

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMER OCAK İŞLETMECİLİĞİNDE YASTIKLAMA
UYGULAMASININ ÜRETİM VERİMİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

İhsan BİLGİN

**Danışman
Doç. Dr. Nazmi ŞENGÜN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2021**



© 2021 [İhsan BİLGİN]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. Doğal Taşların Önemi	2
1.2. Türkiye Doğal Taş Üretimi	2
1.3. Dış Ticaret	4
2. LİTERATÜR ÖZETİ	9
3. MERMER ÜRETİM YÖNTEMİ	12
3.1. Mermer Blok Üretim Yöntemleri	15
3.1.1. Elmas tel kesme yöntemi	16
3.1.2. Kollu kesicilerle üretim yöntemi	19
3.1.3. Karma üretim yöntemleri	20
3.2. Mermer Üretiminin Aşamaları	20
4. MERMER OCAKLARINDA ÜRETİM KAYIPLARI	22
4.1. Verimi Etkileyen Jeolojik Parametreler	22
4.2. Verimi Etkileyen Üretim Kaynaklı Parametreler	24
4.2.1. Ocak çalışma yerinin doğru seçilmemesi	24
4.2.2. Uygun kesim yerinin hazırlanması	25
4.2.3. Yıkıma hazır kesimin uygun makine ve teçhizatla ana kütlede ayrılması	26
4.2.4. Ana kütlede ayrılan blok önüne uygun zemin hazırlanmaması	28
4.2.5. Sökümden çıkan parçaların taşınması sırasındaki üretim kayıpları	30
4.2.6. Blokların sayılanması ve taşınması	31
4.2.7. Pazarlama sırasındaki üretim kayıpları	33
4.2.8. Özen ve dikkat eksikliği	34
5. MATERYAL ve METOD (YAPILAN ÇALIŞMALAR)	37
5.1. Materyal	37
5.2. Yöntem	42
5.2.1. Yastıklama malzemeleri ve yastıklamanın hazırlanışı	44
5.2.2. Yastıklama türleri	46
5.2.2.1. Tekli üçgen yastıklama	46
5.2.2.2. Çiftli üçgen yastıklama	47
5.2.2.3. Trapez yastıklama	48
5.2.3. Verimin hesaplanması	50
6. BULGULAR	51
6.1. Tekli Üçgen Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi	55
6.2. Çiftli Üçgen Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi	56
6.3. Trapez Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi	57
6.4. Tüm Verilerin Birlikte Değerlendirmesi	60

6.5. Yastık Yüksekliği ile Kademe Yüksekliği Oranının Verime Etkisi.....	65
6.6. Yastık Miktarı ile Kesim Miktarı Oranının Verime Etkisi.....	67
6.7. Yastıklama Malzemesinin Verime Etkisi	70
7. SONUÇLAR	71
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ.....	77



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERMER OCAK İŞLETMECİLİĞİNDE YASTIKLAMA UYGULAMASININ ÜRETİM VERİMİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İhsan BİLGİN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nazmi ŞENGÜN

Ülkemizde mermer ocaklarında blok üretim verimleri oldukça düşüktür. Verimin düşük olmasının nedenleri jeolojik parametrelerden olmakla birlikte üretim faaliyetlerindeki bazı uygulamalardan da kaynaklanmaktadır. Bu tez çalışmasında, ekonomik açıdan büyük öneme sahip mermer ocaklarının işletme faaliyetleri sırasında karşılaşılan üretim kayıplarına değinilmiş ve bu faaliyetlerden yastıklama uygulamasının üzerinde durulmuştur. Mermer bloklarının ana kütleden kesildikten sonra devrilmesi sırasında yastıklama şeklinin ve yastıklama malzemesinin blok üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Burdur bölgesinde bir mermer ocağında farklı boyutlardaki pasa ve toprak malzeme ile üç farklı yastıklama şekli (tekli üçgen, çiftli üçgen ve trapez) kullanılarak üretim yapılmış ve üretim verimleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda en uygun yastıklama şeklinin çift üçgen şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yastıklama yüksekliğinin arttırılması blok üretim verimini arttırdığı gibi, yastıklama malzemesinin ebatlarının ince olması veya toprak malzemedan hazırlanmış olması da blok verimini olumlu yönde etkileyecektir.

Anahtar Kelimeler: Mermer ocağı, üretim verimi, yastıklama uygulaması.

2021, 77 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CUSHIONING ON PRODUCTION EFFICIENCY IN MARBLE QUARRY MANAGEMENT

İhsan BİLGİN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Mining Engineering Department**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nazmi ŞENGÜN

In our country, the block production efficiency in marble quarries is quite low. The reasons for the low yield are due to geological parameters as well as some applications in production activities. In this thesis, the production losses encountered during the operational activities of the marble quarries, which are of great economic importance, are mentioned and the application of cushioning, one of these activities, is emphasized. The effect of cushioning shape and cushioning material on block production efficiency was investigated during the overturning of marble blocks after cutting from the main mass. For this purpose, production was made in a marble quarry in Burdur region using different sizes of rust and soil material and three different cushioning styles (single triangle, double triangle and trapezoidal) and production yields were calculated. As a result of the study, it was determined that the most suitable cushioning form was in the form of a double triangle. In addition, increasing the height of the cushioning increases the block production efficiency, as well as being thin in size of the cushioning material or being prepared from soil material will positively affect the block yield.

Key Words: Marble quarry, production efficiency, cushioning application.

2021, 77 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Nazmi ŞENGÜN'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmanın deneysel bölümünü oluşturan farklı yastıklama uygulamalarının gerçekleştirilmesine imkan sunan Samer Madencilik San. ve Tic. A.Ş. ve İtaş Madencilik San. ve Tic. A.Ş.'nin yöneticileri sayın M. Naci İLCİ ve Sami TEMEL'e teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm kardeşim Elanur BİLGİN'e ve eniştem Taner AYDOĞAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İhsan BİLGİN
ISPARTA, 2021

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye mermer yatakları haritası	4
Şekil.1.2. Türkiye'nin en fazla blok mermer ihraç ettiği ülkeler	6
Şekil 1.3. Türkiye'nin en fazla işlenmiş mermer ihraç ettiği ülkeler	7
Şekil 3.1. Doğal taş yataklarının şematik blok kesit görünüşleri	13
Şekil 3.2. Doğal taş ocaklarında kullanılan üretim yöntemleri	16
Şekil 3.3. Elmas tel kesme yöntemi ile blok mermer üretim evreleri	18
Şekil 3.4. Tel kesme yöntemi ile ana kütlede kesim ve sayalama işlemi	18
Şekil 3.5. Kollu kesici üretim yöntemi	20
Şekil 3.6. Mermer üretimi sırasında gerçekleştirilen	21
Şekil 4.1. Fay çatlaklarının görünüşü	24
Şekil 4.2. Fay çatlakları dikkate alınarak hazırlanan kesim	25
Şekil 4.3. Sert ekonomik değeri olmayan bölgelerde hazırlanan kesim	26
Şekil 4.4. Sac balon şişirilirken kesim açıklığının taşlarla desteklenmesi	27
Şekil 4.5. Kesige tamamen sokulmamış (a) ve sokulmuş (b) sac balon	27
Şekil 4.6. Mermer ocaklarında kullanılan hidrolik ayırıcılar; riper (a) ve panter (b)	28
Şekil 4.7. Uygun yastıklama örneğinin (a) yandan ve (b) önden görünüşü..	28
Şekil 4.8. Yastıklama üzerine yapılan yıkım örneği	29
Şekil 4.9. Yanlış hazırlanan yastıklama örneği	29
Şekil 4.10. Yanlış hazırlanan yastıklama üzerine yapılan yıkım	30
Şekil 4.11. Sökümden çıkan parça mermerin ekskavatör ile sürüklenme görüntüsü	30
Şekil 4.12. Sayalama için uygun yerlerinden çizilerek tezgahlanmış bloklar	31
Şekil 4.13. Blokların lastik tekerlekli yükleyici ile alınışı	32
Şekil 4.14. Lastik tekerlekli yükleyicinin bloğu alırken oluşan hasar	32
Şekil 4.15. Lastik tekerlekli yükleyicinin bloğu taşıırken oluşan hasar	33
Şekil 4.16. Müşteri isteğine göre fazladan kesilecek olan blok	33
Şekil 4.17. Söküme hazır olan kesimin tekrar hazırlanması	34
Şekil 4.18. Tam kesilmeden tezgahtan alınan blok	35
Şekil 4.19. Yanlış hazırlanmış kesim örneği	35
Şekil 4.20. Satış için hazırlanan blokların altına taşla yastıklama yapılması	36
Şekil 5.1. Çalışmanın yapıldığı mermer ocağından bir görünüm	38
Şekil 5.2. Paletli ekskavatör	39
Şekil 5.3. Lastik tekerlekli yükleyici	39
Şekil 5.4. Belden kırmalı kaya kamyonu	40
Şekil 5.5. Dağ kesme makinesi	40
Şekil 5.6. Rampalı sayalama makinesi	41
Şekil 5.7. Delik delme (rok) makinesi	41
Şekil 5.8. Blok devrilmesi serbest cisim diyagramı	42
Şekil 5.9. Blok devrilmesi sırasında yastıklama uygulamasının etkisi	43
Şekil 5.10. Blok devrilmesi sırasında yastıklama türünün etkisi (a) ince (toprak) malzeme, (b) iri (moloz) malzeme	43
Şekil 5.11. Artık malzemedan hazırlanmış yastıklama örneği	45
Şekil 5.12. Topraktan hazırlanan yastıklama örneği	45

Şekil 5.13. Tekli üçgen yastıklama şeklinin sembolik gösterimi	46
Şekil 5.14. Farklı malzemeler ile hazırlanmış tekli üçgen yastıklama örnekleri	47
Şekil 5.15. Çiftli üçgen yastıklama şeklinin sembolik gösterimi.....	48
Şekil 5.16. Artık malzemeler ile hazırlanmış çiftli üçgen yastıklama örneği	48
Şekil 5.17. Trapez yastıklama şeklinin sembolik gösterimi	49
Şekil 5.18. Artık malzemeler ile hazırlanmış trapez yastıklama örneği	49
Şekil 6.1. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler	55
Şekil 6.2. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler	56
Şekil 6.3. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler	57
Şekil 6.4. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler	57
Şekil 6.5. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler	58
Şekil 6.6. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler.....	59
Şekil 6.7. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler ($h < 2 \text{ m}$)	59
Şekil 6.8. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler ($V < 200 \text{ m}^3$).....	60
Şekil 6.9. Tüm yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler	61
Şekil 6.10. Tüm yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler.....	61
Şekil 6.11. Tüm yastıklama uygulamasında yastık yüksekliği ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler.....	62
Şekil 6.12. Tüm yastıklama uygulamasında ana kesim miktarları ve satılabilir blok miktarları	63
Şekil 6.13. Tüm yastıklama uygulamasında satılabilir blok miktarı ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler.....	63
Şekil 6.14. Serbest düşmeye başlayan kesim ve aynı miktardaki yastıklama çeşitleri	64
Şekil 6.15. Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi.....	65
Şekil 6.16. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi	66
Şekil 6.17. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi.....	66
Şekil 6.18. Trapez yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi	67
Şekil 6.19. Yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi.....	68
Şekil 6.20. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi.....	68

Şekil 6.21. Çitli üçgen yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi	69
Şekil 6.22. Trapez yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi	69
Şekil 6.23. Yastıklama uygulamalarında kullanılan malzemelerin verime etkisi	70



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye doğal taş ihracatı ülke dağılımı	5
Çizelge 1.2. Türkiye doğal taş ürün bazında ihracat değerleri	6
Çizelge 1.3. Türkiye doğal taş ithalatı ülke dağılımı	8
Çizelge 1.4. Türkiye doğal taş ürün bazında ithalat değerleri	8
Çizelge 3.1. Mermer blok üretim yöntemleri	15
Çizelge 3.2. Elmas tel kesme yönteminde kesime etki eden faktörler	19
Çizelge 4.1. Değişik jeolojik kökenli doğal yapıtaşlarının blok mermer kaynağı olarak kullanılabilirliğini etkileyen jeolojik parametreler	23
Çizelge 5.1. Ocakta kullanılan makine ve teçhizatlar	38
Çizelge 6.1. Tekli üçgen yastıklama uygulaması verileri	52
Çizelge 6.2. Çiftli üçgen yastıklama uygulaması verileri	53
Çizelge 6.3. Trapez yastıklama uygulaması verileri	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

T.C.T.B.	Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı
M.B.A.	Mermer Blok Analizi
M.T.A.	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
G.P.R.	Yer radarı
α_t	Teğetsel ivme
m	Bloğun kütlesi
F	Çarpma kuvveti
θ	Kesimin devrilmeye başladığı açı
W	Blok genişliği
H	Blok yükseklik
V ₁	Ana kesim hacmi
V ₂	Satışa uygun blok kesim hacmi
BKV	Blok kazanma verimi

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınmalarında ve geleceklerine yön vermede zengin ham madde kaynaklarına sahip olmanın önemi bilinen bir gerçektir. Bugün dünyada uygulanan ekonomik sistemlerin tümünde benimsenen ortak görüş, ham madde girdisinin üretim unsurları içindeki önemi ve vazgeçilmezliğidir. Buna bağlı olarak yer altı kaynakları bakımından zengin olan ülkeler, kalkınmalarını büyük oranda tamamlamış ülkelerdir (Küçük, 2009).

Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında başkalaşıma (metamorfizma) uğramış kalkerlere mermer denilmektedir. Endüstriyel anlamda ise, kolay cilâlanan ve parlayan taşlara mermer denilmektedir. Mikritik dokulu bej renkli Toros Dağları kuşağındaki kireçtaşları da mermer olarak işlenip satılmaktadır. Çünkü kesilip parlatıldıklarında, güzel görünüşleri nedeniyle dünyaca aranan mermer sınıfına girmektedirler (Akın, 2011).

Ülkemiz doğal taş ve mermerlerinin çeşitliliğinden dolayı çok zengin rezervlere sahiptir. Dünya doğal taş ihracatında Türkiye, son yıllardaki üretim artışından dolayı birçok ülkeyi geride bırakarak Çin, İtalya, İspanya ve Hindistan'dan sonra beşinci sırada yerini almıştır. Dünya doğal taş sektörü gelecekte de yükseliş eğilimindedir. Türkiye de ise zengin doğal taş rezervlerinin oluşu, dünya geneline göre daha fazla artış göstereceği öngörülmektedir (Akın, 2011).

Bu tez çalışması kapsamında; madencilik ihracatında büyük bir paya sahip olan mermer sektöründe bir mermer ocak işletmesindeki yastıklama uygulamasının üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda, Burdur ili, Yeşilova ilçesi, Çeltek köyü mevkiinde bulunan bir mermer ocağında araştırma ve incelemeler yapılmıştır. Mermer bloklarının ana kütlede kesildikten sonra devrilmesi (yıkılması) sırasında farklı yastıklama uygulamaları ve bu yastıklama uygulamalarının üretim verimini ne ölçüde etkilediği, ayrıca farklı yastıklama malzemelerinin üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Böylece mermer üretim sürecinin bir parçası olan yastıklama uygulamasında en uygun yastıklama şekli

ve yastıklama malzemesi belirlenerek üretim veriminin artırılması amaçlanmıştır.

1.1. Doğal Taşların Önemi

Doğal taşlar; doğadan çıkarıldıktan sonra ticari olarak işletilebilen insanlar tarafından kullanılan en eski inşaat malzemelerinden biridir. Geçmişten bu yana insanlık tarafından; dayanıklılığı, gösterişi sebebi ile çeşitli alan ve yapılarda kullanılarak hayatın bir parçası haline gelmiştir. Bu ilgi ve talep dolayısıyla doğal taş üretimi de artmaktadır. Kullanımı artan doğal taşlar günümüzde özellikle inşaat, kaplama, döşeme, heykeltçilik, mezar taşı yapımı, mıcır, porselen ve cam sanayi, optik sanayi ve süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. Doğal taş sektörü, son zamanlarda yeni üreticilerin de pazara girmesiyle ivme kazanmıştır. Ülkemiz ve dünya ticaretinde önemli bir paya sahip sektörlerden biri konumuna gelmiştir (T.C.T.B, 2021).

1.2. Türkiye Doğal Taş Üretimi

Dünyanın en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp-Himalaya kuşağında yer alan Türkiye, 5,1 Milyar m³ (13,9 Milyar ton) muhtemel mermer rezervine sahiptir. Bu değer 15 Milyar m³ olduğu tahmin edilen dünya rezerv toplamının %33'üne karşılık gelmektedir. Türkiye'de üretimin tamamına yakın kısmı özel sektör tarafından yapılmaktadır. Yıllık doğal taş üretimi 11,5 Milyon ton civarında olup işleme tesislerinin toplam plaka üretim kapasitesi 6,5 Milyon m² civarındadır. Türkiye rezervlerinin bölgelere göre dağılımı ise; Ege Bölgesi %32, Marmara %26, İç Anadolu %11, Doğu Anadolu Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgesi ise %31 şeklindedir. Üretimin en fazla olduğu iller ise Balıkesir, Afyon, Bilecik, Denizli ve Muğla'dır. Bu bölgelerdeki üretim, tüm üretimin %65'ini oluşturmaktadır. Ülkemizde 80'nin üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Uluslararası piyasada en tanınmış mermer çeşitleri; Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Ege Bordo, Milas Leylak, Gemlik Diyabaz ve Afyon Şeker'dir. Sektörde yaklaşık 1500 adet doğal taş ocağı, fabrika

ölçeğinde faaliyet gösteren 2000 kadar tesis, orta ve küçük ölçekli 9000 atölye faaliyet göstermektedir. İstihdam edilen kişi sayısı 300 000 civarındadır (T.C.T.B., 2021).

Türk mermeri, farklı renk skalası ve kalitesiyle dünyanın pek çok ülkesinde, dünyaca tanınmış mekânlarda kullanılmaktadır. Örneğin; Elazığ'da üretilen mermer çeşidi olan Elazığ vişne mermeri yurt dışında önemli mekanlarda kullanılmaktadır. Bu mermer çeşidi gibi birçok türk mermeri dünyanın birçok yerinde kullanılmaktadır.

Doğal taş sektörü yüksek ihracat potansiyeli, iç piyasa tüketimi, doğal taş makineleri üretimi ve ihracatı ile Türkiye ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Özellikle son dönemde mermer üretiminde, klasik mermer üretim yöntemlerinin değişmeye başlaması, nitelikli işgücü ve ileri teknolojiye dayanan modern üretim yöntemlerinin daha çok kullanılmaya başlanması, büyük firmaların yapmış oldukları yatırımlarla birlikte bütünleşmiş üretim yapan tesislerin de devreye girmesiyle işlenmiş mermer üretiminde büyük artış kaydedilmiştir. Uygulanmaya başlanan modern ocak üretim yöntemleri ve son teknikler sayesinde rekabetin çok yoğun olduğu dünya doğal taş pazarına uygun üretim ve pazarlama yapabilecek ürünler hazırlayan tesis sayısı artmıştır. (T.C.T.B., 2021).

Doğal taşlar grubunda mermerden sonra ikinci önemli doğal taş granittir. Plütonik magmatik kökenli bir kayaç olan granit, asidik bir bileşime sahiptir. Grinin çeşitli tonlarında renklere sahip olan granitler, genellikle dış kaplama ve yer döşemesinde kullanılmaktadır. Özellikle inşaat sektöründe kullanılan granit, iyi cila alma, renk çekiciliği ve sağlamlığı sayesinde aynı zamanda figür işlemeciliğinde de kullanılmaktadır (T.C.T.B., 2021).

Türkiye mermer yatakları bakımından dünya ölçeğinde zengin bir paya sahiptir. Türkiye'de bulunan mermer yatakları Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye mermer yatakları haritası (M.T.A, 2021)

1.3. Dış Ticaret

Son yıllarda doğal taş sektöründe çeşitli işleme teknikleri, yöntemleri ve teknolojik gelişmelerle birlikte doğal taşların üretimin ve kullanım alanlarının artmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca doğal taşların mimarlar ve tasarımcılar tarafından fazlaca tercih edilmesi dünyadaki doğal taşlara olan talebi arttırmaktadır.

