



**DOĞAL TAŞLARIN CNC MAKİNESİ İLE İŞLENMESİNDE TAGUCHI DENEY
TASARIMI YÖNTEMİ UYGULANARAK YÜZEY KALİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan ÖZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.58 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞAL TAŞLARIN CNC MAKİNESİ İLE İŞLENMESİNDE
TAGUCHI DENEY TASARIMI YÖNTEMİ UYGULANARAK
YÜZEY KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Oğuzhan ÖZ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

TEZ ONAY SAYFASI

Oğuzhan ÖZ tarafından hazırlanan “Doğal Taşların CNC Makinesi İle İşlenmesinde Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi Uygulanarak Yüzey Kalitesinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

İmza

Başkan : Prof. Dr. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç.Dr. Muharrem Kemal ÖZFİRAT
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27/06/2018


Oğuzhan ÖZ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL TAŞLARIN CNC MAKİNESİ İLE İŞLENMESİNDE TAGUCHI DENEY
TASARIMI YÖNTEMİ UYGULANARAK YÜZEY KALİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI

Oğuzhan ÖZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

Bu çalışmada, Taguchi deney tasarımı yöntemi ile minimum yüzey pürüzlülüğüne yol açan Doğaltaş CNC makinesi frezeleme işleme parametrelerini (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) belirlemek için bir yaklaşım sunmaktadır. Frezeleme işlemleri 14 adet doğaltaşta, bir ortogonal dizi olan L9 kullanılarak Taguchi deney tasarım yöntemi gerçekleştirilmiştir. İşleme parametrelerinin optimum seviyelerini belirlemek için “daha küçük olan daha iyi” yaklaşıma dayanan S/N her bir doğaltaş için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Varyans analizi (ANOVA), korelasyon ve regresyon analizi uygulaması, işleme parametrelerinin ve doğaltaşların petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, kesme derinliğinin en önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Doğaltaşların petrografik özellikleri değerlendirildiğinde, özellikle kayaların ortalama tane boyutu yüzey pürüzlülüğünde önemli rol oynamaktadır.

2018, xiii + 109 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş, Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC), Taguchi Yöntemi,
Yüzey Pürüzlülüğü

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EXAMINATION OF SURFACE QUALITY BY APPLYING TAGUCHI EXPERIMENT DESIGN IN THE PROCESSING OF NATURAL STONES WITH CNC MACHINE

Oğuzhan ÖZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Erkan ÖZKAN

In this study, the natural stone CNC machine, which leads to minimum surface roughness with the Taguchi experimental design method, provides an approach to determine milling process parameters (cutting speed, feed rate and cutting depth). Milling operations in 14 natural stones, using a orthogonal array L9, Taguchi experiment design method was performed. S/N based on a “smaller, better” approach to determine optimal levels of processing parameters was calculated separately for each natural stone. Analysis of variance (ANOVA), Correlation and regression analysis application, petrographic and physical-mechanical properties of processing parameters and natural stones were used to examine the effects of surface roughness. The results of this study show that cutting depth has the most important effect. When petrographical properties of the natural stones are evaluated, the average grain size of the rocks plays an important role especially in surface purge.

2018, xiii + 109 pages

Keywords: Natural Stone, Computer Numerical Control (CNC), Taguchi Method, Surface Roughness

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN' a araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Gencay SARIŞIK' a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

‘Doğal Taşların CNC Makinesi İle İşlenmesinde Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi Uygulanarak Yüzey Kalitesinin Araştırılması’ isimli tezime ve 17.FEN.BİL.58 numaralı projeye yapılan desteklerden dolayı BAPK’ ya teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı kıymetli anneme ve değerli kardeşim Oğulcan ÖZ’ e teşekkür ederim.

Oğuzhan ÖZ

AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1 CNC Tezgâh Seçimi	12
2.2 Frezeleme İşleme	13
2.3 Taguchi Deney Tasarımı.....	14
2.4 Taguchi S/N Oranı	15
2.5 Yüzey Pürüzlülüğü.....	17
3. MATERYAL ve METOT	21
3.1 CNC Doğal Taş İşleme Makinesi	21
3.2 Deneysel Çalışmada Kullanılan Kesici Uç Takımı	22
3.3 Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşlar	22
3.4 Deney Parametreleri	34
3.5 Deneylerin Modellenmesi.....	35
3.6 Deneysel çalışmalarında kullanılan tezgâh.....	39
3.7 Deney Uygulamaları	42
3.8 Varyans Analizi	47
3.9 Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri	48
4. BULGULAR	50
4.1 Afyon Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	50
4.2 Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	53
4.3 Marmara Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi.....	56
4.4 Muğla Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi.....	59
4.5 Uşak Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	62
4.6 Kütahya Kümülüs Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	65
4.7 Bilecik Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	68
4.8 Ege Kahve Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	71

4.9 Korkuteli Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	74
4.10 Sivrihisar Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	77
4.11 Antalya Noçe Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	80
4.12 Denizli Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	83
4.13 Gümüş Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	86
4.14 Finike Limra İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi	89
4.15 Kayaçların Ortalama Tane Boyutları ve En Düşük Pürüzlülük Değerleri	92
5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	94
5.1 Kayaçlar İçin Korelasyon Analizi	94
5.2 Kayaçlar İçin Regresyon Analizi	95
6. SONUÇ	99
7. KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1	Yüzey taramasının oluşturulması ve takım yolu ataması.....	36
Şekil 3.2	Kare şekillerin oluşturulması ve takım yolu ataması	36
Şekil 3.3	Son yüzey taraması ve takım yolu ataması	37
Şekil 3.4	NC kodu alınmadan modellemenin şekli	37
Şekil 3.5	Örnek takım ataması	37
Şekil 3.6	İlk yüzey taramasının simülasyonu	38
Şekil 3.7	Kare şekillerin işlenme simülasyonu	38
Şekil 3.8	Son yüzey taraması simülasyonu	39
Şekil 4.1	Afyon Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.....	52
Şekil 4.2	Afyon Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.....	52
Şekil 4.3	Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.....	55
Şekil 4.4	Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.....	55
Şekil 4.5	Marmara Beyaz mermer Ra için S/N grafiği	58
Şekil 4.6	Marmara Beyaz mermer Rz için S/N grafiği	58
Şekil 4.7	Muğla Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.....	61
Şekil 4.8	Muğla Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.....	61
Şekil 4.9	Uşak Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.....	64
Şekil 4.10	Uşak Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.....	64
Şekil 4.11	Kütahya Kümülüs mermer Ra için S/N grafiği.....	67
Şekil 4.12	Kütahya Kümülüs mermer Rz için S/N grafiği.....	67
Şekil 4.13	Bilecik bej Ra için S/N grafiği	70
Şekil 4.14	Bilecik bej Rz için S/N grafiği	70
Şekil 4.15	Ege Kahve bej Ra için S/N grafiği.....	73
Şekil 4.16	Ege Kahve bej Rz için S/N grafiği.....	73
Şekil 4.17	Korkuteli bej Ra için S/N grafiği	76
Şekil 4.18	Korkuteli bej Rz için S/N grafiği	76

Şekil 4.19 Sivrihisar bej Ra için S/N grafiği	79
Şekil 4.20 Sivrihisar bej Rz için S/N grafiği	79
Şekil 4.21 Antalya Noçe traverten Ra için S/N grafiği	82
Şekil 4.22 Antalya Noçe traverten Rz için S/N grafiği	82
Şekil 4.23 Denizli traverten Ra için S/N grafiği	85
Şekil 4.24 Denizli traverten Rz için S/N grafiği	85
Şekil 4.25 Gümüş Traverten Ra için S/N grafiği	88
Şekil 4.26 Gümüş Traverten Rz için S/N grafiği	88
Şekil 4.27 Finike Limra Ra için S/N grafiği	91
Şekil 4.28 Finike Limra Rz için S/N grafiği	91
Şekil 5.1 Mermerlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi	94
Şekil 5.2 Bejlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi	95
Şekil 5.3 Travertenlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Çeşitli faktör ve seviyelere uygun ortogonal dizin tablosu	15
Çizelge 3.1	CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri	21
Çizelge 3.2	Deneysel çalışmada kullanılan parmak freze kesici ucun teknik özellikleri ..	22
Çizelge 3.3	Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların özellikleri	23
Çizelge 3.4	Afyon Beyaz mermer petrografik tanımlaması	23
Çizelge 3.5	Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer petrografik tanımlaması	24
Çizelge 3.6	Marmara Beyaz mermer petrografik tanımlaması.....	24
Çizelge 3.7	Muğla Beyaz mermer petrografik tanımlaması	25
Çizelge 3.8	Uşak Beyaz mermer petrografik tanımlaması	25
Çizelge 3.9	Kütahya Kümülüs mermer petrografik tanımlaması	26
Çizelge 3.10	Bilecik Bej petrografik tanımlaması.....	26
Çizelge 3.11	Ege Kahve Bej petrografik tanımlaması.....	27
Çizelge 3.12	Korkuteli Bej petrografik tanımlaması.....	27
Çizelge 3.13	Sivrihisar Bej petrografik tanımlaması.....	28
Çizelge 3.14	Antalya Noçe Traverten petrografik tanımlaması	28
Çizelge 3.15	Denizli Traverten petrografik tanımlaması	29
Çizelge 3.16	GümüşTraverten petrografik tanımlaması.....	29
Çizelge 3.17	Limra Traverten petrografik tanımlaması	30
Çizelge 3.18	Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların kimyasal analizleri	341
Çizelge 3.19	Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların petrografik analizleri	352
Çizelge 3.20	Doğaltaşların fiziko-mekanik özellikleri	363
Çizelge 3.21	Parametreler ve seviyeler	34
Çizelge 3.22	Taguchi yöntemi L9 ortogonal dizim modeli	35
Çizelge 3.23	Varyans analizi tablosu.....	47
Çizelge 4.1	Afyon Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	51

Çizelge 4.2 Afyon Beyaz mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	51
Çizelge 4.3 Afyon Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.....	53
Çizelge 4.4 Afyon Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.....	53
Çizelge 4.5 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	54
Çizelge 4.6 Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	54
Çizelge 4.7 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.....	56
Çizelge 4.8 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.....	56
Çizelge 4.9 Marmara Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	57
Çizelge 4.10 Marmara Beyaz mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	57
Çizelge 4.11 Marmara Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi	59
Çizelge 4.12 Marmara Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi	59
Çizelge 4.13 Muğla Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	60
Çizelge 4.14 Muğla Beyaz mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	60
Çizelge 4.15 Muğla Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi	62
Çizelge 4.16 Muğla Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi	62
Çizelge 4.17 Uşak Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	63
Çizelge 4.18 Uşak Beyaz mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	63
Çizelge 4.19 Uşak Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.....	65
Çizelge 4.20 Uşak Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.....	65
Çizelge 4.21 Kütahya Kümülüs mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	66
Çizelge 4.22 Kütahya Kümülüs mermer Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	66
Çizelge 4.23 Kütahya Kümülüs mermer Ra' ya göre varyans analizi.....	68

Çizelge 4.24 Kütahya Kümülüs mermer Rz' ye göre varyans analizi.....	68
Çizelge 4.25 Bilecik bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	69
Çizelge 4.26 Bilecik bej Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	69
Çizelge 4.27 Bilecik bej Ra' ya göre varyans analizi.....	71
Çizelge 4.28 Bilecik bej Rz' ye göre varyans analizi.....	71
Çizelge 4.29 Ege Kahve bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	72
Çizelge 4.30 Ege Kahve bej Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	72
Çizelge 4.31 Ege Kahve bej Ra' ya göre varyans analizi.....	74
Çizelge 4.32 Ege Kahve bej Rz' ye göre varyans analizi.....	74
Çizelge 4.33 Korkuteli bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri ..	75
Çizelge 4.34 Korkuteli bej Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	75
Çizelge 4.35 Korkuteli bej Ra' ya göre varyans analizi	77
Çizelge 4.36 Korkuteli bej Rz' ye göre varyans analizi	77
Çizelge 4.37 Sivrihisar bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri ..	78
Çizelge 4.38 Sivrihisar bej Ra ve Rz' nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri	78
Çizelge 4.39 Sivrihisar bej Ra' ya göre varyans analizi.....	80
Çizelge 4.40 Sivrihisar bej Rz' ye göre varyans analizi.....	80
Çizelge 4.41 Antalya Noçe traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	81
Çizelge 4.42 Antalya Noçe traverten Ra ve Rz' ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri	81
Çizelge 4.43 Antalya Noçe traverten Ra' ya göre varyans analizi	83
Çizelge 4.44 Antalya Noçe traverten Rz' ye göre varyans analizi	83
Çizelge 4.45 Denizli traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	84
Çizelge 4.46 Denizli traverten Ra ve Rz' ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri.....	84
Çizelge 4.47 Denizli Traverten Ra' ya göre varyans analizi	86

Çizelge 4.48 Denizli Traverten Rz' ye göre varyans analizi	86
Çizelge 4.49 Gümüş Traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri	87
Çizelge 4.50 Gümüş traverten Ra ve Rz' ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri	87
Çizelge 4.51 Gümüş Traverten Ra' ya göre varyans analizi	89
Çizelge 4.52 Gümüş Traverten Rz' ye göre varyans analizi	89
Çizelge 4.53 Finike Limra işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri ..	90
Çizelge 4.54 Finike Limra Ra ve Rz' ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri	90
Çizelge 4.55 Finike Limra için Ra' ya göre varyans analizi	92
Çizelge 4.56 Finike Limra için Rz' ye göre varyans analizi	92
Çizelge 4.57 Doğaltaşların fiziko-mekanik, petrografik ve yüzey pürüzlülük değerleri .	93
Çizelge 5.1 Kayaçlar için elde edilen eşitliklerin güvenilirlik analizi	98

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1 Parmak freze çakılarıyla çeşitli işleme örnekleri	14
Resim 2.2 Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	18
Resim 2.3 Ra yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi	19
Resim 2.4 Rq yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi	19
Resim 2.5 Rz yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi	20
Resim 2.6 Rmax yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi	20
Resim 3.1 Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi.....	21
Resim 3.2 Karbür esaslı parmak freze kesici uç	22
Resim 3.3 Deneylerde kullanılan doğal taşların yüzey görüntüleri	34
Resim 3.4 CNC Makinesindeki yük ölçer sehpa	40
Resim 3.5 Sabitleme aparatları ve yük hücreleri	41
Resim 3.6 Yük ve güçleri ölçen veri toplama cihazı	41
Resim 3.7 Defne Lab soft CNC yazılımı	42
Resim 3.8 İşlenmiş Afyon Beyaz numuneleri.....	42
Resim 3.9 İşlenmiş Bursa Kemalpaşa Beyaz numuneleri	43
Resim 3.10 İşlenmiş Marmara Beyaz numuneleri	43
Resim 3.11 İşlenmiş Muğla Beyaz numuneleri	43
Resim 3.12 İşlenmiş Uşak Beyaz numuneleri.....	44
Resim 3.13 İşlenmiş Kütahya Kümülüs numuneleri	44
Resim 3.14 İşlenmiş Bilecik numuneleri	44
Resim 3.15 İşlenmiş Ege Kahve Bej numuneleri	45
Resim 3.16 İşlenmiş Korkuteli Bej numuneleri.....	45
Resim 3.17 İşlenmiş Sivrihisar Bej numuneleri	45

Resim 3.18 İşlenmiş Antalya Noçe Traverten numuneleri	46
Resim 3.19 İşlenmiş Denizli Traverten numuneleri	46
Resim 3.20 İşlenmiş Gümüş Traverten numuneleri.....	46
Resim 3.21 İşlenmiş Finike Limra numuneleri.....	47
Resim 3.22 Örnek yüzey pürüzlülük ölçümü	49



1. GİRİŞ

CNC sistemler yazılı bir programa göre çalışan insan müdahalesi gerektirmeden ürün çıkarabilen makinelerdir. CNC makineler ile istenilen ürünün tasarım kolaylığı ve hızlı üretimi gibi nedenlerle doğaltaş firmaları tarafından tercih edilmektedir. CNC makineler ile üretilen ürünlerin en önemli özelliği, malzemenin geometrik, boyut ve yüzeyini kapsayan işleme kalitesidir.

CNC frezeleme işleminin programlanmasında çeşitli CAM programları kullanılmaktadır. Bu programlar ile tasarım sürecinde işlenilecek malzemenin özelliğine göre çok çeşitli işlem seçenekleri sunulmaktadır. CNC doğaltaş işleme makineleri ile sınırsız sayıda tasarım yapılabilmesi ve piyasadaki farklı ürün tasarımlarına olan talepten dolayı doğaltaş sektöründe CNC makinelerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu durum üreticilerin rekabet edebilme şanslarını arttırmakta ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. (Araf 2009, Bozdoğan 2012, Sarıışık ve Özkan 2016, 2017).

Yüzey pürüzlülüğü, işlenmiş malzemelerin yüzey kalitesinin en önemli göstergesidir. Yüzey kalitesi işlenmiş malzemenin tüm yüzeyinde aynı olmalıdır. Aksi takdirde gereksiz zaman ve maliyet kaybına sebep olur. Yüzey pürüzlülüğü işleme parametrelerinin sonucuna bağlı olarak değişmekte ve işlenmiş bir yüzeyin kalitesini artırmak yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasıyla sağlanmaktadır. İstenilen yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşabilmek için parametrelerin iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Doğaltaşlarla frezeleme işleminde amaç; en düşük maliyetle en yüksek üretim miktarında maksimum yüzey kalitesi elde etmektir. İyi seçilemeyen işleme parametreleri, işlenen malzemenin bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. El yordamına ve göz kararına bırakılarak yapılan parametre seçimi, işlenen malzeme üzerinde farklı sonuçlar elde edilmesine neden olacaktır. Bu şekilde işleme yapılırken yüzey kalitesini muhafaza etmek mümkün olmayacaktır. En mükemmel yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi için optimum işleme parametrelerinin seçimi, ekonomikliğin sağlanmasında önemli bir faktördür (Kara 2012, Kartal 2000, Meydaneri 2014).

