete çevrilmesinde en ideal sistemlerden birisi olan ve volan kullanımı için elverişli olan krank biyel mekanizması seçilmiştir. Sistem mekanizma tekniği açısından irdelenmiş, müşteri istekleri ve teknik donanımlar göz önünde bulundurularak verilen strok mesafesine göre krank biyel mekanizması boyutlandırılmış, hız ve ivmeler hesaplanmıştır. Daha sonra oluşacak zorlanmalar dikkate alınarak mukavemet açısından gerekli malzeme seçimi ve boyutlandırmalar ve emniyet kontrolleri yapılmıştır.

Bu sistemde kullanılan kesici takımlar (lamalar) genellikle standart elemanlardır. Dolayısıyla lamaların bağlanacağı kasanın boyutları bu standartlar dikkate alınarak çıkarılmış ve gerekli kontroller yapılmıştır.

Tahrik motoru ile krank arasındaki çevrim oranı makine elemanları açısından en uygun şekilde bölünmüş ve burada gerekli kesme kuvvetine uygun motor gücü ve kayış kasnak sistemleri belirlenmiştir.

Tapılan çalışmalar sonucunda sisteme ait tüm elemanlara ait gerekli hesaplamalar ve kabuller yapılmış, imalat ve montaj resimleri çıkarılmıştır. Böylece Avrupa Birliğine giriş sürecindeki ülkemiz için mermer işleme makineleri konusunda önemli bir aşama sağlanmıştır.

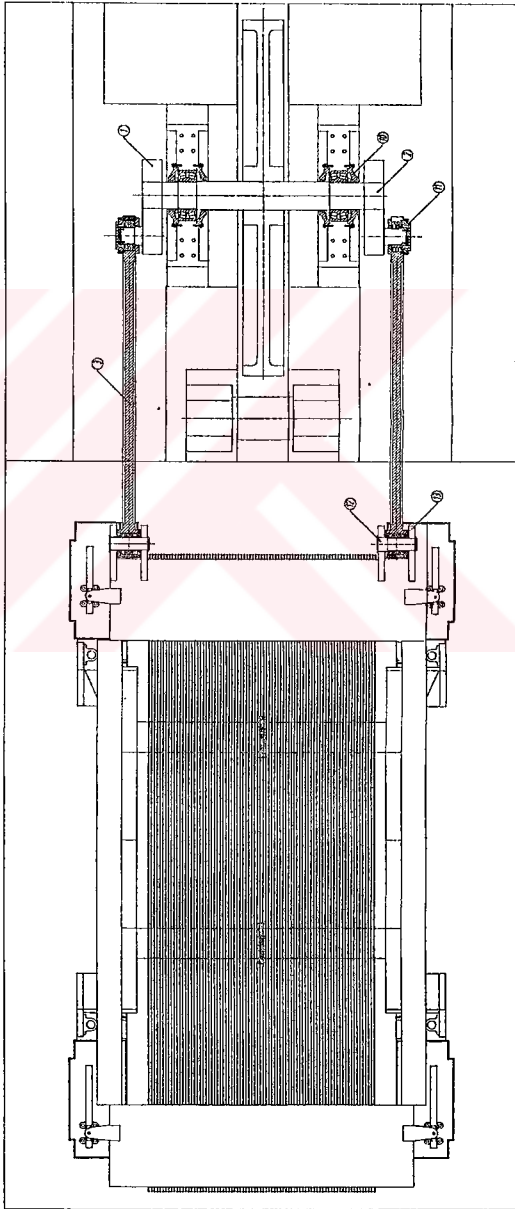
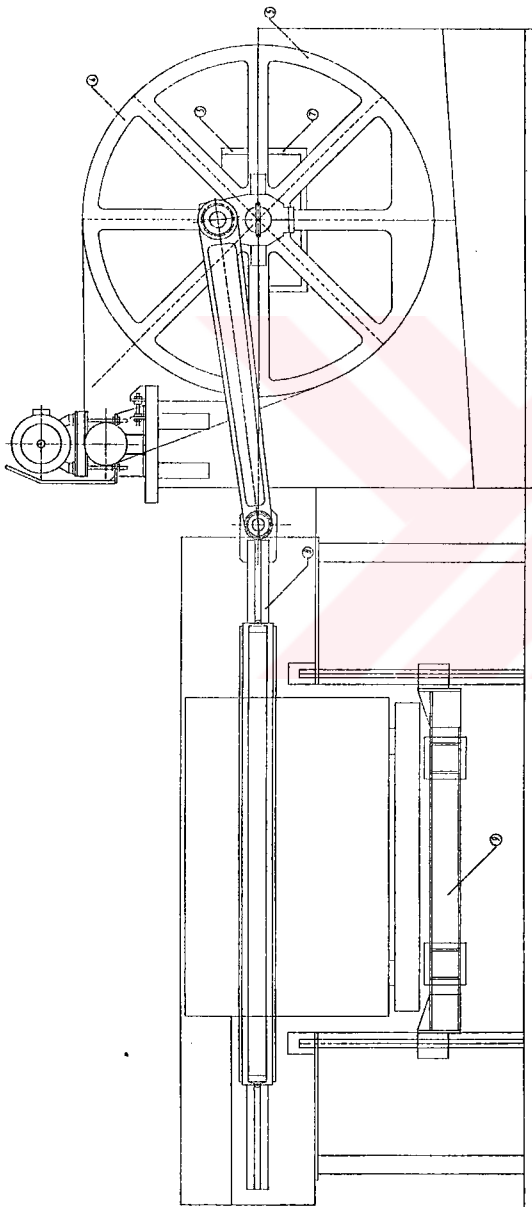
## ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlköğrenimini 21 Haziran İlkokulu'nda, Ortaöğrenimini Ali Dilmen Lisesinde tamamladı. Daha sonra 1994 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümüne girmeye hak kazandı. 1995 yılında Sakarya Üniversitesi Makina Müh bölümüne yatay geçiş yaptı. Aynı bölümden 1998 yılında mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Tasarım ve İmalat Ana Bilim Dalında Yüksek lisans yapma hakkını kazandı. Halen bu bölümde öğrenimini sürdürmektedir. Aynı zamanda M.K.S (Mermer Kesme ve Silme Makinaları Ltd.) Ar-Ge bölümünde Makina Mühendisi olarak görev yapmaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] ONARGAN, T., ve KUN, M., D.E.Ü Müh: Fak. Mad. Müh. Böl. 'Mermer Dergisi' S. 72-78
- [2] KUN., N. 'Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi' 2000, Tezer Matbaası
- [3] ONARGAN, T. ve KÖSE, H. 'Mermer' D.E.Ü Müh. Fak. Yayını 1997
- [4] Specifications For The Use Of Diamond Frame Saw Blades
- [5] ONARGAN, T. 'Katraklarda Kesme Verimi Etkileyen Faktörler' İnceleme Araştırma D.E.Ü Mad. Müh. Böl. S.86-88
- [6] İLERİ, H. 'Makine Elemanları Hesabı' İstanbul Teknik Üniversite Matbaası.1972
- [7] GANGSAW MACHINE SIMEC 80M Ürün Katalogu
- [8] KEÇECİ, G. 'Mekanizma Tekniği'
- [9] AKKURT, M. 'Makine Elemanları', Cilt 2