Türkiye'nin doğal taş sektöründeki ihracat kompozisyonuna baktığımızda, Çin'in %31,2'lik pay ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Çin'e yapılan ihracat 2020 yılında ilgili sektörde yaklaşık %22 gibi bir düşüş yaşamış olup, yaklaşık 540 Milyon ABD doları civarında gerçekleşmiştir. Ayrıca doğal taş sektöründe 2020 yılında yalnızca Çin'e olan ihracatta değil, sektörün toplam ihracatında da yaklaşık %7'lik bir azalış meydana gelmiş sektör ihracatı 2020 yılı sonunda 1,73 Milyar ABD doları seviyesinde gerçekleşmiştir (T.C.T.B., 2021). Türkiye doğal taş ihracatı ülke dağılımı Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

Türkiye'nin 2020 yılı doğal taş sektöründeki ihracat ürün kompozisyonuna baktığımızda ise mermerin toplam doğal taşlar ihracatı içinde %95 payla ilk sırada olduğu, işlenmiş mermerin 994 Milyon ABD Doları, blok mermerin ise 658 Milyon ABD doları seviyesinde ihracatı olduğu görülmektedir. Son yıllarda ihracat kompozisyonunun işlenmiş ürünler lehine değiştiği görülmektedir. 2018

yılında ABD'nin ticari yaptırımlarıyla ABD ile Çin arasında başlayan ticaret savaşı Çin'de sanayi ve inşaat sektöründe daralmalara bu da doğal taş ihracatımızda düşüşe neden olmuştur. 2020 Yılı içerisinde Çin'de başlayarak tüm dünyaya yayılan Korona Virüs pandemisinin ticarete etkilerinin de 2020 yılı içerisinde ihracattaki olumsuz seyri derinleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye doğal taş ihracatı ülke dağılımı (T.C.T.B., 2021)

Ülkeler	2018 (Milyon \$)	2019 (Milyon \$)	2020 (Milyon \$)	2019-20 % Değişim	2020 % Pay
Çin	773,5	694,5	540,2	-22	31,2
A.B.D.	299,3	285,7	325,1	14	18,7
Suudi Arabistan	105,6	125,1	139,3	11	8,0
Hindistan	90,0	91,6	61,3	-33	3,5
İsrail	60,1	65,0	75,8	17	4,4
Irak	62,0	63,9	61,7	-3	3,6
Fransa	55,4	6,9	67,3	9	3,9
B.A.E.	54,0	39,6	37,0	-7	2,1
Avustralya	39,9	39,6	42,1	6	2,4
Almanya	26,9	27,1	34,3	26	2,0
Libya	11,5	25,7	24,0	-6	1,4
Katar	12,1	16,4	18,8	15	1,1
Fas	11,6	18,1	17,2	-5	1,0
Kuveyt	15,9	15,5	16,9	10	1,0
İtalya	18,7	22,1	15,3	-31	0,9
Romanya	9,0	14,7	14,7	40	0,8
Kanada	28,1	21,8	13,3	-39	0,8
Türkmenistan	1,7	9,0	13,2	47	0,8
Mısır	10,0	12,3	13,0	6	0,7
İngiltere (B.K)	15,3	15,2	12,5	-18	0,7
İlk 20 ülke toplamı	1 701	1 661	1 543	-7	89,0
Toplam	1 903	1 859	1 734	-7	100

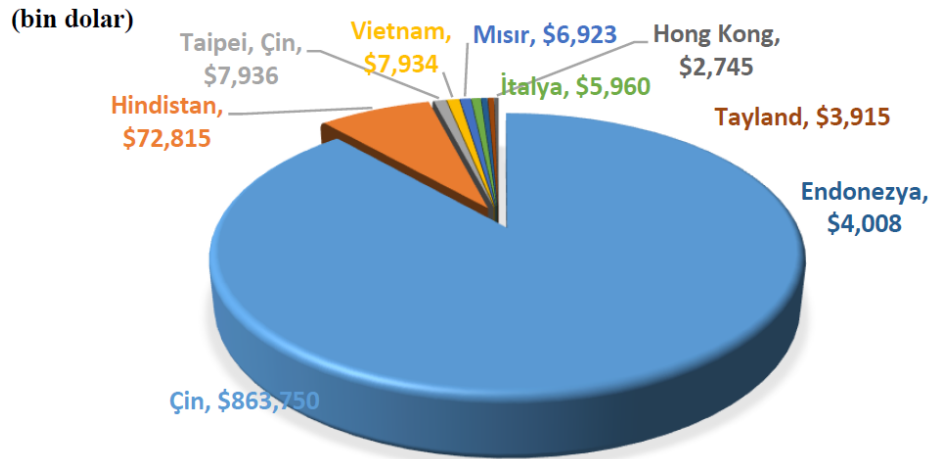
2017 yılında 940 Milyon dolar seviyesinde gerçekleşen Çin'e blok mermer ihracatımız son dört yıl içerisinde sürekli azalarak toplam %43'lük bir düşüşle 2020 yılında 534 Milyon dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Aynı dönem içerisinde toplam blok mermer ihracatımız da %40 azalarak bir Milyar 98 Milyon ABD dolarından 658 Milyon ABD doları seviyesine gerilemiştir. Diğer taraftan, dönemsel olarak mimarların kullandığı renkler ve taşlarda trendlerin değişmesinin de mermer talebinin azalmasında etkili olduğunu söylemek mümkündür. Öte yandan işlenmiş mermer ihracatımız bir önceki yıla göre %7'lik bir artışla 994 Milyon ABD dolarına ulaşarak 2020 yılında 1 Milyar ABD doları

seviyesine oldukça yaklaşmıştır. Mermer haricinde ise Türkiye'nin doğal taş sektöründeki diğer önemli ihraç ürünleri blok ve işlenmiş granittir. 2020 yılı içerisinde toplam 31,6 Milyon ABD doları değerinde granit ihracatımız olmuştur (T.C.T.B., 2021). Türkiye doğal taş ihracat değerleri ürün bazında Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye doğal taş ürün bazında ihracat değerleri (T.C.T.B., 2021)

Ürünler	2019 (Milyon\$)	2020 (Milyon \$)
Blok Mermer	852,8	658,2
Blok Granit	9,3	10,7
İşlenmiş Mermer	931,5	994,1
İşlenmiş Granit	10,6	20,9
Diğerleri	55,0	50,0
Toplam	1 859	1 734

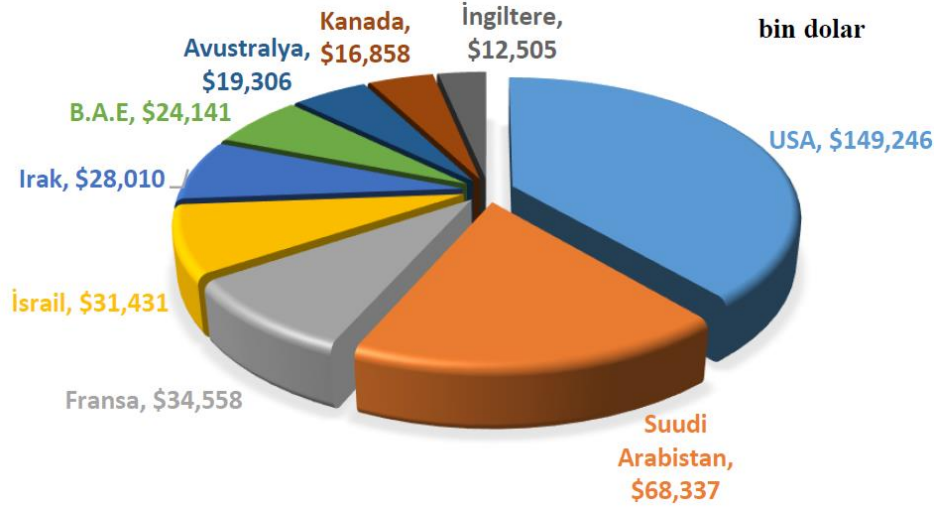
En fazla blok mermer ihraç ettiği ülkeler ise Şekil 1.2'de verilmiştir. Türkiye blok mermer ihracatının % 90'a varan kısmı Çin'e yapılmaktadır. Türkiye bu noktada Çin için önemli bir mermer tedarikçisi olarak gözükmemektedir.



Şekil 1.2. Türkiye'nin en fazla blok mermer ihraç ettiği ülkeler (Şengüler, 2019)

Şekil 1.3'te Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracatında başta gelen ülkeler yer almaktadır. ABD, Suudi Arabistan ve Fransa, Türkiye'nin en önemli ihracat pazarı olarak öne çıkmışlardır. ABD, dünyada en fazla işlenmiş mermer talebi üreten ülkesi olarak, Türkiye gibi üretici ülkeler için en büyük pazar konumundadır.

Suudi Arabistan ise Türkiye'ye olan yakınlığı ve coğrafi konumundan ötürü, Türkiye'nin bu konuda doğal ortağı haline gelmiş bir ülke konumundadır (Şengüler, 2019).



Şekil 1.3. Türkiye'nin en fazla işlenmiş mermer ihraç ettiği ülkeler (Şengüler, 2019)

Türkiye'nin 2020 yılındaki doğal taş sektöründeki ithalat kompozisyonuna baktığımızda, Hindistan'ın yaklaşık %32,3'lük pay ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Hindistan'ı %15,1 oranında payı ile İtalya ve %13,6 payla İspanya takip etmektedir. 2020 Yılında bir önceki yıla göre sektörün ithalatında yaklaşık %17 oranında bir artış gerçekleşmiştir. Türkiye doğal taş ithalatı ülke dağılımı Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Türkiye'nin doğal taş sektöründeki ithalat ürün kompozisyonuna baktığımızda ise ihracat kompozisyonunun aksine işlenmiş granitin 2020 yılı ithalatının yaklaşık 56,7 Milyon ABD doları ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye'nin ürün bazında doğal taş ithalatı Çizelge 1.4'te verilmiştir (T.C.T.B., 2020).

Çizelge 1.3. Türkiye doğal taş ithalatı ülke dağılımı (T.C.T.B., 2021)

Ülkeler	2018 (Milyon \$)	2019 (Milyon \$)	2020 (Milyon \$)	2019-20 % Değişim	2020 % Pay
Hindistan	41,28	27,59	30,06	9	32,3
İtalya	10,22	13,40	14,04	5	15,1
Vietnam	13,78	8,99	4,04	-55	4,3
İspanya	13,16	8,49	12,61	49	13,6
Yunanistan	5,6	5,81	8,05	38	8,7
İran	8,86	5,44	7,81	44	8,4
Çin	4,66	4,37	2,68	-39	2,9
Makedonya	0,75	1,24	1,05	-15	1,1
Fransa	1,11	1,04	1,05	1	1,1
Portekiz	0,19	0,43	2,65	516	0,5
Mısır	0,34	0,29	5,37	1770	5,8
Belçika	0	0,28	0,67	138	0,7
Brezilya	1,9	0,22	0,64	186	0,7
ABD	0,23	0,15	0,43	181	0,5
Tunus	0,29	0,21	0,29	36	0,3
Irak	0,01	0	0,20	4900	0,2
Bulgaristan	0,22	0,06	0,17	196	0,2
Pakistan	0,09	0,07	0,14	112	0,2
Ukrayna	0,27	0,10	0,13	32	0,1
Kanada	0,05	0	0,12	2900	0,1
İlk 20 ülke toplam	103	78	92	18	99
Toplam	105	79	93	17	100

Çizelge 1.4. Türkiye doğal taş ürün bazında ithalat değerleri (T.C.T.B., 2021)

Ürünler	2019 (Milyon\$)	2020 (Miyon \$)
Blok Mermer	4,4	4,7
Blok Granit	0,38	0,28
İşlenmiş Mermer	23,6	24,3
İşlenmiş Granit	46,6	56,7
Diğerleri	4,22	7,02
Toplam	79	93

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Doğal taş ve mermer ocaklarında üretim yöntemleri ve uygulamaları ile ilgili geçmişte birçok araştırma yapılmış olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Urhan ve Şişman (1993), blok mermer üretiminde elmaslı tel kesme kullanımı, uygulaması ve kesme veriminin optimizasyonu konulu çalışmasında, blok mermer üretiminde elmaslı tel kesme yöntemi ele alınmış, yöntemin uygulanabileceği ocak tipleri, ocağın kesime hazırlanması, deliklerin delinmesi, telin yerleştirilmesi ve kesimin yapılmasında dikkat edilecek konular verilmiştir.

Kekeç (2001), Tel kesme makinelerinde elmaslı tellerde kesme performansının belirlenmesi üzerine bir inceleme başlıklı yüksek lisans tezinde, farklı mermer türlerinin üretiminin yapıldığı üç ayrı mermer ocak işletmesinde, sayalama kesimlerine ait gözlemsel ve analiz bulguları incelenerek sayalama randımanının belirlenmesine yönelik algoritmik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Altınççek (2001), bir mermer ocağının açılırken, olumlu görünen jeolojik kriterlerin tahmine dayanacağı ve netlik taşımayacağı sebebi ile ilk yatırım maliyetinin minimize edilmesini belirtmiştir.

Turanboy (2003), yapmış olduğu çalışmada, kaya kütlelerinin içerisinde süreksizliklerle sınırlanmış doğal kaya bloklarının şekil, boyut ve dağılımları lineer ilişkiler ve çeşitli yaklaşımlarla incelemiştir. Geliştirilen modelde, kullanılan verilerle, kaya kütlelerinin görünür yüzeyleri üzerindeki süreksizlikler arası mesafe ve eğim/eğim yönü değerleri verilmiştir.

Coşkun (2004), yüksek lisans tezinde Çevikler Madencilik (Kayseri) mermer ocakları travertenlerinin fiziko-mekanik özellikleri kesilebilirlik ilişkisini araştırmıştır. Çalışmada traverten blokları ST ve katrak tipi makinelerle kesilmiş ve ortaya çıkan spesifik enerjileri belirlenmiş ve sonunda bu enerjileri belirlemede kullanılan örneklerin fizikomekanik özelliklerini belirlemiştir. Son olarak spesifik enerji ile fiziko-mekanik özellikler arasındaki ilişkileri istatistiksel

olarak değerlendirmiştir. Spesifik enerjinin travertenlerin fiziksel özellikleri ile olan ilişkisini değerlendirmiş ve sonik hız dışında çok yüksek oranda bir ilişki olduğunu bulmuştur. Mekanik özelliklerde de aynı durumun söz konusu olduğunu saptamıştır.

Tonçer (2005) yapmış olduğu doktora tezinde Diyarbakır Hani yöresindeki mermer ocaklarının blok alma olanakları, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri açısından değerlendirmiştir.

Kadioğlu ve Kadioğlu (2006), Sivas-Gürün ilçesi Tilki höyük bölgesinde, ocak işletimini doğru yönlendirmek için bir mermer tabakası içerisindeki kırık ve boşlukları belirleme ve derinliğe göre haritalamada yeni bir uygulama olan GPR tekniğini tanıtmışlardır. Çalışmada mermer tabakasının kalınlık değişimi, görülemeyen kırıkları, boşlukları, sağlam ve bozuk alanları bir kuyu verisine gerek kalmadan belirleyebilmişleridir.

Küçük (2009), Mermer sahalarından alınabilecek blok boyutlarının belirlenmesinde yeni bir sınıflama yönteminin geliştirilmesine yönelik yapılan bu çalışmada; 12 ayrı mermer ocağının basamaklarında ve aynalarında yapılan jeoteknik çalışmalardan, laboratuvar deneyleri sonuçlarına bağlı olarak üretilen blokların hangi amaçla (döşeme, kaplama) kullanılabileceğine ve ihracatta istenilen CE belgesinin uygunluğuna kadar bütün aşamaları içeren MBA-Mermer Blok Analizi isimli program geliştirilmiştir. Ayrıca mermer üretimin sürecindeki verim ve kayıplara değinilmiştir.

Kadioğlu ve Kadioğlu (2017), Adıyaman Sincik bölgesinde mermer ocaklarında; mermer işletmelerine başlamadan ocakta yer alan mermerlerin kalınlıkları, masif blokları, kırıkları, çatlakları belirlemek ve blok seviyelerinin en üst kısmındaki bozuk satırların kalınlıklarını yer radarı (GPR) yöntemi ile ortaya koymaya çalışmışlardır. Araştırma alanındaki önceden tespit edilen kırık, çatlak, verimli mermer kalınlığı sayesinde rezerv hesaplanması, kesim yönünün belirlenmesi, zaman tasarrufu, mermer blokların işletme maliyetlerini optimize edecek şekilde belirlenmesi aynı zamanda bu işletmeye yön verilmesi amaçlamıştır. Bu bölgede

GPR ölçüm sonuçlarına göre mermer üretim amaçlı kullanılacak olan kireçtaşı birimleri en az 15 m kalınlık sergilediği belirlenmiştir, mermer işletme ve blok verimi derinliğe bağlı olarak artabileceği görülmüştür.

Yavuz (2018), kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanımlarını etkileyen temel jeolojik parametrelerinin detaylıca belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Kayaların blok mermer üretimini etkileyen birincil jeolojik parametrelerin büyük bir kısmı, kaya mostraları ve mermer ocaklarına ait şev aynalarında gözlenirken, ikincil jeolojik parametrelerin büyük bir kısmı yüzeyden yapılan saha gözlemleri ile tespit edilemediğini ifade etmiştir. Kayaçların ayrışmaya bağlı olarak sunduğu mühendislik özelliklerindeki değişimler de göz önüne alınarak, bir ruhsat sahasında blok taş üretimine karar vermek için detaylı bir saha çalışması yapılması vurgulanmıştır.

Küçük ve Onargan (2018) yapmış oldukları çalışmada, Burdur ili Merkez ilçesi Hacılar köyü yakınında bulunan özel bir firmaya ait bej mermer sahasında blok verimliliğine yönelik saha araştırmaları yapmışlardır. Çalışmada, litolojik birimlerin derinliğe bağlı kalınlık, litolojik homojenite ve diğer mühendislik jeolojisi ile ilgili değişimleri belirleyebilmek için yer radarı (GPR) kullanmış ve 25-30 metre derinliğe kadar elde edilen kesit görüntüleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında söz konusu sahadan alınabilecek minimum, maksimum blok boyutları, mermer tabakasının çatlaklılık durumu, blok verimi gibi saha özellikleri belirlemiştir.

Altındağ (2018) çalışmasında doğal taş üretiminde yapılan bazı yanlışlıklar ve bu yanlışlıkların yapılmaması ve doğal taş ocaklarında blok verimliliğinin artırılması için bazı önerilerde bulunmuş ve nedenlerini tartışmıştır.

Literatür incelendiğinde, mermer ocaklarında daha çok üretim yönteminin optimizasyonu, enerji verimliliği ve ocak yönünün değerlendirilmesi şeklinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca yastıklama uygulaması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MERMER ÜRETİM YÖNTEMİ

Mermerin, bilimsel ve ticari olarak iki farklı tanımı yapılmaktadır. Bilimsel olarak başkalaşım süreci geçiren ve başkalaşımın izlerini taşıyan karbonat bileşimli kayalara mermer denilmektedir. Ticari olarak ise ticari standartlara uygun ebatlarda blok verebilen, kesilip parlatılan ve taş özellikleri kaplama taşı normlarına uygun olan her türden taş ticari dilde mermer olarak adlandırılmaktadır. Bu tanımlara göre kalker, traverten, kumtaşı gibi tortul; gnays, mermer, kuvarsit gibi metamorfik; granit, siyenit, serpantin, andezit, bazalt gibi magmatik taşlar da mermer olarak isimlendirilmektedir. Yapılarda genellikle yüzeyleri düzeltilerek parlatılmış doğal taş ürünleri (mermer) kullanılır. Mermerlerin çatlaksız, dış etkenlere karşı dayanıklı, renk ve desen olarak homojen, fiziksel ve mekanik özelliklerinin kullanılabilirlik sınır değerlerinden fazla, kesilip parlatılabilir olması istenmektedir.

Mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeolojik unsurlar ile teknolojik özellikler önemlidir. Günümüzde mermerler ve mermer kategorisinde değerlendirilen taşları dört ana gruba ayırmak mümkündür (Altaş, 2006).

Bunlar;

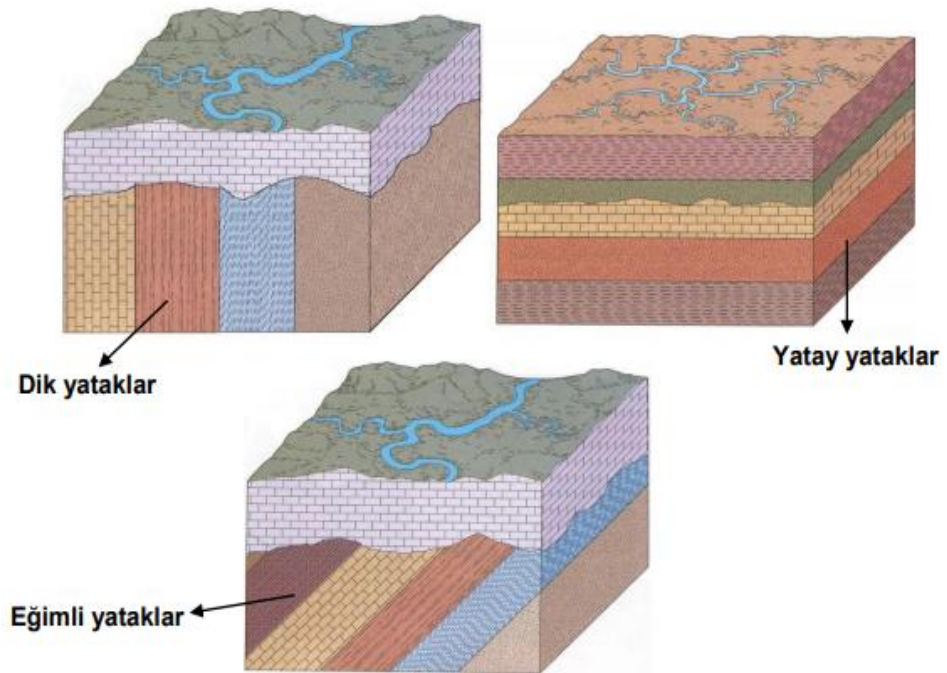
- I. Sedimanter tip mermerler,
- II. Başkalaşım tipi mermerler,
- III. Çökelme tipi mermerler (traverten ve oniks),
- IV. Mağmatik kökenli mermerler

Doğal taş ocak işletmeciliğinde açık ve yeraltı doğal taş işletmeciliği olarak iki farklı yöntemle uygulanmaktadır. Açık ocak işletmeciliğinde isminden de anlaşıldığı gibi tüm üretim işlemleri açık alanda yapılmaktadır. Yeraltı ocak işletmeciliğinde ise çoğunlukla tüm üretim işlemleri yeraltında yapılmaktadır. Mermer ocaklarının büyük bir bölümü açık ocak işletmeciliği ile yapılmaktadır (Kulaksız, 2012).

Yeraltı ocakları, cevher kütlesinin üzerindeki örtü tabakasının fazla, çatlakların az ve mekanik özelliklerin yüksek olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Bu tarz ocaklar kuruluşundan itibaren veyahut sonradan yeraltına çevrilmektedir. Yeraltı işletmelerinin tümünde oda topuk yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, oda yüksekliği genellikle 10–15 m, uzunluğu 50–100 m arasındadır. Bazı ülkelerde iyi pazar payına sahip ocaklar dışında pek uygulanmamaktadır (Onargan vd., 2005).