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Literatür araştırmaları sonucu bir çok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda; farklı alaşımlı paslanmaz çelik malzemelerin, karbür kaplamalı veya kaplamasız takımlarla CNC tezgâhında işlenmesi sırasında kesme kuvvetleri ile ideal yüzey pürüzlülüğünü elde edebilmek için en uygun işleme parametrelerini tespit etmeye çalışmışlardır. Bu parametrelerden; kesici uç çapı, kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği ve talaş kalınlığı gibi farklı seviyelerde deneyler yapmışlardır. Yapılan araştırmalarda görülmüştür ki, bir frezeleme işleminde en önemli parametreler kesicinin devir sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir.

Bu bölümde, literatürde yer alan özellikle paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış, tornalama ve frezeleme işlemlerinde farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar sunulmuştur.

Ay ve Turhan (2010) yapmış oldukları çalışmada; tornalama ile işleme aldıkları alüminyum parçanın yüzey kalitesini analiz etmişler, iş parçası boyu, çapı, talaş derinliği ve ilerleme oranı gibi değişkenlerin etkisini incelemişlerdir. İşleme parametresi olarak kesme hızı bu çalışmada sabit tutulmuştur. İstatistiksel olarak Taguchi deney yöntemi kullanılmış ve değişkenler arasındaki ilişki matematiksel olarak regresyon analiz yöntemiyle modellenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve titreşim gibi değişkenleri en aza indirip, performans artırılarak elde edilen ürünün kalitesinin iyileştiği tespit edilmiştir.

Bozdoğan (2012) yapmış olduğu çalışmasında; PMD 23 soğuk iş takım çeliği kullanarak çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı kesici takım ile ilerleme oranı, kesme hızı talaş derinliği, yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve kesme kuvvetlerinin en uygun işlenebilirlik değerlerini araştırmıştır. Deneylerde Taguchi tekniği kullanılmış ve sonuçların etkisinin tayini için varyans analizi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizi ile modellenmiştir. Sonuç olarak yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörün ilerleme oranı olduğu, kesme kuvvetlerinde ise talaş derinliğinin etkin rol oynadığı, ayrıca Taguchi deney tasarımının etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Çakmak (2013) çalışmasında; AISI 1040 imalat çeliğinden hazırlanmış numunelerde farklı talaş kırıcı geometrisine sahip kesici takımlar kullanarak frezeleme işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğünü ve kesme kuvvetlerinin ölçümünü yapmış, talaş kırıcı geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Deneylerde farklı talaş kırıcı geometrisine sahip (R390-11 T3 08E-PL 1030; R390-11 T3 08M-PL 1030; R390-11 T3 08M-PM 1030; R390-11 T3 08M-MM 2040) kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,05, 0,10, 0,15 mm/diş ve kesme hızları 150, 225, 300, 375 m/dak şeklinde belirlenmiştir. Sonuç olarak en iyi yüzey pürüzlülük ve en düşük kesme kuvveti değerleri E-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formunda tespit edilmiş, ayrıca yüzey pürüzlülükleri bütün kesiciler için ilerlemenin artışı ile artarken, kesme hızının artışı ile azalmaktadır.

Dilipak ve Yılmaz (2012) yaptıkları çalışmada; frezeleme operasyonlarının işleme parametrelerinde, takım tezgâhında oluşan titreşimlerin, kesme kuvvetlerinin ve iş parçasının yüzey kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. İşleme parametreleri olarak kesme hızı 132, 220, 308 m/dk, ilerleme oranı 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 mm/diş, kesme derinliği 1, 1,5 mm ve kesici uç 1, 2, 4 adet kullanılmıştır. Deney numuneleri AISI 1050 deney malzemesi üzerinden Fanuc kontrol ünitesine sahip “Johnford VMC-550” sanayi tipi CNC freze tezgâhında işlenmiş, işleme parametrelerinin sonuçlara etkisini belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) ve regresyon analizi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre; kesme hızının artması titreşim ivme seviyesini olumsuz etkilemesine rağmen, kesme kuvveti ve yüzey kalitesini olumlu olarak etkilediği, ayrıca artan titreşim ivme seviyelerinin yüzey pürüzlülük değerlerinde artışa neden olması titreşimin yüzey pürüzlülüğünde olumsuz bir etkiye sebep olmuştur.

Kara (2012) yaptığı çalışmada; kimyasal kompozisyonu GS 24Mn5 N çelik döküm malzeme üzerinde yüzey pürüzlülük değerini etkileyen işleme parametrelerinin etki oranlarının belirlemeye çalışmıştır. İşleme parametreleri kesme hızı 120, 160, 200 m/dk; ilerleme hızı 200, 250, 300 mm/dk; talaş derinliği 0,3 0,5 0,8 mm; takım diş sayısı (adet) 4 5 6 olarak alınmış ve Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılmıştır. Bunun neticesinde Taguchi deney tasarım yöntemi ile deneyler önemli ölçüde azalmış, böylece zaman ve

maliyet kaybının artması büyük ölçüde engellenmiştir. Deneylerin sonuçlarına göre; kesme hızının artışıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı, yani yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörün kesme hızı olduğu tespit edilmiştir. İlerleme oranı arttıkça yüzey pürüzlülüğü oranını da artmakta olup, yüzey kalitesinin bozulmakta olduğu, ayrıca kesme hızıyla yüzey pürüzlülüğü arasında ters bir orantı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte talaş derinliği ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu, fakat talaş derinliğinin ve takım diş sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine çok önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kartal (2000) çalışmasında; CNC (TC-35 JOHN FORD) torna tezgâhında St33 ve St 52 alaşımsız çelik malzeme kullanılıp farklı kesme parametreler uygulanarak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmuş ve en uygun işleme parametrelerinin bulunması üzerine çalışmıştır. İşleme parametreleri kesme hızı 120, 150, 180 m/dk, ilerleme hızı 0,1 0,2 0,3 mm/ dev, talaş derinliği 0,5, 1, 1,5 mm olarak alınmıştır. Deneyler Taguchi Metodu ve Varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilerek en uygun kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği için optimizasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Deney sonuçlarına göre, St 33 malzemesinin takım aşınması için en uygun kesme parametreleri kesme hızı 120 m/dak, ilerleme hızı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1.5 mm; yüzey pürüzlülüğü için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 180 m/dak, ilerleme hızı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1 mm bulunmuştur. St 52 malzemenin takım aşınması için en uygun kesme parametreleri kesme hızı 120 m/dak, ilerleme hızı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1mm; yüzey pürüzlülüğü için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 180 m/dak, ilerleme hızı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1.5 mm bulunmuştur.

Memiş (2015) bu çalışmasında; AISI 2205 (EN 1.4462) paslanmaz çeliğin CNC torna tezgâhında işlenmesinde, kesme parametrelerine bağlı yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetlerini belirlemeye çalışmıştır. Deney numunelerinin işlenmesi esnasında kesme kuvvetleri, tezgâha bağlanan Kistler 9257B dinamometre yardımıyla, yüzey pürüzlülükleri Mahr Perthometer M1 masa tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Deneylerde, SNMG 120408 NM4 WSM20 ve SNMG 120408 NR4 WSM20

iki farklı talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan parametreler, 1 mm kesme derinliği, 0,1-0,2-0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 150, 180, 210, 240, 270 m/dak kesme hızı şeklindedir. Uygulanan kesme parametreleri ile talaş kırıcı formunun yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, en iyi yüzey pürüzlülük ve en düşük kesme kuvveti değerleri SNMG 120408 NR4 WSM20 kodlu kesici takımlarla elde edilmiştir. İki kesici takım için de, düşük ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin azaldığı, ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin artmış olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin azalmış olduğunu tespit etmiştir.

Motorcu (2010) çalışmasında; ısıt işlemsiz ve küreselleştirilmiş Ç52100 rulman çeliği kullanarak farklı takımlarla işlenmesinde, parametreleri ile iş parçası ve takım sertliği faktörlerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Deneyleri; %70 Al₂O₃ + %30 TiC matris esaslı kaplamasız karma alümina seramik, %70 Al₂O₃ + %30 TiC matris esaslı ve PVD yöntemiyle TiN kaplı seramik ve CVD tekniğiyle Ti(C,N)+Al₂O₃+Ti(C,N)+TiN kaplı karbür şeklinde 3 farklı kesici takım ile kuru kesme şartları altında Taguchi deneysel tasarım tekniğini kullanarak yapmıştır. İşleme parametrelerine uygun ortogonal dizi L18 olarak seçilmiştir. Isıl işlemsiz Ç52100 rulman çeliğinin işlenmesinde en iyi takım ömrü performansını kaplamalı seramik takımlar, küreselleştirilmiş Ç52100 rulman çeliğinin işlenmesinde ise kaplamalı karbür takımlar daha iyi takım ömrü performansı sergilediği sonucuna varılmıştır.

Sarışık ve Özkan (2016) yaptıkları çalışmada; CNC makinesi kullanılarak parmak frezeli kesici uç (6.0 mm) ile farklı işleme türü (dış hatlar ve çizgisel), kesme derinliği (1.2, 1.6 ve 2.0 mm), ilerleme hızı (2000, 2500 ve 3000 mm/dk) parametreleri ile 5 farklı tür mermerin kesme kuvvetini ve spesifik enerjisini araştırmışlardır. İşlenebilirlik deneylerinde işleme türü, kesme derinliği ve ilerleme hızına göre F_z, F_c ve F_t kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Böylece, mermerlerin frezeleme işleminde; işleme türü, kesme derinliği ve ilerleme hızını parametrelerinin işlenebilirliği etkilediği sonucuna varılmıştır.

Sarıışık ve Özkan (2017) yaptıkları çalışmada, CNC makinesi kullanılarak 7 tür mermer, 6.0 mm çapında parmak frezeli kesici uç, 1.2, 1.6 ve 2.0 mm kesme derinliği, 2000, 2500 ve 3000 mm/dk ilerleme hızı parametreleri ile CNC) ile işlenmesinde kesme kuvvetleri ve spesifik kesme enerjisinin istatistiksel analizi yapılmıştır. İşlenebilirlik deneylerinde kesme derinliği ve ilerleme hızına göre teğetsel kesme kuvveti (F_c), radyal kesme kuvveti (F_t) ve spesifik kesme enerji değerlerinin istatistiksel analizi (ANOVA) yapılarak, mermerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin kesme kuvvetleri ve spesifik kesme enerjisine olan etkileri regresyon analizi ile incelenmiştir. Mermerlerin işlenebilirliğinde kesme derinliği ve ilerleme hızı etkili olduğu görülmüştür.

Nas vd. (2011) yaptıkları çalışmada; AISI 1050 çeliği Fanuc kontrol ünitesine sahip taksan TMC500-OM CNC freze tezgâhında işlenerek, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen, kesme hızı, ilerleme hızı, kesici uç sayısı ve kesme derinliği gibi parametreleri deneysel olarak araştırmışlardır. Yapılan deneylerde PVD yöntemiyle kaplanmış kesici takımlar kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü için Marsurf PS1 tipi, masa üstü ve yazılı çıktı alınabilen yüzey pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmış olup ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri ile parametreler arası ilişkiler eğri uydurma algoritmaları kullanılarak matematiksel modellemesi yapılmış, ideal olanları teorik çalışmalar için önerilmiştir. Çalışmanın sonucunda; her bir deney için farklı parametre değerlerine göre önerilen matematiksel modellerin yüzey pürüzlülüğündeki değişimlerinden bahsedilmiştir.

Pınar vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada; deney numunesi olarak AA 7075 alüminyum alaşımı malzemesi Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak kesme hızı, ilerleme oranı, işleme deseni ve talaş derinliği parametrelerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneylere ait sonuçlar, varyans analizi değerlendirilmiştir. Ortalama pürüzlülük, kesme hızı ile ters ilerleme oranı ve talaş derinliği ile doğru orantılı olarak değiştiği ve en düşük pürüzlülükler sırasıyla spiral, paralel ve tek yönlü işleme desenlerinde elde edildiği belirlenmiştir. 300 m/dk kesme hızında, 150 mm/dk ilerleme hızında, spiral işleme deseninde ve 1 mm talaş derinliği seviyesinde optimum ortalama pürüzlülük değeri 0.45107 μm olarak tespit edilmiştir.

Tekaslan vd. (2008) çalışmalarında; AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğin Fanuc kontrol

ünitesine sahip TC-35 Johnford CNC torna tezgâhında işlenmesi sırasında en ideal yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi için en uygun işleme parametrelerinin belirlenmesini hedeflemişlerdir. Deney numunelerin yüzey pürüzlülükleri, “Mahr” marka Perthometer M1 tipi pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İşlenebilirliğe bağlı olarak pürüzlülüğün, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğine göre değişimi değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaya göre; kesme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği fakat ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artış göstermektedir. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin kesme hızından daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır.

Yılmaz vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada; frezeleme işlemlerinde kesme parametrelerinin titreşim ivme seviyesi ve yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmış ve en uygun işleme parametrelerini tespit etmişlerdir. Deneylerde Bering marka TPKN 2204 PDR PK6030 TiN kaplı karbür kesici uç Deneylerde Taguchi tasarım tekniği kullanılmıştır. Frezeleme deneylerinde üç farklı kesme hızı 132, 220, 308 mm/dk, üç farklı ilerleme miktarı 0,05, 0,1, 0,2 mm/diş, iki farklı kesme derinliği 1, 1,5 mm ve üç farklı uç sayısı 1, 2, 4 kullanılmıştır. Deney sonuçları değerlendirilirken Minitab 15 yazılımı yardımıyla sinyal/gürültü oranı esas alınmış ve en uygun titreşim ivmesi seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini veren kontrol faktörleri belirlenmiştir. Kontrol faktörlerinin sonuçlara etkisi varyans analizi (ANOVA) yardımıyla bulunmuştur. Sonuç olarak; yüzey pürüzlülüğü, en iyi sonuca ilerleme ve kesici uç sayısının en düşük seviyesinde, kesme hızının ise en yüksek seviyesinde ulaşılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü en fazla etkileyen parametrenin ilerleme değeri, en az etkileyen parametrenin ise kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir.

Zeyveli (2010) bu çalışmasında, AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Kesme hızları 70, 100, 130, 160, 190, 200 m/dk değerlerinde, ilerleme hızları da 0.05, 0.10, 0.15 m/dk değerlerinde ve sabit 1mm kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır. Deneylerde tormalama yöntemiyle kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde Mahr marka Marsurf PS1 tipi masaüstü yüzey pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmıştır. İşleme parametrelerine ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine İstatistiksel

Proses Kontrol metotları uygulanmış ve analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; ilerleme hızının ve kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olmuştur. Kesme hızına bağlı olan artış da ilerleme hızına oranla daha düşük olmuştur. Sabit ilerleme hızlarında, en düşük kesme hızında en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilirken; sabit kesme hızlarında ise, düşük ilerleme hızı değerlerinde düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Bu durumun yüksek ilerleme hızı ile düşük kesme hızı ve düşük ilerleme hızı ile yüksek kesme hızlarının kullanılması yaklaşımını desteklediği görülmektedir.

Mukherjee *et al.* (2014) yaptıkları çalışmada; karbür ve hafif çelik malzeme olan SAE 1020 üzerinde MRR (malzeme kaldırma hızı) için en uygun parametrelerin bulunmasına yönelik çalışmışlardır. Deneyler EMCO Concept Turn 105 CNC tornalama makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 5 farklı kesme hızı (3600, 3720, 3840, 3960, 4080 m/dk), 5 farklı ilerleme hızı (0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 mm/devir) ve 5 farklı kesme derinliği (0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 mm) kullanılmıştır. Deneyler Taguchi tasarım tekniği kullanılarak 3 faktörlü 5 seviyeli L25 ortogonal dizinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler Kontrol faktörlerinin sonuçlara etkisi varyans analizi (ANOVA) yardımıyla bulunmuştur. Kesme hızı, ilerleme hızı ve derinlik parametrelerinin MRR optimizasyonu için yürütülen çalışmanın analizi sonucunda, işleme parametrelerinin MRR üzerinde önemli etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Optimum parametreler kesme hızı 3840 m/s, ilerleme hızı 0,35 mm/dev, kesme derinliği 0,3 mm şeklinde tespit edilmiştir.