№	Код детали	Наименование	Материал	Кол-во	Примечание
1	01.02.01	Ось	Сталь	1	
2	01.02.02	Подшипник	Сталь	2	
3	01.02.03	Ролик	Сталь	2	
4	01.02.04	Ролик	Сталь	2	
5	01.02.05	Ролик	Сталь	2	
6	01.02.06	Ролик	Сталь	2	
7	01.02.07	Ролик	Сталь	2	
8	01.02.08	Ролик	Сталь	2	
9	01.02.09	Ролик	Сталь	2	
10	01.02.10	Ролик	Сталь	2	
11	01.02.11	Ролик	Сталь	2	
12	01.02.12	Ролик	Сталь	2	
13	01.02.13	Ролик	Сталь	2	
14	01.02.14	Ролик	Сталь	2	
15	01.02.15	Ролик	Сталь	2	
16	01.02.16	Ролик	Сталь	2	
17	01.02.17	Ролик	Сталь	2	
18	01.02.18	Ролик	Сталь	2	
19	01.02.19	Ролик	Сталь	2	
20	01.02.20	Ролик	Сталь	2	
21	01.02.21	Ролик	Сталь	2	
22	01.02.22	Ролик	Сталь	2	
23	01.02.23	Ролик	Сталь	2	
24	01.02.24	Ролик	Сталь	2	
25	01.02.25	Ролик	Сталь	2	
26	01.02.26	Ролик	Сталь	2	
27	01.02.27	Ролик	Сталь	2	
28	01.02.28	Ролик	Сталь	2	
29	01.02.29	Ролик	Сталь	2	
30	01.02.30	Ролик	Сталь	2	
31	01.02.31	Ролик	Сталь	2	
32	01.02.32	Ролик	Сталь	2	
33	01.02.33	Ролик	Сталь	2	
34	01.02.34	Ролик	Сталь	2	
35	01.02.35	Ролик	Сталь	2	
36	01.02.36	Ролик	Сталь	2	
37	01.02.37	Ролик	Сталь	2	
38	01.02.38	Ролик	Сталь	2	
39	01.02.39	Ролик	Сталь	2	
40	01.02.40	Ролик	Сталь	2	
41	01.02.41	Ролик	Сталь	2	
42	01.02.42	Ролик	Сталь	2	
43	01.02.43	Ролик	Сталь	2	
44	01.02.44	Ролик	Сталь	2	
45	01.02.45	Ролик	Сталь	2	
46	01.02.46	Ролик	Сталь	2	
47	01.02.47	Ролик	Сталь	2	
48	01.02.48	Ролик	Сталь	2	
49	01.02.49	Ролик	Сталь	2	
50	01.02.50	Ролик	Сталь	2	
51	01.02.51	Ролик	Сталь	2	
52	01.02.52	Ролик	Сталь	2	
53	01.02.53	Ролик	Сталь	2	
54	01.02.54	Ролик	Сталь	2	
55	01.02.55	Ролик	Сталь	2	
56	01.02.56	Ролик	Сталь	2	
57	01.02.57	Ролик	Сталь	2	
58	01.02.58	Ролик	Сталь	2	
59	01.02.59	Ролик	Сталь	2	
60	01.02.60	Ролик	Сталь	2	
61	01.02.61	Ролик	Сталь	2	
62	01.02.62	Ролик	Сталь	2	
63	01.02.63	Ролик	Сталь	2	
64	01.02.64	Ролик	Сталь	2	
65	01.02.65	Ролик	Сталь	2	
66	01.02.66	Ролик	Сталь	2	
67	01.02.67	Ролик	Сталь	2	
68	01.02.68	Ролик	Сталь	2	
69	01.02.69	Ролик	Сталь	2	
70	01.02.70	Ролик	Сталь	2	
71	01.02.71	Ролик	Сталь	2	
72	01.02.72	Ролик	Сталь	2	
73	01.02.73	Ролик	Сталь	2	
74	01.02.74	Ролик	Сталь	2	
75	01.02.75	Ролик	Сталь	2	
76	01.02.76	Ролик	Сталь	2	
77	01.02.77	Ролик	Сталь	2	
78	01.02.78	Ролик	Сталь	2	
79	01.02.79	Ролик	Сталь	2	
80	01.02.80	Ролик	Сталь	2	
81	01.02.81	Ролик	Сталь	2	
82	01.02.82	Ролик	Сталь	2	
83	01.02.83	Ролик	Сталь	2	
84	01.02.84	Ролик	Сталь	2	
85	01.02.85	Ролик	Сталь	2	
86	01.02.86	Ролик	Сталь	2	
87	01.02.87	Ролик	Сталь	2	
88	01.02.88	Ролик	Сталь	2	
89	01.02.89	Ролик	Сталь	2	
90	01.02.90	Ролик	Сталь	2	
91	01.02.91	Ролик	Сталь	2	
92	01.02.92	Ролик	Сталь	2	
93	01.02.93	Ролик	Сталь	2	
94	01.02.94	Ролик	Сталь	2	
95	01.02.95	Ролик	Сталь	2	
96	01.02.96	Ролик	Сталь	2	
97	01.02.97	Ролик	Сталь	2	
98	01.02.98	Ролик	Сталь	2	
99	01.02.99	Ролик	Сталь	2	
100	01.02.100	Ролик	Сталь	2	