Mermer ocağının yapısına, topoğrafik koşullarına bağlı olarak farklı tip açık ocak üretim yöntemleri ile çalışılabilmektedir. Doğal taş (mermer) yatakları bulunduğu jeomorfolojide konumları nedeniyle ova, doruk/tepe, yamaç/sırt ve vadi yamaç/tabanlılarında yer alırlar. Doğal taş ocağının jeolojik ve topoğrafik yapısına ve konuma göre ise; ova, yamaç/sırt, doruk/tepe tipi doğal taş madenciliği olarak üçe ayrılmaktadır (Kulaksız, 2005).

Açık ocak işletme yöntemleri ile doğal taş blok üretimi yapılacak doğal taş yatakları dik yataklar, yatay veya yataya yakın konumlu yataklar ve eğimli yataklar şeklinde masif, tabakalı (katmanlı) ve damar tipli olarak bulunurlar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Doğal taş yataklarının şematik blok kesit görünümü (Karahan, 2018)

Açık ocak doğal taş madenciliği yukarıda belirlenen morfolojik yapılara göre adlandırılmaktadır. Açık ocak işletme yöntemlerinde basamak teşkiline göre de sınıflamaları aşağıda verilmektedir (Karahana, 2018).

- a) Ova tipi doğal taş ocakları işletmeciliği
 - 1. Tek kademeli dik yataklar, eğimli yataklar, yatay yataklar
 - 2. Çok kademeli
 - 3. Kazan tipi ocaklar
- b) Yamaç tipi doğal taş ocak işletmeciliği
 - 1. Tek kademeli
 - 2. Çok kademeli
- c) Doruk tipi doğal taş ocak işletmeciliği
 - 1. Tek kademeli
 - 2. Çok kademeli (Karahana,2018)

Ova tipi açık ocak işletmeciliğindeki doğal taş yatakları çoğunlukla topoğrafik seviyenin altındadır. Bu tip ocaklarda yeraltı suları veya yağışlardan dolayı artan su miktarı maliyeti arttırıcı en büyük faktörlerden biri konumundadır. Bu ocaklarda işlenerek blok haline getirilen doğal taşlar vinç ya da farklı makinelerle çıkarılmaktadır.

Doğal taş yatağının dalımlı veya yataya yakın olması durumunda doğal taş ocağında iki şekilde işletme yapılmaktadır. Birincisi, çukur şekilli rampasız doğal taş açık ocak işletmesidir. Bu şekilde ocaklarda genellikle vinç sistemi kullanılmaktadır. Personel iniş-çıkışları merdivenler ile yapılmaktadır. Su baskınlarında ise su atımı (drenaj) pompalar sayesinde gerçekleştirilir. Aşırı derinliklerde çalışma güçleşmektedir. İkincisi ise çukur şekilli rampa yollu açık ocak işletmesidir. Bu tip ocaklarda ulaşım basamaklar arasındaki rampalı yollar ile yapılmaktadır. Burada vinç sistemi yerine kamyon ve lastik tekerlekli yükleyici (loder) kullanılmaktadır.

Yamaç tipi doğal taş yatakları ise dağların ve tepelerin yamaç kısımlarında yer almaktadır. Çukur oluşmadığından bu tip açık ocak işletmelerinde su problemi

olmamakta, yükselti ve iklim koşullarından kaynaklanacak problemler ise dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Doğal taş yatağının dağın doruklarında zirvesinde yer alması veya dağın yamaçlarında yer almasına göre; doğal taş, tepe, yamaç tipi açık ocakları olarak farklı yöntemler uygulanabilmektedir.

3.1. Mermer Blok Üretim Yöntemleri

İşletilmesi ekonomik açıdan daha avantajlı olan maden ocaklarında doğrudan üretime geçilen veya üzerindeki örtü katmanı alındıktan sonra cevhere ulaşılarak üretilmesine işletme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Akın, 2011). Doğal taş blok kesim/üretim teknolojilerine göre; çelik halatlı kesim makinasıyla, dairesel testereli kesim makinasıyla, elmas telli kesim makinasıyla, su jeti ve alev jeti ekipmanıyla, delik delme makinalarıyla, zincirli/bantlı kollu kesme makinalarıyla ve diğer yöntemlerin kullanıldığı kesim, üretim yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Günümüze kadar uygulanan mermer açık ocak işletmeciliğinde üretim yöntemleri Çizelge 3.1’de verilmiş ve bu yöntemlerin görselleri Şekil 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Mermer blok üretim yöntemleri (Akın, 2011)

İlkel Yöntemler	Mekanik Yöntemler
<ul style="list-style-type: none">• Oluk/kanal açma• Delik delme (Üçlü kama)• Modern üçlü kama• Patlayıcı madde yönetimi	<ul style="list-style-type: none">• Taş kesiciler ile sürekli kesim• Tel testereler ile üretim• Kombinat ile üretim• Termal şok (Rock jet)• Basınçlı su yöntemi (Water jet)• Lazer ışınları ve ultrason yöntemi• Elmas tel kesme yöntemi

Çizelge 3.1’de verilen açık işletme mermer blok üretim yöntemleri arasında günümüzde en fazla kullanılan ve başarıyla uygulanan yöntem, elmas telli kesme yöntemi ve kollu kesicilerle üretim yöntemidir (Akın, 2011).



Şekil 3.2. Doğal taş ocaklarında kullanılan üretim yöntemleri (Kulaksız, 2012)

3.1.1. Elmas tel kesme yöntemi

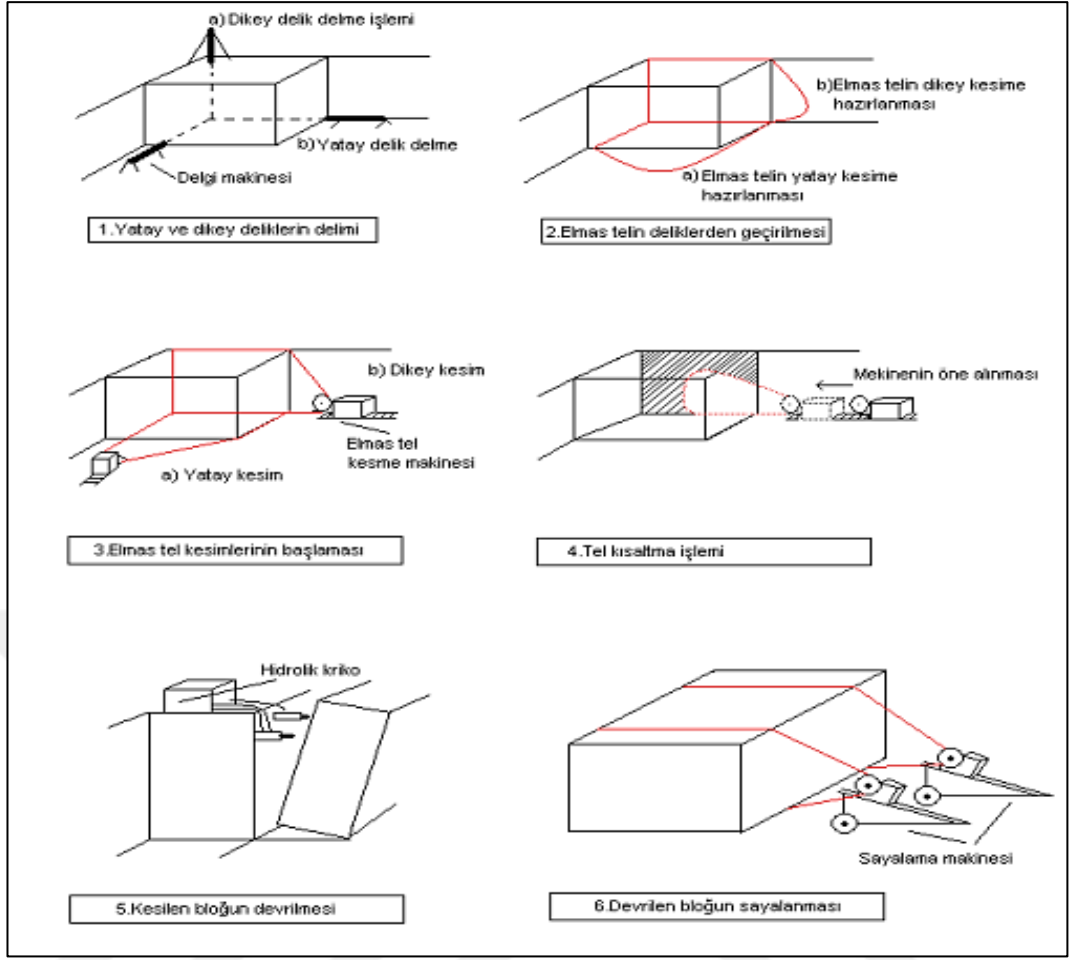
Elmas tel kesme yöntemi, çatlak ve süreksizlikleri az, daha sağlam yapıdaki mermerler için uygun bir yöntemdir. Bu yöntemde dikey ve yatay olarak delinen delikler çakıştırılmakta ve bu deliklerden geçirilen elmas tel ile kesim

yapılmaktadır. Kesilen bu kütle, daha sonra devrilmekte ve adına sayalama denilen nakliye araçlarının taşıyabileceği ve fabrikalarda kesim makinalarının kesebileceği uygun boyutlara getirebilmek için prizmatik bloklar halinde kesilmektedir. Devrilme işleminde aşırı parçalanmayı önlemek için genellikle ana söküm ve sayalama işlemleri sonrasında açığa çıkan mermer olarak değerlendirilemeyecek özellikte olan kayaç parçaları (pasa malzemeleri) kullanılarak yastıklama uygulaması yapılmaktadır.

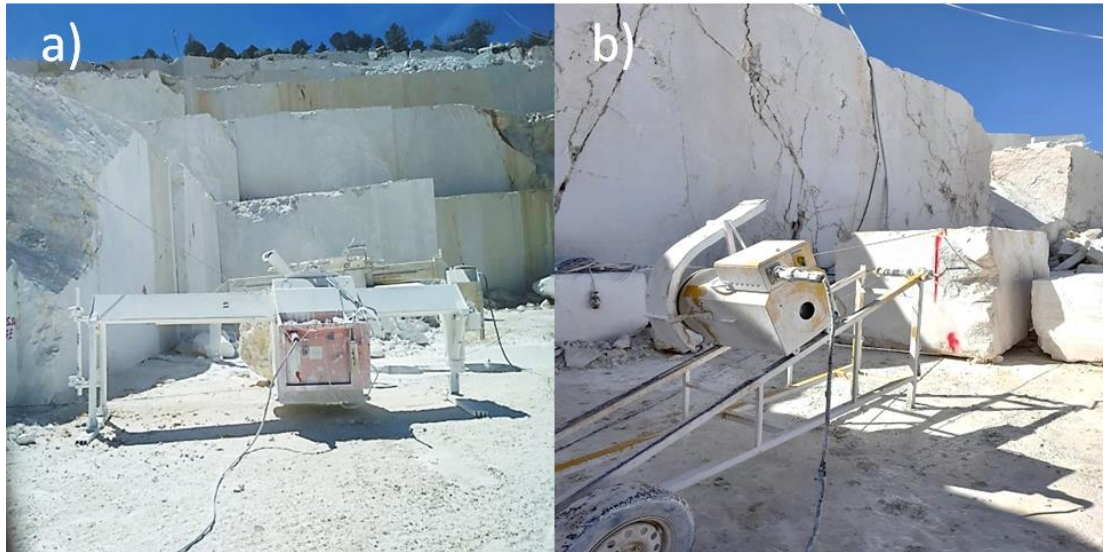
Elmas tel kesme yönteminde mermer blokların ana kütlede kesimi; aynadan yatay ve dik deliklerin delinmesiyle ve bu deliklerde elmaslı telin geçirilmesi ile mermer kütesine ve mermer kesme makinesine koşulması (yerleştirilmesi) ile sağlanmaktadır.

Şekil 3.3'de görüldüğü gibi öncelikle yatay ve dikey delikler hazırlanmaktadır. Bu deliklerden geçirilen elmas tel, dağ kesme makinesinin makinenin volanından (tamburundan) geçirilerek iki ucunun birleştirilir ve motor tarafından volanın hareketiyle elmas tel kayacı kesmektedir. Kesme işlemi için gerekli olan gergi kuvveti ise dağ kesme makinesinin bir ray üzerinde geriye hareketi ile sağlanmaktadır. Alt kesim ve yan kesim için bu işlem aynı uygulanmaktadır.

Kesim işlemi tamamlandıktan sonra kesilen kütle yıkıma hazır hale gelmektedir. Biten kesimler hidrolik ayırıcılar yardımı ile açılarak yıkımlar yapılmaktadır. Çıkan parçalar ise sayalama makineleri ile küçük bloklar halinde pazarlanmaya hazır hale getirilmektedir. Ana kesimler, mermerdeki doğal sıkıntılarının (renk değişmesi, çatlak varlığı) etkilerini en aza indirmek ve blok verimini arttırmak için mümkün olduğunca büyük kütleler halinde kesilmektedir.



Şekil 3.3. Elmas tel kesme yöntemi ile blok mermer üretim evreleri (Akın, 2011)



Şekil 3.4. Tel kesme yöntemi ile ana kütlede kesim (a) ve sayılama işlemi (b)

Şekil 3.4'te elmas tel kesme yöntemi ile ana kütlede kesimin yapılması ve kesilen kütlede devrildikten sonra blokların sayılanması gösterilmektedir. Bu aşamada ayrıca işe yaramayan ekonomik değeri olmayan kısımlar atılmaktadır.

Elmas tel kesme yönteminde, kesme işlemini etkileyen faktörler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelgede yarı değişken/değişken faktörler ile boncukta meydana gelen aşınma miktarları doğrudan kayacın fiziki, mekanik ve petrografik özelliklerine bağlı olmaktadır.

Çizelge 3.2. Elmas tel kesme yönteminde kesime etki eden faktörler (Akın, 2011)

Sabit Faktörler	Yarı Değişken/Değişken Faktörler	
Kesilecek Kayacın Özellikleri	Kesme Ekipmanlarının Özellikleri	Çalışma Koşulları
<ul style="list-style-type: none"> • Kayacın sertliği • Kayacın dayanımı • Su içeriği • Alterasyon derecesi • Kayaç içerisindeki süreksizlikler • Mineralojik bileşim, yapı ve doku 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor gücü • Telin yapısı • Telin dönüş hızı • Telin kesim geometrisi • Kesilen bloğun boyutları • Makine titreşimi • Su tüketimi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalifiye eleman • Kullanılan teknik • Ortam koşulları

3.1.2. Kollu kesicilerle üretim yöntemi

Bu üretim yönteminde zincirli kollu kesiciler kullanılmaktadır (Şekil 3.5). Çalışma esası, zemine rayların döşenmesi, üzerine oturtulan kollu kesicinin başlatılması ile gerçekleştirilmektedir. Avantajı hızlı üretim yapması ve güvenli olmasıdır. Dezavantajı ise; ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır.



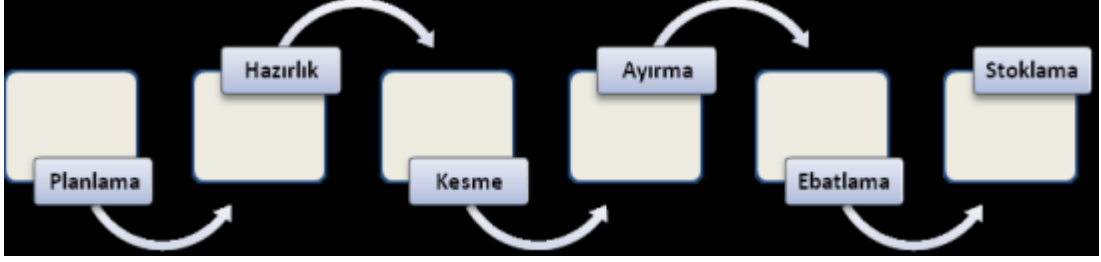
Şekil 3.5. Kollu kesici üretim yöntemi

3.1.3. Karma üretim yöntemleri

Bazı ocaklarda sabit üretim yöntemi uygulanmayabilir. Bazı mermer işletmelerinde ocağın jeolojik yapısı, işletme sermayesi, teknolojik imkanların farklılığına bağlı olarak farklı üretim yöntemlerinin bir arada kullanılması gerekmektedir. Birkaç üretim yönteminin bir arada kullanıldığı bu üretim yöntemi daha çok güç madencilik koşullarına sahip mermer ocaklarında iyi sonuçlar vermektedir. En çok uygulanan ve etkili olan karma yöntemler; zincirli taş kesme makinası ile yatay kesim, tel kesme makinası ile dikey kesim ve zincirli taş kesme makinası ile yatay kesim, zincirli taş kesme makinası ile delme ve kamalama yöntemi kombinasyonudur (Altaş, 2006).

3.2. Mermer Üretiminin Aşamaları

Mermer üretimi sırasında gerçekleştirilen faaliyetler, kesme yöntemi ne olursa olsun, planlama, hazırlık, kesme, ayırma (öteleme ve devirme), ebatlama (dilimleme ve sayalama), stoklama (taşıma ve depolama) olmak üzere Şekil 3.6'da gösterildiği gibi 6 ana grupta incelenebilir (Akın, 2011).



Şekil 3.6. Mermer üretimi sırasında gerçekleştirilen faaliyetler (Akın, 2011)

Kesimler ayarlanıp kesme işlemi tamamlanan kütleler, ana kayadan ripper veya krikolar yardımı ile ayrılarak dilimlenme aşamasına gelmektedir. Bu kısımda küçük ebatlı bloklara ayrılmaktadır. Çıkan parçalar düzensiz şekilli olabilmekte ve bunların kenarları tıraşlanarak dikdörtgen veya kare prizma şekline getirilmektedir. Bu işleme sayalama denilmektedir. Sayalama işleminin amacı blokları taşınabilir ve sevkiyatı yapılabilir hale getirmektir.

4. MERMER OCAKLARINDA ÜRETİM KAYIPLARI

Değerli bir kaynağa sahip olmak, ondan en az kayıpla maksimum ölçüde faydalanılması sorumluluğunu doğurmaktadır. Aksi takdirde, kısa zamanda karlı olduğu düşünülse dahi ilerleyen sürelerde çok büyük zararların olacağı kesindir. Bilindiği gibi ülkemiz farklı desen ve renkteki mermerler bakımından oldukça zengindir. Dünyada ve ülkemizde mermere olan ilgi dolayısı ile talep artmış ve Türkiye üretim bakımından önemli bir noktaya gelmiştir. Fakat mermer üretimindeki zayıt çok farklı sebeplerden dolayı oldukça fazladır. Doğru üretim yöntemi ve tekniklerinin kullanılarak yapılmaması ve kayacın blok mermer olarak kullanılabilmesi için gerekli jeolojik parametrelerin fazla olması bunun en önemli sebeplerindendir. Bu durumda mermer ocağının verimi düşmektedir (Yavuz, 2018).

Mermer ocaklarında verim, blok olarak satılan mermer hacminin üretim amaçlı kazılan hacme oranı olarak tanımlanabilir. Türkiye'deki mermer ocaklarının jeolojik yapısı itibariyle (özellikle kireçtaşı ocaklarında) zayıt fazla olmakta ve üretim verimliliği oldukça düşük olmaktadır.

Bu bölümde, üretim verimliliğini etkileyen jeolojik parametreler, hatalı üretim teknik ve yöntemleri verilmiş, yastıklama uygulamasının etkisi daha geniş olarak anlatılmıştır.

4.1. Verimi Etkileyen Jeolojik Parametreler

Mermer ocağındaki, blok mermer üretimine, üretim yönü ve şekline karar verilmesi kayacın jeolojik parametrelerinin incelenmesinden geçmektedir. Bu parametrenin göz ardı edilmesi en büyük zayıtı oluşturmaktadır. Bir kaya kütlelerinin blok taş olarak kullanılabilmesi için malzeme ve durabilite özelliklerinin yanında renk, desen özelliklerinin de aranan kriterlere uygun olması beklenmektedir. Fakat bu özelliklerin yanında fabrikada üretim verimliliğinin de ekonomik olması, ayrıca bir sahanın en az on yıllık rezerve sahip olması gerekmektedir (Yavuz, 2018).

Jeolojik parametreler, birincil ve ikincil parametreler olarak ayrılmaktadır. Birincil jeolojik parametreler, bloklarının fabrikalarda işlenmesi esnasında üretim zayıfına neden olan ya da kayacın renk ve desen homojenitesini bozarak ticari değerini azaltan veya yok eden parametrelerdir. Bunlar kaya kütesinin içerdiği tabaka, kırık, çatlak, foliasyon, fisür, mikrofisür ve fay gibi süreksizlik düzlemleridir. Bu nedenle, bir kaya kütesinin blok kaynağı olarak kullanılması düşünüldüğünde, üretime geçilmeden önce içerdiği süreksizlik düzlemleri ve genel özellikleri detaylıca saptanmalıdır (Yavuz, 2018).

