

MERMER OCAKLARINDA DELME ÇATLATMA YÖNTEMİNDE ÜRETİM PLANLAMASI VE HESAP ÇİZELGESİ PROGRAMINDA UYGULANMASI

Metin ERSOY^{1*}

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mermer Teknolojisi Programı, İzmir Yolu 8. km. Afyonkarahisar

Özet

Mermer ocak işletmeciliğinde delme çatlatma yöntemi, ilk yatırım maliyetinin düşüklüğünden dolayı arama çalışmalarında ve her tür formasyonda uygulanabilirliğinden dolayı çok sert kayaların üretiminde tercih edilen, üretim hızı düşük, kayıp oranı yüksek bir mermer ocak işletme yöntemidir.

Günümüzde, ülkemiz mermer ocaklarının birçoğunda planlama yapılmadan günlük politikalarla üretim yapılmakta, planlama yapılan kısıtlı sayıdaki ocaklarda ise kabuller ve tahminlerle elde edilen veriler kullanılmakta ve sonuçlar gerçeğe az yaklaşmaktadır. Bu da yatırım ve iş gücünün planlı ve verimli kullanılmamasına ve görünmez para kaybına neden olmaktadır. Planlı ve verimli çalışmanın önemi, dünya rezervinin 1/3 ünden fazlasına sahip, 150 ülkeye ihracat yapan ve maden ihracatının %60 ını karşılayan mermer sektörü için daha da artmaktadır.

Bu çalışmada, üretim planlama aşamasında delme çatlatma yönteminde yapılan çalışmalar gruplanmış, her bir grubun çalışma süreleri belirlenmiş, bu gruplar arasındaki uyumun ne olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca sürelerle bağlı olarak hedeflenen üretim miktarlarına belli bir dönem içinde ulaşılması için gerekli makina ve donanımın miktarı ile bu dönemde gerekli olacak ana sarf malzemelerinin miktarlarının hesaplama şekilleri gösterilmiştir. Çalışmanın son aşamasında, belirlenen girdiler ve eşitlikler hesap çizelgesi programına işlenmiş, başlangıçta belirtilen girdiler değiştirildiğinde çıktılarda meydana gelen değişimler gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Üretim planlama, Mermer ocak işletmeciliği, Delme çatlatma yöntemi, Hesap çizelgesi programı

PRODUCTION PLANNING AND APPLICATION TO EXCEL OF DRILLING METHOD (GADDING) IN MARBLE QUARRIES

Abstract

Drilling method of marble quarries (gadding) is preferred because of low pre-investment and applicable in any kind of formations, especially for very hard stones. However it is the method of non productive and low production speed. Nowadays, many of marble quarries has been working daily strategies without any planning, but in few of them, made production planning, predictions and assents are being used in calculating so the results can not closely to the realty, in our country. Therefore it causes that the investment is not used planned and productized. The productive and planned working is more important in our country which has 1/3 reserve of earth, exports to 150 different countries and makes 60% of mining export of country.

In this study, the workings were grouped and indicated the working times, then showed what should be the harmony between the groups. In addition it was given that how to calculate the amount of required machines, equipments and fundamental raw materials. At the end of study, the data's and equations put into Microsoft Office Excel and investigated the changes of results.

Key Words: Production planning, Marble quarrying, Drilling method, Excel

1. Giriş

Ülkemiz doğaltaş rezervinin ne kadar olduğu konusunda detaylı bir çalışma yapılmamış olmasına rağmen 3,8 milyar m³ mermer, 2,7 milyar m³ traverten, 1 milyar m³ granit rezervinin olduğu bilinmektedir. Bu rakamlar bazı kaynaklara göre dünya rezervinin %30-40 ı kadardır [1, 2, 3, 4, 5]. Ülkemiz önemli mermer ve doğaltaş yataklarının bölgelere göre dağılımı Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1 Önemli Mermer ve Doğaltaş Yataklarının Bölgelere Göre Dağılımı [2]

Türkiye doğal taş sektörü, 1000 ocak, 1500 fabrika, 7500 atölyede toplam 250 000 kişilik istihdamıyla dünyada yaklaşık 150 ülkeye doğal taş (mermer, traverten ve granit ürünleri) ihraç eden ve ülke ekonomisine ortalama 1.2 milyar dolarlık katma değer sağlayan bir sektördür. Mermer, doğal taş ve teknolojileri ihracatı toplam maden ihracatımızın yaklaşık % 60'ını tek başına gerçekleştirmektedir [2]. Mermer sektörü kendi hammaddemizi işleyen dışa bağımsız bir sektör olduğu için kazanılan dövizin tamamının yurtiçinde kalması bakımından önemlidir.

Dünya doğaltaş pazarı yıllık yaklaşık 60 milyon ton olup doğaltaş kullanımının 2025 yılına kadar yıllık 300 milyon tonu bulacağı tahmin edilmektedir. Bu pazardan en büyük payı almak, ancak planlı çalışmakla mümkün olacaktır.

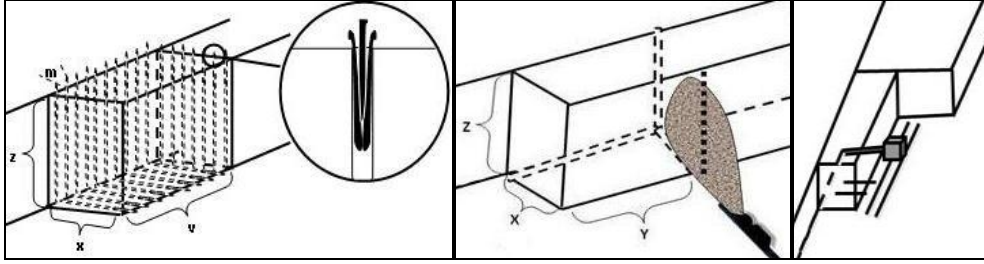
Ülkemiz mermer ocaklarının çoğunda günlük üretim politikaları uygulanmakta ve o anki şartlara göre üretim yapılmaktadır. Bazı büyük mermer işletmelerinde planlama çalışmaları yapılmasına rağmen, bu çalışmalar da her bir işletmenin kendine göre geliştirdiği yöntemlerle gerçekleştirilmekte, belli bir standart dâhilinde yapılmamaktadır.