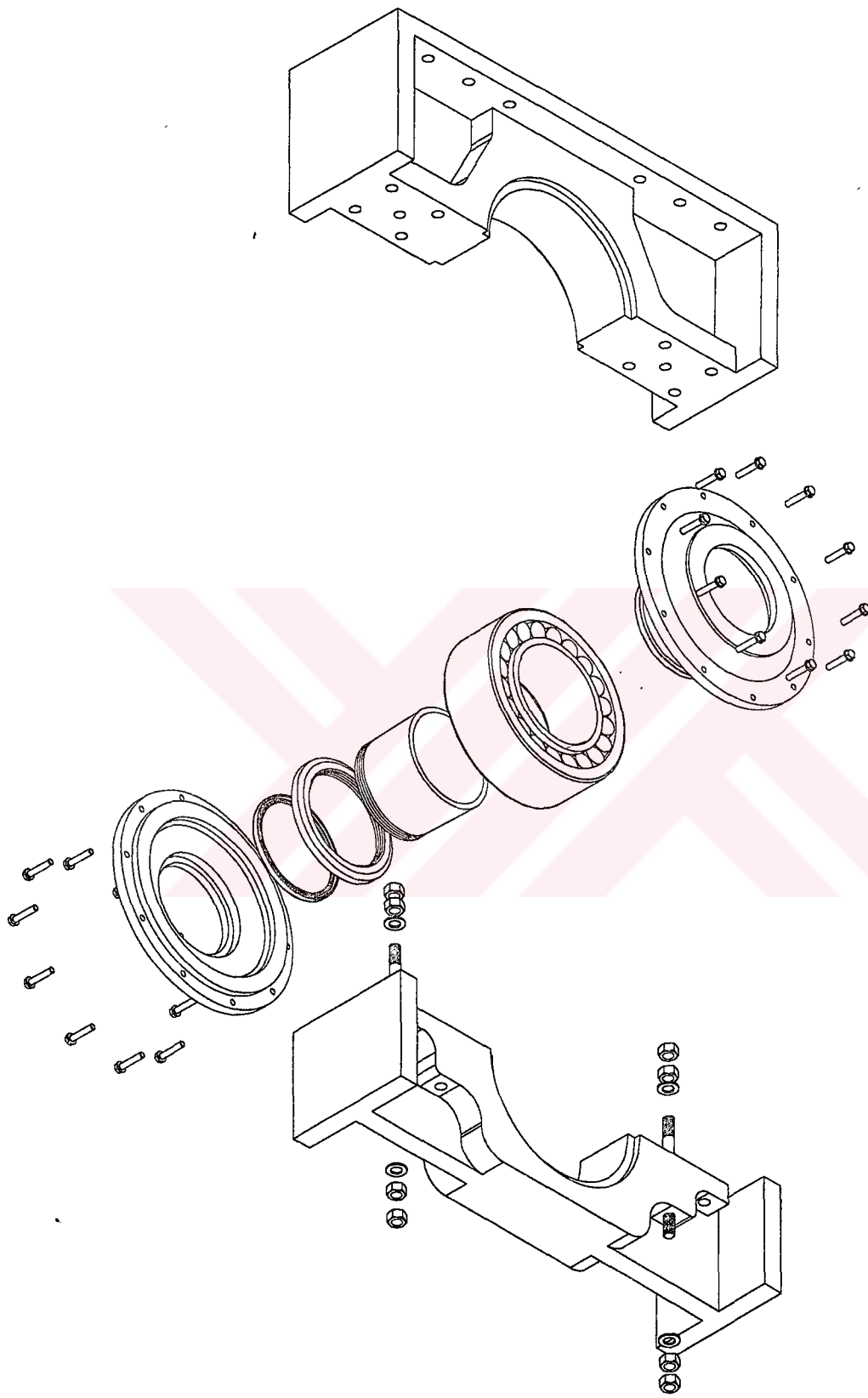
MKS

PARÇA ADI Bİ İNİTİM

PARÇA NO K1-00-01

Revizyon 1/1



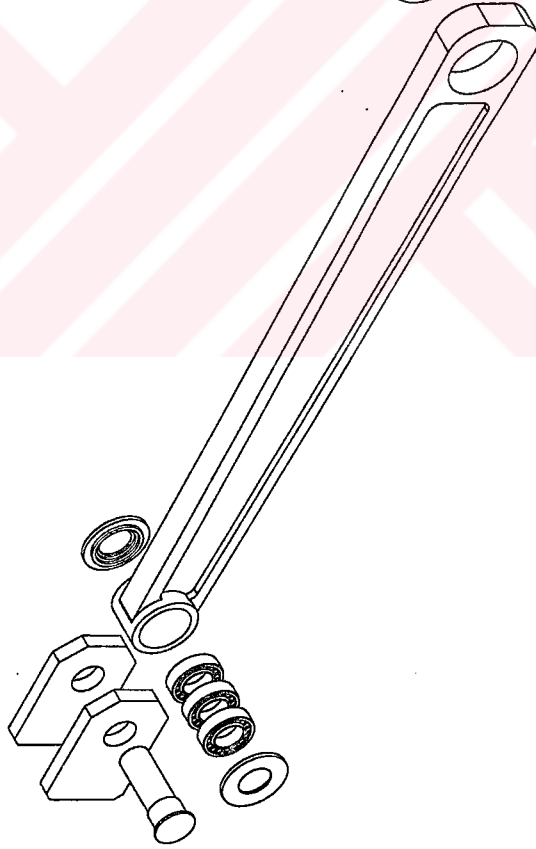
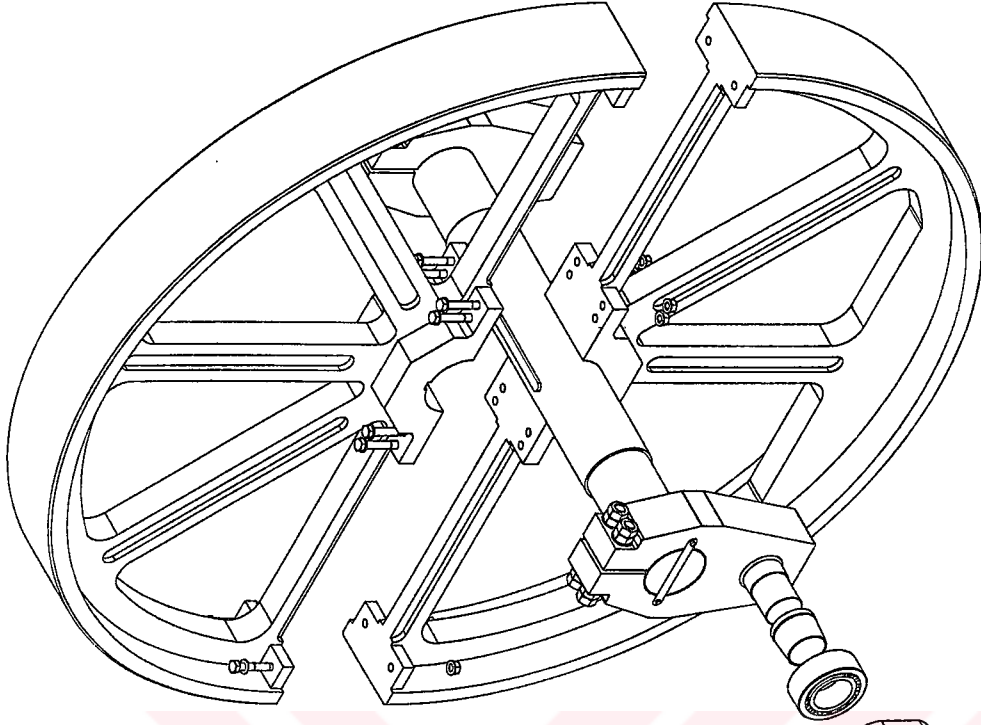


NOVA ABAT-01-100	MAJLISNOG SI 37	ARTI 1	ARTIKULA
REV. 02.00	AB. 001/08		
02/01/2009	DR. AL. PERIĆ		