Çizelge 4.1. Değişik jeolojik kökenli doğal yapıtaşlarının blok mermer kaynağı olarak kullanılabilirliğini etkileyen jeolojik parametreler (Yavuz, 2018)

Metamorfik	Sedimanter		Magmatik
Mermer	Kireçtaşı	Traverten	Granit
<ul style="list-style-type: none"> • Kristal boyutu • Kılcal süreksizlik düzlemleri • Faliasyon düzlemleri • Dolomitik mermer bant ve cepleri • Kalsit cepleri • Silis cepleri • Zımpara cepleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Kılcal süreksizlik düzlemleri • Süreksizlik düzlemi dolgu türü, rengi ve durabilitesi • Breşik zonlar • Breş çimento türü, rengi ve durabilitesi • Fosil varlığı, rengi, türü, fosilleşme şekli ve durabilitesi • Silis cepleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Lamina sıklığı ve düzeni • Gözenek miktarı, şekli ve düzeni • Gözeneklerin doğal olarak dolgulu olup, olmaması • Fosil varlığı, rengi, türü, fosilleşme şekli ve durabilitesi • Kil bant ve cepleri • Farklı litolojideki kaya kırıntısı varlığı 	<ul style="list-style-type: none"> • Anklav ve ksenolit • Aplit damarları • Paslanmaya neden olacak minerallerin varlığı • Ayrışma ve alterasyon

İkincil parametreler ise kayacın kullanım yeri, şekli ve durabilitesini (dış etkenlere karşı dayanıklılık) belirleyen fiziksel, mekanik ve teknolojik malzeme özellikleridir. Bir kayacın malzeme özelliklerinin iyi bilinmesi, kullanılacak alana ve çevre koşullarına göre bilinçli seçilmesi yapının daha uzun süreler bozulmadan kalmasını sağlamaktadır. Fakat ocağın farklı bölgelerinde veya işletilen alandaki gösterilen değişimlerden dolayı; malzeme özelliklerinin tekrar tekrar belirlenmesi, laboratuvar analizlerinin yapılması gerekmektedir. Çizelge 4.1'de yaygın olarak kullanılan ve değişik jeolojik kökene sahip doğal yapıtaşı

türlerinin blok mermer kaynağı olarak kullanılabilirliğini etkileyen ve yaygın olarak gözlenen ikincil jeolojik parametreler verilmiştir (Yavuz, 2018).

4.2. Verimi Etkileyen Üretim Kaynaklı Parametreler

Mermer ocaklarında üretim verimliliğini etkileyen jeolojik parametreler ve bunların tespitinin üretim verimliliği üzerindeki etkileri incelendikten sonra, üretime karar verilen ocaklarda doğru üretim yöntemi ve teknikleri kullanılarak üretim yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde üretim zayıfatı artmaktadır. Üretim aşamalarında üretim tekniği ve uygulamalarından kaynaklı zayıfatın artmasına sebep olan bazı hatalar alt başlıklarda açıklanmaya çalışılmıştır.

4.2.1. Ocak çalışma yerinin doğru seçilmemesi

Mermer ocaklarının teknik ve ekonomik şartlarda işletilebilmesi, verimin artırılması için çalışma bölgesinin doğru olarak seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca ocağın jeolojisi, topoğrafyası göz önüne alınarak yapılacak çalışmaların mühendislik disiplini içerisinde planlanması buna göre ocağın kesim yönü belirlenerek kesimlerin ayarlanması gerekmektedir. Hazırlanacak olan kesimler fay çatlaklarına dik olacak şekilde hazırlanmaktadır. Paralel hazırlanması durumunda alınacak blok verimi düşmekte ve bloklar daha fazla parçalanmaktadır. Şekil 4.1’de fay çatlaklarının görünüşü verilmiştir.



Şekil 4.1. Fay çatlaklarının görünüşü

4.2.2. Uygun kesim yerinin hazırlanması

Ocak sahasında kesim yerlerinin fay çatlaklarına dik olacak şekilde hazırlanması gerekmektedir. Yani kesimin yıkım yönü fay çatlağına paralel olmaktadır. Bu yüzden fay çatlakları dikkate alınarak uygun kesim yerleri belirlenerek hazırlanmalıdır. Aksi takdirde fay çatlaklarına paralel hazırlanmış olan kesimlerde zayıflık artmaktadır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi fay çatlağına uygun bir kesim hazırlanmıştır.



Şekil4.2. Fay çatlağı dikkate alınarak hazırlanan kesim

Genelde Burdur bejlerinde üç metre genişliğinde kesimler ayarlanmaktadır. Bunun sebebi işlenmesinin ve taşınmasının daha kolay olması ve sevkiyat konteyner ölçülerine uygun olmasıdır. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi sert, hidrolik kırıcılarla kırılması zor olan, işe yaramayan, ekonomik değeri olmayan bölgelerdeki kesimlerin daha rahat parçalanması için kesim genişliği düşürülerek (2-2,5 metre) hazırlanmaktadır.



Şekil4.3. Sert ekonomik değeri olmayan bölgelerde hazırlanan kesim

4.2.3. Yıkıma hazır kesimin uygun makine ve teçhizatla ana kütlede ayrılması

Yıkıma hazırlanan kesimin daha rahat açılabilmesi, kolay ve parçalanmadan yıkılabilmesi için sac balonlar (hava veya su yastıkları) kullanılmaktadır. Sac balonlar kesiklere sokulduktan sonra basınçlı su ile şişirilmektedir. Sac balon şişirilirken kesimin daha fazla açılması, ekskavatörün daha kolay yıkmasına ve kesimin fazla parçalanmamasına yardımcı olmaktadır. Bu sebeple sac balon şişirilirken kesim açıklığı kayaç parçaları ile desteklenmektedir. Şekil.4.4'te sac balon şişirilirken kesim açıklığının taşlarla desteklenmesi gösterilmiştir.

Sac balon verilecek yer çatlaksız sağlam yerde olmalı ve balon kesilmiş bölgeye tamamen sokularak şişirilmektedir. Şekil 4.4'te görülen sac balon, 1m x 1m ebatlarında çelik yastığın bir su motoru vasıtasıyla içine su basılmak suretiyle şişirilerek mermer blokların ayrılmasında kullanılmaktadır. Su yastığı, şişirilmiş halde mermer bloklarını yaklaşık 20-30 cm'ye kadar birbirinden ayırmakta ve 300 tona kadar bir itme sağlayabilmektedirler. Bazı ocaklarda çiftli sac balon kullanılarak, kesim açıklığının daha fazla artması da sağlanabilmektedir.



Şekil 4.4. Sac balon şişirilirken kesim açıklığının taşlarla desteklenmesi

Sac balonla açılan kesim hidrolik krikolarla ya da ekskavatör yardımı ile ana kütleden ayrılmaktadır. Sac balonlar uygun bir şekilde kesim yapılan boşluğa yerleştirilmelidir. Şekil 4.5'de kesişe uygun bir şekilde sokulmuş ve sokulmamış sac balon gösterilmiştir. Kesişe tamamen sokulmamış sac balon şişirilirken kesik dışındaki yer şişerek iyi bir ayırma yapamamaktadır. Bu sebeple kesişe tamamen oturtularak sac balon şişirilmelidir.



Şekil 4.5. Kesişe tamamen sokulmamış (a) ve sokulmuş (b) sac balon

Hidrolik ayırıcılar (riper ve panter), çeşitli yöntemler ile kesilmiş mermer bloklarında oluşturulan kesişe yerleştirilerek ekskavatörden sağlanan hidrolik basınç ile açma kapama işlemi yapabilen ve gözle görülebilen bir ayırma işlemi yapan araçlardır. Şekil 4.6'da sac balon ile bir miktar ayrılmış olan kütleyi devirmek için kullanılan riper ve panter gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Mermer ocaklarında kullanılan hidrolik ayırıcılar; riper (a) ve panter (b)

4.2.4. Ana kütlede ayrılan blok önüne uygun zemin hazırlanmaması

Ana kütlede ayrılan bloğu devirmeden önce, önüne daha önceden yumuşak bir zemin hazırlanması gerekmektedir. Bu zemin mermer molozları ve bunların tozlarından oluşmaktadır. Verimin yüksek olması için uygun yastıklama hazırlanmalıdır. Uygun yastıklama; kesim devrilirken, kesimin ilk devrilmeye başladığı andan itibaren karşılayan ve yumuşak olan bir malzemeden oluşmaktadır. Şekil 4.7’de uygun yastıklama örneği gösterilmiştir. Şekil 4.8’de ise Şekil 4.7’de hazırlanan yastıklama üzerine yapılan yıkım örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Uygun yastıklama örneğinin (a) yandan ve (b) önden görünüşü



Şekil 4.8. Yastıklama üzerine yapılan yıkım örneği

Görüldüğü gibi söküm yapıldıktan sonra çıkan parçalar zarar görmeden bütün bir şekilde yastıklama üzerine devrilmiştir. Şekil 4.9'da ise yanlış hazırlanan yastıklama örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yanlış hazırlanan yastıklama örneği

Şekil 4.10'da da Şekil 4.9'da gösterilen yastıklama üzerine yapılan yıkım örneği gösterilmiştir. Hazırlanan bu yastıklama devrilecek olan kesimin ilerisinde hazırlanmıştır. Yıkım sonrası ise Şekil 4.10'da görüldüğü gibi parçalar boş olan zemine çarparak daha fazla dağılma gözlenmiştir.



Şekil4.10. Yanlış hazırlanan yastıklama üzerine yapılan yıkım

4.2.5. Sökümden çıkan parçaların taşınması sırasındaki üretim kayıpları

Yıkım yapıldıktan sonra çıkan parçaların uygun makine kullanarak taşınması gerekmektedir. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi sökümden çıkan parça ekskavatör yardımı ile çekilmeye çalışılmaktadır. Bu işlem yanlış olması ile birlikte taşın parçalanmasına sebep olabilmektedir. Bu tarz parçaların lastikli yükleyicilerle alınması bloğun daha az zarar görmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.11. Sökümden çıkan parça mermerin ekskavatör ile sürüklenme görüntüsü

4.2.6. Blokların sayalanması ve taşınması

Doğal taş ocağından üretimi gerçekleştirilen büyük ebatlardaki veya düzensiz boyutlardaki blokların ticari boyutlara indirgenmesine veya düzensiz şekilli blokların küp veya dikdörtgen prizması şeklinde düzenlenmesine sayalama veya blok boyutlandırma adı verilir. Genelde bu işlemler doğal taş üretim ocağında kurulu sabit veya seyyar makine, teçhizat ve düzenekler ile yapılmaktadır.

Sayalama yapılırken düzensiz bloklar çatlaklarından, parçalarından temizlenerek dikdörtgen prizma veya küp şekline getirilmektedir. Aksi halde tekrar kesilmek zorunda kalır ve kırılabilir yapıya taşlar parçalanabilmektedir. Yıkımdan sonra oluşan parçalar, çatlaklarına uygun kesilmelidir. Şekil 4.12’de sayalama için uygun yerlerinden çizilerek tezgaha alınmış bloklar gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Sayalama için uygun yerlerinden çizilerek tezgahlanmış bloklar

Bloklar bir yerden alınıp başka bir yere taşınması sırasında altına uygun bir zemin hazırlanması gerekmektedir. Şekil 4.13’de görüldüğü gibi lastik tekerlekli yükleyici (loder) bloğu almaktadır.



Şekil 4.13. Blokların lastik tekerlekli yükleyici ile alınışı

Lastik tekerlekli yükleyicinin bloğu alırken, taşıırken ve yere bırakırken oluşan hasar da Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te görülmektedir. Zeminle blok arasında forkliftin kolayca alabileceği mesafe olması gerekmektedir.



Şekil 4.14. Lastik tekerlekli yükleyicinin bloğu alırken oluşan hasar



Şekil 4.15. Lastik tekerlekli yükleyicinin bloğu taşıırken oluşan hasar.

4.2.7. Pazarlama sırasındaki üretim kayıpları

Pazarlama esnasında; kesilmeye uygun olmayan blokların müşteri isteği üzerine tekrar kesilmesi, kırılga yapıya sahip blokların kırılıp parçalanmasına sebep olabilmektedir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi hazır olan küçük blokların müşterinin isteğine bağlı olarak tekrar kesilmesi (çarpı işareti olan bölge), açılmamış çatlakların açılarak bloğun parçalanmasına sebep olmaktadır. Bazen de müşteriler bu blok yerine daha iyi blok almayı istedikleri durumlarda bunu bilinçli olarak yapabilmektedirler.



Şekil 4.16. Müşteri isteğine göre fazladan kesilecek olan blok

4.2.8. Özen ve dikkat eksikliği

Ocak içerisinde yapılacak olan tüm işlemler dikkat ve özen gösterilerek yapılmalıdır. Şekil 4.17’de görüldüğü gibi sağ tarafta yıkıma hazır olan kesim, tekrar hemen arkasından (yaklaşık 0,5-1,0 metre) tekrar kesime hazırlanmaktadır. Bu işlem hem iş kaybına hem de kesimden alınacak bloğun zayıflığına sebep olabilmektedir.



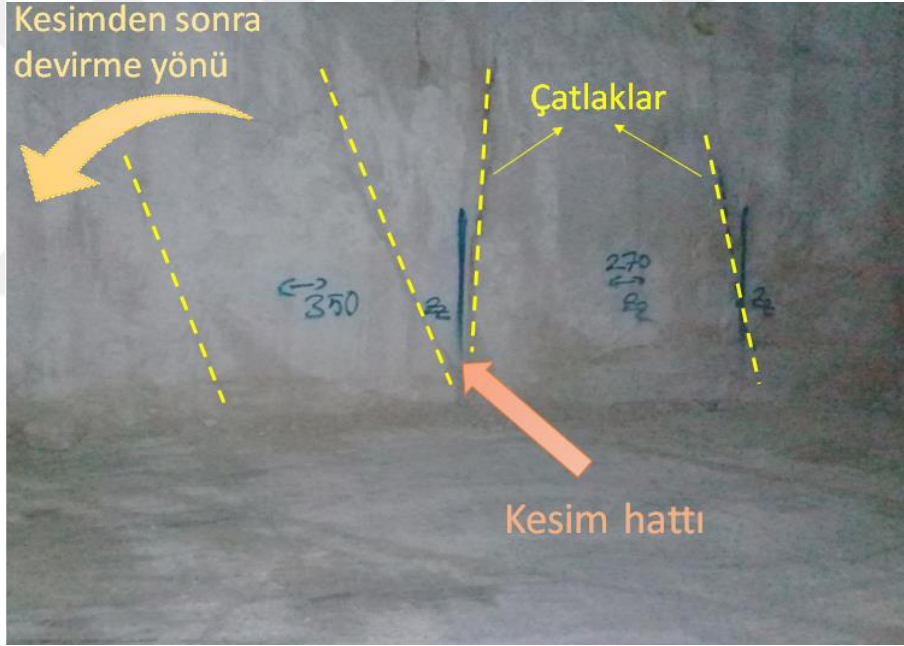
Şekil 4.17. Söküme hazır olan kesimin tekrar hazırlanması

Şekil 4.18’de ise görüldüğü gibi kesme işlemi tamamlanmadan tezgahtan alınan bloğun tekrar o çapak sebebi ile tezgaha alındığı görülmektedir. Burada iş-zaman kaybı da meydana gelmektedir.

Şekil 4.19’da görüldüğü gibi fay çatlağına paralel olarak kesim yeri hazırlanmıştır. Kesimin doğru yıkım yönü; fay çatlaklarına paralel olacağından yani görünen taraf olacağından, doğru olan hazırlanma şekli tam tersidir. Bu hazırlanan kesimden alınacak blok miktarı düşmekte, zayıflık artış göstermektedir.



Şekil 4.18. Tam kesilmeden tezgahtan alınan blok



Şekil 4.19. Yanlış hazırlanmış kesim örneği

Ayrıca müşteriye bakması için hazırlanan blok grubunun altına yastıklama yapılmalıdır. Çünkü lastikli yükleyici bloğu aldığı anda forklift bloğun altına rahat girebilmeli ve bloğa zarar vermemelidir. Şekil 4.20’de görüldüğü gibi bloklar altına taş parçaları konularak forkliftin bloğu rahat bir şekilde alması sağlanmalıdır.



Şekil 4.20. Satış için hazırlanan blokların altına taşla yastıklama yapılması

Hazırlanan kesimlerin yıkımları mühendis ya da görevlendirdiği kişiler tarafından yapılmaktadır. Üretimde en büyük kayıplardan biri yanlış ve dikkatsiz yapılan yıkım ve sökümlerdir. Yıkım esnasında üst üste parçaların gelmemesine dikkat edilmelidir. Bu durum yaşanır ise düşen parça alınıp sonra tekrar yastıklama hazırlanıp yıkıma devam edilmelidir. Aksi takdirde ekskavatörün itme kuvveti ile karşı karşıya kalan parçalar birbirine baskı uygulayarak parçalanmaktadır.

5. MATERYAL ve METOD (YAPILAN ÇALIŞMALAR)

5.1. Materyal

Mermer ocaklarındaki üretimden kaynaklı verim düşüklüğünün bir sebebi olarak yastıklama uygulamasının hatalı olarak gerçekleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu kapsamda, Burdur ili, Yeşilova ilçesi, Çeltek Köyü sınırları içerisinde bulunan İR:201101046 numaralı 70 hektarlık Samer Mad. A.Ş. tarafından 4900 m³/yıl kapasite ile işletilmekte olan mermer ocağında çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bölgenin jeolojik yapısı incelendiğinde, altta, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı, allokton konumlu, İç Toros Napı bulunmaktadır. Ofiyolitler üzerine, Lütesyen yaşlı Gölbaşı Formasyonu uyumsuzlukla gelir. Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu da bu birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Birbirleri ile uyumsuz olan, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaçal ve Yakaköy Formasyonları da diğerlerinin üzerine uyumsuz olarak gelir. En üstte Kuvaterner yaşlı alüvyon ve birikinti konileri yer alır (Bozcu vd., 2007).

Burdur ve civarı, İç Toros Napı olarak adlandırılan birimin yöreye yerleşimi sırasında sıkışma tektoniği ve Pliyosen sonrasında başlayan çekme tektoniği etkisi altında kalmış ve değişik yönlü çekim faylarıyla kesilmiştir (Kaya, 2015). Çalışma alanı ve çevresi KD-GB doğrultulu fay sistemlerinin hâkim olduğu Burdur Fay Zonu içerisinde yer almaktadır. Bölgedeki kireçtaşı blokları, masif görünümlü, kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Allokton konumlu olan bu blokların, içinde yer aldıkları ofiyolitik kayaçlarla olan dokanağı tektoniktir. Ruhsat alanının büyük bir kısmında gri-bej renkli kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Dutdere Kireçtaşı hakimdir. Ruhsat alanının kuzeybatı kısımlarında ise Mamatlar Formasyonu yüzeylemiştir. Bu formasyon ise resifal kireçtaşı, kumtaşı ve kiltası birimlerinden oluşmaktadır.

Mermer ocağında üretim, açık işletme tekniği kullanılarak yapılmaktadır. Açık işletme tekniği, üretilmesi planlanan madenin varsa üzerinde bulunan örtü

malzemesinin alınarak ve uygun şev açısı verilerek basamaklı üretimin gerçekleştirilmesi tekniğidir. Mermercilik faaliyetlerinde basamaklar blok alınabilmesi için dik açılarla oluşturulmaktadır. Blok üretim yöntemi olarak son yıllarda oldukça gelişen ve dünyanın birçok ülkesinde kullanılan elmas tel kesme metodu uygulanmaktadır. Kademe sayısı 12'ye ulaşmış ve tüm kademelerde çalışma gerçekleştirilmektedir. Kalite olarak en iyi blokların alındığı kademeler 8, 9, ve 10. kademelerdir. Ocakta mermer blok üretimi sırasında farklı yastıklama uygulamaları yapılarak üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Şekil 5.1'de çalışmanın yapıldığı mermer ocağından bir görünüm verilmiştir. Firmanın mermer blok üretimini gerçekleştirebilmesi için elinde bulunan makine parkı Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Çalışmanın yapıldığı mermer ocağından bir görünüm

Çizelge 5.1. Ocakta kullanılan makine ve teçhizatlar

Makine ve Teçhizat	Adet
Paletli ekskavatör (ön kazıcı)	4
Lastik tekerlekli yükleyici	3
Belden kırmalı kaya kamyonu	3
Dağ kesme makinesi	9
Rampalı sayalama makinesi	12
Delik delme (rok) makinesi	3

Paletli ekskavatör (Şekil 5.2), ocak içerisinde kullandığı aparatlara göre kazma, kırma, kesimleri ayırıp yıkma, yükleme gibi işlemlerini yapmaktadır.



Şekil 5.2. Paletli ekskavatör

Lastik tekerlekli yükleyici (Şekil 5.3), kullandığı aparatlara göre yükleme, taşıma, taşların tezgahlanması gibi işlerde kullanılmaktadır.



Şekil 5.3. Lastik tekerlekli yükleyici

Dağ kamyonu, ocak üretiminde çıkan işe yaramayan atık, pasa gibi hafriyatın taşınması işleminde kullanılmaktadır (Şekil 5.4)



Şekil 5.4. Belden kırmalı kaya kamyonu

Dağ kesme makinası, ana kütleden alınacak parçanın kesilmesinde kullanılmaktadır. Dağ kesme makinasının tamburundan geçirilen ve iki ucu bağlanan elmas tel ile kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 5.5'te dağ kesme makinası gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Dağ kesme makinesi

Rampalı sayalama makinesi, taşları ebatlama işleminde ve küçük parçalara ayırmakta elmas tel ile birlikte kullanılmaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Rampalı sayalama makinesi

Mermer delme (rok) makinası, delik delme işlerinde kullanılmaktadır. Elmas tel kesme yönteminin ve kollu kesicilerle üretim yönteminde yoğun kullanılan bir makinadır (Şekil 5.7).