Selvam *et al.* (2012) yapmış oldukları çalışmada; 55 x 21 x 21 mm ebatlarındaki hafif çelik iş parçasına çinko kaplı karbür uç kullanarak farklı işleme parametrelerinde yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerini araştırmış, yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek için en uygun kesim durumunu belirlemişlerdir. Kullanılan işleme parametreler; geçiş sayısı, kesme derinliği, dönüş hızı ve besleme oranıdır. Deneysel çalışmalar FANUC serisi CNC dik işleme makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler Taguchi deneysel tasarım tekniği kullanılarak planlanmıştır. Deneme hafif çelik üzerinde gerçekleştirilen ve elde edilen veri Taguchi tekniği ve genetik algoritma kullanılarak analiz edilmiştir. Her iki teknik ile sonuçlar karşılaştırıldığında uygulanan dört işleme parametresinin yüzey pürüzlülüğüne etki ettiği ve en düşük yüzey pürüzlülüğü için ise, en uygun işleme parametreleri tespit edilmiştir.

Kabra *et al.* (2013) yapmış oldukları çalışmada; EN19/AISI4140 orta Karbonlu çelik iş malzemesi üzerinde CNC ile tornalama işlemi yapılarak yüzey pürüzlülüğü incelenmiş, deneylerinde üç farklı kesme hızı (100, 150, 200 mm/dk), üç farklı ilerleme hızı (0,05, 0,11, 0,17 mm/devir) ve üç farklı kesme derinliği (0,4, 0,8, 1,2 mm) kullanılmıştır. Deney planı Taguchi deney tasarım yönteminin, L9 ortogonal dizini kullanılarak tasarlanmıştır. Deney sonuçları değerlendirilirken Minitab yazılım kullanarak sinyal-gürültü oranı, varyans analizi ve regresyon analizi yöntemleri yardımıyla elde edilmiştir. Sonuç olarak; kesme derinliği yüzey pürüzlülüğünde en büyük etkiyi göstermiş, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü için önemli bir işleme faktörü olmadığı ifade edilmiştir.

Sharma and Bhambri (2012) yapmış oldukları çalışmada; AISI H13 dayalı krom malzemesini işleme alarak yüzey pürüzlülüğü ve malzeme kaldırma oranını, üç işleme parametresi (besleme oranı, kesme derinliği ve kesme hızı) ile optimizasyonunu araştırmışlardır. HMT STALLION-100 HS CNC Torna tezgâhı üzerinde deneyler yapılmış ve deneylerde besleme oranı, kesme derinliği ve kesme hızı parametreleri farklı seviyelerde kullanılarak Taguchi deney tasarım yönteminin L'18 ortogonal dizini kullanılmıştır. Optimizasyonu belirleyebilmek için Taguchi ve varyans analizi (ANOVA) Minitab 16 yazılımı yardımıyla, en iyi duruma getirme ve elde edilen verilerin grafik çözümlemesi yapılmıştır. Sonuç olarak Taguchi yöntemi uygulanarak malzeme kaldırma oranı (MMR) ve yüzey pürüzlülük gibi işlemlerin performans özellikleri büyük ölçüde geliştirilmiştir.

Daven *et al.* (2012) yapmış oldukları çalışmada; CNC Torna işlemi yüzey pürüzlülüğü ve malzeme kaldırma hızı (MMR) için en uygun kesme koşullarını analiz etmişlerdir. Batliboi marka CNC torna makinası deneylerde kullanılmıştır. İki farklı malzeme olan EN-8 ve EN-31 için 3 farklı parametre (kesme hızı, ilerleme hızı ve derinlik) kullanılmıştır. Deney metodu olarak Taguchi metodu ve deney parametrelerine göre L8 dizini kullanılmıştır. En uygun kesme parametreleri Taguchi tekniği ile elde edilmiştir. Veriler sinyal-gürültü oranı ve varyans analizi Minitab istatistiksel yazılım yardımıyla deneysel verilerin çözümlemesi için kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre; malzeme

kaldırma hızı kesme derinliği tarafından büyük ölçüde etkilenmiş, ilerleme hızı artışı ile malzeme kaldırma hızı artmıştır. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü için en önemli faktör olduğu sonucuna varılmış, kullanılan yöntem ile üretim maliyetini azaltmanın ve makine kullanımını artırmanın mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Joshi and Kothiyal (2012) yaptıkları çalışmada; CNC freze işleme işlemi ile dönüş hızı, kesme, derinlik, ilerleme hızı gibi çeşitli parametrelerin etkileri Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak yüzey üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Seçili parametreler için deneyler, Taguchi L9 ortogonal dizisi ile tasarlanmış, S/N oranı ve varyans analizi için Minitab 15 yazılımı kullanılmıştır. Sonuç olarak ilerleme hızı yüzey modelleme için en hakim faktördür ve Taguchi deney tasarımı, CNC freze yüzey modelleme için uygundur kanısına varmışlardır.

Korat and Agarwal (2012) yaptıkları çalışmada; CNC Torna işlemi uygulanan EN24/AISI4340 çelik alaşımlı malzemesi üzerine Taguchi deney tasarımı ile çeşitli kesme parametrelerinin yüzey üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneme planı Taguchi' nin L18 ortogonal dizisi kullanılarak tasarlanmıştır ve Minitab istatistiksel yazılımından yararlanılmıştır. Deney verileri sinyal-gürültü oranı ve varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve malzeme kaldırma oranı için en önemli faktörler tespit edilerek, en uygun kesme parametreleri için en az yüzey pürüzlülüğü ve en fazla malzeme kaldırma oranı elde edilmiştir. Böylece, makine kullanımını artırmak ve otomatik üretim ortamında üretim maliyeti azaltmak mümkün olmaktadır.

Lin *et al.* (2009) yaptıkları çalışmada; CNC delme işlemlerini farklı seviye ve parametrelerde uygulayarak yüzey kalitesi üzerinde çalışmışlardır. Deneylerde kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri 3 farklı seviyede Taguchi deney tasarımı uygulanarak yapılmıştır. Deneylerde Taguchi ortogonal dizi olarak L9 dizisi kullanılmış, deney verileri varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilerek yüzey kalitesindeki en önemli faktörü belirlemek için uygulanmıştır. Sonuç olarak pürüzlülük üzerinde en etkili faktörün ilerleme hızı ve kesme hızı olduğu tespit edilmiş, yüzey pürüzlülüğüne etkileyen parametreleri sırasıyla ilerleme hızı, kesme hızı ve kesme derinliği şeklinde tespit etmişlerdir.

Naresh *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada; CNC freze makinesini kullanarak GFRP kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Helis açısı, dönüş hızı, ilerleme hızı, kesme kuvveti ve delaminasyon faktörü ile işleme sonucu yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek amacı için kullanılan işleme parametrelerini en uygun hale getirmek üzere çalışmışlardır. Taguchi deney tasarım tekniği kullanılmış ve Taguchi' nin L27 ortogonal dizisine dayalı deney planı oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) stylus tipi profilometer Mitutoyo SJ-201 kullanılarak ölçülmüştür. Parametrelerin katkısı varyans analizi tarafından (ANOVA) belirlenmiş, sonuç olarak yüzey pürüzlülüğü, delaminasyon faktörü, helis açısı ve ilerleme hızı artışı ile artarken dönüş hızı artışı ile azaldığı tespit edilmiştir.

Pawar and Palhade (2015) yapmış oldukları çalışmada; radius ve kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri Taguchi deney tasarım yöntemi ve varyans analizini kullanarak malzeme kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Deneyde ortogonal dizi ve sinyal-gürültü oranı (S/N) Minitab 14 yazılımı kullanılarak, dört parametre için üç farklı seviye kullanılmış ve L9 ortogonal dizisi oluşturulmuştur. İlerleme hızı ve radius' un malzeme kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğü için en önemli faktörler olduğu tespit edilmiştir.

Yadav *et al.* (2012) yapmış olduğu çalışmada; orta karbonlu çelik AISI 1045 malzemesi CNC torna işlemlerinde kesme parametrelerinin (ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme hızı) yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneylerde Taguchi deney tasarım tekniği kullanılmış ve L'27 ortogonal dizi oluşturulmuştur. Deney sonuçları değerlendirilirken Minitab 16 yazılımı kullanılmış, kontrol faktörlerinin sonuçlara etkisi varyans analizi yardımıyla bulunmuştur. Sonuç olarak; İlerleme hızı, yüzey pürüzlülüğü için en önemli faktördür. İlerleme hızındaki artış ve kesme hızındaki azalma ile yüzey pürüzlülüğü artar sonucuna varılmıştır.

Yapılan literatür araştırması değerlendirildiğinde; işlenebilirlik deneylerinde, tornalama işleminde işleme performansına ve yüzey kalitesine etki eden faktörlerden; ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki

etkilerinin araştırıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; kesme parametreleri içerisinde ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı işlemleri kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametrelerdir.

Frezeleme işlemlerinde ilerleme hızının ve kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün azalarak kesme kuvvetlerinin arttığı, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin kesme hızından daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Kesme parametrelerinin uygun seçilmesi takım ömrü ve yüzey kalitesi bakımından çok önemli olduğu görülmüştür.

2.1 CNC Tezgâh Seçimi

Endüstrinin amacı, her zaman pazarda en büyük payı elde edebilmek için daha düşük üretim maliyetleri ile daha kaliteli ürünler elde etmektir. CNC tezgâhlar kullanılarak iyi kalitede daha hızlı ve daha düşük maliyette üretim yapma imkanı sağlanır ve bu tezgâhlar endüstri tarafından geniş bir kabul görmektedir. Frezeleme, dönme şeklinde kesme hareketi ve ilerleme hareketi parça tarafından yapılan bir talaş kaldırma işlemidir. Frezeleme işlemi sadece işlem tipi olarak farklılık göstermez aynı zamanda tezgâh, takım ve işlenecek iş parçası bakımından da büyük farklılıklar gösterir.

CNC tezgâh seçimi, frezeleme yöntemi seçiminde en büyük öneme sahiptir. Bir malzemenin frezelenmesi için yapılması gereken en önemli öncelik uygun tezgâhın seçilmesidir. İşlem için hangi tezgâhın uygun, hangi tezgâhın en iyisi olduğu önemlidir. Günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan CNC freze tezgâhlarını, endüstride çeşitli tiplerde görmek mümkündür. Freze tezgâhının tipi, gücü, kapasitesi, uygulanacak freze yöntemi, frezenin tipi ve boyutu gibi faktörler tezgâh seçiminde dikkate alınacak en önemli faktörlerdir. Tezgâhın seçiminin uygun yapılamaması; yapılacak işlem için kesici uç başına ilerleme, talaş derinliği gibi değerlerin uygun olmamasına, bir işlemin birkaç işlemde tamamlanmasına ve yüzey kalitesi üzerinde olumsuz etkide bulunması gibi sonuçlara neden olacaktır (Akkurt 2012, Çakır 2010).

CNC tezgâh seçiminde dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar şunlardır;

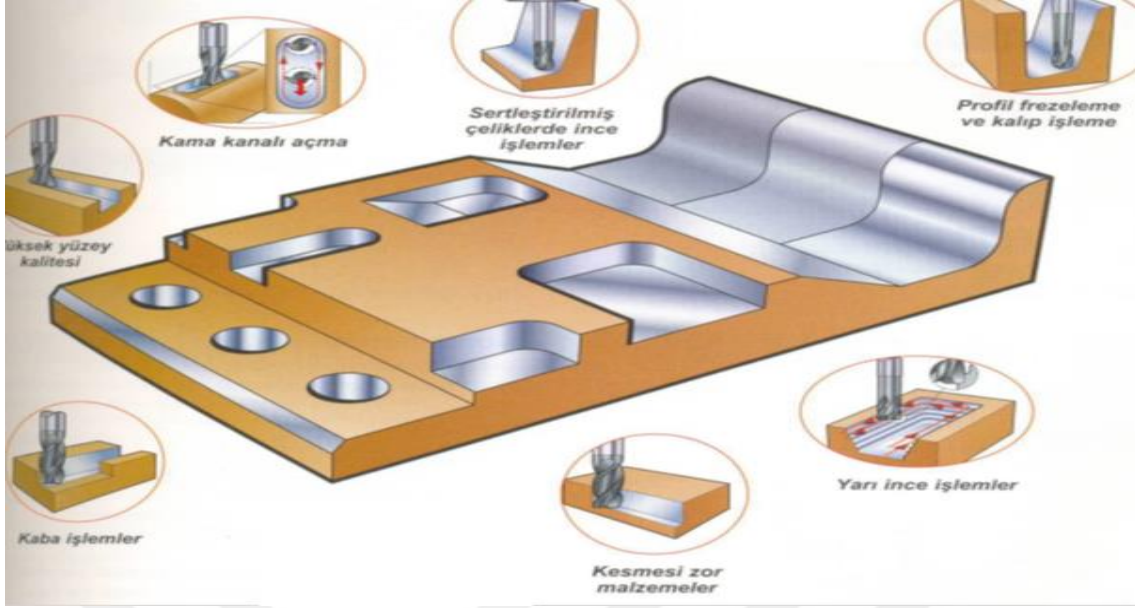
- Genel amaca yönelik CNC tezgâhlarını tercih etmek yerine, mevcut veya yapılacak imalata uygun CNC tezgâhları tercih edilmelidir.
- CNC tezgâhları seçilirken teknolojik olarak en yeni ve özellikleri fazla olan tercih edilmelidir.
- Bilgisayarlı sistemlere ve çeşitli yazılımlara (çizim programları vs.) uyumlu olmalıdır.
- Bakım-onarım, teknik destek gibi konularda ilgili firmanın yeterliliğinin olması gereklidir.
- CNC tezgâhları optimizasyona açık ve geliştirilebilir olmalıdır.

2.2 Frezeleme İşleme

Kesme hareketi, takımın kendi eksenini etrafında dönmesi ve sabit bir malzeme üzerinden talaş kaldırma işlemlerine frezeleme adı verilir. Freze tezgâhlarının kullanım amaçlarına göre birçok çeşidi vardır. CNC, “bilgisayarlı sayısal kontrol” anlamına gelir ve computer numerically control kelimelerinin kısaltılmasıdır. Malzeme üzerinde düz yüzeyler, şekilli yüzeyler ve çeşitli kanallar gibi birçok işlemi bilgisayar aracılığı ile programlayarak otomatik olarak frezeleme işlemleri CNC tezgâhlarda yapılabilmektedir.

CNC makineler ile delme, ağaç işleme, ahşap oyma, torna, freze gibi işlemler yapılabilmektedir. CNC freze tezgâhları operasyon çeşitliliği bakımından çok fazla işlem yapabilme kabiliyetine sahip olup en az 3 eksenle olmakla birlikte daha fazla eksenle de işlem yapılabilmektedir (Sarıışık ve Özkan 2016).

Frezeleme; yöntemsel olarak alın freze, çevresel freze ve parmak freze şeklinde sınıflara ayrılır. Çevresel frezeleme, takımın çevresinde bulunan dişliler tarafından yapılan talaş kaldırma işlemidir. Alın frezeleme, takımın alın yüzeyinde bulunan dişler tarafından yapılan talaş kaldırma işlemidir. Parmak frezeleme ise hem çevresel hem de alın frezeleme işlemi birlikte yapan talaş kaldırma işlemidir (Ay ve Kalyon 2011, Kara 2012, Meral vd. 2011). Parmak freze ile çeşitli işleme örnekleri Resim 2.1’ de gösterilmiştir.



Resim 2.1 Parmak freze çakılarıyla çeşitli işleme örnekleri (İnt.Kyn.1).

2.3 Taguchi Deney Tasarımı

Taguchi yöntemi; deneyin tasarımı aşamasında deney sayısını azaltarak, deneylere harcanacak zaman ve maliyetten tasarruf edilmesine ve bununla birlikte deneysel çalışmalarda en uygun sonuçlar elde edilerek ürünlerin kalitesinin iyileştirilmesinde etkili olmaktadır. Kalite geliştirmede ise daha az deneme ile daha iyi sonuç alma imkânı vermektedir.

Taguchi yöntemi bir tür kesirli faktöriyel tasarım olup istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemde deneylerin tüm kombinasyonlarının denenmesi yerine ortogonal dizinleri kullanılarak deney sayıları önemli ölçüde azalmaktadır. Ortogonal dizinler, bir sayı matrisi olarak ifade edilir ve her sütun seçilen faktörleri, her satır ise seçilen faktörlerin seviyelerini ifade eder (Canıylmaz ve Kutay 2003, Köksoy 2001, Özüak 2008, Saat 2000, Savaşkan vd. 2004).

En çok kullanılan dizinler 2 seviyeli faktörler için L4, L8, L12, L16 ve L32 dizileri, 3 seviyeli faktörler için L9, L18, L27 dizileri olmaktadır. Seviyelerin karışık olarak kullanıldığı dizilerden bazıları L18, L36, L54 şeklindedir. Burada dizinleri oluşturan L harfi ortogonal diziyi, bitişiğindeki rakamsa dizinin öngördüğü deneme sayısını

göstermektedir. Çeşitli faktör ve seviyelere uygun ortogonal diziler, Çizelge 2.1’ deki tabloda gösterilmiştir (Çelik 1993, Karagöz 2014, Şirvancı 1997).

Çizelge 2.1 Çeşitli faktör ve seviyelere uygun ortogonal dizin tablosu (İnt.Kyn.3).