Bu çalışmada, mermer üretim yöntemlerinden delme çatlatma yönteminde, dönemlik ve yıllık kazanılabilecek üretim miktarlarının ve bunun için gerekli olan ana donanım ve sarf malzemelerinin hesaplamaları belli bir dizilime sokulmaya çalışılmış ve ilgili hesaplamalarda hesap çizelgesi programının (Microsoft Office Excel) kullanılabilirliği incelenmiştir.

2. Mermer Ocaklarında Uygulanan Üretim Yöntemleri

Mermer ve doğaltaş üretiminde, üretim yönteminin türünü tanımlayan esas faktör kütlelin ana kayaçtan ayrılması sırasında uygulanan kesme yöntemidir. Günümüzde uygulanan yöntemler, delme çatlatma (DÇ), elmas telle kesme (ETK) ve zincirli kollu kesicilerle kesme (KK) yöntemleridir.

Delme çatlatma yönteminde, ana kayaç üzerinde kesim yapılacak doğrultuda, sıralı birçok delikler açılıp içlerine mermer çivisi ve yapraklar sıkıştırılarak bloğun çatlaması sağlanır. Elmas telle kesme yönteminde ise birbirleriyle birleşen üç delik açılır ve bu deliklerden elmas tel geçirilir. Telin döndürülmesi ve geri çekilmesi şeklinde kesim yapılır [6, 7]. Diğer popüler yöntem olan zincirli kollu kesicilerin kullanımında ise, ray üzerine yerleştirilmiş kollu kesicinin kesme düzlemi boyunca hareket ettirilmesi şeklinde kesme gerçekleşir (Şekil 2).



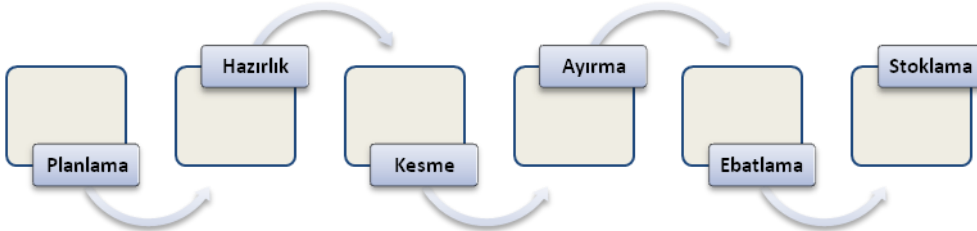
Şekil 2 Delme çatlatma, elmas tülle kesme, kolları kesicilerle kesme yöntemlerinin şematik görünüşleri

Günümüzde mermer ve doğaltaş işletmelerinde, bu yöntemler ayrı ayrı uygulandığı gibi birlikte de uygulanabilmektedir [8, 9]. Örneğin çalışmanın daha zor olduğu alt kesimlerin kolları kesicilerle yapıldığı, arka ve profil kesimlerin de basamak yüksekliklerinden dolayı elmas tülle yapıldığı ya da dilimleme aşamasında delme çatlatma yönteminin uygulandığı birçok mermer ocağı bulunmaktadır.

Üretim yönteminin seçiminde gerek ekonomik gerekse teknik birçok parametre etkindir [8, 9]. Delme çatlatma yönteminin, en düşük yatırımla, en az personelle ve her türlü formasyonda uygulanabilen bir yöntem olması gibi avantajlarının yanı sıra üretim hızının düşüklüğü ve kayıp oranının yüksekliği gibi dezavantajları da vardır. Yöntem düşük ilk yatırım avantajından dolayı daha çok arama çalışmalarında veya çok sert kayaların üretiminde tercih edilmektedir.

3. Mermer Üretim 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 6 ana grupta incelenebilir (Şekil 3).



Şekil 3 Mermer Üretim Aşamaları

Planlamada uygulanacak teknoloji, kullanılacak donanım, hazırlık aşamasında, çalışma alanının temizlenmesi, delme ya da kesme parametrelerinin belirlenmesi, DÇ ve ETK yöntemlerinde deliklerin açılması, KK yönteminde de rayların yere sabitlenmesi gibi faaliyetler yapılır.

Kesme aşaması ise, DÇ yönteminde yaprakların ve çivilerin deliklere yerleştirilerek sıkıştırılması, ETK yönteminde rayların döşenmesi, makinanın kurulması, telin deliklerden geçirilerek döndürülmesi ve çekilmesi, KK yönteminde de makinanın kurulması ve çalıştırılması şeklindedir.

Kesme işlemi tamamlanan kütleler, ana kayaktan bir miktar ileriye ötelenir ya da devrilir sonra dilimleme aşamasına geçer. Bu aşamada kütle yine kesme yöntemlerinden herhangi biri uygulanarak daha küçük ebatlı bloklara ayrılır. Sahadaki süreksizliklerden ya da üretim sırasındaki düzensiz parçalanmalardan dolayı blokların bazıları geometrik şekilli olmayabilir. Bu yüzden de blokların kenarları tıraşlanır. Bu işleme de sayalama denir. Gerek dilimleme gerekse sayalama işlemlerinin amacı, blokları taşınabilir ve blok kesme makinelerinde kesilebilir boyutlara getirmektir (<2 m). Taşıma ve stoklama işleri ya derrick vinçlerle ya da yükleyicilerle ocak stok alanına yapılır. Doğrudan tesise götürülecek olan bloklar kamyonlara yüklenerek nakledilir.

4. DÇ Yöntemiyle Üretimde Zaman Etüdü

DÇ yönteminde geçen süreyi etkileyen önemli faktörler, açılacak delik sayısı ve deliklerin derinliğidir. Bu da üretilen kayacın sertliğine, gevrekliğine, sahadaki süreksizlik takımlarına ve formasyondaki yabancı minerallere göre değişiklik gösterir.