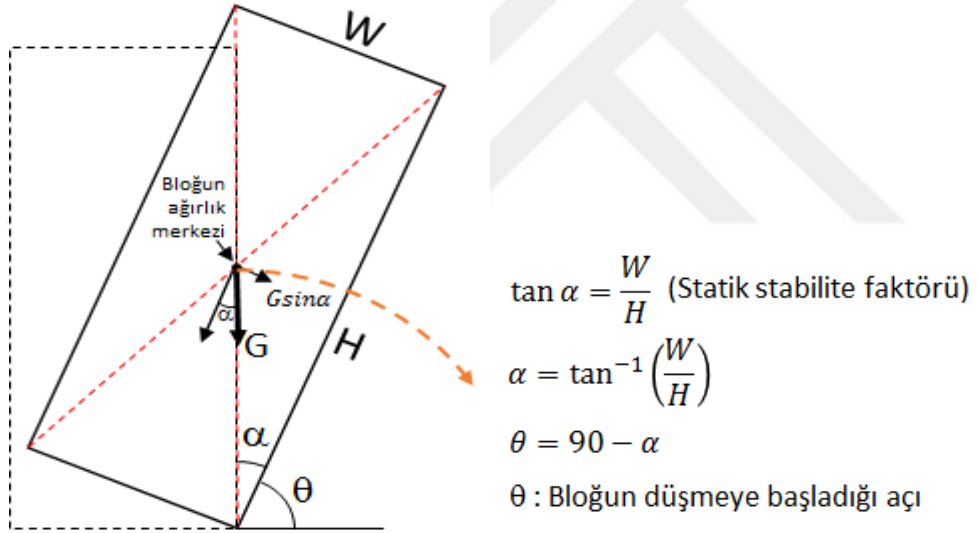


Şekil 5.7. Delik delme (rok) makinesi

5.2. Yöntem

Blok devrilmesinin kinetiği analiz edilirse; belirli bir blok genişliği (W) ve yüksekliğinde (H) bloğun devrilmeye başlayacağı açı (θ) Şekil 5.8'de olduğu gibi hesaplanabilir. Şekil 5.8'de görüldüğü gibi gravitasyondan dolayı etki eden tork, bloğun bütün kütesinin, kütle merkezinde konsantre olmuş gibi etki eder.

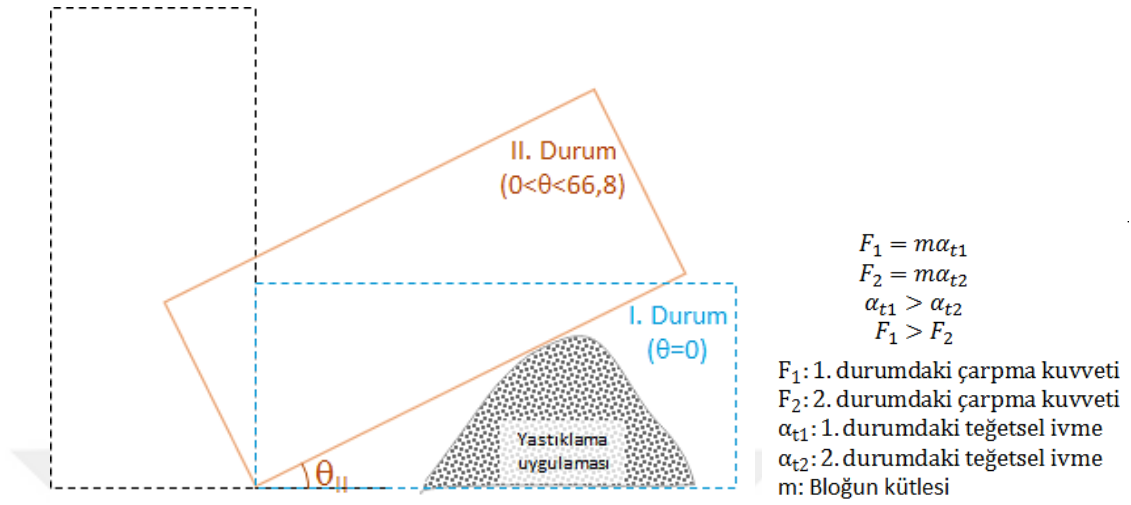
Bloğun dönme eksenini sağ alt köşe olarak dikkate alındığında kütle merkezinin bulunduğu nokta köşegen çizgisinin dışına çıktığında blok devrilmeye başlayacaktır. 3 m genişliğinde ve 7 m yüksekliğinde bir blok yatayla başlangıçta 90° 'lik bir açı yapmaktayken su yastığı (veya diğer iticiler) etkisiyle ana bloktan ayrılarak yatayla yaptığı açı düşecek fakat blok henüz devrilmeyecektir. Yatayla yapılan açı $66,8^\circ$ 'nin altına düştüğünde ise blok devrilmeye başlayacaktır.



Şekil 5.8. Blok devrilmesi serbest cisim diyagramı

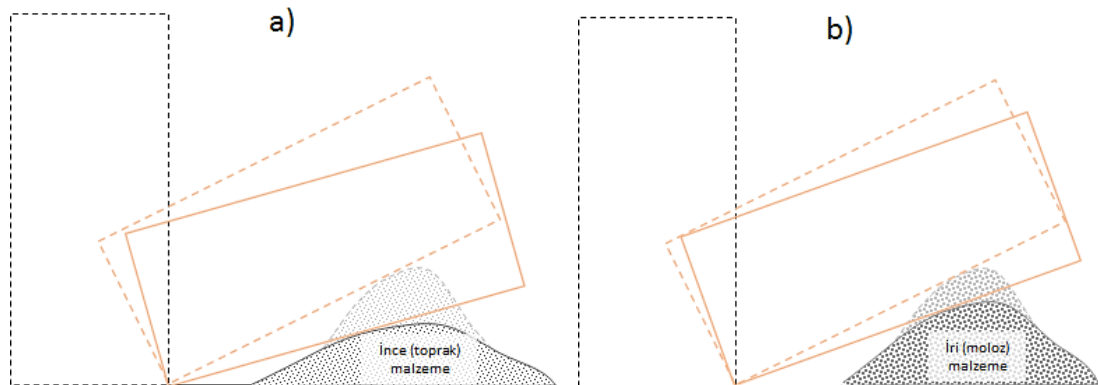
Devrilmeye başlayan blok artan bir teğetsel ivme ile aynı kütlede olsa bile büyük bir kuvvet ile yere çarpacaktır ($\theta = 0$ olacaktır). Devrilen bu blok yere çarpmadan önce herhangi bir yastıklama uygulaması ile daha yüksek θ değerlerinde karşılanabilirse teğetsel ivme değerinin maksimuma ulaşmadan daha düşük bir kuvvet ile çarpacaktır (Şekil 5.9). Bu ifadeler Şekil 5.9'da 1. durum ve 2. durum olarak sembolize edilmiştir. Yastıklama uygulaması, bloğun

devrilmesi sırasında teğetsel ivmenin daha fazla büyümeden bloğun düşmesini durdurabilmektedir.



Şekil 5.9. Blok devrilmesi sırasında yastıklama uygulamasının etkisi

Yastıklama uygulaması pratikte farklı malzemeler kullanılarak uygulanabilmektedir. Yastıklama malzemesi türü seçilirken bloğun devrilmesi sırasında oluşan çarpma enerjisinin sönmülmesinde faydası bulunmaktadır. Örneğin; çok parçalı iri blok içeren (genellikle doğal taş artığı moloz parçalar) bir yastıklama uygulaması ile ince malzemedan oluşmuş toprak bir yastıklama malzemesinin blok devrilmesindeki oluşan enerjiyi sönmleme miktarları farklı olacaktır. Bu durum ise blok verimine doğrudan etkileyecektir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Blok devrilmesi sırasında yastıklama türünün etkisi
(a) ince (toprak) malzeme, b) iri (moloz) malzeme)

Yastıklama uygulamasının şeklinin ve malzeme türünün verime etkisinin araştırılması amacıyla bu tez çalışması kapsamında aşağıda belirtilen yastıklama türleri uygulanmıştır.

- Tekli üçgen yastıklama
- Çiftli üçgen yastıklama
- Trapez yastıklama

Bu yastıklama türlerinde ayrıca malzeme olarak iri moloz (artık) ve ince toprak malzeme olmak üzere iki farklı yastıklama malzeme türü de çalışılmıştır.

5.2.1. Yastıklama malzemeleri ve yastıklamanın hazırlanışı

Ana kütlede ayrılacak bloğu devirmeden önce, önüne daha önceden yumuşak bir zemin hazırlanması gerekmektedir. Bu zemin mermer molozları, bunların tozları veya topraktan oluşmaktadır.

Mermer ocağın da yıkım işleminden sonra oluşan pasa (mermer artığı) ve ebatlama yapıldıktan sonra arta kalan ekonomik değeri olmayan malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler ekskavatör yardımı ile kırılarak ortalama 70 cm ve altı boyuta indirgenerek uygun hale getirilmektedir. Sonrasında istenilen yastıklama çeşidinde kullanılmaktadır. Yıkım yapılacak olan kesimin önüne istenilen yastıklama şekline göre bu kayaç parçaları veya toprak malzeme lastik tekerlekli yükleyici veya ekskavatör yardımı ile serilmektedir. Bu işlem sonunda yıkıma başlanabilmektedir.

Verimin yüksek olması için uygun yastıklamanın hazırlanması gerekmektedir. Şekil 5.11'de artık malzemedan hazırlanmış yastıklama örneği gösterilmektedir.



Şekil 5.11. Artık malzemedan hazırlanmış yastıklama örneği

Ayrıca ocak içerisinde çıkan veya başka bir yerden tedarik edilen toprak da kullanılmaktadır. Bu malzemenin paşadan (mermer artığından) farkı daha yumuşak olmasıdır. Bu da yıkım esnasında devrilen yıkımı daha yumuşak karşılayarak daha az zarar vermektedir. Dezavantajı ise ocak içerisinde sürekli toprak bulunmamaktadır. Pasa ise sürekli çıktığından dolayı çoğunlukla yastıklama malzemesi olarak pasa kullanılmaktadır. Şekil 5.12. topraktan hazırlanan yastıklama örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Topraktan hazırlanan yastıklama örneği

5.2.2. Yastıklama türleri

Kesimi tamamlanmış, yıkıma hazır hale getirilen kesimin yıkılması için önüne yastıklama hazırlanmaktadır. Bu hazırlanan yastıklama çeşitleri; tekli üçgen, çiftli üçgen ve trapez şekilli yastıklama olarak üç çeşit hazırlanmaktadır. Bunlar;

5.2.2.1. Tekli üçgen yastıklama

Yıkım için hazırlanmış kesimin önüne lastikli yükleyici yardımı ile pasa veya toprak malzeme üçgen piramit şeklinde hazırlanır. Yastıklama hazırlanırken kesimden 30-50 cm ilerde hazırlanmaktadır. Çünkü ekskavatör yardımı ile uygulanan itme kuvveti parça serbest düşmeye başlamadan yastıklama malzemelerinden gelecek tepki kuvvetiyle karşılaşmaması istenir. Bu sebeple kesimin dibinden yastıklama hazırlanmamaktadır. Diğer yastıklama çeşitlerinde de bu mesafe korunmaya çalışılmaktadır. Aksi takdirde kesim, ayırıcı makine kuvveti ile hazırlanan yastıklama arasında sıkışıp parçalanabilmektedir. Şekil 5.13'te tekli üçgen yastıklamanın sembolik şekli gösterilmiştir. Şekil 5.14'te artık malzeme ve toprak malzeme kullanılarak oluşturulan tekli üçgen yastıklama örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Tekli üçgen yastıklama şeklinin sembolik gösterimi



Şekil 5.14. Farklı malzemeler ile hazırlanmış tekli üçgen yastıklama örnekleri

5.2.2.2. Çiftli üçgen yastıklama

Söküm için hazırlanmış kesimin önüne lastikli yükleyici yardımı ile pasa veya toprak malzemeden yastıklama hazırlanmaktadır. Bu yastıkla çeşidinde ilk önce aynaya yakın olan kısma ilk üçgen yastıklama hazırlanmaktadır. Hemen arkasına yüksekliği öndeki üçgen piramitten fazla olan ikinci üçgen şekilli yastıklama hazırlanmaktadır. Bu yastıklama çeşidinin böyle hazırlanmasında yıkım esnasında devrilmeye başlayan bloğun alt kısmı ilk üçgen piramit yastıklama tarafından karşılanarak devrilme hızı (çarpma hızı) yavaşlatılıp, ikincil yastıklama ile karşılanması sağlanmaktadır. Bu esnada geride ve daha yüksek olan üçgen yastıklama devrilen bloğun üst tarafını karşılaması amaçlanmıştır. Böylelikle üst kısmın daha yavaş çarpması sağlanarak bloğun parçalanması engellenmiş olmaktadır.

Bu yastıklama çeşidinde amaç bloğun devrilme anında, tüm yüzeylerinin aynı anda yastıklama ile karşılaşmasını sağlamaktır. Bu durumda parçalanma daha aza indirgenmektedir. Şekil 5.15'te çiftli üçgen yastıklamanın sembolik şekli gösterilmiştir. Şekil 5.16'da artık malzeme kullanılarak oluşturulan çiftli üçgen yastıklama örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Çiftli üçgen yastıklama şeklinin sembolik gösterimi



Şekil 5.16. Artık malzemeler ile hazırlanmış çiftli üçgen yastıklama örneği

5.2.2.3. Trapez yastıklama

Söküm için hazırlanmış kesimin önüne lastikli yükleyici yardımı ile pasa veya toprak malzemeden yastıklama hazırlanmaktadır. Kesim önüne dökülen pasa

veya toprak malzeme düzlenerek hazırlanmaktadır. Şekil olarak kesimin uzunluğu kısıtlıdır, dikdörtgen veya kare biçimini alabilmektedir. Şekil 5.17’de trapez şekilli yastıklama uygulamasının sembolik gösterimi ve Şekil 5.18’de artık malzeme kullanılarak oluşturulan trapez yastıklama örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.17. Trapez yastıklama şeklinin sembolik gösterimi



Şekil 5.18. Artık malzemeler ile hazırlanmış trapez yastıklama örneği

Yıkıma hazır kesimin uygun makine ve teçhizatla ana kütlede ayrılmaması, ana kütlede ayrılan blok önüne uygun zemin hazırlanması, yıkım yapıldıktan sonra

çıkan parçaların taşınması, blokların sayalanıp pazarlamaya uygun hale getirilmesi ile işlem tamamlanmış olmaktadır. Bu üç çeşit yastıklama çeşidi kullanılarak yapılan yıkımların verimliliği araştırılmış, Bulgular bölümünde değerlendirilmiştir.

5.2.3. Verimin hesaplanması

Tüm yüzeyi kesilmiş yıkıma hazır hale gelen ana kesimin eni, boyu ve yüksekliği metre cinsinden ölçülerek (V_1) not edilmektedir. Farklı tür malzemeden oluşan ve farklı şekillerde hazırlanmış yastıklamalar oluşturulduktan sonra kesimi yapılan kütle devrilir. Devrilen kütle içerisinde satışa uygun olan bloklar sayalama işlemine tabi tutulur. Daha sonra blokların ölçüleri tekrar alınarak (V_2) stok sahasında stoklanır. Ebatlama (sayalama) işleminden sonra elde edilen satılabilir nitelikteki blok miktarının, ana kesim miktarına oranı blok kazanma verimini (BKV) vermektedir (Eşitlik 1).

$$BKV = \frac{V_2}{V_1} * 100, \% \quad (1)$$

Mermer ocaklarında blok satışı, blokların ağırlıklarının tartılıp ton başına birim fiyatı ile çarpılarak bulunmaktadır. Bu nedenle her bir bloğun ağırlıkları stok fişlerine işlenmektedir. Bir bloğun hacminin belirlenmesi için ağırlığının bloğun görünür yoğunluk değerine bölünmesi ile hesaplanabilmektedir. Bu tez çalışmasında satılabilir blok hacminin belirlenmesinde de mermerin görünür yoğunluğu $2,65 \text{ g/cm}^3$ değeri kullanılarak belirlenmiş ve takip eden bölümde verilmiştir.

6. BULGULAR

Bu tez çalışmasında ekonomik açıdan büyük öneme sahip mermer ocaklarının işletme faaliyetleri sırasında karşılaşılan üretim kayıplarına değinilmiş ve bu faaliyetlerden yastıklama uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 3 farklı şekilde yastıklama uygulaması yapılmıştır. Ayrıca yastıklama malzemesi olarak genellikle mermer ocaklarındaki artık (pasa) malzemeler kullanılmaktadır. Yine bu tez çalışmasında yastıklama malzemesi olarak ince-orta boyutlu pasa, iri boyutlu pasa ve toprak malzeme kullanılmıştır. Bu farklı şekil ve malzemelerden oluşturulan yastıklama uygulamaları sonrasında elde edilen satılabilir blok hacminin ana kesim hacmine oranı olarak tanımlanan blok verim değerleri belirlenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında 10 adet tekli üçgen yastıklama uygulaması, 11 adet çiftli üçgen yastıklama uygulaması ve 17 adet trapez şekilli yastıklama uygulaması hazırlanarak ana kesimlerin aynı yöntemle (su yastıkları ile 20-30 cm açılıp daha sonra ekskavatör riperi ile) devrilmeleri sağlanmıştır. Ayrıca bu toplam 38 adet ana yıkımdan 28'i iri pasa malzeme, 6'sı ince-orta pasa malzeme ve 4'ü de toprak malzeme kullanılarak uygulanmıştır. Toprak malzemenin mermer ocak şartlarında temin edilme sıkıntısından dolayı daha az sayıdaki yastıklama uygulamalarında kullanılabilmiştir. Çalışmalarda veriler, daha sağlıklı karşılaştırma yapılabilmesi için mermer ocağının daha homojen olarak görünen 8, 9 ve 10 nolu basamaklarından elde edilmiştir.

Hazırlanan farklı şekil ve malzemelerden oluşturulan yastıklama uygulamalarında elde edilen veriler ve hesaplanan blok verim değerleri tekli üçgen yastıklama uygulaması için Çizelge 6.1'de, çiftli üçgen yastıklama uygulaması için Çizelge 6.2'de ve trapez şekilli yastıklama için ise Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.1. Tekli üçgen yastıklama uygulaması verileri

Malzeme Türü	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri			Satılabilir blok bilgileri		Blok Kazanma Verimi (%)	
	Kademe no	Dilim kalınlığı (m)	Kademe yüksekliği (m)	Kesim uzunluğu (m)	Kesim miktarı (m ³)	Yastıklama yüksekliği (m)	Taban genişliği (m)	Yastık miktarı (m ³)	Blok adedi	Toplam blok miktarı (ton) (m ³)		
İri pasa	9	3.4	6.0	10.0	204.4	2.20	6.0	66.0	9	70	26.4	12.9
	8	3.2	6.0	9.5	182.4	2.70	7.0	89.8	8	85	32.1	17.6
	8	2.5	6.0	12.0	180.0	2.60	8.0	124.8	9	80	30.2	16.8
	8	3.5	6.0	13.1	271.2	3.00	7.0	137.6	13	110	41.5	15.3
	8	3.1	6.0	13.0	241.8	2.20	7.0	100.1	8	76	28.7	11.9
	9	3.0	6.0	12.0	216.0	3.00	7.0	126.0	11	95	35.8	16.6
	9	3.2	6.7	10.3	217.4	3.30	7.0	119.0	7	63	23.8	10.9
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.80	7.0	94.5	4	25	9.4	3.0
											Ortalama:	13.1
Toprak	8	3.0	6.0	13.0	234.0	2.70	8.0	140.4	9	74	27.9	11.9
	9	3.2	6.7	10.3	217.4	3.00	7.0	108.2	9	81	30.6	14.1
											Ortalama:	13.0
											Genel ortalama:	13.1

Çizelge 6.2. Çiftli üçgen yastıklama uygulaması verileri

Malzeme Türü	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri					Satılabilir blok bilgileri			Blok Kazanma Verimi (%)
	Kademe no	Dilim kalınlığı (m)	Kademe yüksekliği (m)	Kesim uzunluğu (m)	Kesim miktarı (m ³)	1.Yastık yüksekliği (m)	1.Taban genişliği (m)	2.Yastık yüksekliği (m)	2.Taban genişliği (m)	Yastık miktarı (m ³)	Blok adedi	Toplam blok miktarı (ton) (m ³)		
İri pas	8	3.0	6.0	10.0	180.0	1	1.5	1.3	5.5	43.3	5	41	15.5	8.6
	9	3.0	6.0	12.0	216.0	1.2	1.8	1.5	6.2	68.8	8	70	26.4	12.2
	9	2.9	6.0	12.0	208.8	1.2	1.8	1.4	6.2	65.0	7	52	19.6	9.4
	8	3.0	6.8	18.0	367.2	1.2	1.8	1.7	5.2	99.0	10	150	56.6	15.4
	9	3.0	6.7	8.0	160.8	1.3	1.95	2.5	5.0	60.1	6	54	20.4	12.7
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	2.0	3.0	3.0	4.0	126.0	8	125	47.2	16.8
	9	3.0	6.7	18.0	361.8	1.7	2.55	2.6	4.4	142.0	9	135	50.9	14.1
	10	3.0	7.0	14.0	294.0	1.2	1.8	1.8	5.2	80.6	4	36	13.6	4.6
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	2.1	2.5	4.4	97.6	12	175	66.0	23.5
													Ortalama:	13.0
Toprak	9	3.2	6.7	10.3	217.4	1.5	2.25	2.6	4.7	80.3	6	54	20.4	9.4
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	2.1	2.5	4.4	97.6	14	224	84.5	30.0
													Ortalama:	19.7
													Genel ortalama:	14.2