Ortogonal Dizi	Deney Sayısı	Faktör Sayısı	Seviyelerdeki Maksimum Faktör Sayısı			
			Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Seviye 5
L-4	4	3	3	-	-	-
L-8	8	7	7	-	-	-
L-9	9	4	-	4	-	-
L-12	12	11	11	-	-	-
L-16	16	15	15	-	-	-
L-‘16	16	5	-	-	5	-
L-18	18	8	1	7	-	-
L-25	25	6	-	-	-	6
L-27	27	13	-	13	-	-
L-32	32	31	31	-	-	-
L-‘32	32	10	1	-	9	-
L-36	36	23	11	12	-	-
L-‘36	36	16	3	13	-	-
L-50	50	12	1	-	-	11
L-54	54	26	1	25	-	-
L-64	64	63	63	-	-	-
L-‘64	64	21	-	-	21	-
L-81	81	40	-	40	-	-

2.4 Taguchi S/N Oranı

Taguchi, deney tasarımı analiz değişkeni ya da performans kriteri olarak kullanılması amacıyla, sisteme ait varyasyonu azaltmak için sinyal/gürültü (signal/noise) oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik geliştirmiştir.

Bu yöntemde kullanılan ölçüt, ölçülmek istenen sinyalin (S) gürültü faktörüne (N) oranıdır. Sinyal değeri (S) sistemin verdiği ve ölçülmek istenen gerçek değeri, gürültü faktörü (N) ise ölçülen değer içerisindeki istenmeyen faktörlerin payını temsil eder. S/N oranı birimi dB (desibel) dir. Gürültü faktörleri, üretim sırasında kontrol edilemeyen

fakat deney sırasında kontrol edilebilen faktörlerdir. Sinyal faktörleri ise ayarlanabilen veya kontrol edilen faktörlerdir.

Bu yöntemin iki önemli hedefi vardır; ürünün karakteristik değerlerini mümkün olduğunca hedef değerlere yaklaştırmak ve minimum sapmayı sağlamaktır. Hedeflenen kalite karakteristiklerine bağlı olarak üç farklı amaca uygun S/N oranı fonksiyonu vardır (Aydın 1994, Danacıoğlu 1998, Ferah 2003, Pınar ve Güllü 2010, Taylan 2009, Yıldırım 2011).

En küçük en iyi olduğu yaklaşım; ölçüm değerindeki küçülme ile iyileşmenin arttığı fonksiyon tipidir. İdeal değer 0' dır ve eğer sapma varsa pozitif yöndedir. Bu fonksiyonun hesaplama formülü Eşitlik 2.1' de verilmiştir.

$$S/N \text{ Oranı} = -10. \log[yi^2/n] \quad (2.1)$$

En büyük en iyi olduğu yaklaşım; ölçüm değerindeki küçülme ile iyileşmenin arttığı karakteristik tiptir. Değerler ne kadar artarsa iyileşme o oranda artmaktadır. Bu fonksiyonun hesaplama formülü Eşitlik 2.2' de verilmiştir.

$$S/N \text{ Oranı} = -10. \log[\sum (\frac{1}{yi^2})/n] \quad (2.2)$$

Nominal en iyi olduğu yaklaşım; ne kadar nominal değerlere yaklaşılsa iyileşme o oranda gerçekleşmektedir. Bu fonksiyonun hesaplama formülü Eşitlik 2.3' te verilmiştir.

$$S/N \text{ Oranı} = -10. \log[yi^2/S^2] \quad (2.3)$$

yi = Ölçülen karakteristik değer

n = Ölçüm sayısı

Bu çalışmada hedef yüzey pürüzlülüğünde minimum değerlere ulaşmaktır. Bunun için en uygun işleme parametrelerinin amaçlanması nedeniyle Taguchi' nin en küçük en iyi

olduğu yaklaşım optimizasyonda kullanılacaktır.

2.5 Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülük değeri işlenmiş yüzeylerin, yüzey kalitesi çözümlemek amacıyla ölçülür. Yüzey pürüzlülüğü, üretilecek malzemelerin yüzey kalitelerinin belirlenmesinde ve geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. İşleme alınmış malzemenin yüzey kalitesinin asıl göstergesi yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey pürüzlülüğü literatürde çok incelenen ve üzerinde araştırma yapılan bir konu olmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği gibi temel işleme parametrelerinin yanında malzemenin yapısal özelliklerinin de yüzey kalitesinde önemli bir faktör olduğu, yapılan çalışmalar neticesinde anlaşılmaktadır (Bağcı 2010, Çelik ve Özek 2011, Karagöz 2011).

Frezeleme, halen düzgün yüzeyler üretmek için sıkça kullanılan işleme yöntemidir ve yüzey pürüzlülüğü frezeli imalatta en önemli kalite karakteristiklerindendir. Yüzey pürüzlülüğünün azalması yüzey kalitesinin artmasını sağlamaktadır. Bu nedenle yüzeyler, olabildiği kadar düzgün ve pürüzsüz olmalıdır. En düşük seviyede yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşılması en uygun işleme şartlarının seçilmesinde çok önemli bir rol oynar. Aksi takdirde gereksiz yere zaman ve maliyet sarfına sebep olur. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan parametrelerden bazıları; Ra, Rz, Rq, Rk, Rp ve Rmax'dır (Gürer vd. 2007, Horozoğlu 2013, Önsel 2014, Özlü vd. 2014).

CNC makinesi ile işlemde yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler;

- 1- Takım tezgâhının rijitlik durumu
- 2- İşlenecek malzemenin bağlamadan dolayı oluşan deformasyonu
- 3- Takım tutucusunun rijitlik durumu
- 4- Takım aşınmasının etkileri
- 5- Kesicinin tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi
- 6- İşleme parametreleri
- 7- Malzemenin minerolojik ve petrografik özellikleri
- 8- Soğutma sıvısının etkileri
- 9- Talaş kaldırma şekli

10- Tezgâhın kinematik mekanizması

Doğal taş örneklerinin yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için, DIN EN ISO 11562 standardına göre çalışan Resim 2.2’ deki Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. DIN standardına göre çalışan bu cihazda 1.75 mm, 5.6 mm, 17.5 mm tarama boyu ve 150 μm ’ ye kadar okuma hassasiyeti ile ölçüm yapılabilmektedir.

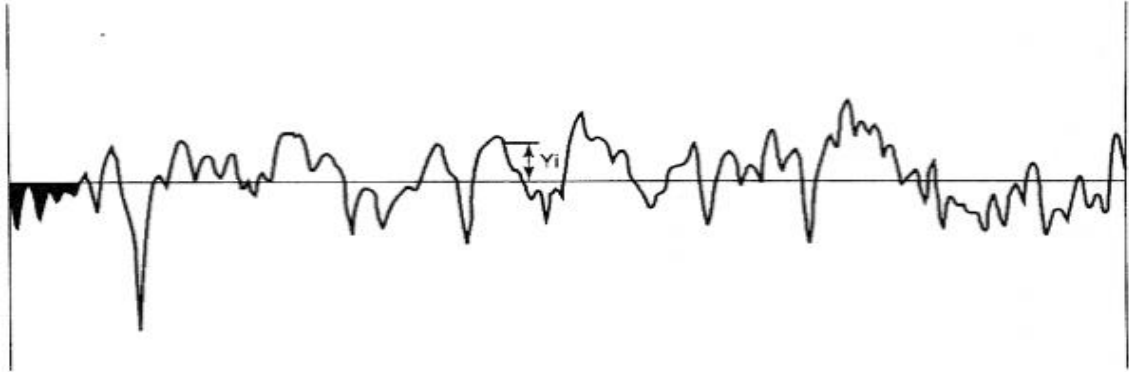


Resim 2.2 Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

Yüzey pürüzlülüğü; işleyici bir takımın, yüzeyin bir ucundan diğer ucuna gitmesiyle oluşan pek çok çizikli, düzensiz kısa dalga boyu uzunluklarıdır. Ra ve Rz pürüzlülük parametreleri, literatür araştırmalarında en çok rastlanan pürüzlülük parametreleridir (Aksulu 2011, Arafat 2009, Sarıcı 2011).

Ra (aritmetik ortalama): Profil sapmalarının aritmetik ortalamasıdır. Yani Ra parametresi, belli bir yüzey uzunluğundaki orta çizgi üzerinde kalan düzensiz pürüz büyüklüklerinin mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır. Uluslararası alanda en çok kullanılan pürüzlülük parametresidir. Ra, aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünün ortalama aritmetik sapmasını tanımlar. Resim 2.3’ te Ra yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi, Eşitlik 2.4 de ise Ra parametresinin hesaplaması verilmiştir.

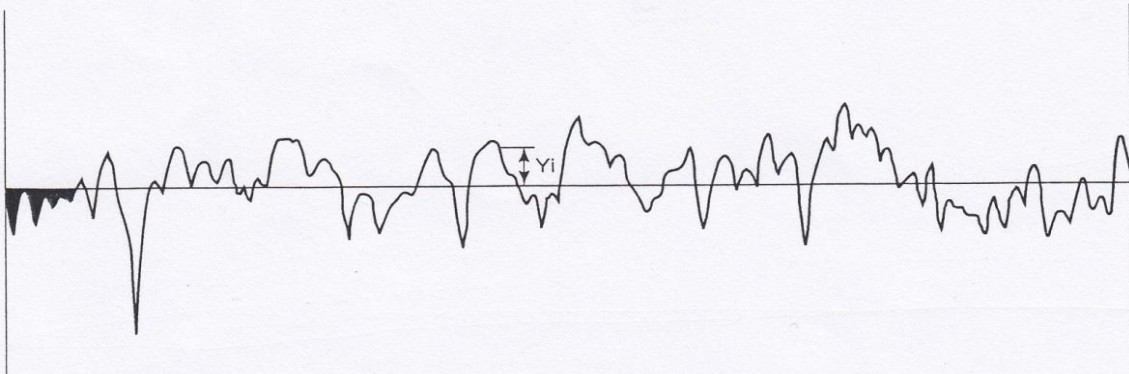
Burada; n ölçülen uzunluktaki pik sayısıdır.



Resim 2.3 Ra yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi (İnt.Kyn.2).

$$Ra = \frac{1}{n} |yi| \quad (2.4)$$

Rq: Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamında bir parametredir. Belli bir yüzey uzunluğundaki profil düzensizliklerinin geometrik ortalamasıdır Bu parametre, piklere ve vadilere karşı daha hassas bir yüzey pürüzlülük değeri vermektedir. Resim 2.4’ te Rq yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi, Eşitlik 2.5’ te ise Rq parametresinin hesaplaması verilmiştir.

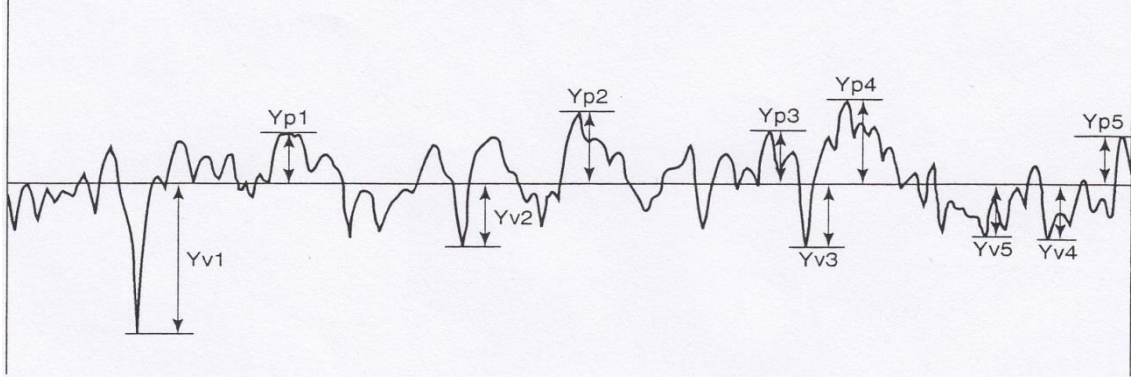


Resim 2.4 Rq yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi (İnt.Kyn.2).

$$Rq = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

Rz: Rz ortalama profil çizgisine paralel olup profili kesmeyen bir doğrudan, örnek uzunluk içinde ölçülen en yüksek çıkıntı ile en derin girinti arasındaki ortalama uzaklıktır.

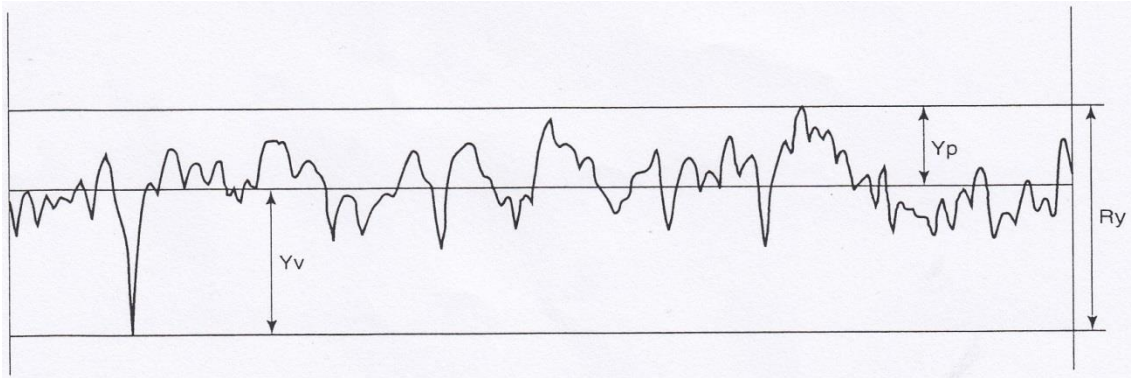
Beş tane en yüksek ve en düşük noktanın ortalaması alınarak hesaplanır. Resim 2.5’ te Rz yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi, Eşitlik 2.6’ da ise Rz parametresinin hesaplaması verilmiştir.



Resim 2.5 Rz yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi (İnt.Kyn.2).

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (2.6)$$

Rmax: Maksimum yüzey pürüzlülüğüdür. Resim 2.6’ da Rmax yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi, Eşitlik 2.7 de ise Rmax parametresinin hesaplaması verilmiştir.



Resim 2.6 Rmax yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi (İnt.Kyn.2).

$$Rmax = Yp + Yv \quad (2.7)$$

3. MATERYAL ve METOT

3.1 CNC Doğal Taş İşleme Makinesi

Bu çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü CNC Laboratuvarın’ da bulunan Megatron Marka 4 Eksenli CNC makinesi kullanılmıştır. CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri Çizelge 3.1’ de, kullanılan Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi Resim 3.1’ de gösterilmiştir.



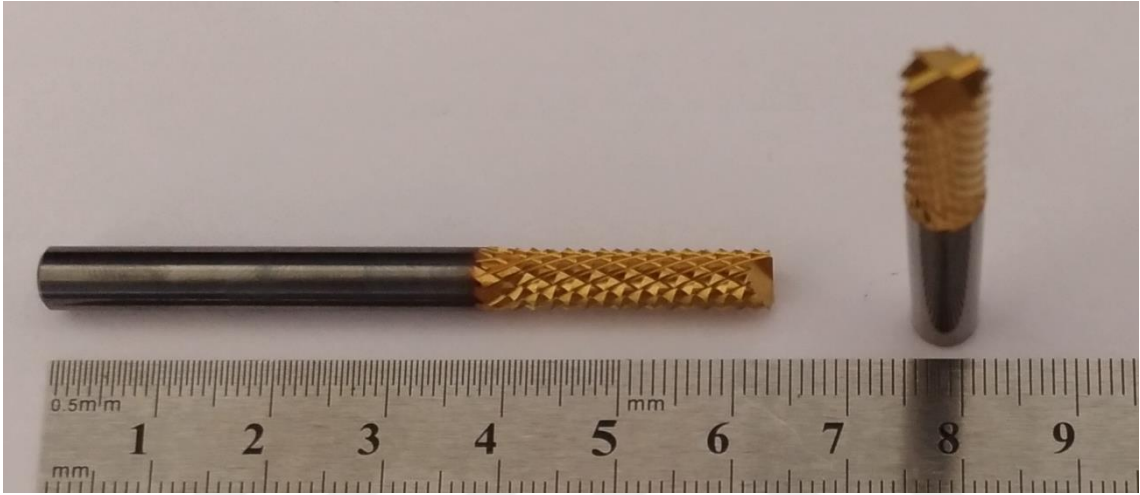
Resim 3.1 Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi.

Çizelge 3.1 CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri (Sarıışık ve Özkan 2017).

İşleme özellikleri	Birim	Değerler	İşleme özellikleri	Birim	Değerler
Spindle motor	kw	9	İşleme eni	mm	2000
Eksen sayısı	adet	4	İşleme yüksekliği	mm	500-600
Motorun devri	rpm	24000	Tezgâh yüksekliği	mm	700-750
İşlem devri	mm/dk	24000	Tezgâh boyu	mm	2500-3000
Motorun X ekseni ilerleme hızı	v	80000	Soğutma suyu	l/dk	3
Voltaj	v	380	Otomatik takım sayısı	adet	8
İşleme boyu	mm	4000			

3.2 Deneysel Çalışmada Kullanılan Kesici Uç Takımı

CNC doğal taş işleme makinesinde işlenebilirlik deneyleri için karbür esaslı parmak frezeli kesici uç takımı kullanılmıştır. Çalışma için kullanılan frezeli kesici uç takımının görünümü, Resim 3.2’de, teknik özellikleri de Çizelge 3.2’ de verilmiştir. Deneysel çalışmalarda 6 mm çapında uçlar kullanılmıştır.



Resim 3.2 Karbür esaslı parmak freze kesici uç.

Çizelge 3.2 Deneysel çalışmada kullanılan parmak freze kesici ucun teknik özellikleri.