Delme işlemi için basınçlı hava ile çalışan ve martoperferatör adı verilen delici tabancalar kullanılır. İşlem insan gücüyle yapıldığı gibi ray üzerine yerleştirilmiş bir defada daha fazla delik açabilen lineer delicilerle de yapılabilir (Şekil 4).



Şekil 4 Delme çatlatma yönteminde deliklerin açılması [10]

Herhangi bir mermer ocağında üretim planlaması yapılmadan önce, ocağın blok verim oranı (%r) bilinmeli ve yıllık kapasite ($Q \text{ m}^3/\text{yıl}$) hedefi belirlenmelidir. Ana kayacı bir defada (döngü, periyot) koparılacak kütle parametreleri X (dilim kalınlığı), Y (kesme boyu) ve Z (basamak yüksekliği) olan bir ocakta n adet a , b , c boyutlarında bloklar üretilmesi hedeflendiğinde, ocağın verimi;

$$\%r^{DÇ} = \frac{(a+b+c) \cdot n_b}{(X+Y+Z)} * 100 \quad (1)$$

olacaktır.

Üretimde planlama ve hazırlık aşamasında, bölgenin temizliği, kesim parametrelerinin belirlenmesi ve delme işlemleri yapılır. Bu işlemler için harcanan zaman, topografyaya ve kesim bölgesinin durumuna göre değişir. Kesilecek kütle boyutları X , Y ve Z olan kütle için açılması gereken delik sayısı (n_d), m , delikler arası mesafe olmak üzere;

$$n_d^{düşey} = \left[\frac{Y+X}{m} \right], n_d^{yatay} = \left[\frac{Y}{m} \right] \text{ "adet"} \quad (2)$$

$$n_{d1} = n_d^{düşey} + n_d^{yatay} \text{ "adet"} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Düşey ve yatay delik sayıları hesaplanırken, kesme sınırlarında delme işlemi yapılamayacağından, çıkan ondalık değerler ihmal edilir, sayının tam kısımları dikkate alınır.

Açılması gereken toplam delik boyu (l_{d1}) ise;

$$l_d^{düşey} = Z * n_d^{düşey}, l_d^{yatay} = X * n_d^{yatay} \text{ "metre"} \quad (4)$$

$$l_{d1} = l_d^{düşey} + l_d^{yatay} \text{ "metre"} \quad (5)$$

eşitliklerinden hesaplanabilir.

Delme için harcanacak zaman (t_d), kayacın karakteristikleri dışında delici tabanca sayısı (n_{dt}) ve delicinin delme hızı (V_d) ile ilişkili olduğundan delme süreleri;

$$t_d^{düzey} = \frac{l_d^{düzey}}{v_d^{düzey} \cdot n_{dt}}, t_d^{yatay} = \frac{l_d^{yatay}}{v_d^{yatay} \cdot n_{dt}} \text{ "saat"}$$

(6)

$$t_{d1} = t_d^{düzey} + t_d^{yatay} \text{ "saat"}$$

(7)

eşitliğiyle bulunur.

Üretim alanının temizlenmesi ve planlama (t_p), delicinin çalışma bölgesine getirilmesi ve kurulması (t_k), iş sonu sökülmesi ve götürülmesi (t_s) ve delme noktaları arasındaki yer değiştirmesi (t_{ydg}) için geçen süreler ve ocakta kullanılan iş makinası (yükleyici veya kazıcı) sayısı (n_{ex}) da dikkate alındığında hazırlık için harcanan süre (T_h);

$$T_h = \left(\frac{t_{tp}}{n_{ex}} \right) + \left(\frac{t_{k1} + t_{s1}}{n_{ex}} \right) + (n_{d1} * t_{ydg}) + t_{d1} \text{ "saat"}$$

(8)

olacaktır.

Hazırlık aşaması tamamlanan blokların kesimine geçilir. DÇ yönteminde kesim işlemi, deliklere yaprak ve çivilerin yerleştirilmesi sonra balyozla sıra ile vurularak bloğun çatlatılması şeklinde yapılır (Şekil 5). Önce X ve Y doğrultuları boyunca profil ve arka kesimler yapılır, sonra blok altı kesilir. Alt yüzeyin çatlatılması, yanal yüzeylerden daha zor olduğundan, genellikle yanlısı bile olsa patlatma yoluyla gerçekleştirilebilir.



Şekil 5 Delme çatlatma yönteminde deliklerin çatlatılması-Alt kesim [10]

Patlatma uygulanmadığı durumda ya da kesim-patlatma süreleri arasındaki fark ihmal edildiğinde, bir deliğe yaprak ve çivi sıkıştırılması ve düzlemin çatlatılması için geçen süre t_c olursa kesme zamanı (T_k);

$$T_k = n_{d1} * t_{c1} \text{ "saat"}$$

(9)

olacaktır.

Bloğun serbestleşmesinden sonra aynadan ötelenmesi ya da devrilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu faaliyetin süresi blok büyüklüğüyle, kullanılan makinaların (yükleyici-kazıcı, hidrolik kriko vb.) sayısı (n_{ex} , n_{dg}) ve gücüyle artar ya da azalır. Bir m^3 bloğun itilmesi için geçen süre t_o olursa, öteleme süresi (T_o);

$$T_o = \frac{(X+Y+Z) \cdot t_o}{n_{ex} \cdot n_{dg}} \text{ "saat"}$$

(10)

eşitliğiyle hesaplanabilir.