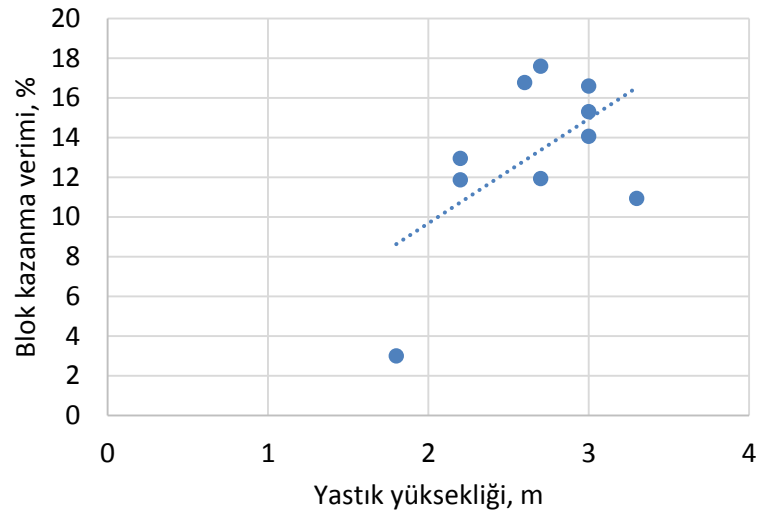
Çizelge 6.3. Trapez yastıklama uygulaması verileri

Malzeme Türü	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri				Satılabilir blok bilgileri			Blok Kazanma Verimi (%)
	Kademe no	Dilim kalınlığı (m)	Kademe yüksekliği (m)	Kesim uzunluğu (m)	Kesim miktarı (m ³)	Yastık yüksekliği (m)	Tavan genişliği (m)	Taban genişliği (m)	Yastık miktarı (m ³)	Blok adedi	Toplam blok miktarı (ton) (m ³)		
İnce-orta pasa	8	3.0	6.0	10.0	180.0	1.3	6.7	7.3	90.7	4	35	13.2	7.3
	8	3.5	6.8	10.0	238.0	1.3	6.7	7.3	90.7	5	40	15.1	6.3
	9	3.0	6.7	21.0	422.1	1.3	6.7	7.3	190.4	10	90	34.0	8.0
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.3	6.7	7.3	136.0	6	54	20.4	6.5
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	6.7	7.3	136.7	7	63	23.8	8.4
	10	3.0	7.0	14.0	294.0	1.8	6.7	7.3	175.8	4	36	13.6	4.6
	9	3.0	6.7	13.0	261.3	1.7	6.7	7.3	154.1	6	54	20.4	7.8
	9	3.0	6.7	13.0	261.3	1.4	6.7	7.3	126.9	4	36	13.6	5.2
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.0	6.7	7.3	104.6	7	63	23.8	7.5
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.0	6.7	7.3	104.6	3	27	10.2	3.2
	10	3.0	7.0	10.0	210.0	1.3	6.7	7.3	90.7	2	17	6.4	3.1
											Ortalama:		6.2
İri pasa	10	3.0	7.0	15.0	315.0	2.0	6.7	7.3	209.3	4	36	13.6	4.3
	10	3.0	7.0	12.0	252.0	1.0	6.7	7.3	83.7	2	20	7.5	3.0
	10	3.0	7.0	13.0	273.0	1.0	6.7	7.3	90.7	4	36	13.6	5.0
	10	3.0	7.0	13.0	273.0	2.0	6.7	7.3	181.4	6	54	20.4	7.5
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	2.2	6.7	7.3	230.2	4	36	13.6	4.3
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.1	6.7	7.3	115.1	5	70	26.4	8.4
											Ortalama:		5.4
											Genel ortalama:		5.9

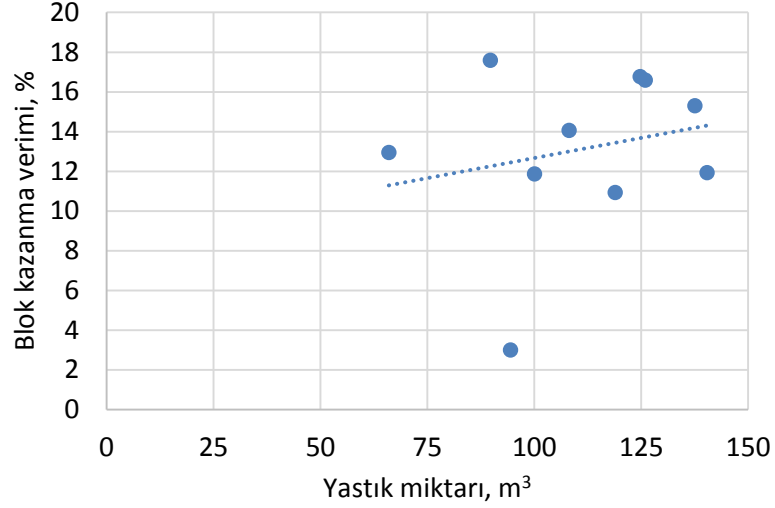
6.1. Tekli Üçgen Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi

Çalışma yapılan mermer ocağının 8, 9 ve 10 nolu kademelerinde tekli üçgen şeklinde yastıklama uygulaması ile elde edilen veriler Çizelge 6.1'de verilmiştir. Toplamda 10 adet ana kesim bu şekilde hazırlanan yastıklama uygulamasının üzerine aynı koşullarda devrilmiştir. Uygulanan yastıkların yükseklikleri 1,8 m ile 3,3 m arasında, yastıkların hacimleri ise 66 m³ ile 140 m³ arasında değişmekte ve bu uygulama sonrasında %3 ile %17,6 arasında değişen, ortalama olarak %13,1 oranında blok kazanma verimi elde edilmiştir.

Tekli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği ve yastık miktarı arasındaki ilişkiler irdelenmiş ve Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, tekli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliği ve miktarının artmasıyla blok kazanma veriminin arttığı görülmektedir. Ayrıca yastıklama malzemesi olarak iri pasa ve toprak malzeme kullanılmakla birlikte blok kazanım verimi açısından değerlendirildiğinde her iki malzeme türü için ortalama blok kazanma verimi sırasıyla %13,1 ve %13,0 ile hemen hemen aynı çıkmıştır. Bu sonuçla, tekli üçgen yastıklama uygulamasında malzeme türünün herhangi bir etkisinin olmadığı yönünde değerlendirilmiştir.



Şekil 6.1. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler

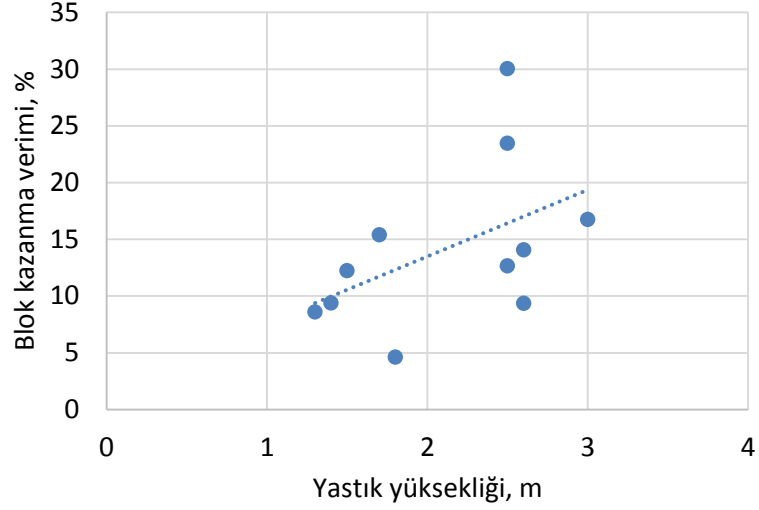


Şekil 6.2. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler

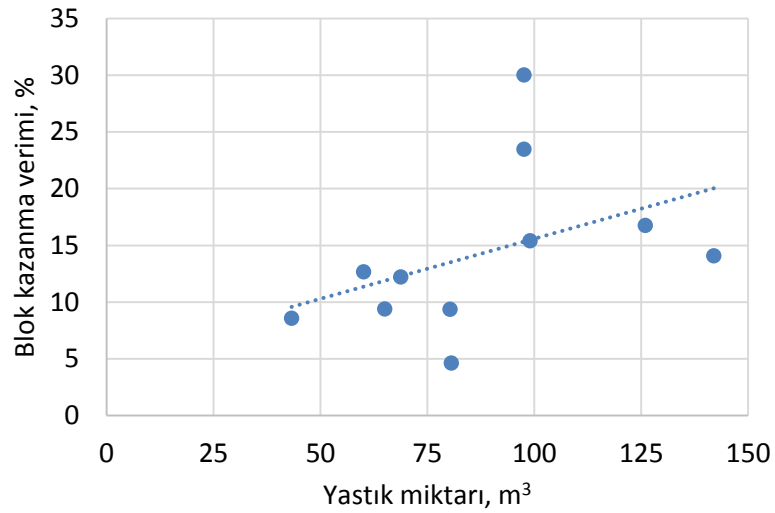
6.2. Çiftli Üçgen Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi

Çalışma yapılan mermer ocağının 8, 9 ve 10 nolu kademelerinde çiftli üçgen şeklinde yastıklama uygulaması ile elde edilen veriler Çizelge 6.2’de verilmiştir. Toplamda 11 adet ana kesim bu şekilde hazırlanan yastıklama uygulamasının üzerine aynı koşullarda devrilmıştır. Uygulanan yastıklamaların yükseklikleri 1 m ile 2,6 m arasında, yastıklamaların hacimleri ise 43 m³ ile 142 m³ arasında değişmekte ve bu uygulama sonrasında %4,6 ile %30 arasında değişen, ortalama olarak %14,2 oranında blok kazanma verimi elde edilmiştir.

Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği ve yastık miktarı arasındaki ilişkiler irdelenmiş ve Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, çiftli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliği ve miktarının artmasıyla blok kazanma veriminin arttığı görülmektedir. Ayrıca yastıklama malzemesi olarak iri pasa ve toprak malzeme kullanılmakla birlikte blok kazanım verimi açısından değerlendirildiğinde her iki malzeme türü için ortalama blok kazanma verimi sırasıyla %13,0 ve %19,7 çıkmıştır. Bu sonuçla, çiftli üçgen yastıklama uygulamasında malzeme türünün toprak malzeme kullanılarak hazırlanan yastıklama çeşidinde, verimin arttığı yönünde değerlendirilmiştir.



Şekil 6.3. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler



Şekil 6.4. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler

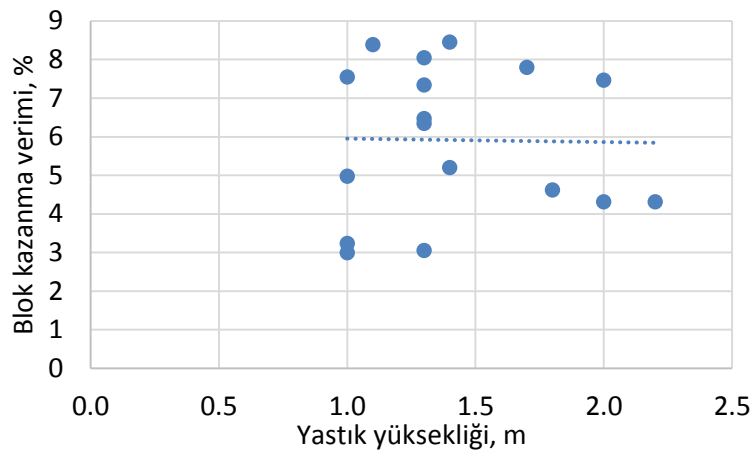
6.3. Trapez Yastıklama Uygulamasının Değerlendirmesi

Çalışma yapılan mermer ocağının 8, 9 ve 10 nolu kademelerinde trapez şeklinde yastıklama uygulaması ile elde edilen veriler Çizelge 6.3'de verilmiştir. Toplamda 17 adet ana kesim bu şekilde hazırlanan yastıklama uygulamasının üzerine aynı koşullarda devrilmiştir. Uygulanan yastıklamaların yükseklikleri 1 m ile 2,2 m arasında, yastıklamaların hacimleri ise 83 m³ ile 230 m³ arasında değişmekte ve

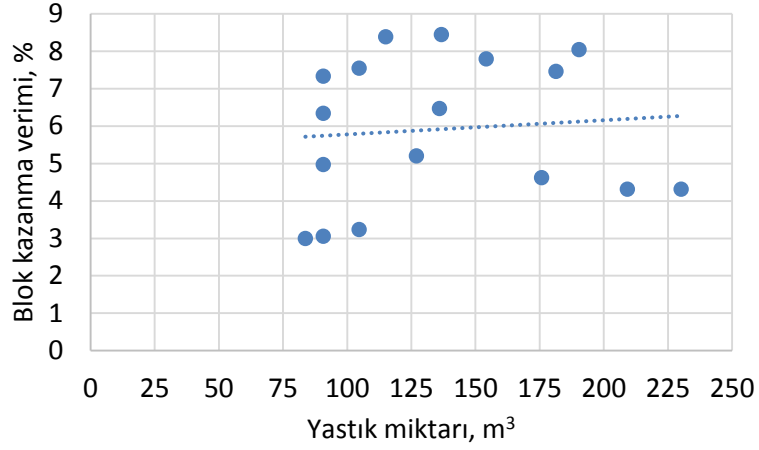
bu uygulama sonrasında %3 ile %8,4 arasında değişen, ortalama olarak %5,9 oranında blok kazanma verimi elde edilmiştir.

Trapez yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği ve yastık miktarı arasındaki ilişkiler irdelenmiş ve Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, trapez yastıklama uygulamasında yastık yüksekliği ve miktarının artmasıyla blok kazanma veriminin arttığı fakat tekli üçgen - çiftli üçgen yastık uygulamasına kıyasla az olduğu ve malzeme miktarının 185 m³'ten sonra verimi azalttığı da görülmektedir. Ayrıca yastıklama malzemesi olarak iri pasa ve ince-orta boyutlu malzeme kullanılmakla birlikte blok kazanım verimi açısından değerlendirildiğinde her iki malzeme türü için ortalama blok kazanma verimi sırasıyla %5,4 ve %6,2 çıkmıştır. Bu sonuçla, trapez yastıklama uygulamasında malzeme türünün ince boyutlarda hazırlanmasının verimin artmasına katkı sağlayacağı ve yönünde değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeye ek olarak aynı yükseklikteki üç yastıklama çeşidinde miktar olarak trapez yastıklamanın fazla olduğu gözlemlenmiştir. Yastık miktarının fazla olması hazırlayan makinenin daha fazla zaman harcadığını göstermekte bunun ise; daha fazla maliyet ve iş kaybı yaratmasına sebep olduğu yönünde değerlendirilmiştir.

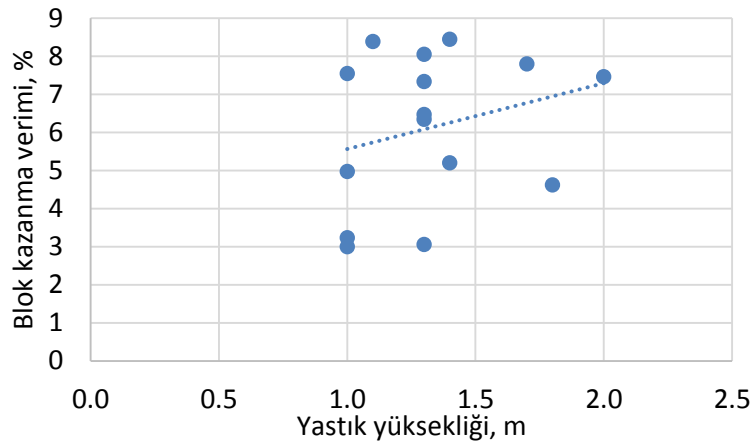


Şekil 6.5. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler

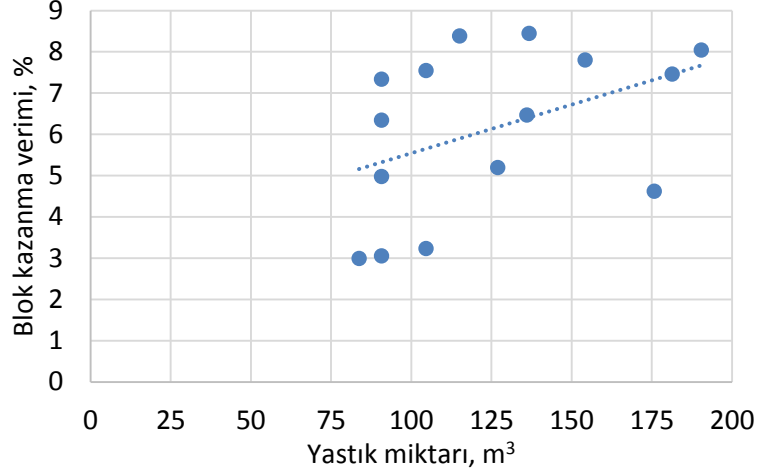


Şekil 6.6. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler

Trapez şekilli yastıklama uygulamasında 2 metreden fazla yükseklik değerinde ve 200 m³'ten fazla yastık miktarında verim düşüşü olduğu Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'dan görülmektedir. Bunun sebebi olarak, gereğinden fazla yastık malzemesinin kullanımının blok devirme işleminden sonra temizlik ve parça blok alma aşamasında iş makinasının yaptığı faaliyetin arttığı ve zayiata sebep olduğu düşünülmektedir. Yastık yüksekliğinin 2 metrenin üzerinde ve miktarının 200 m³'ten fazla olan veriler çıkarıldığında yine yastık yüksekliğine ve miktarına bağlı olarak verim grafikleri tekrar çizilmiş ve Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de sunulmuştur.



Şekil 6.7. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler (h<2 m)

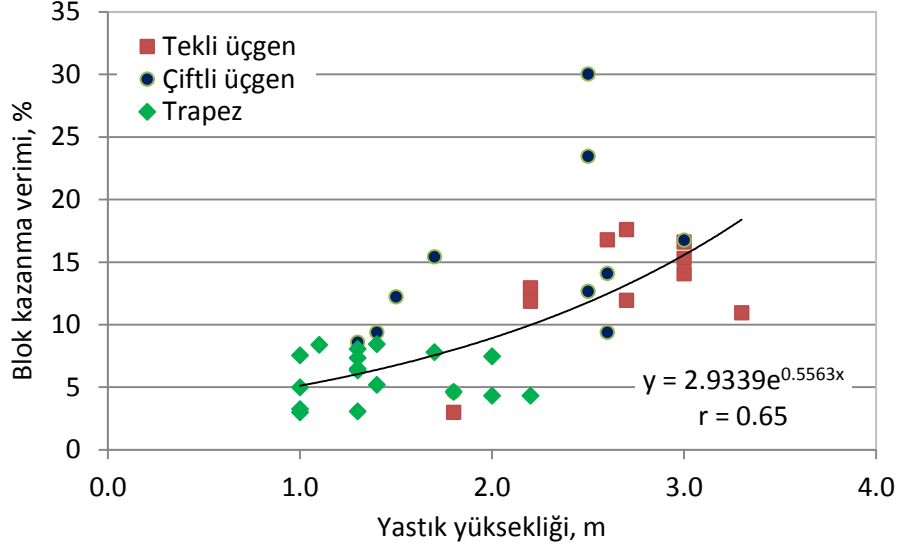


Şekil 6.8. Trapez şekilli yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler ($V < 200 \text{ m}^3$)

6.4. Tüm Verilerin Birlikte Değerlendirmesi

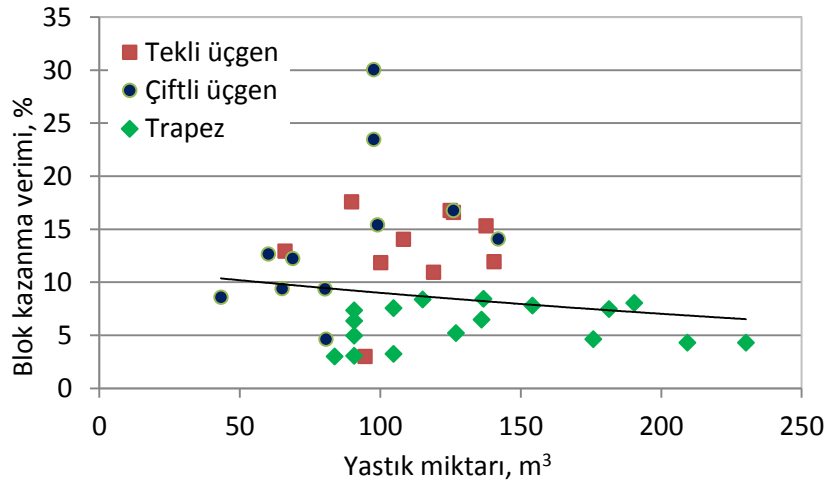
Her üç yastıklama uygulamasında elde edilen ortalama verimler tekli üçgende %13,1, çiftli üçgende %14,2 ve trapez şeklindeki uygulamada ise %5,9 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar uygulanan farklı yastık şekillerinden en uygun olanının çiftli üçgen daha sonra tekli üçgen şeklindeki yastıklama uygulaması olduğunu göstermektedir. Trapez şeklindeki yastıklama uygulamasının ise söz konusu mermer ocağı için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Malzeme çeşitleri incelendiğinde, üç çeşit yastıklama uygulamasında ince boyutlarda hazırlanan yastıklama çeşidinin iri parçalı malzemedan hazırlanan yastıklamalara göre verimi arttırdığı görülmektedir.

Yastıklama yüksekliği ile blok kazanma verimi arasındaki ilişki incelendiğinde aralarında yüksek korelasyonlu üstel artan bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.9). Yastıklama yüksekliği arttığında veriminde arttığı gözlenmektedir. Hatta yastıklama yüksekliğinde yapılacak bir birimlik artışın blok kazanma veriminde daha büyük miktarda artışa neden olacağını göstermektedir. Fakat yastıklama yükseklikleri karşılaştırıldığında ortalama aynı yükseklikteki üç çeşit yastıklama uygulamasında trapez şekilli yastıklama verimi diğerlerine oranla daha düşük olduğu gözlenmektedir. Aynı yükseklikte oluşturulan yastıklama çeşitlerinden trapez şekilli yastıklama çeşidinde daha fazla yastıklama malzemesi kullanıldığı da gözlemlenmiştir.