KONTROLA ČIŠEN	ISA ČALIĆ		
04/04/2009	ISA ČALIĆ		
04/04/2009			
PARČA ADI: YATAK MONTAJ			
črtak: 1/1			
			PARČA NO:KT-01-100

**M.K.S.**



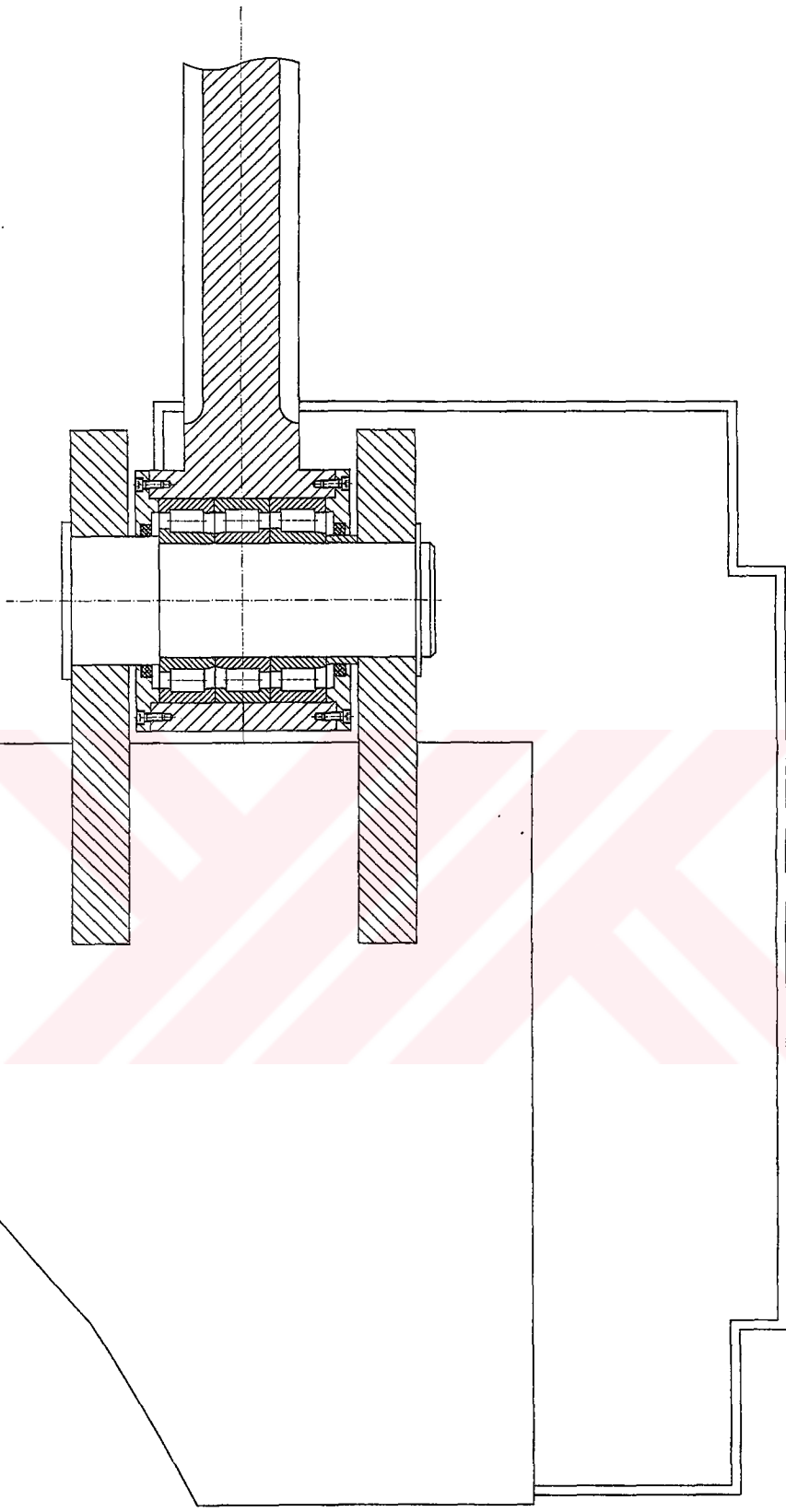
POSREDOVANJE U PROMETU VEŠTAČENSKIM IZUMIMA I PATENTIMA  
POSREDOVANJE U PROMETU VEŠTAČENSKIM IZUMIMA I PATENTIMA