Dilimleme ve sayılama işlemleri de kesme işleminde olduğu gibi DÇ yöntemiyle gerçekleştirilir ve üretim süreci içerisinde oluşabilecek kayıpların çoğunluğu ebatlama işlemleri sırasında yaşanır. Başka bir ifade ile gerek üretilen blok boyutları gerekse sayısı kendisini bu aşamada hissettirir. Bu yüzden verim oranı $\%r^{DÇ}$ ve hedeflenen blok boyutları a , b ve c olduğunda, dilimleme işleminden sonra ortaya çıkacak teorik blok adedi (n_b);

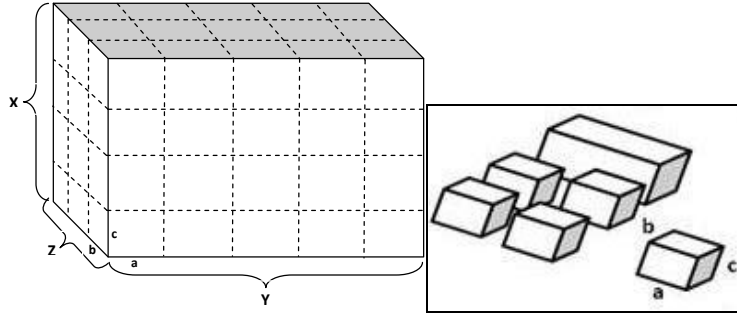
$$n_b = \left[\frac{Y}{a} \right] * \left[\frac{Z}{b} \right] * \left[\frac{X}{c} \right] * \%r^{DÇ} \text{ "adet"}$$

(11)

şeklinde hesaplanmalıdır.

Y/a , Z/b ve X/c oranları kesirli olduğu durumda sonuç, taşıyıcının taşıma kapasitesine veya tesisteki blok kesici makinanın kesebilme boyutlarına göre ya tam sayıya yuvarlanır ya da sayının tam kısmı alınarak kesme

düzlemleri belirlenir (Şekil 6). Blok adedi, önce kesilecek yüzey sayısı eşitlik 12 deki gibi hesaplanarak da bulunabilir.



Şekil 6 Kütlenin kesme düzlemlerinin şematik gösterilişi

Buna göre açılması gereken delik sayısı ve boyu, kütlenin indirgenmek istenen boyutlarına göre değişiklik gösterir. Kesilecek yüzey sayısı (n_y) kütlenin her bir yüzeyinden elde edilecek parça sayısından 1 eksik olacaktır. Böylece kesilecek yüzey sayısı n_y ;

$$n_y^y = \left[\frac{y}{a} - \{ \leq 1 \} \right], n_y^z = \left[\frac{z}{b} - \{ \leq 1 \} \right], n_y^x = \left[\frac{x}{c} - \{ \leq 1 \} \right] \text{ "adet"} \quad (12)$$

açılacak delik sayısı n_d ;

$$n_d^y = \left[\left(n_y^y * \frac{z}{m} \right) \right], n_d^z = \left[\left(n_y^z * \frac{x}{m} \right) \right], n_d^x = \left[\left(n_y^x * \frac{y}{m} \right) \right] \text{ "adet"} \quad (13)$$

$$n_{d2} = n_d^y + n_d^z + n_d^x \text{ "adet"} \quad (14)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

Delik boyu l_d ise;

$$l_{d2} = n_d^y * X + n_d^z * Y + n_d^x * Z \text{ "metre"} \quad (15)$$

formüllerinden hesaplanabilir.

Böylece delme süresi t_d ;

$$t_{d2} = \frac{l_{d2}}{v_d * n_{dt}} \text{ "saat"} \quad (16)$$

Delicinin bölgeye taşınması-kurulması (t_k), yer değiştirmesi (t_{ydg}), deliklerin çatlatılması (t_ζ) ve blokların yönlerinin-yerlerinin düzenlenmesi (t_{bd}) de eklenince dilimleme süresi (t_{d1});

$$t_{d1} = \left(\frac{t_{k2}}{n_{xx}} \right) + (n_{d2} * t_{ydg}) + (n_{d2} * t_{\zeta 2}) + \left(n_b * \frac{t_{bd1}}{n_{xx}} \right) + t_{d2} \text{ "saat"} \quad (17)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir.

Sayılama işlemi, blokların kenarlarının düzeltilmesidir ve genellikle bir veya iki yüzeyin tıraşlanması yeterli olur. Buna göre a, b, c boyutlu blokların sayılmasında her bir blok için birer yüzeyinin düzeltildiği varsayılırsa delik sayısı (n_d) için;

$$n_{d3} = \left[\frac{b}{m} \right] * n_b \text{ "adet"} \quad (18)$$

delik uzunluğu (l_d) için;

$$l_{d3} = n_{d3} * a \text{ "metre"} \quad (19)$$

delme süresi (t_d) için;

$$t_{d3} = \frac{l_{d3}}{V_d \cdot n_{dt}} \text{ "saat"} \quad (20)$$

ve delicinin sökülmesi-taşıması (t_s) ile birlikte sayalama süresi (t_{sy}) için;

$$t_{sy} = \left(\frac{t_{s2}}{n_{sx}}\right) + (n_{d3} * t_{ydf}) + (n_{d3} * t_{f3}) + \left(n_b * \frac{t_{bdz}}{n_{sx}}\right) + t_{d3} \text{ "saat"} \quad (21)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Buna göre ebatlama için harcama süre (T_e) dilimleme ve sayalama işlemlerinin toplamı kadar olacaktır.

$$T_e = t_{dl} + t_{sy} \text{ "saat"} \quad (22)$$

Proses içerisindeki son işlem nakliye ve stoklamadır. Bu faaliyet için geçen süre üretim noktası ile stok sahası arasındaki uzaklığa, bu iki nokta arasındaki topografyaya ve taşıma için kullanılan araca (yükleyici, vinç vs.) bağlıdır. Buna göre bir bloğun stoklanması için geçen süre t_{tr} olursa, tüm blokların üretim alanından stok bölgesine taşınması için geçen süre (T_n);

$$T_n = n_b * \frac{t_{tr}}{n_{sx}} \text{ "saat"} \quad (23)$$

olur.

X, Y, Z ebatlı kütlelerin ana kayaçtan kopartılıp a, b, c ebatlı bloklara ayrılarak stok sahasına getirilmesi için geçen toplam süre (1)-(23) eşitliklerde hesaplanan süreler toplamı (T_u);

$$T_u = T_h + T_k + T_o + T_e + T_n \text{ "saat"} \quad (24)$$

Buna göre kesintisiz tek ekip çalışıldığında yaklaşık kapasite (Q_{ykl});

$$Q_{ykl} = \left[\frac{(a+b+c) \cdot n_b}{T_u}\right] \text{ "m}^3/\text{saat"} \quad (25)$$

olacaktır.