Kod	MFR-6
Kesici Uç Çapı/d1 (mm)	6
Sap Çapı/d2 (mm)	4
Kesici Uzunluk/l2 (mm)	20
Uç Uzunluk /l1 (mm)	60
Ağız Sayısı	4
Helis Açısı (°)	25

3.3 Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşlar

Deneysel çalışmalarda, 14 farklı doğaltaş kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar için hazırlanan mermer numunelerinin boyutları, sayısı ve yüzey özellikleri Çizelge 3.3 ’te, doğaltaşların kimyasal analizleri Çizelge 3.4’ te, doğaltaşların petrografik analizleri 3.5’ te, doğaltaşların petrografik tanımlaması 3.6’ da ve doğaltaşların özellikleri 3.7’ de verilmiştir.

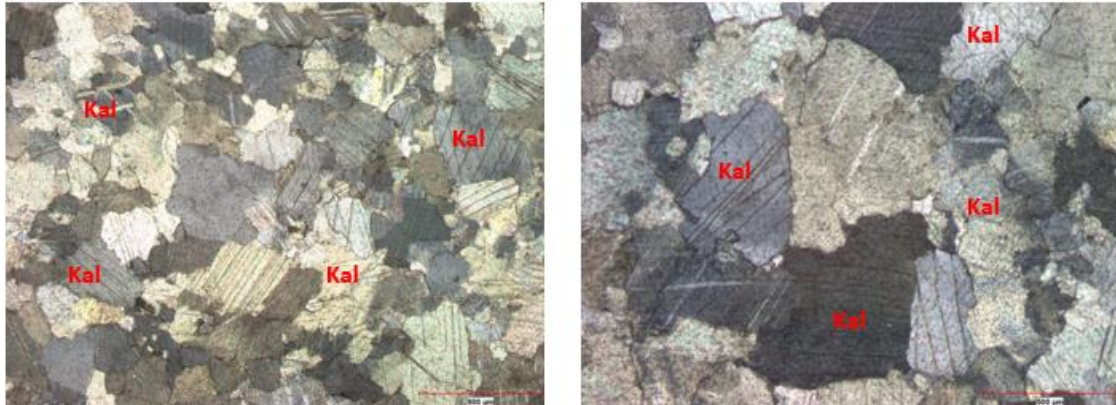
Çizelge 3.3 Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların özellikleri.

Mermerlerin Ticari Adı	Numune Boyutu (mm)	Numune sayısı	Yüzey İşlemesi
Afyon Beyaz	300x300x30	3	Cıralı
Bursa Kemalpaşa Beyaz		3	
Marmara Beyaz		3	
Muğla Beyaz		3	
Uşak Beyaz		3	
Kütahya Kümülüs		3	
Bilecik Bej		3	
Ege Kahve Bej		3	
Korkuteli Bej		3	
Sivrihisar Bej		3	
Antalya Noçe Traverten		3	
Denizli Traverten		3	
Gümüş Traverten		3	
Limra Traverten		3	

Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların petrografik tanımlaması Akredite Doğaltaş Analiz Laboratuvarında (DAL) TS EN 12407 standartlarında petrografik tanımlaması yapılmış ve bu doğaltaşlarda dolomit ile kalsit minerallerinin varlığı kanıtlanmıştır. Doğaltaşlara ait petrografik tanımlamalar Çizelge 3.4 – 3.17’ de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Afyon Beyaz mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Afyon Beyaz Mermer

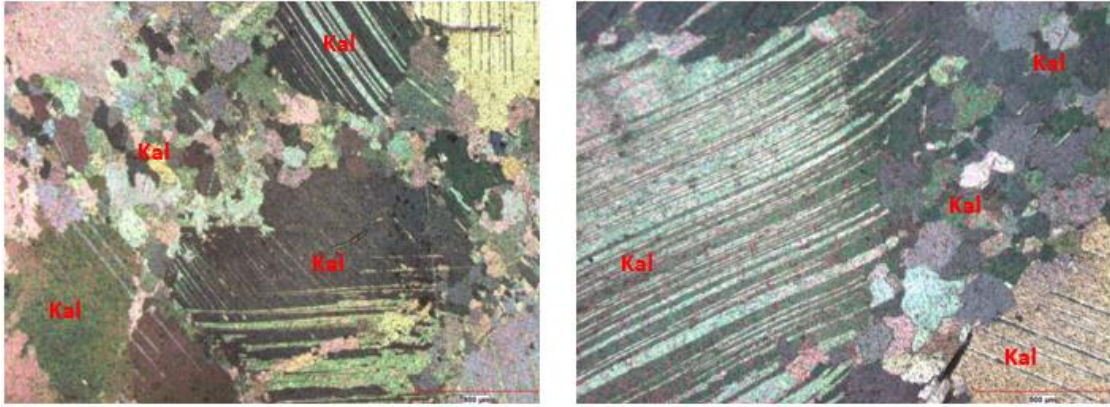


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Afyon Beyaz mermerin petrografik olarak minimum 38,0 μm , maksimum 839,3 μm ve ortalama 287,3 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.5 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer

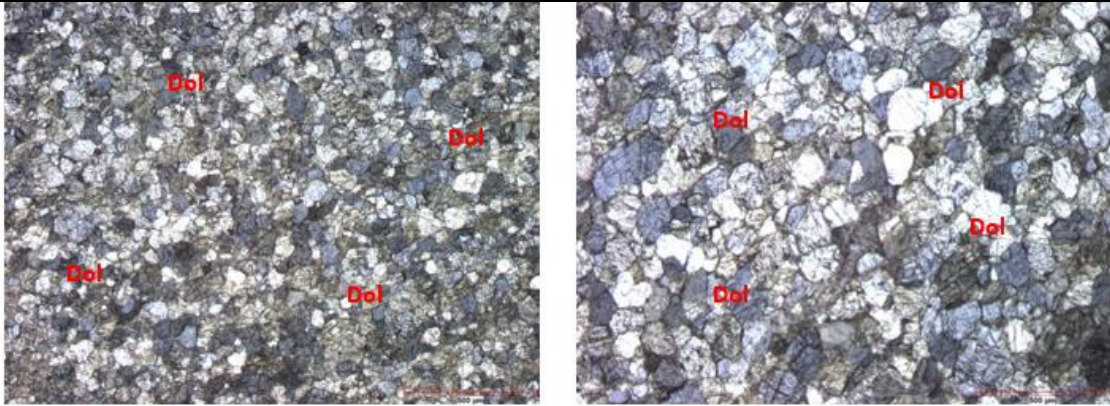


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermerin petrografik olarak minimum 49,8 μm , maksimum 1615 μm ve ortalama 332,1 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluştuğu ve granoblastik dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.6 Marmara Beyaz mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Marmara Beyaz Mermer

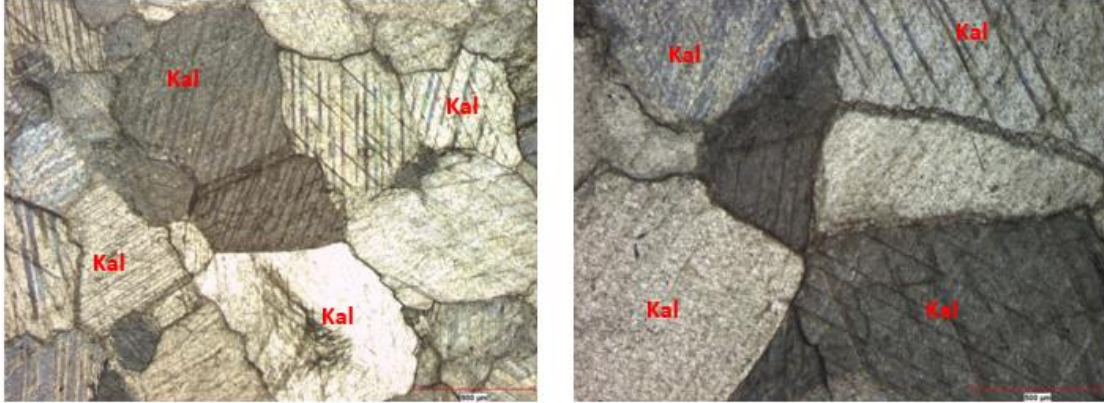


Kayaç içerisindeki dolomit (Dol) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Marmara Beyaz mermerin petrografik olarak minimum 7,0 μm , maksimum 186,9 μm ve ortalama 60,9 μm tane boyutunda dolomit minerallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.7 Muğla Beyaz mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Muğla Beyaz Mermer

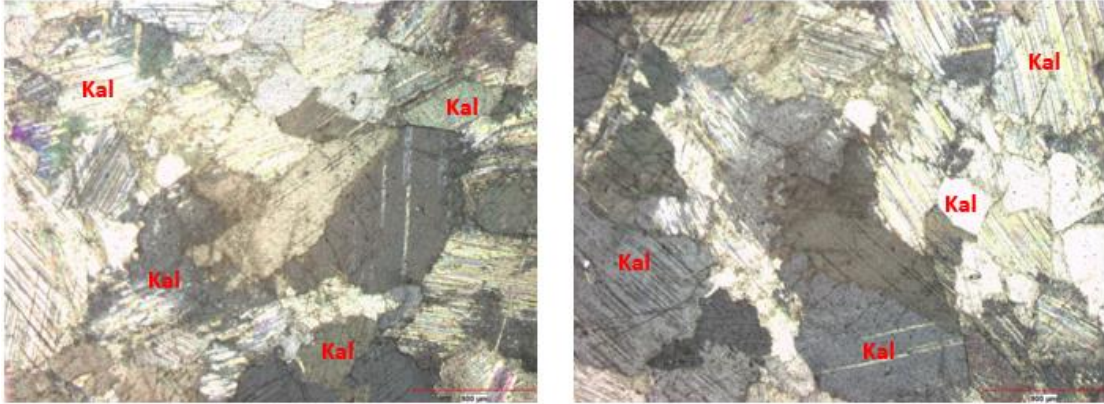


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Muğla Beyaz mermerin petrografik olarak minimum 212,9 μm , maksimum 1796,3 μm ve ortalama 816,2 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.8 Uşak Beyaz mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Uşak Beyaz Mermer

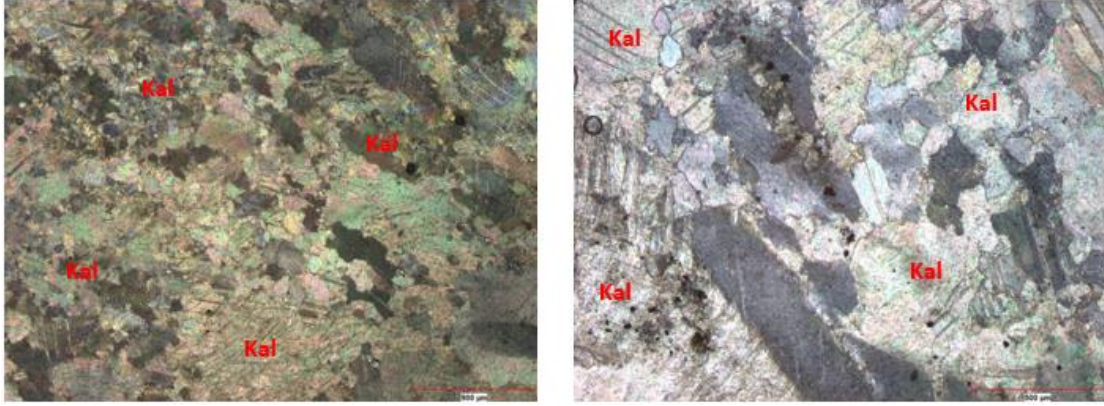


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Uşak Beyaz mermerin petrografik olarak minimum 37,0 μm , maksimum 1601,8 μm ve ortalama 524,7 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.9 Kütahya Kümülüs mermer petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Kütahya Kümülüs Mermer

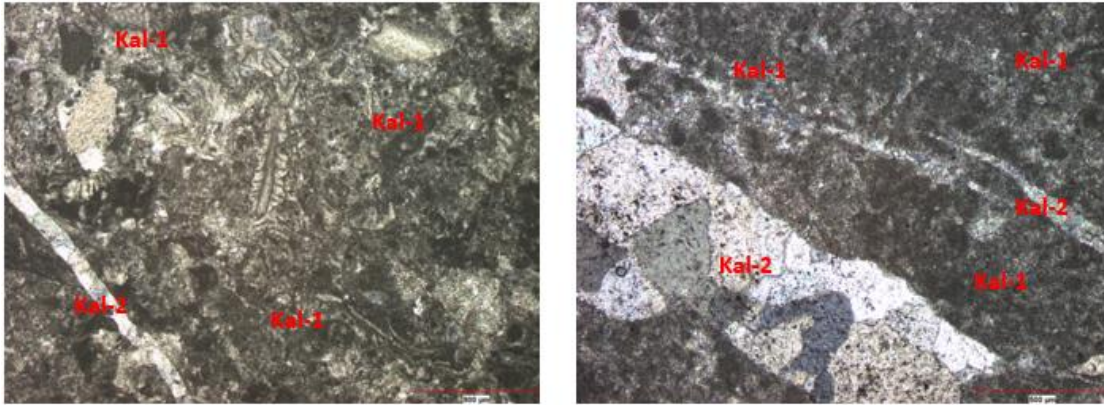


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Kütahya Kümülüs mermer petrografik olarak minimum 6,2 μm , maksimum 544,1 μm ve ortalama 144,4 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.10 Bilecik Bej petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Bilecik Bej

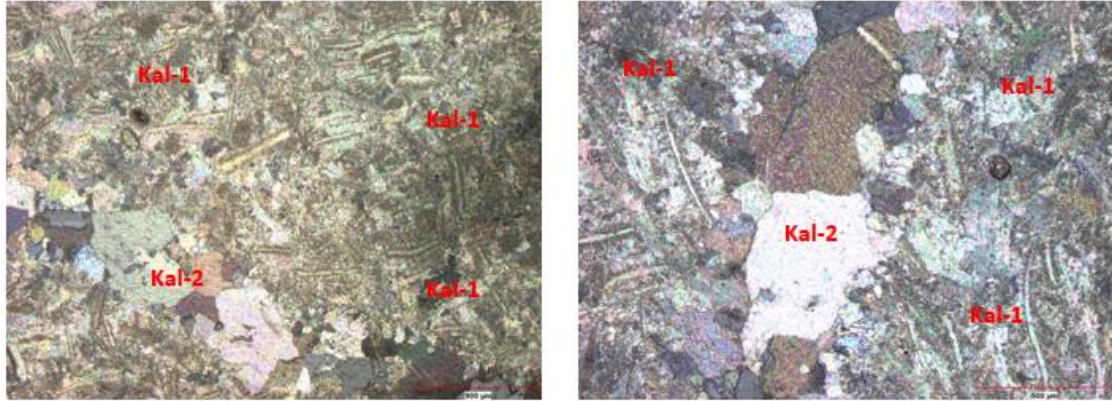


Kayaç içerisindeki birincil (Kal-1) ve ikincil (Kal-2) kalsit mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Bilecik Bej petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 10,5 μm ve ortalama 3,3 μm tane boyutunda kalsit, minimum 1,9 μm , maksimum 412,3 μm ve ortalama 82,7 μm tane boyutunda ikincil kalsit minerallerinden oluştuğu ve mikrokristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.11 Ege Kahve Bej petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Ege Kahve Bej

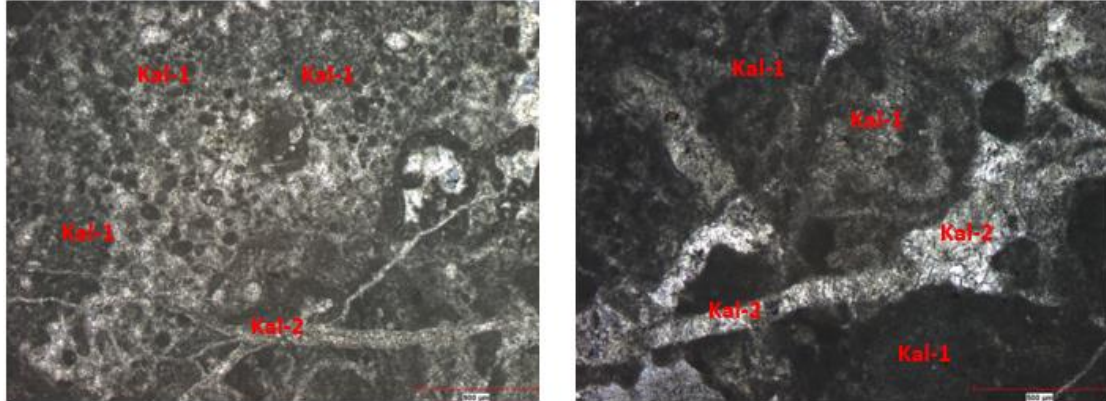


Kayaç içerisindeki birincil (Kal-1) ve ikincil (Kal-2) kalsit mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Ege Kahve Bej petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 9,0 μm ve ortalama 2,9 μm tane boyutunda kalsit, minimum 17,2 μm , maksimum 559,5 μm ve ortalama 165,4 μm tane boyutunda ikincil kalsit minerallerinden oluştuğu ve mikrokristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.12 Korkuteli Bej petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Korkuteli Bej