KODU ADI: KT-01-100		MALZEME: ST 37		KURUMU: M.K.S	
REV: 01.01.02	AD: SUTAN	YER: 100/1000	BA: 01.0001	MONTAJ	
ÇİZEN: 100/1000	BA: 01.0001	ÇİZEN: 100/1000	BA: 01.0001	PARÇA ADI: YATAK VE KASNAK MONTAJ	
ÇİZEN: 100/1000	BA: 01.0001	ÇİZEN: 100/1000	BA: 01.0001	ŞİFTE: 1/1	
KURUMU: MONTAJ VE KASNAK MONTAJ					

M.K.S

PARÇA NO: KT-01-100



KORPORASI BANGUNAN		KORPORASI 42		KORPORASI 42	
NO. RUMAH	NO. RUMAH	NO. RUMAH	NO. RUMAH	NO. RUMAH	NO. RUMAH
100/000	100/000	100/000	100/000	100/000	100/000
100/000	100/000	100/000	100/000	100/000	100/000
100/000	100/000	100/000	100/000	100/000	100/000
100/000	100/000	100/000	100/000	100/000	100/000
PARÇA ADI BİYEL KOLUNUN YATAKLANMASI			PARÇA NO:KT-02-05		
ŞİŞE 1/1					

M.K.S



MÜHÜRÜNE İMZA VE MÜHÜRÜNE İMZA











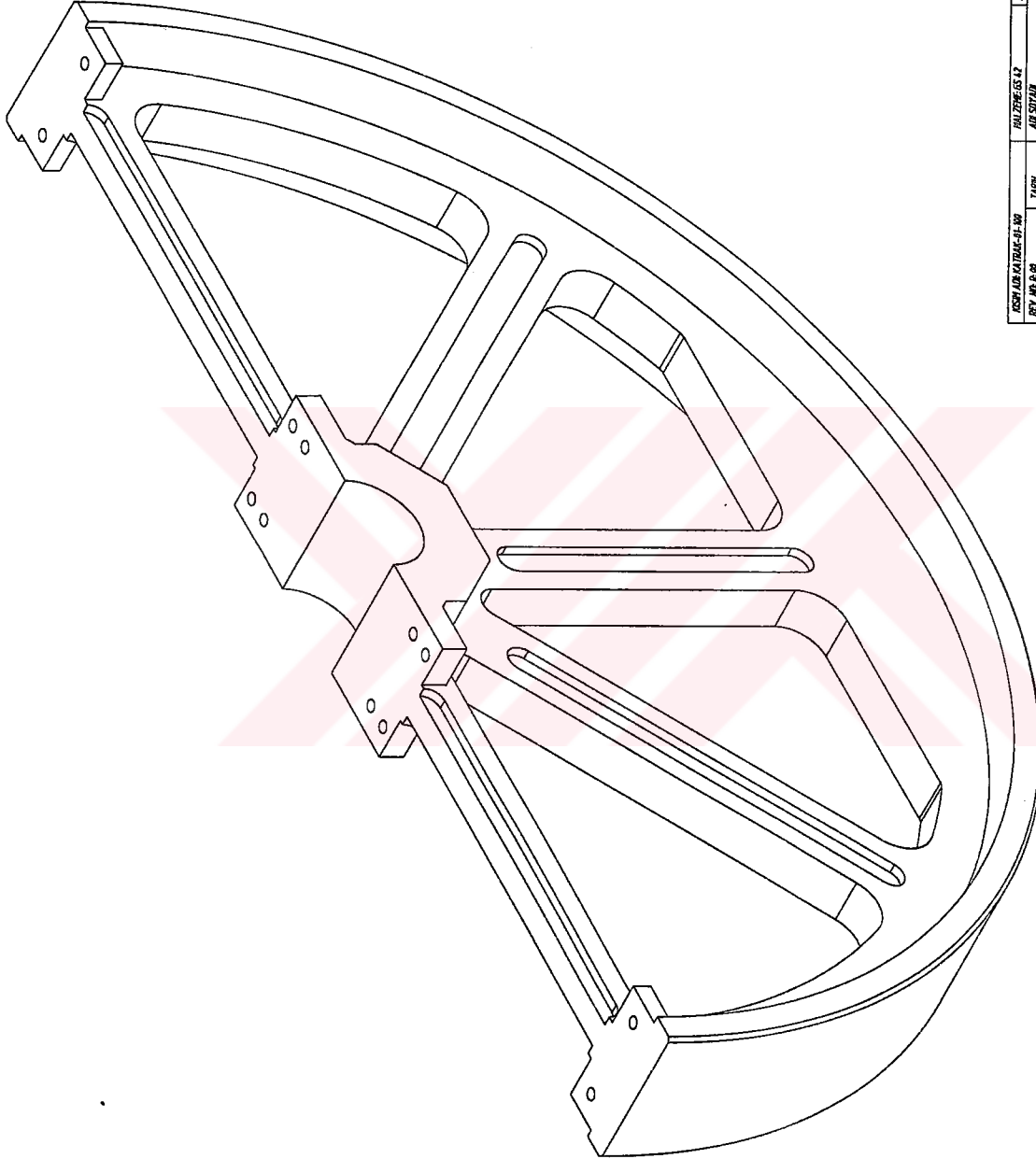












KOMP. ALU: ALU: 01-102		ALU: 01-102		ALU: 01-102	
REV. NO. & TB.	TARIKH	RAJ. ZHENG: 03-12	MARET 11		
0001	10/01/1999	ABU SYAFIQ			
0002	10/01/1999	ABU ALI HEBI			
0003	10/01/1999	SAI CALI			
0004	10/01/1999	SAI CALI			
0005	10/01/1999	SAI CALI			
KOMP. ALU: ALU: 01-102		PARÇA ALU: ALU: KASNAK			
0001		Ölçü: 1/1			

**M.K.S.**



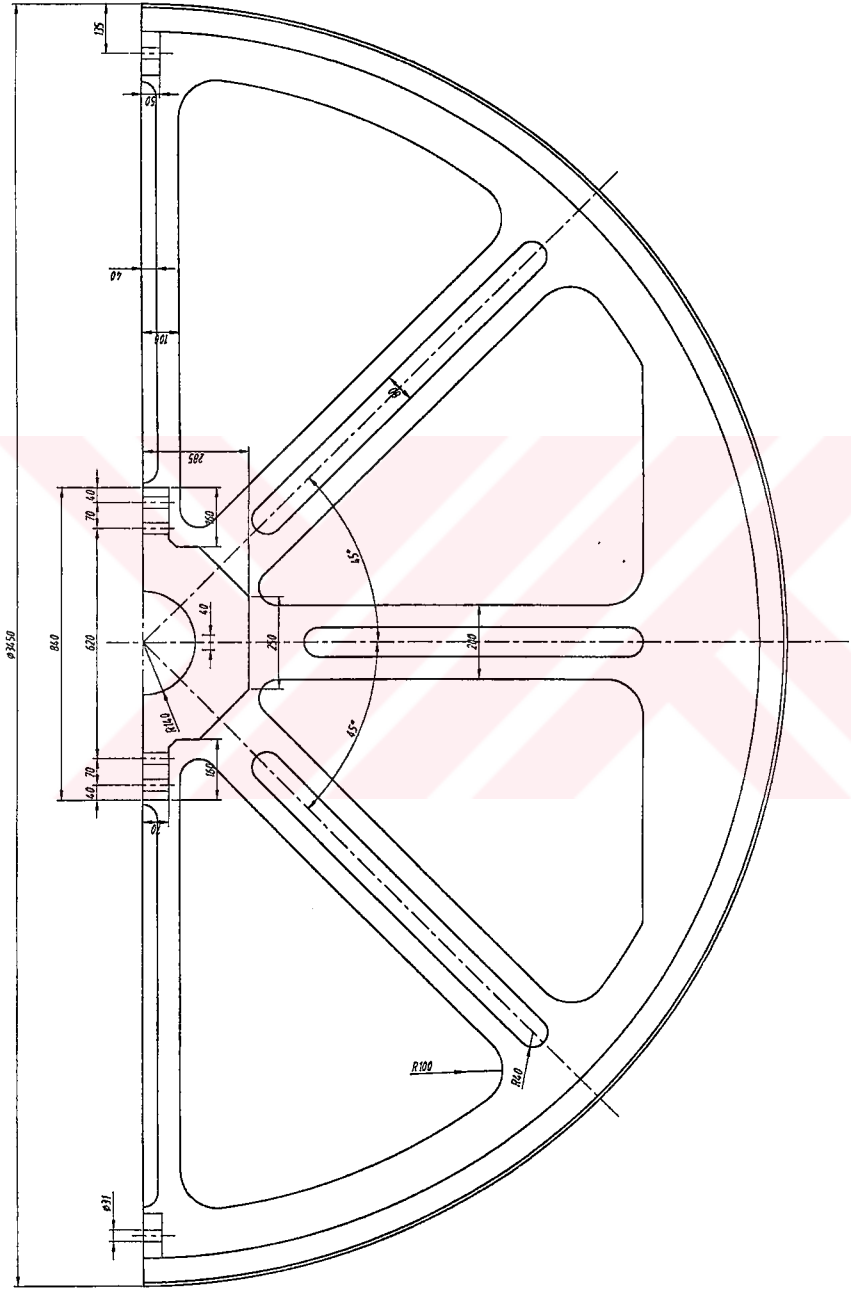
MARSAK KESANBY VE SAĞLIK BAK. TIC. LTD. ŞTİ.