Ancak T_u , ocağın genel üretim süresidir. Ocaklarda farklı çalışma noktalarında aynı anda bu faaliyetlerin bir kısmı sürdürülebilir. Örneğin, 1. kademede dilimleme, sayalama işlemleri yapılırken, 2. de kesme, öteleme, bir başka kademede de hazırlık ya da taşıma işleri yapılıyor olabilir. Bu çalışma şeklinin uygulanabilirliği işletmenin makina parkı ve personel sayısı ile ilgilidir. Şartlar uygun olduğu durumda, süreç içerisinde üretim periyodu (T_p) belirlenir. Bu genellikle üretim faaliyetlerinin en uzun süre alan aşamasıdır. Buna göre, kesintisiz aynı donanımla işçi sayısı artırılarak çalışıldığında ocaktaki kapasite (Q_p);

$$Q_p = \left[\frac{(a+b+c) \cdot n_b}{T_p}\right] \text{ "m}^3/\text{saat"} \quad (Q_p \geq Q_{min}; T_u \geq T_p) \quad (26)$$

olacaktır.

Günde 10 saat ayda 26 gün ve yılda 10 ay çalışıldığı varsayımıyla yıllık kapasite ise;

$$Q_p^{yil} = Q_p * \left(\frac{\text{saat}}{\text{gün}}\right) * \left(\frac{\text{gün}}{\text{ay}}\right) * \left(\frac{\text{ay}}{\text{yıl}}\right) \text{ "m}^3/\text{yıl"} \quad (27)$$

olur.

5. DÇ yönteminde makina, donanım ve personel yeterliliğinin değerlendirilmesi

Hazırlık, kesme ve öteleme, ebatlama ve nakliye işlerini yapan personel gruplarına birim, bunların tamamına da ekip denir. Çalışacak ekibin büyüklüğü, tecrübesi ve kullanılan makina donanım, doğrudan yıllık üretim kapasitesine etki eder (Eşitlik 25, 26).

Tek ekiple ulaşılan kapasite (Q_{ykl}) için, yükleyici, delici, hidrolik kriko (titano) operatörleri, yardımcı işçiler ve bunları organize eden formen yeterli olacaktır. Makina donanım olarak da yükleyici, delici tabancalar ve kompresör, hidrolik kriko, çivi-yaprak ve el aletlerinden oluşan ekipmanlar gerekecektir.

Üretim kapasitesinin aynı donanımla artırılması planlandığında, esas hesaplama faktörü Q_p olacaktır. DÇ yönteminde üretimin ana faaliyeti deliklerin açılmasıdır. Bu işlem de hazırlık ve ebatlama aşamalarında gerçekleştirilmektedir. Hazırlık işlemleri tamamlanan bir kütle için kesim ve öteleme işlemleri yapılırken başka bir noktada ebatlama yapılabilir. Nakliye ise diğer işlemlerden bağımsız her zaman gerçekleştirilebilir.

Böyle bir durumda iki faaliyet birlikte yürütülebileceğinden ve yapılan ana faaliyet delme işlemi olduğundan dolayı biri üretimde diğeri ebatlamada olmak üzere en az iki delici grubu kullanılması gerekmektedir. Gerek kesme gerekse ebatlama aşamalarında kullanılan delme hızı V_d , kullanım yerine göre delici tabanca sayısı ile doğru orantılı değişir. Başka bir ifade ile her iki çalışma alanında da ikişer delici kullanıldığında işçi sayısı ve delme hızları artarken kompresör ve diğer ekipmanlarda değişiklik olmayacaktır.

Hazırlık, kesme ve öteleme için harcanan süreler ile ebatlama ve nakliye için harcanan sürelerin birbiriyle karşılaştırılmaları da çalışma gruplarının birbirlerini beklememesi açısından önemlidir. Bu da her bir çalışma grubunda kullanılan makina ve donanım miktarıyla ilgilidir. T_h , T_k , T_o toplamları T_1 ve T_e , T_n toplamları T_2 alınır;

$\frac{T_1}{T_2} \cong 1$, ek bir donanıma ihtiyaç duyulmaz,

$\frac{T_1}{T_2} > 1$, ebatlama için ek donanım gereklidir,

$\frac{T_1}{T_2} < 1$, hazırlık için ek donanım gereklidir yorumları yapılabilir.

Gerekli olan ek donanımın miktarı, delici makina takviyesi ya da çalışma saatlerinin artırılması şeklinde olabileceği gibi, oranın 1 den ne kadar küçük ya da büyük olduğuna göre makina ve işçi takviyesi şeklinde de olabilir.

Q_p^{yl} , bir ekiple ulaşılabilecek yıllık kapasitedir. Bu değer hedef kapasite Q ya oranlanarak ocak için öngörülen ekip ve donanım miktarının yeterliliği (f) hakkında karar verilir.

$$f = \frac{Q}{Q_p^{yl}} \quad (28)$$

Bu oran 1 e eşit veya küçükse tek ekip yeterli olmakla birlikte 2 ve daha fazla ise çalışan sayısının ve kullanılan makina ve donanımın, toplam iş zamanı içerisindeki çalışma süreleri de dikkate alınarak, bu oranda artırılması gerekecektir.

6. DÇ yönteminde enerji ve sarf malzemesi gereksiniminin hesaplanması

Üretim süreci içerisinde ihtiyaç duyulan enerji ve sarf malzemesi gereksinimini kestirebilmek için, yıl içerisinde kaç adet kütle kesimi yapılması gerektiği, başka bir ifade ile aynı işlemlerin kaç kez tekrarlanacağını (n_{tur}) hesaplanması gerekir. Bu tekrar sayısı, yıllık çalışma süresinin periyot süresine oranının ekip sayısı ile çarpılması sonucu bulunur.

$$n_{tur}^p = \frac{\text{saat/gün} \cdot \text{gün/ay} \cdot \text{ay/yıl}}{T_p} \text{ "tekrar/yıl/ekip"} \quad (29)$$

$$n_{tur}^{ocak} = n_{tur}^p \cdot f \text{ "tekrar/yıl"} \quad (30)$$

DÇ yönteminde kullanılan delici sayısı kompresör tipini ve sayısını etkiler. Piyasada genellikle 2-4 deliciyi çalıştırabilen (7-10 bar basınç üretebilen) kompresörler tercih edilmektedir. Kullanılan delici sayısı 4 ü aştığında da ikinci ya da daha güçlü kompresör gerekecektir.