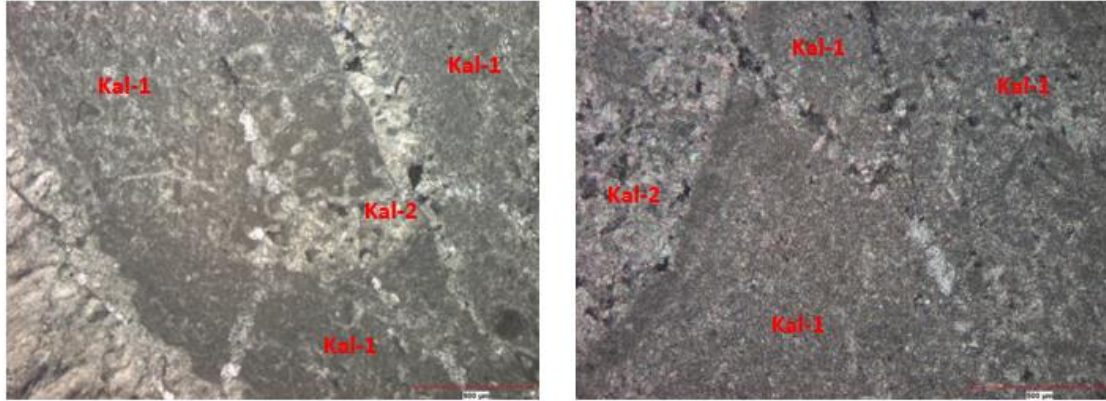


Kayaç içerisindeki birincil (Kal-1) ve ikincil (Kal-2) kalsit mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Korkuteli Bej petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 6,2 μm ve ortalama 2,9 μm tane boyutunda kalsit, minimum 1,9 μm , maksimum 1924,2 μm ve ortalama 53,1 μm tane boyutunda ikincil kalsit minerallerinden oluştuğu ve mikrokristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.13 Sivrihisar Bej petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Sivrihisar Bej

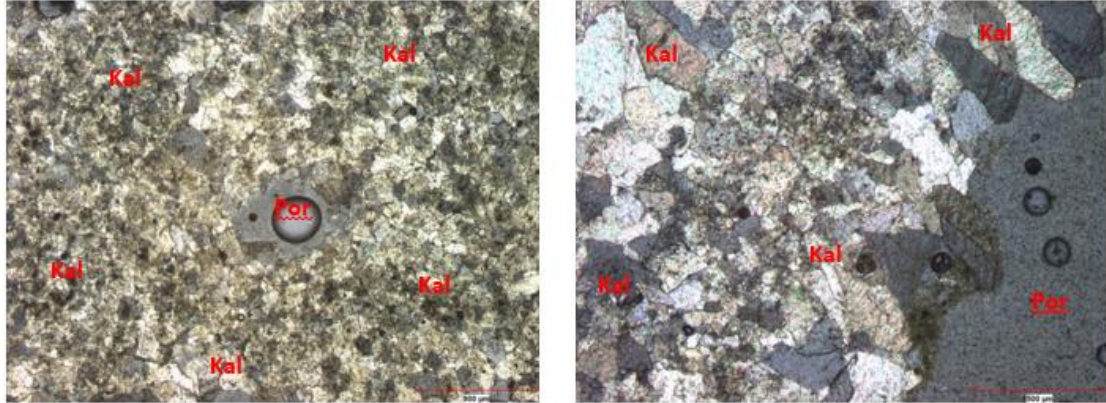


Kayaç içerisindeki birincil (Kal-1) ve ikincil (Kal-2) kalsit mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Sivrihisar Bej petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 10,3 μm ve ortalama 3,0 μm tane boyutunda kalsit, minimum 1,9 μm , maksimum 78,3 μm ve ortalama 15,6 μm tane boyutunda ikincil kalsit minerallerinden oluştuğu ve mikrokristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.14 Antalya Noçe Traverten petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Antalya Noçe Traverten

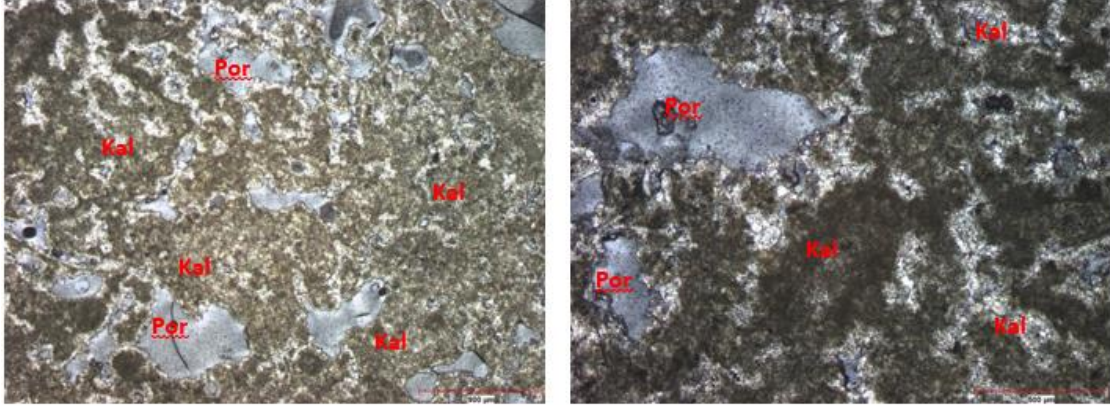


Kayaç içerisindeki kalsit mineralleri (Kal) ve gözenekler (Por) (Çift nikol (sol - sağ)).

Antalya Noçe Traverten petrografik olarak minimum 8,4 μm , maksimum 560,2 μm ve ortalama 93,7 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluşmuş, mikrokristalin dokulu ve gözenekli yapısının olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.15 Denizli Traverten petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Denizli Traverten

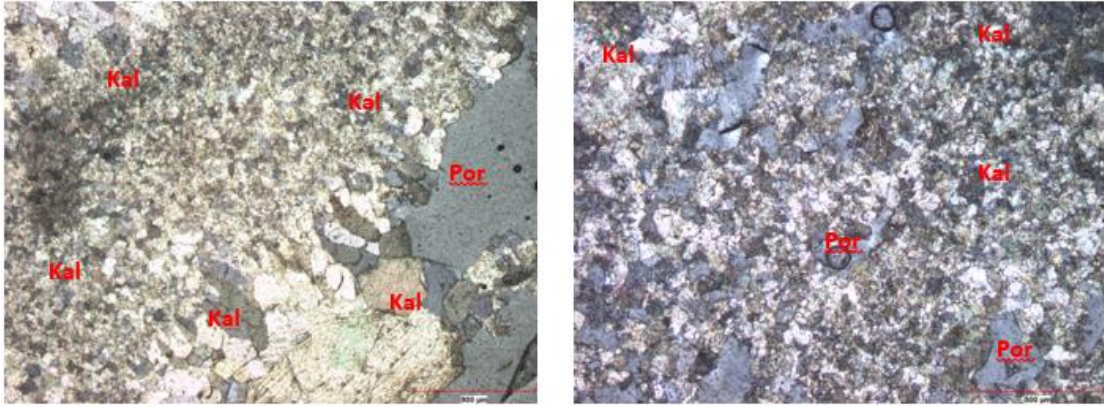


Kayaç içerisindeki kalsit mineralleri (Kal) ve gözenekler (Por) (Çift nikol (sol - sağ)).

Denizli Traverten petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 46,1 μm ve ortalama 6,2 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluşmuş, mikrokristalin dokulu ve gözenekli yapısının olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.16 Gümüş Traverten petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Gümüş Traverten

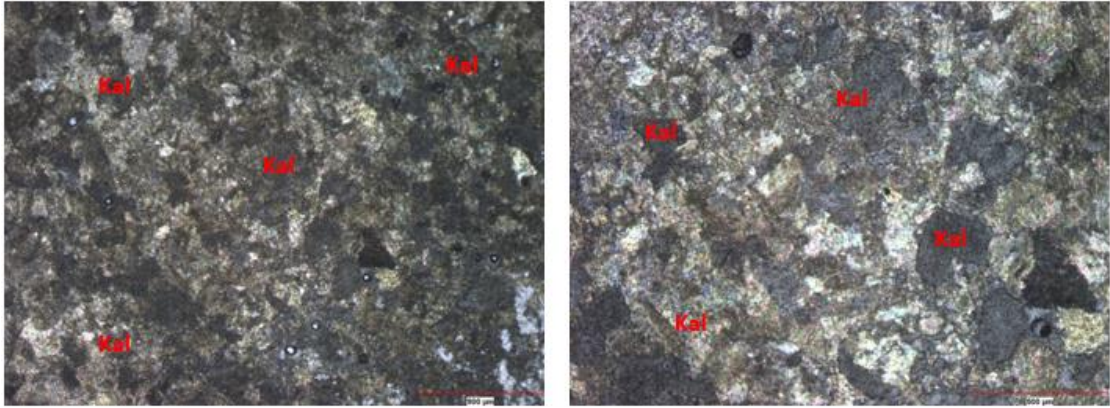


Kayaç içerisindeki kalsit mineralleri (Kal) ve gözenekler (Por) (Çift nikol (sol – sağ)).

Gümüş Traverten petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 68,5 μm ve ortalama 12,2 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluşmuş, mikrokristalin dokulu ve gözenekli yapısının olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.17 Limra Traverten petrografik tanımlaması (TS EN 12407:2013).

Limra



Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Gümüş Traverten petrografik olarak minimum 1,9 μm , maksimum 26,5 μm ve ortalama 7,0 μm tane boyutunda kalsit minerallerinden oluşmuş, mikrokristalin dokulu ve gözenekli yapısının olduğu belirlenmiştir.

İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan 14 doğaltaşa ait analizler Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Akredite Doğaltaş Analiz Laboratuvarı (DAL) ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) Laboratuvarında TS EN standartlarına uygun olarak fiziko-mekanik ve petrografik analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler Türk Standartları Enstitüsünün (TS EN 1936, TS EN 14205, TS EN 13755, TS 10449, TS EN ISO 6507, TS EN 13161, TS EN 14157, TS EN 12371, TS EN 12407) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Doğaltaşların petrografik analizleri Çizelge 3.19’ da, fiziko-mekanik analizlerinin sonuçları Çizelge 3.20’ de verilmiştir.

Kimyasal analizlerin sonucunda kullanılan doğaltaşlar %53-57 arasında kalsiyum oksitten oluşmaktadır, farklı olarak Marmara beyaz numunesinde % 38 oranında kalsiyum oksit ve % 14 oranında magnezyum oksit bulunmaktadır. Doğaltaşların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.18’ de verilmiştir.

Çizelge 3.18 Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların kimyasal analizleri.

Kimyasal Analizler	AZ*	Na₂O	MgO	Al₂O₃	SiO₂	P₂O₅	SO₃	Cl	K₂O	CaO	MnO	Fe₂O₃	SrO	F
Afyon Beyaz	44,0	0,011	0,177	0,129	0,126	0,006	0,007	0,004	0,019	55,4	0,008	0,029	0,008	-
Bursa Kemalpaşa Beyaz	43,6	0,015	0,760	0,100	0,090	0,004	0,009	0,006	0,006	55,2	-	0,065	0,019	0,093
Marmara Beyaz	47,2	0,018	14,4	0,049	0,062	0,010	0,011	0,008	0,003	38,1	-	0,018	0,016	-
Muğla Beyaz	43,0	0,020	0,348	0,048	0,065	0,003	0,008	0,008	-	56,5	-	0,030	0,020	-
Uşak Beyaz	44,3	0,029	0,875	0,047	0,054	0,002	0,014	0,026	-	54,6	-	0,028	0,029	-
Kütahya Kümülüs	43,6	0,007	0,327	0,020	0,030	0,010	0,004	0,014	-	55,9	-	0,037	0,017	0,052
Bilecik Bej	43,6	-	0,208	0,088	0,056	0,009	0,014	0,005	-	56,0	-	0,023	0,143	-
Ege Kahve Bej	44,2	0,021	0,364	0,238	0,473	0,050	0,033	0,006	0,026	54,5	0,018	0,136	0,016	-
Korkuteli Bej	44,4	0,019	0,343	0,066	0,140	0,011	0,024	0,010	0,005	55,0	-	0,028	0,017	-
Sivrihisar Bej	44,8	0,014	1,64	0,060	0,02	0,033	0,016	-	-	53,4	-	0,034	0,026	-
Antalya Noçe Traverten	44,0	0,017	0,390	0,059	0,150	0,010	0,088	0,005	0,005	55,2	-	0,058	0,023	-
Denizli Traverten	44,6	0,015	0,297	0,070	0,108	0,008	0,327	0,006	0,002	54,4	0,008	0,036	0,114	-
Gümüş Traverten	43,7	-	0,150	0,050	0,075	0,016	0,014	0,010	-	55,9	0,048	0,027	0,007	-
Finike Limra	44,0	0,016	0,251	0,072	0,127	0,007	0,018	-	0,001	55,3	-	0,020	0,072	0,138

AZ*: Ateş ziyatı.

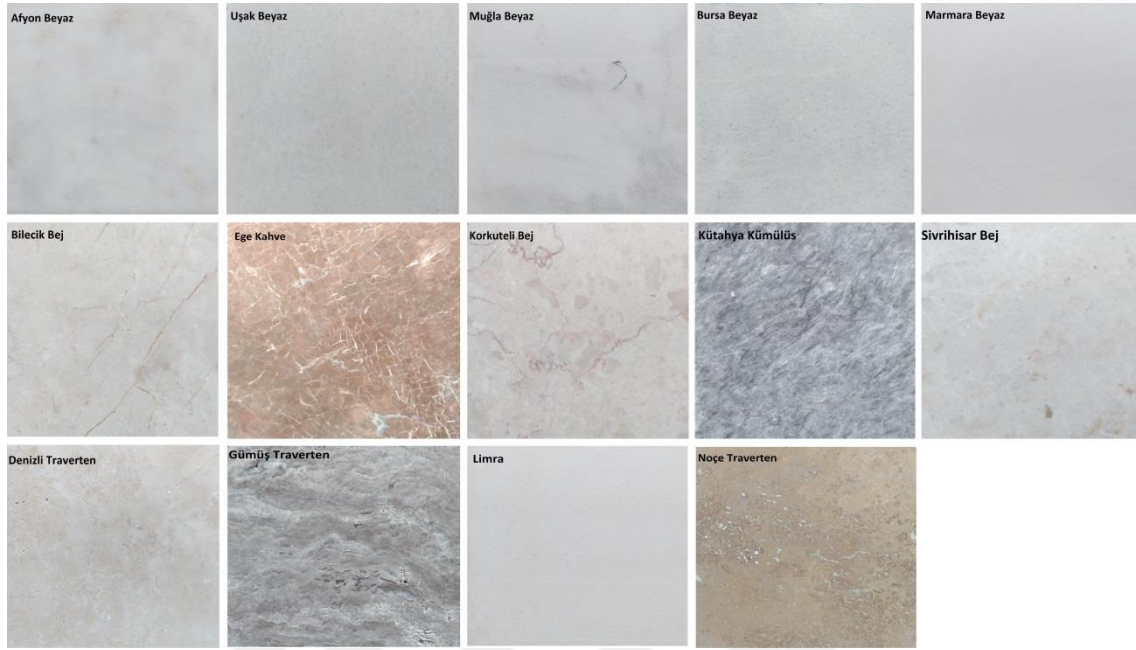
Çizelge 3.19 Deneysel çalışmada kullanılan doğaltaşların petrografik analizleri (TS EN 12407:2013).

Doğaltaşlar	Köken	Renk	Doku	Çatlak	Gözenek	Makro Fosil	Kristal Sistem	Ortalama Tane Boyutu (mm)	Çatlak Genişliği (µm)		
									Min.	Mak.	Ort.
Afyon Beyaz	Metamorfik	Beyaz	Kristalin	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,29	-	-	-
Bursa Kemalpaşa Beyaz	Metamorfik	Beyaz, Çok Açık Gri	Granoblastik	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,33	-	-	-
Marmara Beyaz	Metamorfik	Beyaz	Kristalin	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,06	-	-	-
Muğla Beyaz	Metamorfik	Beyaz	Kristalin	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,82	-	-	-
Uşak Beyaz	Metamorfik	Beyaz	Kristalin	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,52	-	-	-
Kütahya Kümülüs	Metamorfik	Gri	Kristalin	Yok	Yok	Yok	Ortorombik	0,14	-	-	-
Bilecik Bej	Sedimanter	Sarımsı Gri, Açık Kahve	Mikrokristalin	Var	Yok	Yok	Ortorombik	0,08	10,9	535,7	189,8
Ege Kahve Bej	Sedimanter	Açık Kahve	Mikrokristalin	Var	Yok	Yok	Ortorombik	2,22	86,2	740,5	410,2
Korkuteli Bej	Sedimanter	Hafif Sarımsı Turuncu, Açık Kahve	Mikrokristalin	Var	Yok	Yok	Ortorombik	4,38	2,8	145,3	63,2
Sivrihisar Bej	Sedimanter	Yumusak Sarımsı Turuncu	Mikrokristalin	Var	Yok	Yok	Ortorombik	3,40	9,9	529,3	165,7
Antalya Noçe Traverten	Sedimanter	Sarımsı Turuncu	Mikrokristalin	Yok	Var	Yok	Ortorombik	4,69	-	-	-
Denizli Traverten	Sedimanter	Soluk Sarımsı Turuncu	Mikrokristalin	Yok	Var	Yok	Ortorombik	3,74	-	-	-
Gümüş Traverten	Sedimanter	Çok Açık Gri, Açık Gri	Mikrokristalin	Yok	Var	Yok	Ortorombik	4,47	-	-	-
Finike Limra	Sedimanter	Soluk Sarımsı Turuncu	Mikrokristalin	Yok	Var	Yok	Ortorombik	4,13	-	-	-

Çizelge 3.20 Doğaltaşların fiziko-mekanik özellikleri.