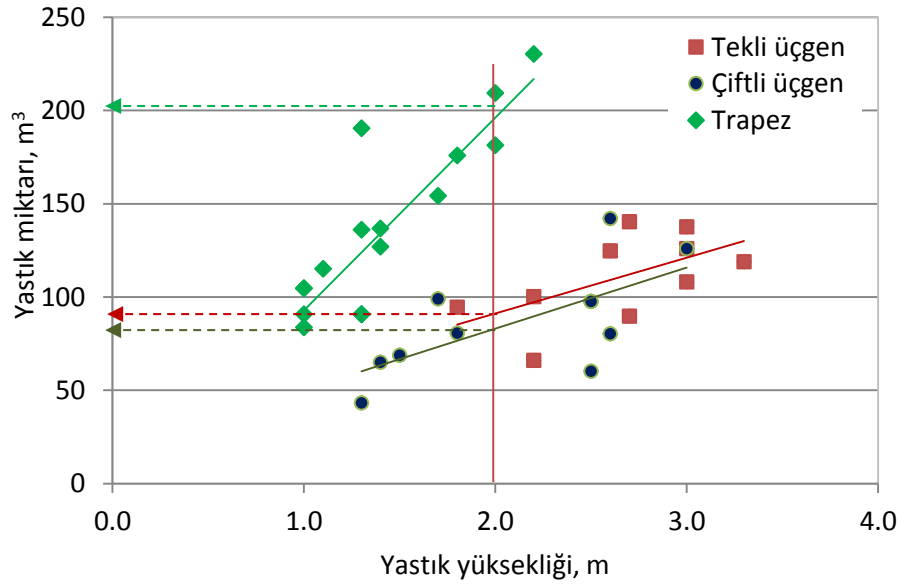


Şekil 6.9. Tüm yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler

Yastıklama miktarları değerlendirildiğinde ise Şekil 6.10'da yastık miktarı arttığında blok kazanma veriminde belli bir noktaya kadar artış sonrasında ise azalma gözlenmiştir. Verimin azalmaya başladığı miktar yaklaşık 130 m³tür. Tekli üçgen ve çiftli üçgen yastıklama miktarlarına bakıldığında 140 m³'ü geçmemekte, trapez şekilli yastıklama uygulamasında ise 230 m³ civarlarına ulaşmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi trapez şekilli yastıklama uygulamasında malzeme miktarının belli bir noktadan sonra verimin düşmesine sebep olabilmektedir.



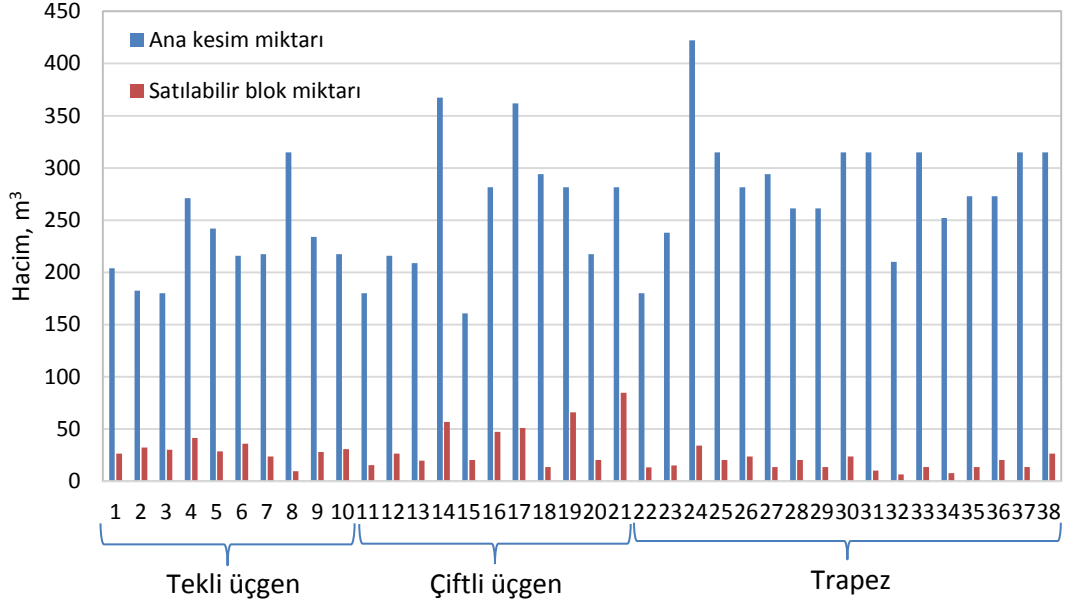
Şekil 6.11’de tüm yastıklama uygulamasında yastık miktarı ve yastık yüksekliği gösterilmiştir. Bu grafikte; çiftli üçgen yastıklama uygulaması ile tekli üçgen yastıklama uygulamasında yükseklik arttığında yastık miktarının arttığı fakat trapez yastıklama ya göre miktarın daha az olduğu gözlenmiştir. 2 m yastık yüksekliğine ulaşabilmek için trapez şekilli yastıklama uygulaması yapabilmek için yaklaşık 200 m³ malzemeye ihtiyaç duyulurken 80-90 m³ malzeme ile yine 2 m yükseklikte tekli ve çiftli üçgen yastıklama uygulaması yapılabilmektedir.



Şekil 6.11. Tüm yastıklama uygulamasında yastık yüksekliği ile yastık miktarı arasındaki ilişkiler

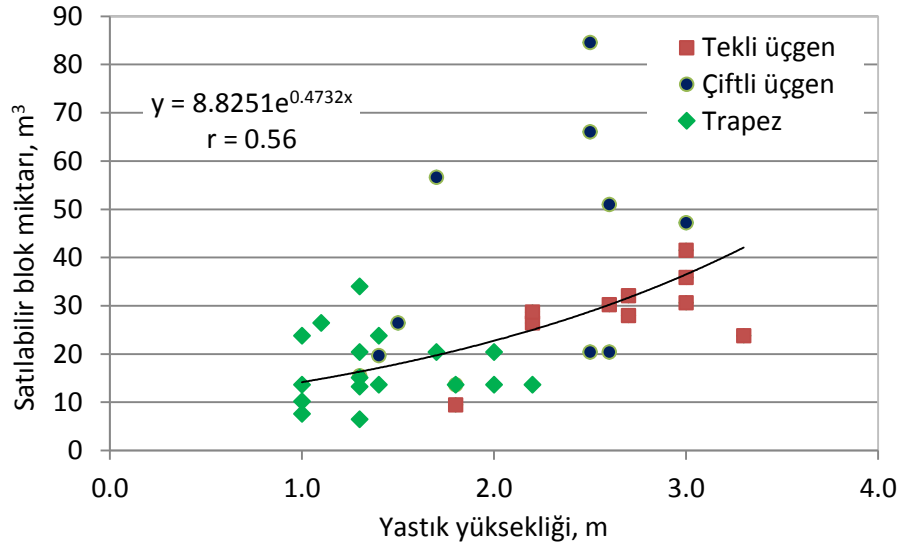
Ortalama aynı yükseklik ve miktarlardaki çiftli üçgen ve tekli üçgen yastıklama uygulaması karşılaştırıldığında ise; çiftli üçgen yastıklamasının veriminin tekli üçgen yastıklama verimine göre fazla olduğu yönünde değerlendirme yapılmıştır.

Şekil 6.12’de tüm yastıklama uygulamasında ana kesim miktarları ve satılabilir blok miktarları gösterilmiştir. Ocak içerisindeki farklı bölge ve kesimlerde elde edilecek olan satılabilir blok miktarının değişim göstereceği yönünde değerlendirilmiştir.



Şekil 6.12. Tüm yastıklama uygulamasında ana kesim miktarları ve satılabilir blok miktarları

Şekil 6.13’de ise tüm yastıklama uygulamalarında satılabilir blok miktarı ile yastık yüksekliği arasındaki ilişki gösterilmiş olup anlamlı bir korelasyon katsayısında üstel artan bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

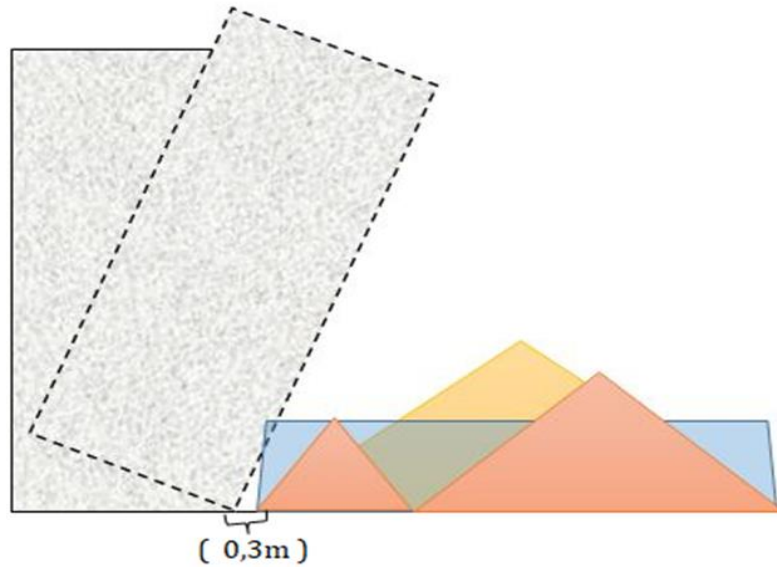


Şekil 6.13. Tüm yastıklama uygulamasında satılabilir blok miktarı ile yastık yüksekliği arasındaki ilişkiler

Tüm bu sonuçlar mermer ocaklarındaki yastıklama uygulamasının önemini göstermektedir. Mermer ocaklarında uygulanan yastıklamanın yüksekliğinin iyi

ayarlanması ana kesimin devrilmesi sırasında blok parçalanmasını olumlu yönde etkilediği söylenebilmektedir. Bu sayede blok kazanma veriminde artış olacağı görülmüştür.

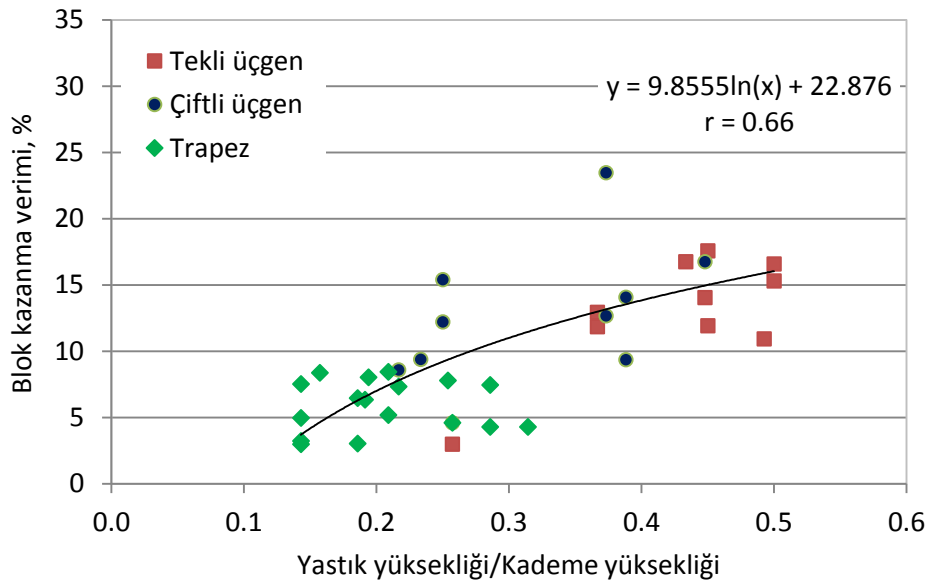
Şekil 6.14'te çalışmada uygulanan üç farklı yastıklama uygulamasının ortalama boyutlarının aynı ana kesim bir mermer aynasında ve aynaya aynı uzaklıktaki sembolik çizimleri gösterilmektedir. Bu ana kesim mermer bloğunun hidrolik ayırıcılarla (iticilerle) devrilmeye başlaması ile serbest düşmeye başladığı an sembolize edilmiştir. Bu şekil değerlendirildiğinde kesimin alt tarafı ilk olarak trapez yastıklama uygulaması ile ikinci olarak çiftli üçgen yastıklama uygulaması sonra ise tekli üçgen yastıklama uygulaması ile karşılaşacağı görülmektedir. Serbest düşmeye başlayan kesimin üst kısmını ilk olarak tekli üçgen yastıklama, ikinci olarak çiftli üçgen yastıklama, üçüncü olarak ise trapez yastıklama uygulamasının karşılayacağı da görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda yastıklama uygulamasının kesimin serbest düşmeye başladığı andan itibaren fazla moment kazanmadan, kesimin alt ve üst kısmını en uygun şekilde karşılayan yastıklama şeklinin çiftli üçgen olacağı düşünülmektedir. Çalışmada elde edilen blok kazanma verimlerine göre de en uygun yastıklama uygulamasının çiftli yastıklama uygulaması olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.14. Serbest düşmeye başlayan kesim ve aynı miktardaki yastıklama çeşitleri

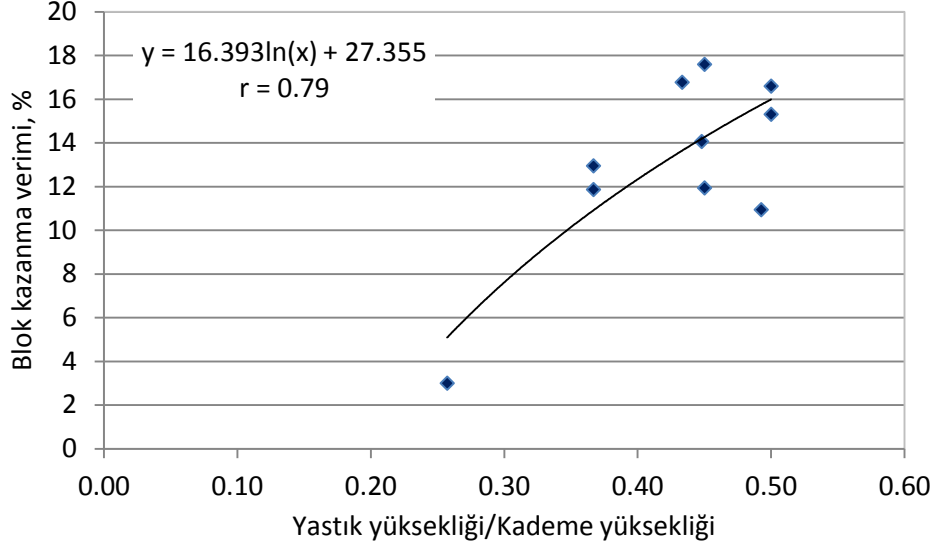
6.5. Yastık Yüksekliği ile Kademe Yüksekliği Oranının Verime Etkisi

Mermer ocaklarında yastık yüksekliği genellikle kademe yüksekliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Ama literatürde optimum bir oran bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranı 0,15-0,50 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu oranın blok kazanma verimi ile ilişkisi Şekil 6.15'te verilmiştir. Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artmasıyla başka bir ifade ile kademe yüksekliğinin sabit kalması koşuluyla yastık yüksekliğinin artmasıyla blok kazanma verimi logaritmik olarak yüksek bir korelasyonla artmaktadır.



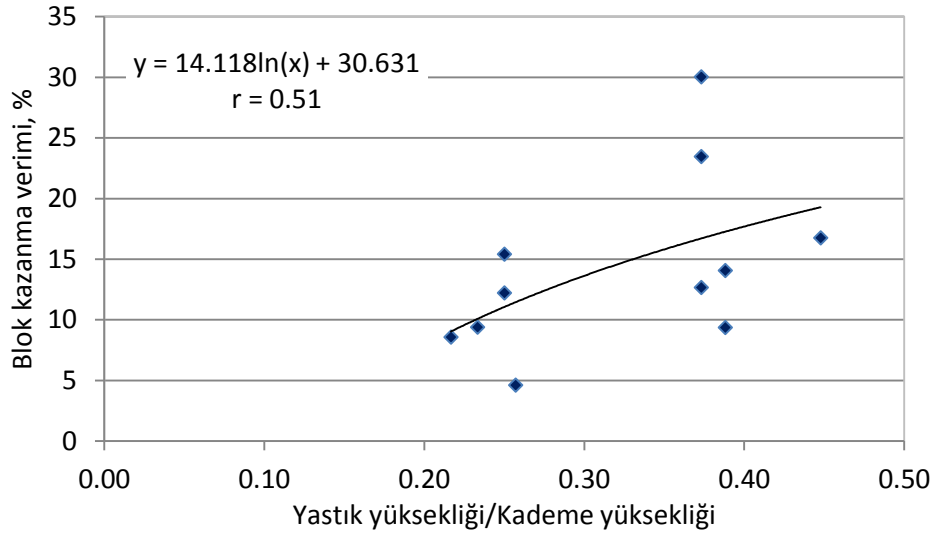
Şekil 6.15. Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi

Tekli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında, yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artması ile blok kazanma veriminin yüksek bir korelasyonla arttığı gözlenmiştir (Şekil 6.16). Mermer ocaklarında bu yastık şeklinin oluşturulması için yastık yüksekliğinin artırılması daha fazla malzeme, işçilik ve zaman gerektiği bilinmekte ve bunun optimum bir değerde olması istenmektedir. Bu yastık uygulamasında verimin yüksek olması için yastık yüksekliği kademe yüksekliği oranının 0,5 olması önerilmektedir.



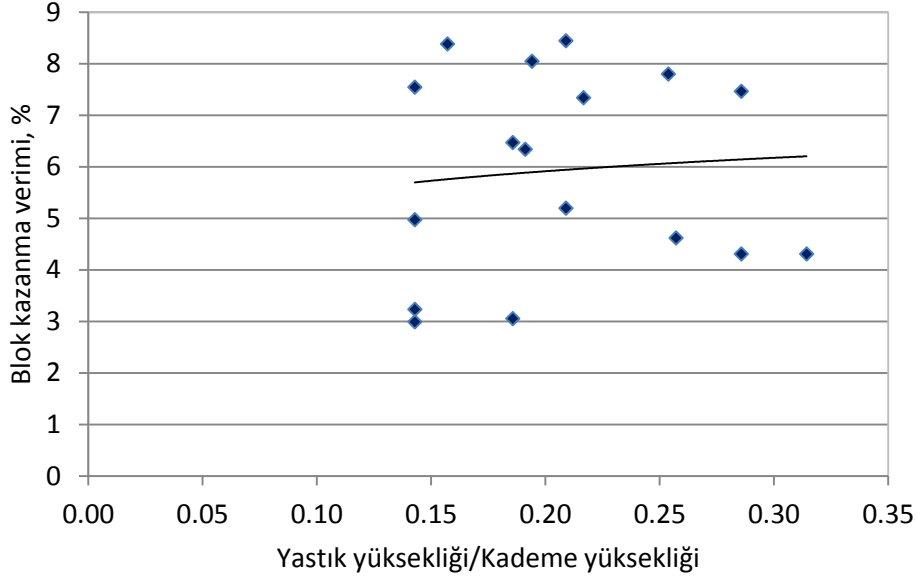
Şekil 6.16. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi

Çiftli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında da tekli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında olduğu gibi, yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artması ile blok kazanma veriminin yüksek bir korelasyonla arttığı tespit edilmiştir (Şekil 6.17). Çiftli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında ise verimin yüksek olması için yastık yüksekliği kademe yüksekliği oranının 0,4 olması önerilmektedir.



Şekil 6.17. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi

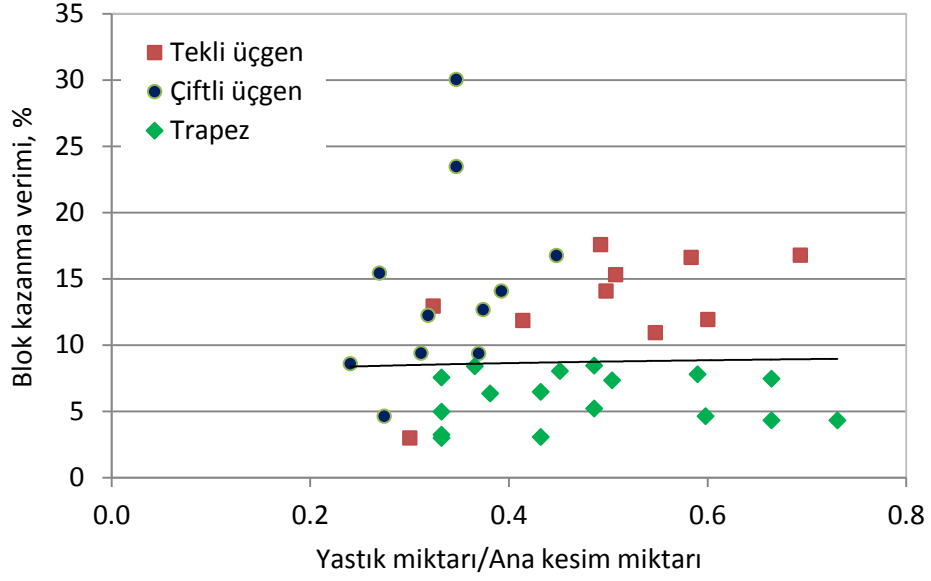
Trapez şekilli yastıklama uygulamasında ise yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artması ile blok kazanma veriminde artışın, çiftli ve tekli üçgen şekilli yastıklama uygulamalarına kıyasla daha az olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Trapez yastıklama uygulamasında yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının blok verimine etkisi

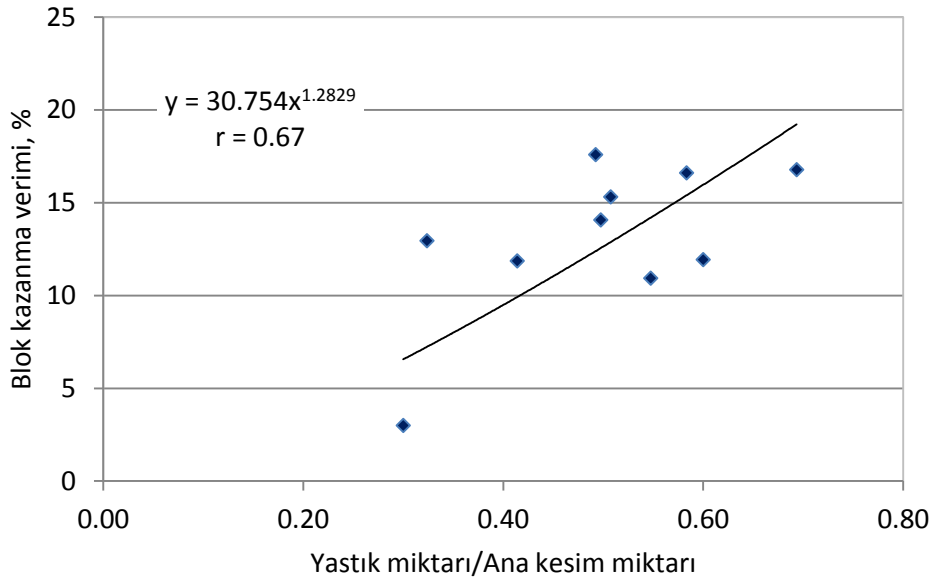
6.6. Yastık Miktarı ile Kesim Miktarı Oranının Verime Etkisi

Yastık miktarı (hacmi) ile ana kesim miktarı (hacmi) oranının yine blok kazanma verimini etkileyebileceği değerlendirilmiştir. Bu amaçla çalışmada hazırlanmış olan tüm kesimlerin miktarları ile yastık miktarları oranlanarak blok kazanma verimine etkisi araştırılmıştır. Tüm yastıklama uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde yastık miktarının ana kesim miktarına oranının blok kazanım verimini arttırdığı lakin net bir artış görülmediği tespit edilmiştir (Şekil 6.19). Fakat farklı yastıklama uygulamaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde daha anlamlı ilişkiler belirlenmiştir.