Matkap uçları (tij), 70, 140, 320, 410 cm boylarında üretilirler ve her bir delik için en kısıdan itibaren tijler değiştirilerek istenilen derinliğe kadar ulaşılır. Örneğin derinliği 70 cm den derin olan tüm delikler için 70 lik tij her delmede kullanılır. Bu yüzden tüketimin en çok olduğu matkap ucu en kısa boylu olanı, en az olanı da lineer olarak en uzun olanıdır. Matkap uçlarının tüketimi de boy farkı gözetilmeksizin genel olarak m/ad olarak ifade

edilir sonra açılacak delik boylarının dağılımına göre hangi boy ne kadar gerekli ayrıca hesaplanır. Buna göre tij ömrü δ , olduğunda gerekli matkap ucu miktarı (n_t);

$$n_t^{yil} = \frac{(l_{d1} + l_{d2} + l_{d3})}{\delta_t} * n_{tur}^{ocak} \text{ "adet/yıl/ocak"} \quad (31)$$

şeklinde hesaplanır.

Basınçlı havayı taşıyan hortum ihtiyacı, delici sayısı ve kompresör-deliciler arası mesafeye göre hesaplanır. Kompresör-delici arası mesafe, basınç kayıplarından dolayı mümkün olduğunca yakın tercih edilir. Bu malzemeler herhangi bir yerleri delininceye kadar kullanılabilse de genelde ömürleri, kullanıcının özenli çalışması durumunda, yarı veya bir sezon (yıl) kadardır. Buna göre delici tabanca sayısı n_{tb} ve kompresör-delici arası mesafe l_{kd} olursa gerekli olan hortum uzunluğu (l_h);

$$l_h = n_{tb} * l_{kd} \text{ "metre"} \quad (34)$$

olarak yaklaşık hesaplanabilir.

Yaprak çiftleri ve mermer çivileri ise en az bir defada açılacak delik sayısından fazla olmalıdır. Her kesme işleminde birkaç takım ya bükülür ya da hafriyat içinde kaybolur. Bu yüzden kayıp oranına göre devamlı ilave edilmelidir. Buna göre bir tur üretim için gerekli takım çivi miktarı ($n_{tç}$), delik sayısından en az kayıp oranı ($k_{tç}$) kadar fazla olmalıdır.

$$n_{tç}^p = n_d + n_d * k_{tç} \text{ "adet/p"} \quad (35)$$

Ocakta bir defada gerekli olan takım çivi miktarı,

$$n_{tç}^{ocak} = n_{tç}^p * f \text{ "adet/ocak/p"} \quad (36)$$

yıllık takım çivi ihtiyacı da, her periyotta kaybedilecek miktarı tama tamamlayacak şekilde hesaplanmalıdır.

$$n_{tç}^{yil} = n_{tç}^{ocak} + \left(\frac{n_{tur}^{ocak}}{f}\right) * n_d * k_{tç} \text{ "adet/yıl"} \quad (37)$$

DÇ yönteminde en çok enerji tüketen makinalar, temizlik, ayırma, taşıma işlerinde kullanılan yükleyici-kazıcı ve deliciler için basınçlı hava üreten kompresördür. Bu makinalar akaryakıtla çalışırlar ve ihtiyaç duyulan akaryakıt miktarı makinaların çalışma süreleriyle birim zamanda tükettikleri akaryakıtın çarpımıyla hesaplanır;

Kompresör, temizlik ve delik açma işinin yapıldığı süreler içerisinde çalışacaktır. Kompresör sayısı n_c olduğunda toplam çalışma süresi (t_c);

$$t_c^p = \frac{t_{tp}}{n_c} + t_{d1} + t_{d2} + t_{d3} \text{ "saat/p"} \quad (38)$$

ve kompresörün birim yakıt tüketimi c_c ise, bir periyot için gerekli yakıt miktarı (C_c);

$$C_c = n_c * t_c^p * c_c \text{ "lt/p"}, C_c^{yil} = C_c * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl"} \quad (39)$$

olarak bulunur.

İş makinası (yükleyici-kazıcı) ise temizlik, makinaların taşınması, bloğun ötelenmesi ve blokların stok sahasına nakledilmesi işlemlerinde, dolayısıyla ocak çalıştığı sürece faaldir. Sadece delme işi yapılırken parkta bekletilebilir, bu süre zarfında da diğer işlemler devam ettiğinden sürekli faal görülür. Kullanılan iş makinasının adedi n_{ex} olduğunda, çalışma süresi t_{ex} ;

$$t_{ex}^p = \left(\frac{t_{tp}}{n_{ex}}\right) + \left(\frac{t_{k1} + t_{s1}}{n_{ex}}\right) + \left(\frac{t_{k2}}{n_{ex}}\right) + \left(n_b * \frac{t_{bd1}}{n_{ex}}\right) + \left(\frac{t_{s2}}{n_{ex}}\right) + \left(n_b * \frac{t_{bd2}}{n_{ex}}\right) + \left(n_b * \frac{t_{tr}}{n_{ex}}\right) \text{ "saat/p"} \quad (40)$$

ve birim zamanda tükettiği akaryakıt c_{ex} olduğunda yıllık yakıt ihtiyacı C_{ex} ;

$$C_{ex} = n_{ex} * t_{ex}^p * c_{ex} \text{ "lt/p"}, C_{ex}^{yil} = C_{ex} * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl"} \quad (41)$$

eşitliklerinden hesaplanabilir.