Doğaltaşlar	Görünür Yoğunluk (g/cm³) (TS EN 1936)	Porozite (%) (TS EN 1936)	Knoop sertlik indeksi (HK) (TS EN 14205)	Vickers sertlik indeksi (HV) (TS EN ISO 6507)	Atmosfer basıncında su emme (%) (TS EN 13755)	Basıncı dayanımı (MPa) (TS EN 1926)	Eğilme dayanımı (MPa) (TS EN 13161)	Aşınma direnci (cm³/50cm²) (TS EN 14157)	Don sonrası basınç dayanımı (MPa) (TS EN 12371)
Afyon Beyaz	2,75	0,22	141,15	161	0,10	68,74	14,81	25,41	57,86
Bursa Kemalpaşa Beyaz	2,66	0,17	144,18	144	0,06	94,12	13,31	20,45	57,86
Marmara Beyaz	2,71	0,20	157,33	189	0,10	69,04	10,89	29,6	66,98
Muğla Beyaz	2,71	0,50	140,43	165	0,20	58,84	5,23	32,36	49,03
Uşak Beyaz	2,71	0,16	145,28	147	0,06	76,20	21,37	14,77	70,12
Kütahya Kümülüs	2,65	0,29	143,90	137	0,12	66,85	10,54	21,09	94,34
Bilecik Bej	2,69	0,36	173,23	180	0,13	68,74	12,45	9,16	57,86
Ege Kahve Bej	2,71	0,18	170,43	156	0,07	55,51	11,57	23,15	39,13
Korkuteli Bej	2,68	0,59	164,15	172	0,22	91,43	16,42	13,62	177,99
Sivrihisar Bej	2,70	0,40	176,53	201	0,22	114,25	12,23	14,2	97,97
Antalya Noçe Traverten	2,45	3,56	154,50	191	1,30	37,07	8,72	23,56	89,93
Denizli Traverten	2,30	7,32	168,98	209	3,19	55,89	7,02	19,68	57,07
Gümüş Traverten	2,64	2,90	89,33	118	1,21	47,07	14,81	25,44	49,33
Finike Limra	2,33	5,54	103,85	95	3,37	65,22	8,43	26,23	93,95

Deneylerde kullanılan 14 çeşit doğal taşın yüzey görüntüleri Resim 3.3’ de verilmiştir.



Resim 3.3 Deneylerde kullanılan doğal taşların yüzey görüntüleri.

3.4 Deney Parametreleri

Deneysel çalışmalarda, doğal taşların işlenebilirlik deneyleri dış hatlar işleme türü seçilerek modellenmiştir. CNC doğal taş işleme makinesinde, farklı seviyelerdeki devir, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametrelerine göre doğaltaşların, işlenebilirlik deneyleri Taguchi deney tasarımı uygulanarak gerçekleştirilecek ve deneylerde Taguchi deney tasarımının uygulanabilirliği araştırılacaktır.

Deneysel çalışmalarda işlenen doğal taş numuneler için kullanılan CNC işleme parametreleri Çizelge 3.21’ de verilmiştir. Deneysel çalışmalar için Taguchi yöntemi uygulanarak oluşturulan L9 ortogonal dizim modeli ise Çizelge 3.22’ de verilmiştir.

Çizelge 3.21 Parametreler ve seviyeler.

Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme Derinliği (mm)	1	2	3
Devir (dk)	9000	10000	11000
İlerleme Hızı (mm/dk)	2000	2500	3000

Çizelge 3.22 Taguchi yöntemi L9 ortogonal dizim modeli.

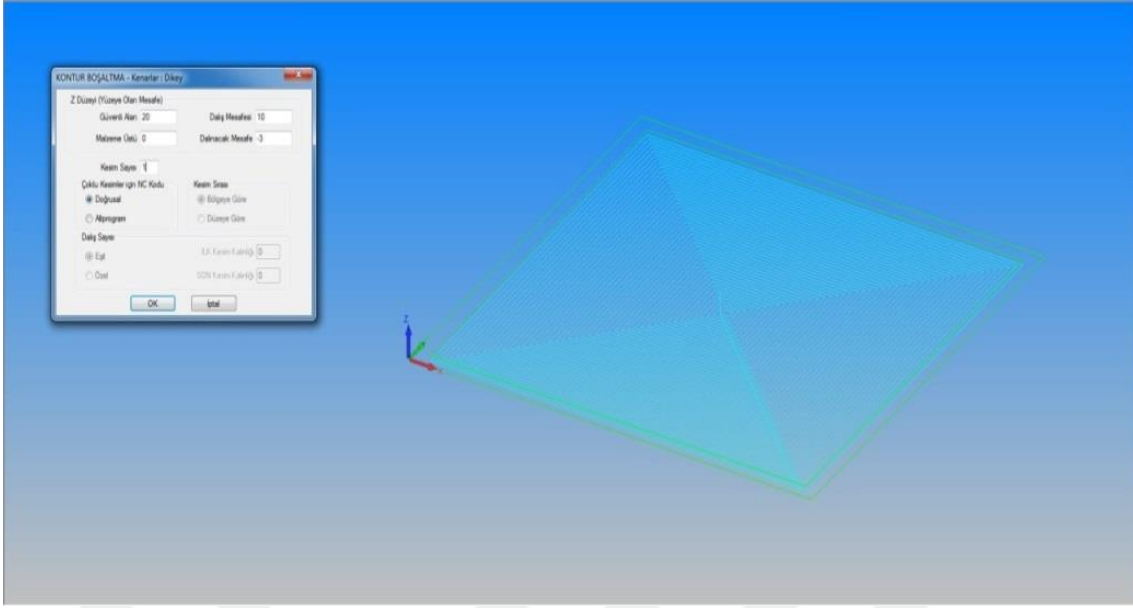
L9	Derinlik (mm)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Devir (dk)
1	1	2000	9000
2	1	2500	10000
3	1	3000	11000
4	2	2000	10000
5	2	2500	11000
6	2	3000	9000
7	3	2000	11000
8	3	2500	9000
9	3	3000	10000

3.5 Deneylerin Modellenmesi

Deneyde kullanılan doğal taşlar üzerinde yapılacak işlemler ve kesim parametrelerinin belirlenmesinde Alpha CAM modelleme programı kullanılacaktır. Deneysel çalışma 300x300x20 mm boyutundaki doğaltaşın üzerine, 40x40 mm boyutlarında ve 9 adet kare tasarımı üç boyutlu olarak çizim programında oluşturulmuştur.

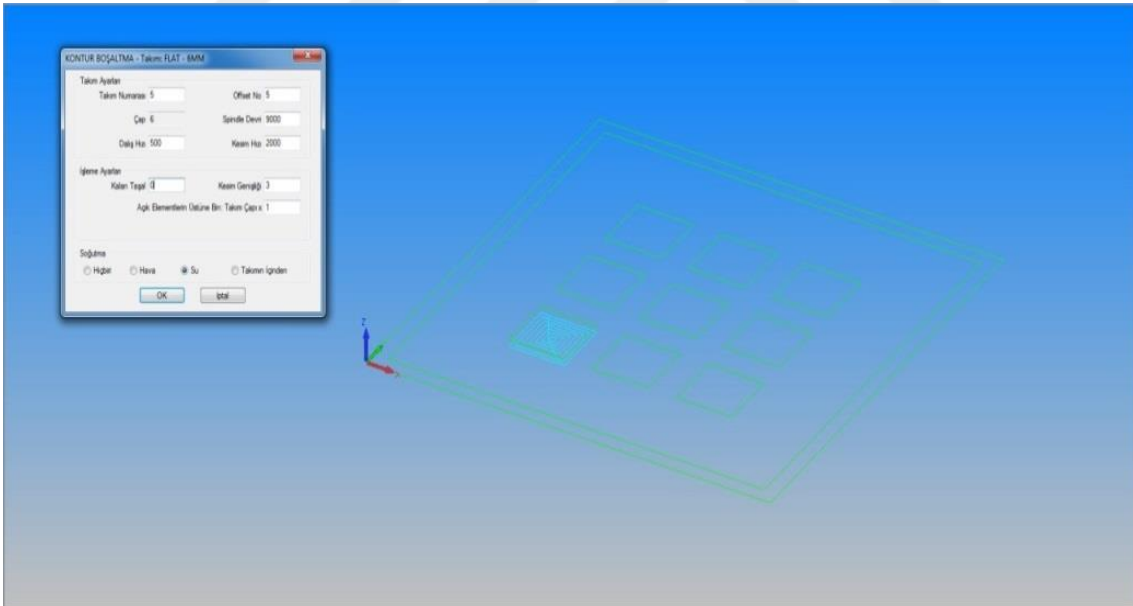
Deneyde kullanılan doğal taşlar üzerinde yapılacak işlemler Alpha CAM modelleme programı ile sırasıyla;

İşleme başlamadan önce hassas bir çalışma olabilmesi için öncelikle işleme alınan doğal taşın yüzeyi 3mm derinliğinde tarama yapılarak kesici ucun doğal taş üzerinde teraziye alma işlemi yapılmıştır (Şekil 3.1). Bu işlem frezeleme sırasında yüzey üzerinde eğim farkı oluşmaması ve yüzey işleminin hassas yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.



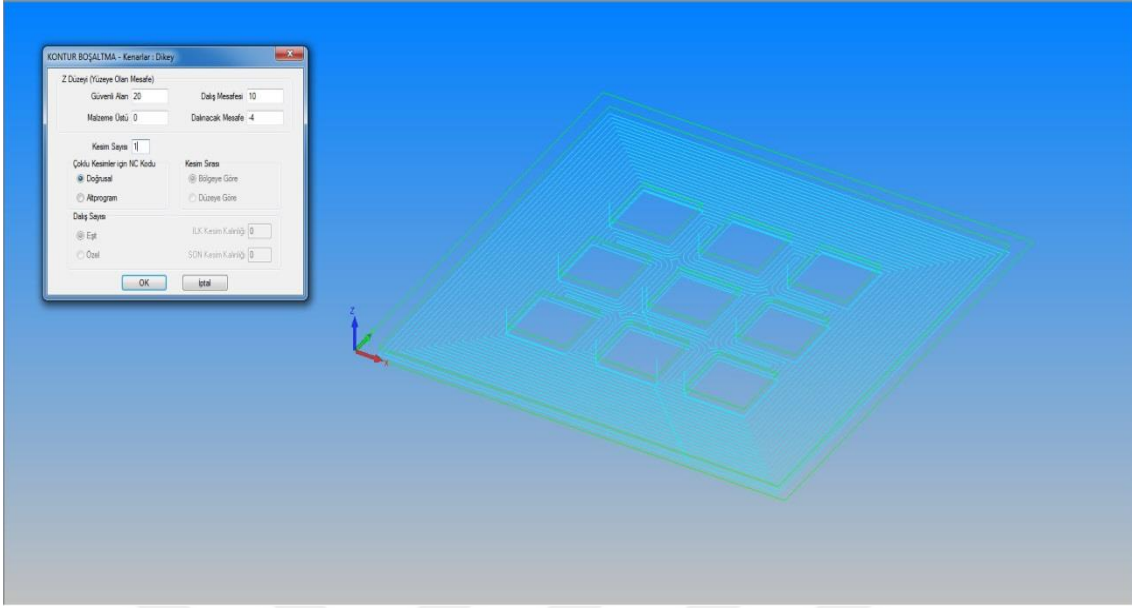
Şekil 3.1 Yüzey taramasının oluşturulması ve takım yolu ataması.

İkinci işlem olarak 9 tane kare oluşturulacak ve her bir kare üzerine deney tasarımında oluşturulan parametrelerin takım yolu ataması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).

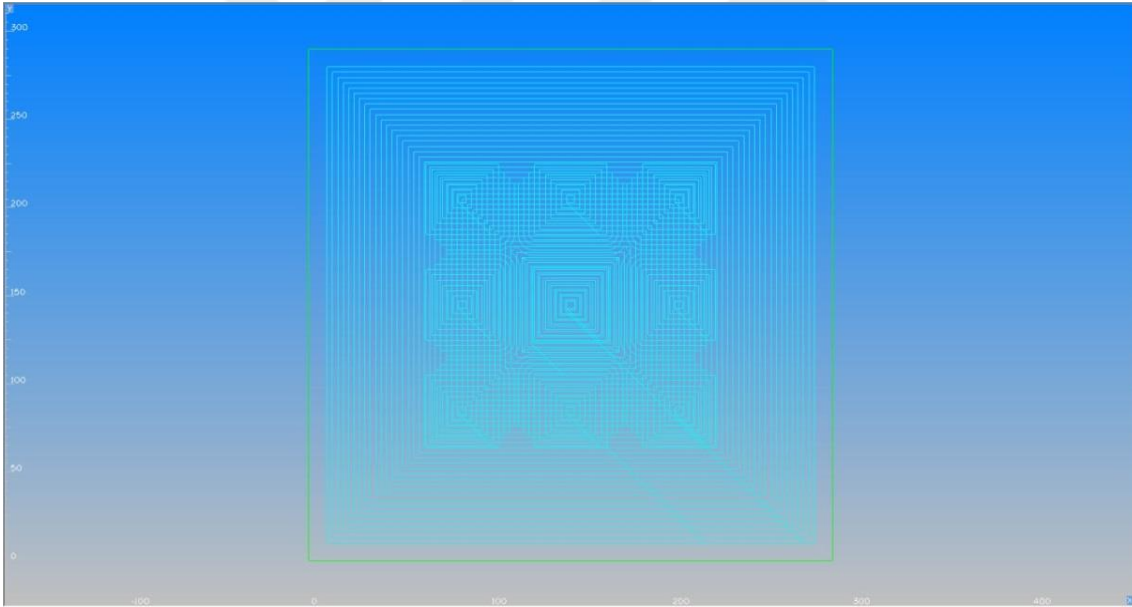


Şekil 3.2 Kare şekillerin oluşturulması ve takım yolu ataması.

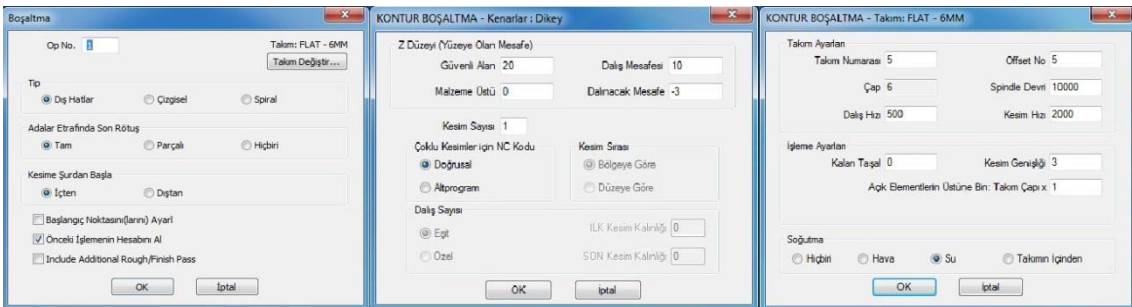
Üçüncü ve son işlem olarak pürüzlülük cihazı ile ölçümün yapılabilmesi için işlenen karelerin dışında kalan yüzeyin işleme derinliğine uygun olarak yüzey taraması yapılır (Şekil 3.3) ve modellemenin en son hali elde edilir (Şekil 3.4). Modelleme yapıldıktan sonra oluşturulan takım ataması örneği Şekil 3.5' te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Son yüzeyi taraması ve takım yolu ataması.

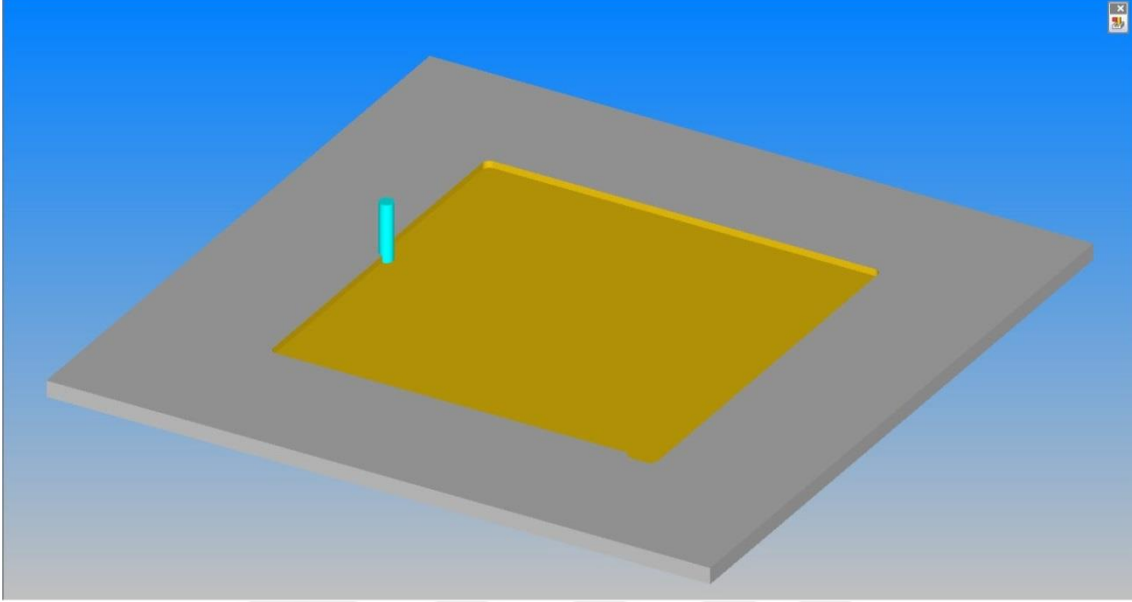


Şekil 3.4 NC kodu alınmadan modellemenin şekli.