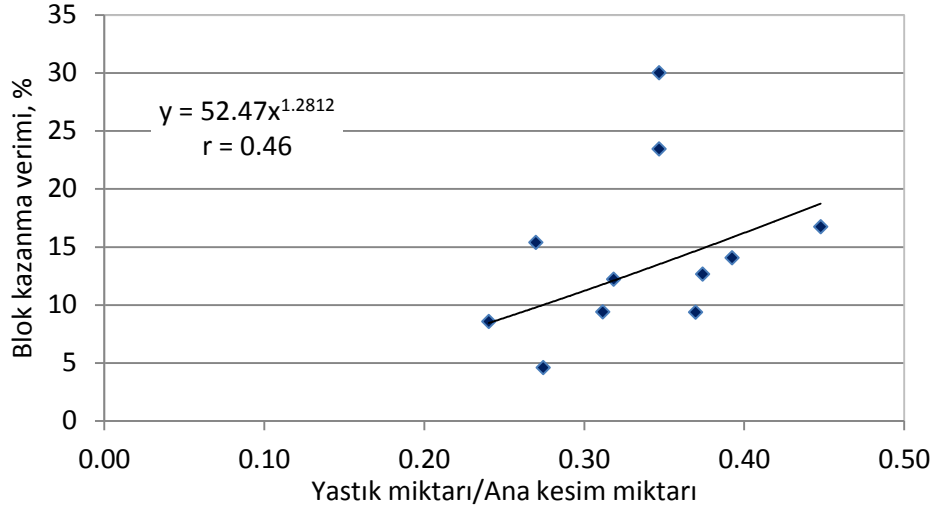
Şekil 6.19. Yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi

Tekli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının artması ile blok kazanma veriminin yüksek bir korelasyonla artış gösterdiği Şekil 6.20'de görülmektedir. Bu sonuç ana kesimin hacmi ile yastıklama hacminin belli bir oranda olması gerektiğini göstermiştir. Bu değerin 0,5-0,6 olması önerilmektedir.



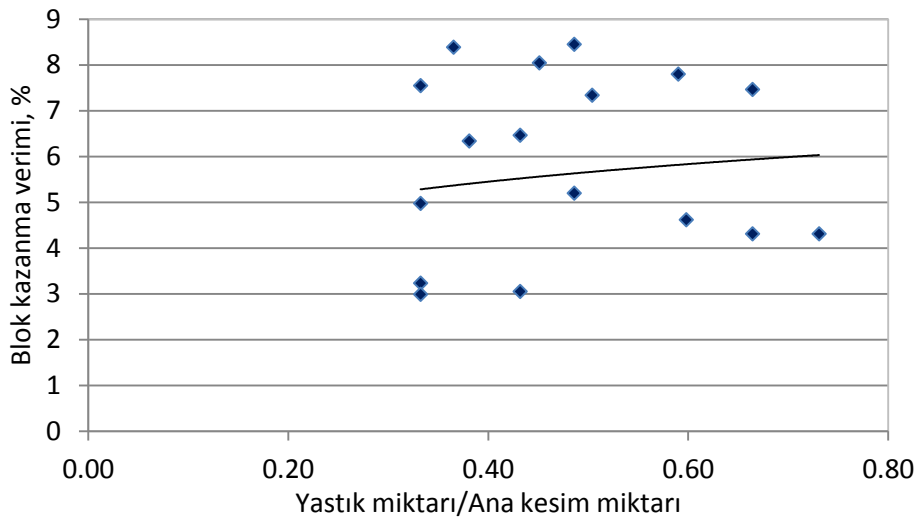
Şekil 6.20. Tekli üçgen yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi

Çiftli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında da iyi bir korelasyon değerinde, yastık miktarının ana kesim miktarına oranının artması ile blok kazanma veriminin artış gösterdiği saptanmıştır (Şekil 6.21). Yine çiftli üçgen şekilli yastıklama uygulamasında ana kesimin hacmi ile yastıklama hacminin oranı 0,35-0,4 olması önerilmektedir.



Şekil 6.21. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi

Şekil 6.22'de ise trapez şekilli yastıklama uygulamasında yastık miktarının ana kesim miktarına oranının blok kazanma verimini olumlu şekilde etkilediği lakin kayda değer bir artış görülmemiştir.

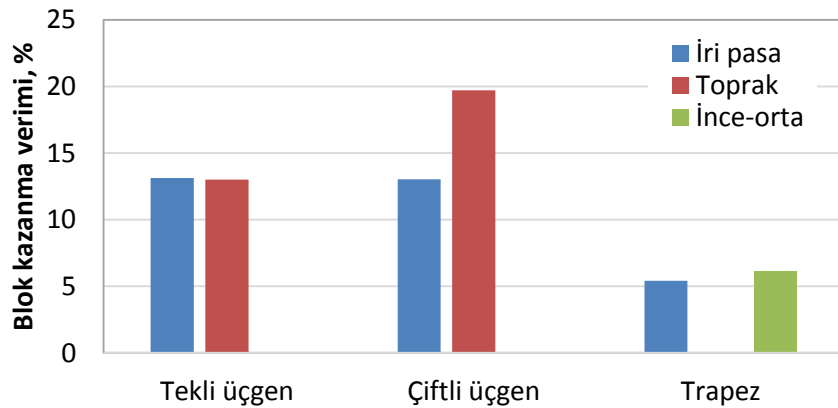


Şekil 6.22. Trapez yastıklama uygulamasında yastık miktarının kesim miktarına oranının blok verimine etkisi

6.7. Yastıklama Malzemesinin Verime Etkisi

Mermer ocaklarında yastıklama malzemesi hazırlanırken genellikle mermer ocak sahası içerisinde rahatlıkla bulunabilecek farklı boyutlarda pasa malzemesi kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında farklı şekillerde yastıklama uygulaması yapılırken yastıklama malzemesi olarak ince-iri pasa ve toprak malzemesi kullanılmıştır. Fakat toprak malzemesinin mermer ocaklarında temininin zorluğundan dolayı daha az sayıda yastıklama uygulamasında kullanılabilmiştir.

Çalışma kapsamında farklı yastıklama malzemelerinden oluşturulan farklı şekillerdeki yastıklama uygulamalarından elde edilen ortalama blok kazanma verimleri Şekil 6.23'te verilmiştir. Şekilde, tekli üçgen yastıklama uygulamasında toprak kullanılarak oluşturulan yastıklama malzemesinin farkı çok görülme de çiftli üçgen yastıklama uygulamasında iri pasadan oluşan yastıklama malzemesine göre daha fazla blok kazanma verimi elde edilmiştir. Yine trapez şekilli oluşturulan yastıklama uygulamasında yastıklama malzemesi olarak ince-orta ve iri pasadan oluşan malzeme kullanılmış ve ince-orta boyut pasa malzemesinin iri pasadan oluşan yastıklamaya göre daha fazla bir blok kazanma verimi sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre toprak malzemesinin fazla kullanılamamasına rağmen, yastıklama malzemesinin ince boyutlarda olması veya toprak malzemedan hazırlanmasının verimi arttırdığı görülmektedir.



Şekil 6.23. Yastıklama uygulamalarında kullanılan malzemelerin verime etkisi

7. SONUÇLAR

Türkiye doğal taş ihracatı sürekli artmakla birlikte henüz istenilen düzeye ulaşamamıştır. Dünyada çevreye verilen önemin giderek artması ve modern yaşamın getirdiği sorunlar nedeniyle toplumlarda doğal yapı malzemelerinin kullanılmasına eğilim artmaktadır. Bu da rezerv bakımından oldukça önemli olan Türkiye'nin gelecekte mermer ihracatının daha fazla olacağını göstermektedir. Bundan dolayı mermer üretimine gereken önem ve özen gösterilmeli kayıpları azaltmaya gidilmelidir. Dolayısıyla ihracatın artması ve üretim kayıplarının en aza indirilmesi için gereken önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerin başında üretimin en önemli parametrelerinden biri olan yastıklama çeşidinin doğru hazırlanması gerekmektedir, bu sebep ile çeşitli yastıklamalar uygulanarak yıkımlar hazırlanmış deneyler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Her üç yastıklama uygulamasında elde edilen ortalama verimler tekli üçgende %13,1, çiftli üçgende %14,2 ve trapez şeklindeki uygulamada ise %5,9 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar uygulanan farklı yastık şekillerinden en uygun olanının çiftli üçgen daha sonra tekli üçgen şeklindeki yastıklama uygulaması olduğunu göstermektedir. Trapez şeklindeki yastıklama uygulamasının ise söz konusu mermer ocağı için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Tekli üçgen yastıklama uygulamasında yapılan deneyler sonucunda, yastıklama miktarı 85 m³-140 m³ aralığında, yastıklama yüksekliği 2,15-3 m aralığında blok kazanım veriminin arttığı görülmüştür. En fazla verimin arttığı yastıklama miktarının 90 m³ ve yastıklama yüksekliğinin ise 2,7 m olduğunda gözlemlenmiştir.
- Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında, yastıklama miktarı 60-145 m³ arasında, yastıklama yüksekliği ise 1,5-3 m aralığında blok kazanım veriminin arttığı görülmüştür. Çiftli üçgen yastıklama uygulamasında en yüksek verim değeri, yastıklama miktarının 126 m³ ve yastıklama

yüksekliğinin ise 3 m olarak uygulanan blok devirme işleminde olduğu tespit edilmiştir.

- Trapez yastıklama uygulamasında, yastıklama miktarı 90-190 m³ aralığında, yastıklama yüksekliği 1-1,5 m aralığında, blok kazanım veriminin arttığı gözlemlenmiştir. En fazla verim ise yastıklama miktarı olarak 137 m³, yastıklama yüksekliği olarak 1,4 m olduğu tespit edilmiştir.
- Tüm yastıklamalarda yastık miktarına göre blok kazanım verimi incelendiğinde, 60 m³ ile 140 m³ yastıklama miktarı kullanılan yastıklama çeşitlerinde blok kazanım veriminin arttığı, en fazla verimin alındığı yastıklama miktarının ise 97 m³ olduğu, yastık yüksekliği dikkate alındığında ise çiftli yastıklama uygulamasında farklı iki yüksekliğin olması sebebi ile net değerlendirme yapılamamış ancak ikinci yastıklama yüksekliği baz alındığında blok kazanım veriminin, 1,5-2,7 m aralığında arttığı gözlemlenmiştir. En fazla verimin alındığı yastıklama yüksekliğinin ise 2,5 m olduğu tespit edilmiştir.
- Yastıklama yüksekliği arttığında blok kazanım veriminin de arttığı gözlemlenmiştir. Fakat yastıklama yükseklikleri karşılaştırıldığında ortalama aynı yükseklikteki üç çeşit yastıklama uygulamasında trapez şekilli yastıklama verimi diğerlerine oranla daha düşük olduğu gözlemlenmektedir.
- Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artmasıyla başka bir ifade ile kademe yüksekliğinin sabit kalması koşuluyla yastık yüksekliğinin artmasıyla blok kazanım verimi üstel olarak yüksek bir korelasyonla artmaktadır. Mermer ocaklarında bu yastık şeklinin oluşturulması için yastık yüksekliğinin arttırılması daha fazla malzeme, işçilik ve zaman gerektiği bilinmekte ve bunun optimum bir değerde olması istenmektedir. Verimin yüksek olması için yastık yüksekliği kademe yüksekliği oranı tekli üçgen yastıklama için 0,5 olması, çiftli üçgen yastıklama uygulamasında ise 0,4 olması önerilmektedir.
- Ana kesimin hacmi ile yastıklama hacminin belli bir oranda olması gerektiği değerlendirilmiştir. Bu değer tekli üçgen yastıklama için 0,5-

0,6 olması, çiftli üçgen yastıklama uygulamasında ise 0,35-0,4 olması önerilmektedir.

- Trapez şekilli yastıklama uygulaması hazırlanmasında, yastıklama yüksekliği arttıkça yastık miktarının diğerlerine oranla daha fazla arttığı görülmüştür. Yastık miktarının artması ile hazırlanma ve sonraki hafriyatın temizlenmesi gibi işlemler sürecinde iş kaybına sebep olduğu ve maliyetin arttığı buna karşın yeterli bir blok kazanma veriminde artış gösteremediği tespit edilmiştir.
- Verimin artmasına etken olan en önemli yastıklama faktörlerinden birisi de yastıklama ile kesim arasındaki mesafe olduğu söylenebilir. Bu çalışmada genellikle kesim ile yastıklama arasındaki mesafe 0,3 m olarak sabit bir değer alındığından karşılaştırılma yapılmamıştır. Fakat yastıklama uygulamasının kademenin hemen önünden başlayarak hazırlandığında, yıkım esnasında kademe önünde bulunacak yastık malzemesinin engel teşkil edeceği düşünülmektedir. Yıkım yaparken kesimin alt kısmı yastıklama malzemesine dayanacağı ve yastıklama ile kesim birbirine karşı itme kuvveti uygulayacağı, bu durumun da kesimin daha fazla hasar görmesine ve parçalanmasına sebep olabileceği değerlendirilmektedir. Mesafenin daha fazla olduğu durumda ise kesim serbest düşmeye başladığı andan yastıklama malzemesinin devrilen bloğu karşılayacağı mesafe de artacak ve devrilme hızı dolayısı ile momenti daha da artacak, bu durum da bloğun yine fazla parçalanmasına sebep olacaktır. Bu nedenle kademe aynası ile yastıklama malzemesi arasındaki mesafe uygun bir değerde seçilmelidir.
- Tüm yastıklama uygulamalarındaki malzeme çeşidinin verime etkisi karşılaştırıldığında, toprak malzemesinin fazla kullanılmamasına rağmen, malzeme çeşidinin ince boyutlarda olması veya toprak malzemedan hazırlanmasının verime katkısının fazla olduğu belirlenmiştir.
- Tüm veriler doğrultusunda, yastıklama çeşitleri karşılaştırıldığında; üçgen şekilli yastıklama uygulamalarının, trapez şekilli yastıklama uygulamalarına göre daha verimli olduğu, üçgen yastıklamalarda ise çiftli

üçgen yastıklama uygulamasının, tekli üçgen yastıklama uygulamasına göre daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu tez çalışmasında Burdur bölgesinde bir kireçtaşı ocağında üç farklı yastıklama şeklinin blok verimine etkisi araştırılmıştır. Farklı jeolojik oluşuma sahip mermer ocaklarında da benzer çalışmalar yapılarak blok verimleri değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca mermer ocaklarında doğru çalışma yönteminin ve doğru yastıklama çeşidinin seçilip hazırlanmasının yanında; kullanılan sac balonların farklı türlerinin denenerek en verimli olanının seçilip riper-panter gibi ayırıcıların kullanılmasında azaltmaya gidilmesinin, yıkımlarda ve blokların taşınması esnasında hassas davranıp kırık çatlak oluşmasının azaltılmasının, kullanılan yastıklama malzemesi seçilirken temin edilme kolaylığına göre ince malzeme, toprak malzeme kullanılmasının üretim kayıplarını en aza indireceği düşünülmektedir. Ayrıca farklı hidrolik sistemler kurularak, yastıklama uygulamasını tamamen ortadan kaldırdığı düşünülmüş fakat çalışmaya devam edilememiştir. İlerde bu veya daha farklı bir sistem kurularak yastıklama uygulamasının ortadan kaldırılıp verimi tamamen arttırıcı bir sistem kurulacağı kanaatindeyim.

KAYNAKLAR

- Akın, E., 2011. Mermer İşletme Projesi Hazırlanması ve Projenin Adımları. S.D.Ü. Müh.-Mim. Fak., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96 s. Isparta.
- Altaş, Z., 2006. Üçtepeler (Bünyan-Kayseri) Traverten Ocağının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 71s. Adana.
- Altınçiçek, A., 2001. Mermer Ocağı Açımında Temel Alınacak Bölgesel ve Yersel Kriterler. Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu. Türkiye 3. Mermer Sempozyumu bildiriler kitabı, 14 s. Afyon.
- Altındağ, R., 2018. Doğal Taş Ocaklarında Artık Oluşumunun Önlenmesi ve Artıkların Değerlendirilmesi. "Mermer Madenciliğinde Çevresel Yaklaşımlar. Editörler: Güler, T. ve Polat, E." Muğla Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları – 6, Akademik Yayın Dizisi: 1, p: 35-50, Muğla.
- Bozcu, M., Yağmurlu, F., Şentürk, M., 2007. Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı 66, 25-48
- Coşkun, İ., 2004. Çevikler Madencilik (Kayseri) Mermer Ocakları Travertenlerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri Kesilebilirlik İlişkisinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 127s. Kayseri.
- Kadioğlu, S., Kadioğlu, Y.K., 2006. Yer Radarı (GPR) Yöntemi ile Bir Mermer Sahasındaki Kalınlık ve Süreksizliklerin Belirlenmesi. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 21 (1-2), 127-135.
- Kadioğlu, Y.K., Kadioğlu, S., 2017. Mermer Ocaklarının GPR Yöntemi ile Üç Boyutlu Olarak Görüntülenmesi. Türkiye 9. Uluslararası Mermer Ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, ss. 11-18, Antalya.
- Karahan, D.S., 2018. M.T.A., Dünya ve Türkiye’de Doğal Taşlar, Fizibilite etütleri daire başkanlığı, 40s. Ankara. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/dogaltas.pdf>
- Kaya, Ş., 2015. Burdur Fayının Paleosismolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Kulaksız, S., 2005. Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşletme Teknolojileri. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını. 634 s., Ankara.
- Kulaksız, S., 2012. Madencilikte Çevre Yönetimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 30s. Afyon. Erişim tarihi: 24.02.2021 <https://docplayer.biz.tr/3373438-Prof-dr-seyfi-kulaksiz.html>

- Küçük, K., 2009. Mermer Sahalarından Alınabilecek Blok Boyutlarının Belirlenmesinde Yeni Bir Kayaç Kütle Sınıflama Yönteminin Geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 240s. İzmir.
- Küçük, K., Onargan, T., 2018. Yer Radarı (GPR)Yöntemi ile Burdur Bej Mermer Ocağında Blok Verimliliği Değerlendirmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 30 (1), ss. 51-59.
- M.T.A., 2021. Türkiye'deki Mermer Yatakları Haritası. Erişim tarihi: 24.02.2021. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/mermer.jpg
- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, A.H., 2005. Mermer. Başak Matbaacılık. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 324 s., Ankara.
- Şengüler, M., Adıgüzel, M., 2019. Türkiye Mermer Sektörünün ve Rekabet Gücünün İncelenmesi. T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü, Tartışma metinleri, 16s. İstanbul.
- T.C.T.B., 2021. Doğal Taşlar Sektör Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü, Maden, Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, 10 s. Ankara.
- Tonçer, M., 2005. Diyarbakır Hani Yöresindeki Mermer Ocaklarının Blok Alma Olanakları, Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 150s. Adana.
- Turanboy, A., 2003. Süreksizliklerle Sınırlandırılmış Kaya Bloklarının Üç- Boyutlu Gösterimi ve Dağılımları. S.U. Seydişehir M.Y.O. Türkiye 4. Mermer sempozyumu bildiriler kitabı, 12 s. Konya.
- Urhan, S., Şişman, A., 1993. Blok Mermer Üretiminde Elmaslı Tel Kesme Kullanımı, Uygulaması ve Kesme Veriminin Optimizasyonu. Bilimsel Madencilik Dergisi, 30 s. Ankara.
- Yavuz, A.B., 2018. Mermer Ocaklarında Üretim Verimliliğini Etkileyen Jeolojik Parametreler ve Bunların Tespitinin Üretim Verimliliği Üzerindeki Etkileri. (Ed: Güler, T., Polat, E.,) Mermer Madenciliğinde Çevresel Yaklaşımlar. Muğla Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları-6, 271 s. Muğla.