Kompresör ve iş makinasının yakıt tüketimlerinin toplamından başka ocakta kullanılan hidrolik kriko (titano), traktör, arazi taşıtı, jeneratör vb. makinaların da kullanım sürelerine göre yakıt tüketimleri (C_{dg}) olacaktır. Bu makinaların çalışma süreleri çok değişken olup t_{dg1} , t_{dg2} , t_{dg3} , ve ortalama birim yakıt tüketimleri c_{dg1} , c_{dg2} , c_{dg3} , alınırsa;

$$C_{dg} = \sum_{i=1}^n (t_{dgi} * c_{dgi}) \text{ "lt/p" }, C_{dg}^{yil} = n_{tur}^{ocak} * C_{dg} \text{ "lt/yıl" } \quad (42)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Ancak gerek sürelerin analizi gerekse birim tüketimlerin çok değişken olmasından kullanım süresi olarak üretim periyodu (T_p), birim yakıt tüketimi olarak da yaklaşık bir c_{dg} değeri alınarak hesaplama yapılabilir. Böylece eşitlik;

$$C_{dg}^{yil} = T_p * c_{dg} * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl" } \quad (43)$$

şeklini alır.

Tümünün toplamı ocağın akaryakıt ihtiyacını (C_o) verir.

$$C_o^{yil} = C_c^{yil} + C_m^{yil} + C_{dg}^{yil} \text{ "lt/yıl" } \quad (44)$$

Ocakta tüketilen bir başka önemli sarf malzemesi yağdır. Yağ değişim aralıkları, kullanılan makinaların üretici firmaları tarafından verilen çalışma saatlerine göre belirlenir. Herhangi bir makina için, yağ depo kapasitesi z_{yg} , yağ değişim periyodu t_{yg} ve makinanın toplam çalışma saati t_m olduğunda gerekli olan yağ miktarı (Z_{yg});

$$Z_c = \frac{t_c^p}{t_{yg}^c} * z_{yg}^c \text{ "lt/p" }, Z_c^{yil} = Z_c * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl" } \quad (45)$$

$$Z_{ex} = \frac{t_{ex}^p}{t_{yg}^{ex}} * z_{yg}^{ex} \text{ "lt/p" }, Z_{ex}^{yil} = Z_{ex} * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl" } \quad (46)$$

$$Z_{dg} = \frac{t_{dg}^p}{t_{yg}^{dg}} * z_{yg}^{dg} \text{ "lt/p" }, Z_{dg}^{yil} = Z_{dg} * n_{tur}^{ocak} \text{ "lt/yıl" } \quad (47)$$

$$Z_{yg}^{yil} = Z_c^{yil} + Z_{ex}^{yil} + Z_{dg}^{yil} \text{ "lt/yıl" } \quad (48)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Tüm bu temel ihtiyaçların yanı sıra kullanılan makinaların aksesuar ve avadanlıkları da bulunur. Bunların cinsi, miktarı ve kullanım ömürleri çok değişken olmakla birlikte maliyetlerin hesaplanması aşamasında, kullanılan makina bedellerinin %5 i eklenerek hesaplamalara katılabilir.

7. Eşitliklerin Hesap Çizelgesi Programında Değerlendirilmesi

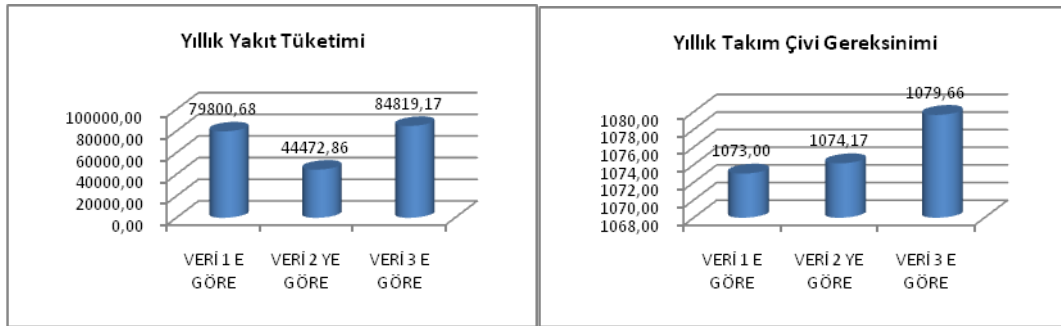
Microsoft Office programları, günümüzde tüm işletmelerde gerek yazışmaların yapılması gerekse muhasebe kayıtlarının tutulması işlemlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hesap çizelgesi programı (Microsoft Office Excel) da, ofis paketindeki programlardan biri olup girilen veriler üzerinde hesap yapabilme, verileri tabloya dönüştürebilme, tablolar içindeki verilerle grafik oluşturma, verileri karşılaştırıp sonuç üretebilme özelliklerine sahiptir [11]. Program satırlar ve sütunlardan oluşan bir görünümde ve her bir hücreye girilen veriler yardımıyla birçok matematiksel işlem ve mantıksal sınamalar yaptırılabilir. Karmaşık değerlendirmeler için ise makro atanabilir, visual basic temelli programlar yazılabilir. Programın en büyük avantajı kullanımın basit ve çok yaygın olmasıdır.

Bu çalışmada da üretim planlaması ve donanım gereksinimlerinin belirlenmesinde Excel programının kullanılabilirliği test edilmiştir. Bu amaçla dizilimin birinci aşamasında hesaplamalarda gerekecek veriler girilmiş, ikinci aşamada da eşitlikler girilerek basit hesaplamalar ve mantıksal değerlendirmeler yaptırılmıştır. Ayrıca kullanılacak ana makinalardan, iş makinası ve kompresör gibi ilk yatırımı yüksek makinaların sayıları, ocağın çalışma periyotlarına göre, programın döngüsel başvuru özelliği kullanılarak kullanıcıdan bağımsız

hesaplatılmıştır. Son aşamada ise, örnek olarak, bazı veriler değiştirildiğinde elde edilecek bazı çıktıların değişimleri grafik halinde ifade edilmiştir (Ek 1).

Yapılan örnek uygulamada birinci alternatif olarak her bir üretim periyodunda yıllık 5000 m³ kapasiteye ulaşmak üzere, yıllık 2600 saat (günde 10 saat, ayda 26 gün, yılda 10 ay) ve 3 adet delici tabanca ile çalışılarak, 2*4*5 m³ ebadında kütlelerin ana kayaçtan ayrıldığı ve yaklaşık 2*2*2 m³ ebatlı bloklar elde edileceği planlanmış ve iş akışı içerisinde gerekli olan diğer veriler de girilerek ocağın donanım ve sarf malzemesi ihtiyacı hesaplatılmış, bazılarının grafiği çizilmiştir (Ek 1).