PARÇA NO: 01-102

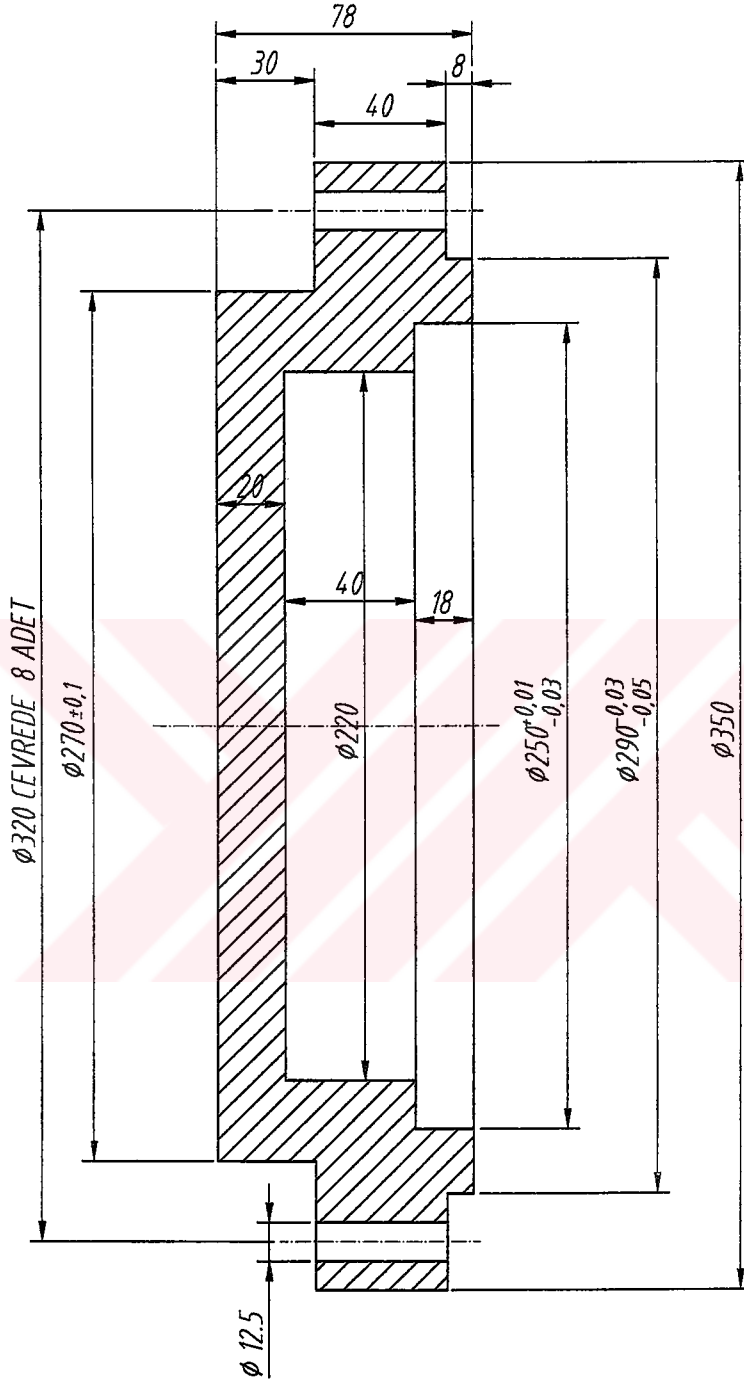





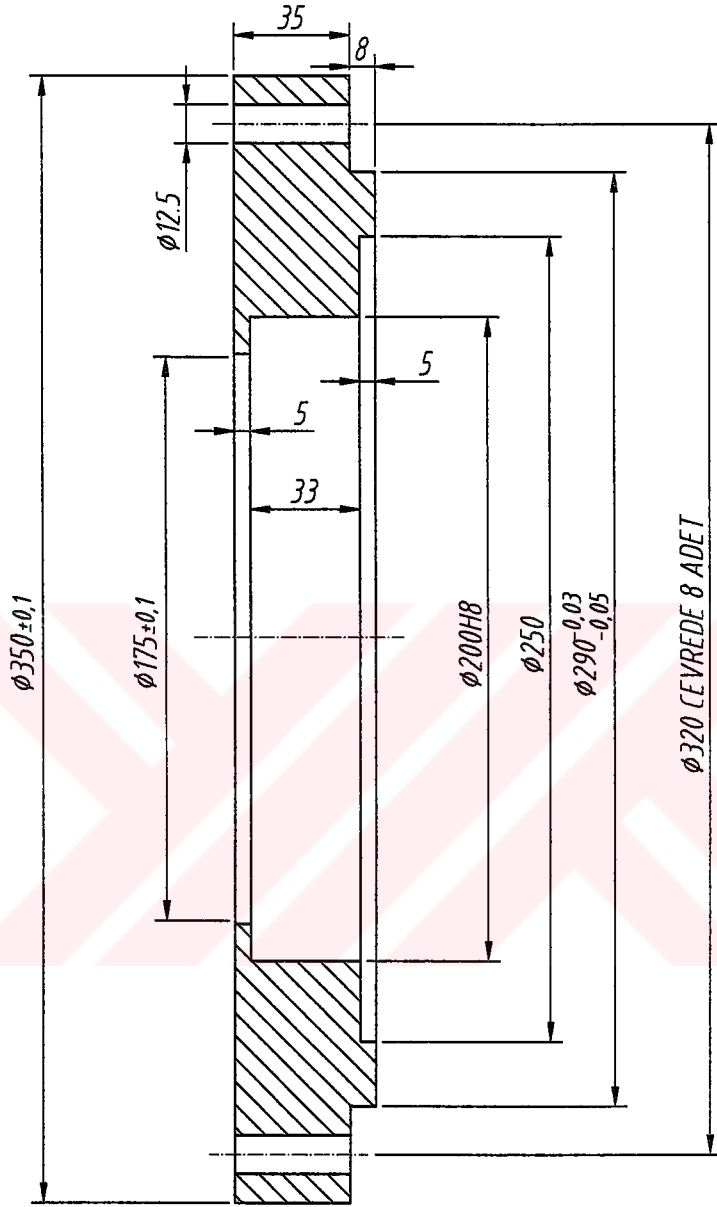





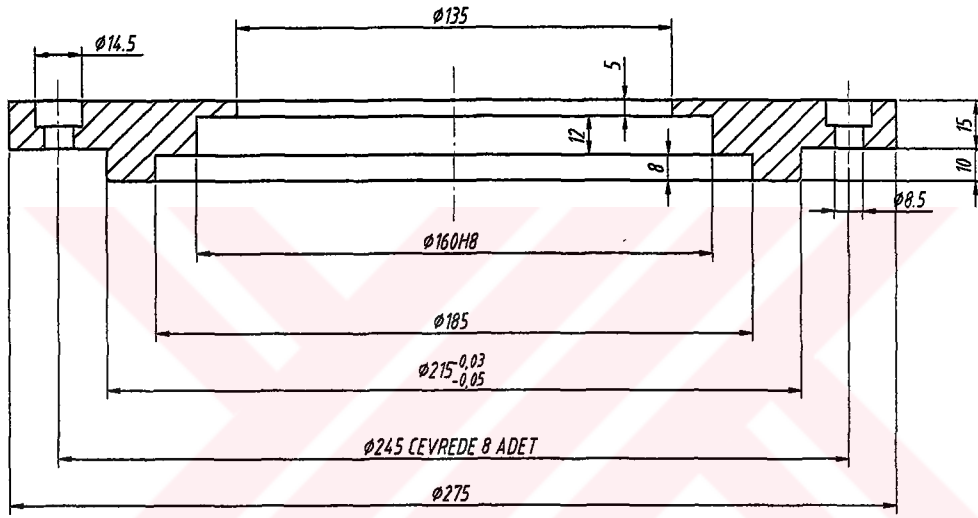
KESIMPULAN	MALINDEKES 02	AUT. 1	AUT. 1
TARIKH	JOB NO	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
10/07/1999	100/1999	M.S.K.	
PARÇA ADI: ALT KASNAK			
Ölçek: 1/1			
PARÇA NO: KT-01-102			




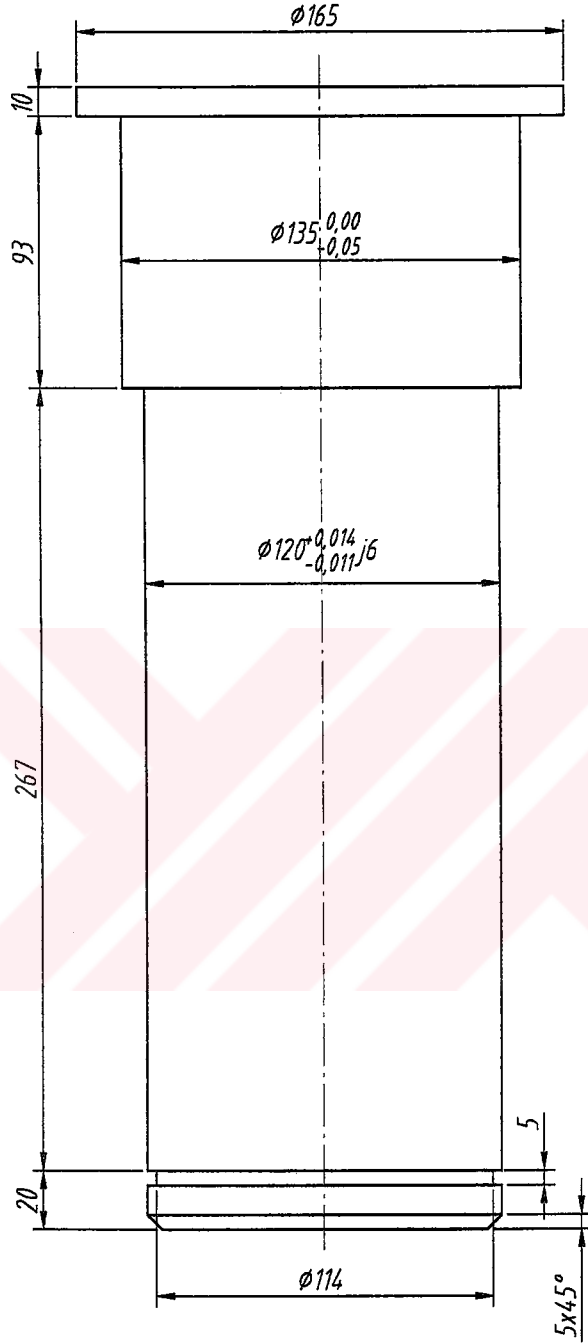
KISIM ADI: KT-02-100		MALZEME: ST 42	ADET: 2	AÇIKLAMA: A
REV. NO: R: 00	TARİH	ADI SOYADI	 <b>M.K.S</b> MERMER KESME VE SİLME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	
ÇİZEN	11/8/1999	BİLAL MERT		
KONTROL EDEN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
ONAYLAYAN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
Ölçek: 1/1	PARÇA ADI: KAPAK		PARÇA NO: KT-02-109	




KISIM ADI:KT-02-100		MALZEME:ST 42	ADET:2	AÇIKLAMA:A
REV. NO: R: 00	TARİH	ADI SOYADI	 <b>M.K.S</b> MERMER KESME VE SİLME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	
ÇİZEN	11/8/1999	BİLAL MERT		
KONTROL EDEN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
ONAYLAYAN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
Ölçek: 1/1	PARÇA ADI:FLANS		PARÇA NO:KT-02-108	



KISIM ADI: KT-02-100		MALZEME: ST 42	ADET: 4	AÇIKLAMA: A
REV. NO: R: 00	TARİH	ADI SOYADI	 <b>M.K.S</b> MERMER KESME VE SİLME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	
ÇİZEN	11/8/1999	BİLAL MERT		
KONTROL EDEN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
ONAYLAYAN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
Ölçek: 1/1	PARÇA ADI: KAPAK		PARÇA NO: KT-02-107	



KISIM ADI: KT-02-100		MALZEME: ST 60	ADET: 1	AÇIKLAMA: A
REV. NO: R: 00	TARİH	ADI SOYADI	 <b>M.K.S</b> MERMER KESME VE SİLME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	
ÇİZEN	11/8/1999	BİLAL MERT		
KONTROL EDEN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
ONAYLAYAN	11/8/1999	İSA ÇALLI		
Ölçek: 1/1	PARÇA ADI: MIL		PARÇA NO: KT-02-106	

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