İkinci alternatif olarak ana kayaçtan kopartılacak kütle boyutları 3*5*7 m³ olarak değiştirilmiş, üçüncü alternatifte de kullanılacak delici sayısı 4 e yükseltilmiş ve ocağın donanım ve sarf malzemesi ihtiyacındaki değişim gözlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7 Ocağın üç farklı durumdaki yakıt ve takım çivi gereksinimleri

Gerek alternatiflerin gerekse her bir alternatifteki değiştirilen veri sayısının artırılması mümkündür. Hazırlanan eşitlikler dizilimi sayesinde, 36 adet veri girilerek, birkaç saniye gibi çok kısa bir süre içerisinde ocakla ilgili 65 adet veri elde edilebilir ve değerlendirilebilir. Planlama yapan kişinin inisiyatifine göre aynı anda, girilen veriler değiştirilerek çıktılardaki değişimler görülebilir. Örneğin sadece kesilecek kütle boyutları veya kullanılan delici sayısı, tipi vs. değiştirildiğinde ocağın yıllık yakıt, takım çivi vs. gereksinimlerindeki değişim anında görülebilir. Daha da önemlisi, üretim sürecinin aşama aşama hangi sürelerde yapılacağı belirlenebilir ve iş planının hazırlanmasında kullanılabilir.

Sonuç ve Öneriler

Her sektörde olduğu gibi mermer ocak işletmeciliğinde de üretim planlama çalışmaları, sezon başından itibaren hangi dönemlerde ne kadar donanıma ihtiyaç duyulacağı, günlük, haftalık ve aylık mesai saatlerinin ne olması gerektiği, birimlerin çalışma hızlarının uyumu vb. gibi verilerin önceden bilinmesi ve başka alternatiflerin varlığı önemlidir. Ne yazık ki büyük firmalar dışındaki birçok küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin ocakları, faaliyetlerini günlük politikalarla yürütmektedir. Bu da ya gereksiz yere fazla yatırım yapılması ya da gerekli olan ek yatırımın daha geç fark edilerek zaman ve para kaybına neden olunması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Planlamanın yapıldığı sınırlı sayıdaki ocaklarda da her işletme kendi şartlarına göre farklı yöntemler uygulamakta ve hesaplamalarda genellikle farklı kabuller (aylık ortalama tüketimler, tahminler vs.) ön plana çıkmakta, bu da her bir yöntemde yapılan hesaplamalar sonucunda farklı sonuçlar alınmasına ve farklı değerlendirmeler yapılmasına neden olmaktadır.

Planlama aşamasında makina ve donanımın çalıştırılma süreleri dikkate alınarak yapılan yaklaşımda kabuller azaltılmaya çalışılmıştır. Ocak ve üretilen kayaçla ilgili gerek laboratuvar (kesilebilme testleri gibi) gerekse arazi çalışmaları (gül diyagramları gibi) yapılarak kabul sayısı da en az düzeye indirilebilir.

Hesap Çizelgesi programı, her işletmede bulunmasından ve basitliğinden dolayı, üretimin planlanması aşamasında da kullanılabilir ve ek bir maliyet de getirmez. Programın hızlı çalışması ve çok farklı donanım alternatifleri için anında sonuç verebilmesi, planlamacıya daha doğru kararlar almasında yardımcı olacaktır.

Programın ve hazırlanan eşitliğin kullanımı sayesinde piyasada mevcut olan ve ana konuları mermer teknolojisi olmayan kişilerce hazırlanan, pahalı programların satın alınması gerekmeyecektir. Excel kullanımının bir başka avantajı da, hücreler içerisine girilen formüllerin isteğe ya da ortam koşullarına göre kolayca

değiştirilebilmesidir. Böylece çalıştığı sahayı herkesten daha iyi tanıyan planlamacı, kullanılan eşitlikleri istediği gibi değiştirerek, girdileri ve çıktılarını kendi şartlarına daha uygun hale getirebilecektir.

Kaynaklar

- [1] <http://www.stonereport.com> (2008)
- [2] TÜMMER, “Doğaltaş Harikalar Diyarı Türkiye”, *Türkiye Mermer Doğaltaş ve Makinaları Üreticileri Birliği*, Ankara 217 s., (2008).
- [3] E. Yüzer, S. Mutlu, “Türkiye Doğaltaş Sektörünün Gelişimi”, *Stone 2005 Doğaltaş ve Endüstri Kataloğu, Yapı-Endüstri Merkezi Yayın Bölümü*, 15-30, İstanbul (2005).
- [4] Deniz İskender Öneç, “Türkiye Mermer Sektörünün Potansiyeli, Sorunları ve Çözüm Önerileri”, *I. Ulusal Mermer ve Doğaltaşlar Kongresi*, 59-67, İzmir (2008).
- [5] Alper Sezmen, “Dünya Doğaltaş Ticareti ve Türkiye”, *I. Ulusal Mermer ve Doğaltaşlar Kongresi*, 68-74, İzmir (2008).
- [6] “Mermer-Granit Ocakçılığı & Elmas Tel-Elmalı Dairesel Testere Uygulama ve Kullanım Talimatı”, *Set Makina Ticaret Ltd. Şti.*, 120 s., Ankara
- [7] “Blok Çıkarma Yöntemleri”, *Set Makina Ticaret Ltd. Şti.*, 151 s., Ankara
- [8] Z. Karaca, “Mermer Madenciliği”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi*, 159 s., İzmir (2001)
- [9] T. Onargan, H. Köse, A. H. Deliormanlı, “Mermer”, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası*, 324 s., Ankara (2005)
- [10] <http://www.history.com> (2006)
- [11] Hasan Çebi Bal, “Bilgisayar ve İnternet Kullanımı”, 10. Baskı, *abp-academic book publishing*, 537 s., Trabzon (2006)