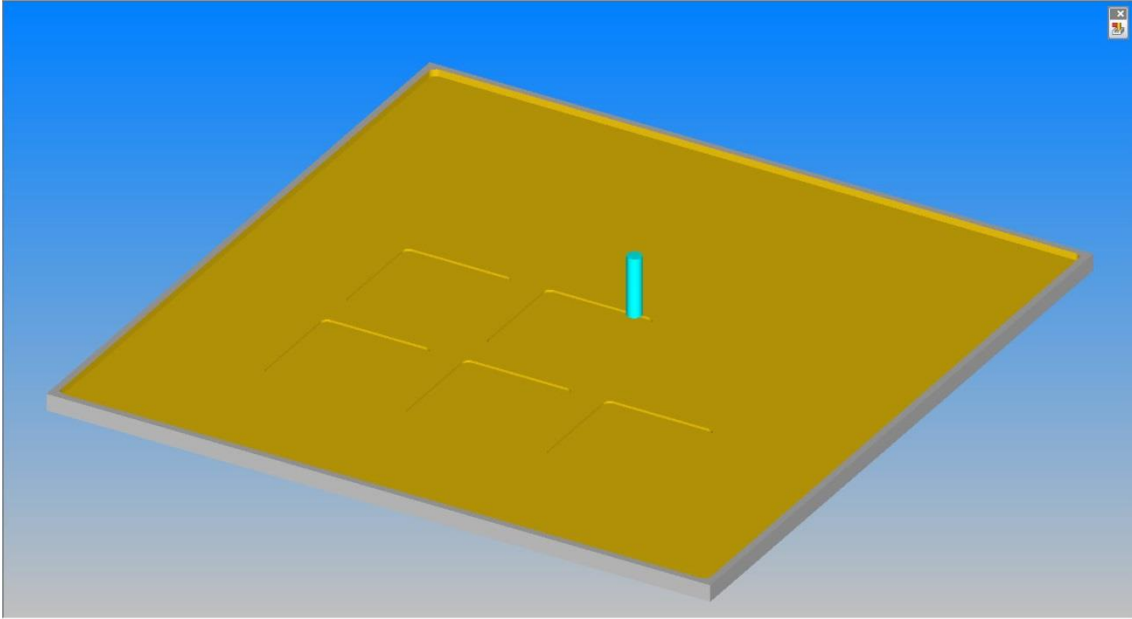


Şekil 3.5 Örnek takım ataması.

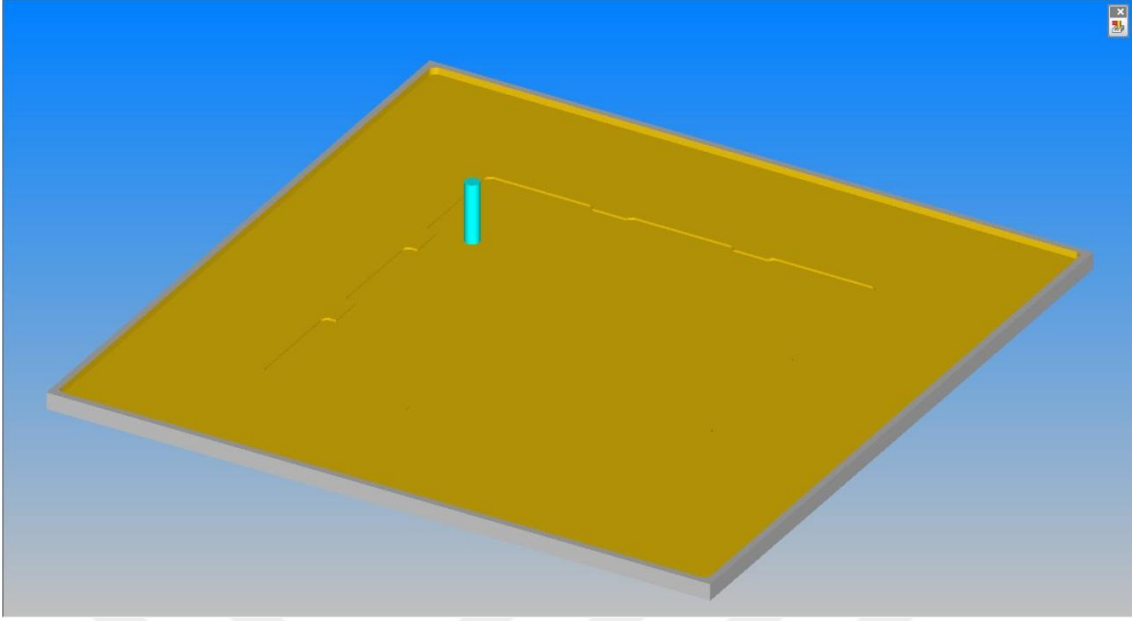
Modellemenin tamamlanmasının ardından simülasyon ile işleme sıralaması takip edilebilmektedir (Şekil 3.6, 3.7, 3.8).



Şekil 3.6 İlk yüzey taramasının simülasyonu.



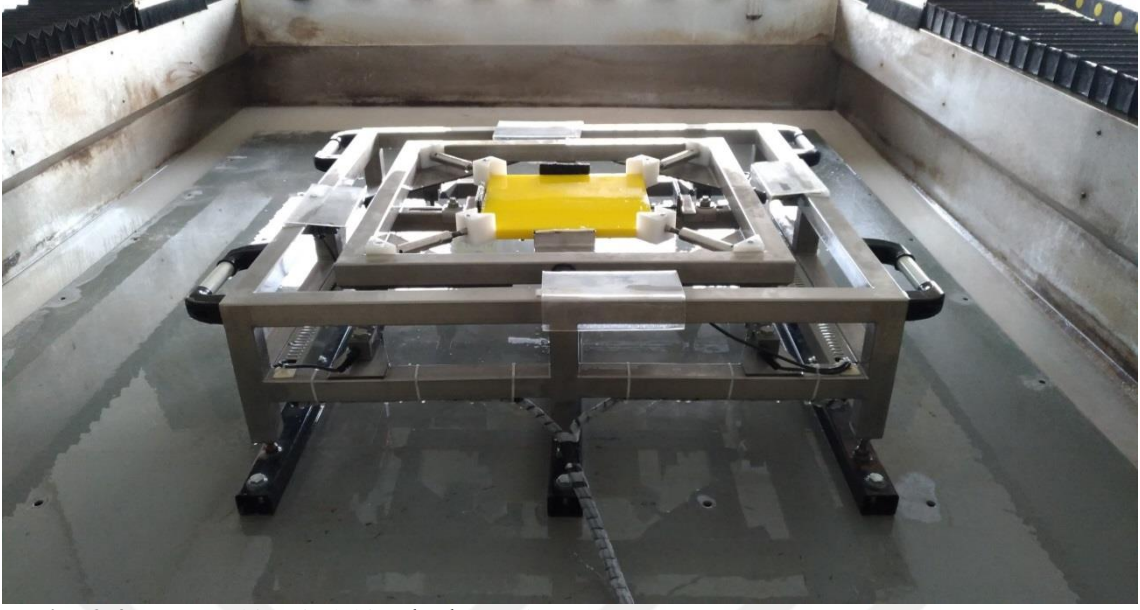
Şekil 3.7 Kare şekillerin işlenme simülasyonu.



Şekil 3.8 Son yüzey taranması simülasyonu.

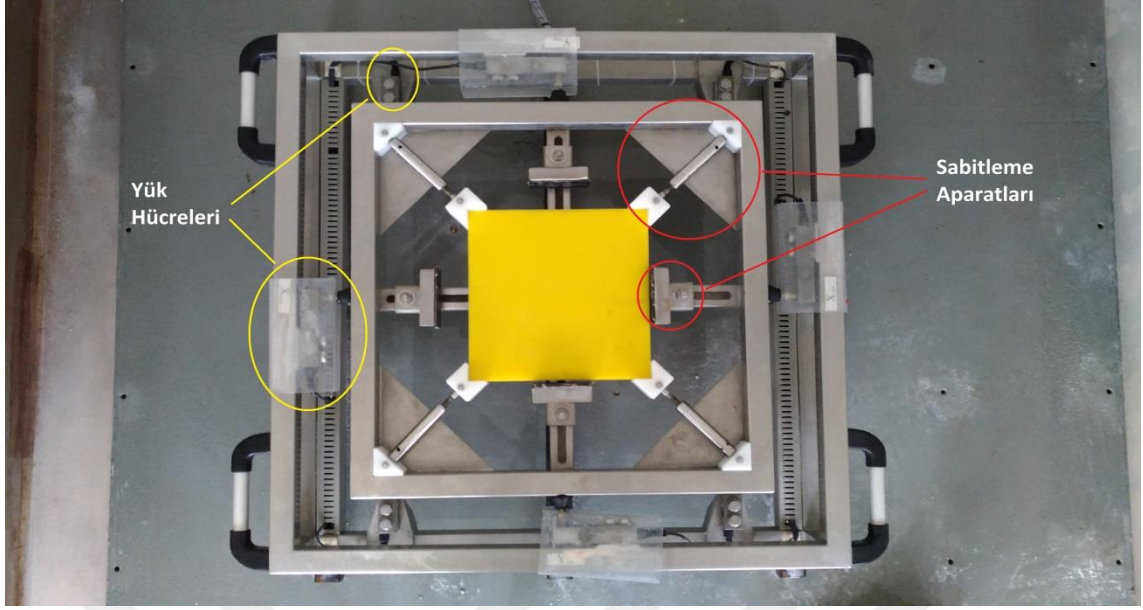
3.6 Deneysel çalışmalarında kullanılan tezgâh

Doğal taş numunelerin işlenebilirlik deneyleri, CNC yük ölçer test cihazı ile eş zamanlı çalışan Defne Lab Soft programı ile gerçekleştirilecektir. Bu verilerin toplanma sistemi, CNC Makinesindeki yük ölçer sehpa ve yük ölçen veri toplama cihazı ile Defne Lab Soft programından oluşmaktadır. Test cihazında kuvvetlerin tespiti amacıyla 4 tane Z eksenindeki kuvvetlerin ölçülmesi, 4 tane de X ve Y eksenlerindeki kuvvetlerin ölçülmesi için toplam 8 adet yük hücresi kullanılmıştır. Yük ölçer cihazlarının üzerinde bulunduğu yük ölçer sehpa Resim 3.4’ de gösterilmiştir.



Resim 3.4 CNC Makinesindeki yük ölçer sehpa.

CNC Makinesi üzerinde bulunan yük ölçer sehpa 304 kalite paslanmaz çelik malzemeden yapılmıştır (AISI 304). Ayrıca gövdenin terazide durması için ayarlanabilir ayaklar bulunmaktadır. Üzerinde 8 adet yük ölçüm hücresi bulunmaktadır. Bu yük hücrelerinin 4 tanesi Z eksenindeki dik kuvvetin ölçümünde, 2 tanesi X ekseninde ileri ve geri kuvvet ölçümünde, 2 tanesi de Y ekseninde ileri ve geri kuvvetlerin ölçümünde kullanılmaktadır. Numunenin çerçevesi 8 adet yük ölçüm hücreleri ile temas halindedir. Numunenin sabitlenmesi için yan kısımlardan ve köşelerden sıkıştırılabilir aparatlar bulunmaktadır. Resim 3.5’ te yük hücreleri ve malzeme sabitleme aparatları gösterilmiştir.



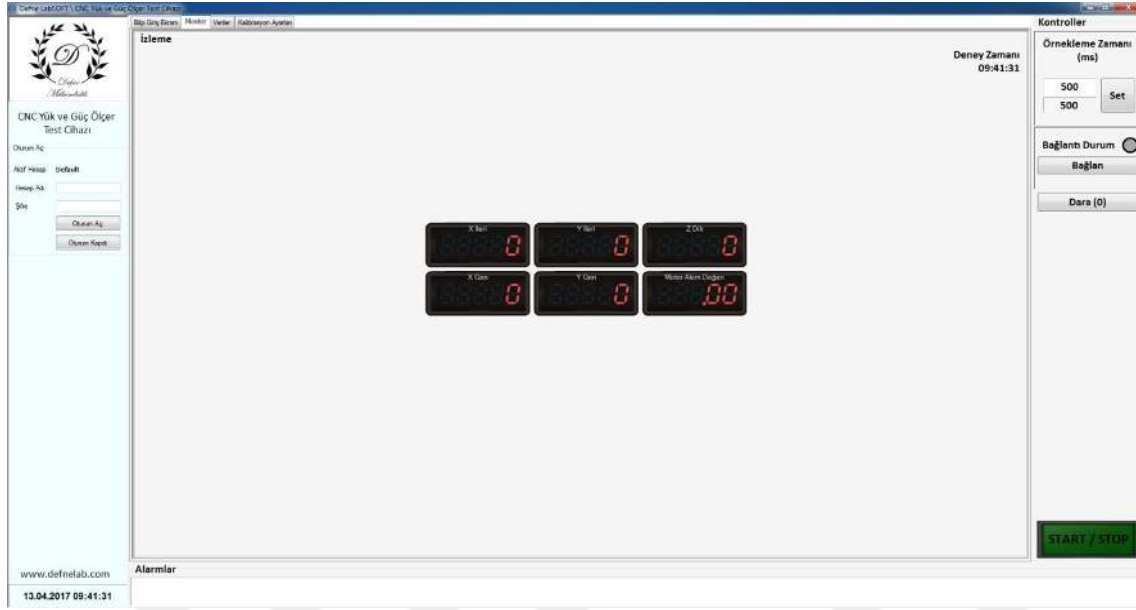
Resim 3.5 Sabitleme aparatları ve yük hücreleri.

Yük ve güçleri ölçen veri toplama cihazının (Resim 3.6) çalışma prensibi yük ölçme hücrelerinden gelen 0-2 mV (milivolt) arası sinyallerle ve CNC makinesinden gelen amper bilgisi transmitterler vasıtasıyla 0-10 V sinyal aralığında çevrilerek cihazın analog girişine oradan da PLC' ye aktarılır. PLC cihazı, analog girişlerine gelen bu verileri içindeki yazılım ile işleyerek bilgisayar programına Ethernet bağlantısı üzerinden gönderir. PLC' den gelen bu veriler 100 ms aralıklarla yük ve kuvvet (N) olarak ölçülmektedir.



Resim 3.6 Yük ve güçleri ölçen veri toplama cihazı.

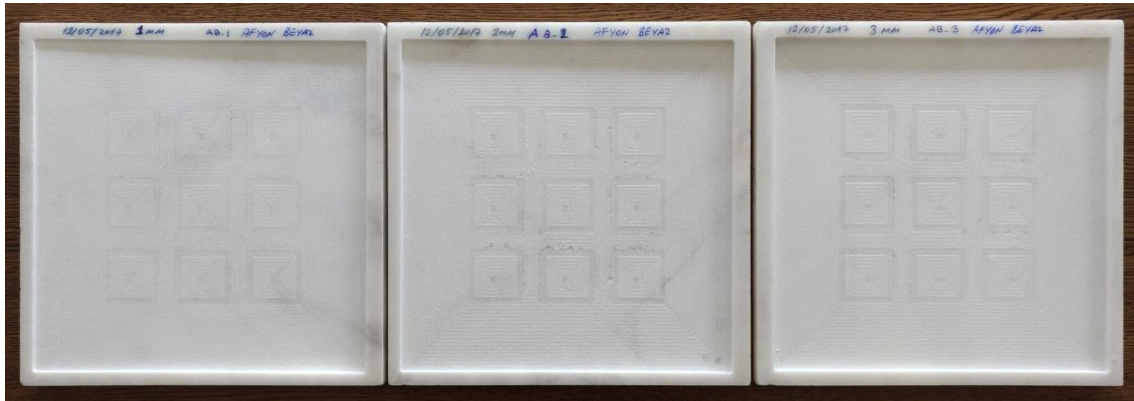
PLC den gelen işlenmiş bilgiler Defne Lab soft CNC yazılımına aktarılmaktadır (Resim 3.7). Ölçümlerden düzgün ve sağlıklı sonuçlar alınabilmesi için yapılacak tüm işlemlerin oldukça dikkatli ve sistemli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Defne Lab soft CNC yazılımında çevrilen ve sisteme girilen bu değerler ve bilgiler deney bitiminde excel tablosu halinde kullanıcıya sunulur.



Resim 3.7 Defne Lab soft CNC yazılımı.

3.7 Deney Uygulamaları

CNC doğal taş işleme makinesinde işlenebilirlik deneylerinin numuneler üzerinde gerçekleştirildikten sonraki görünüşleri Resim 3.7 - 3.20' de gösterilmiştir.



Resim 3.8 İşlenmiş Afyon Beyaz numuneleri.



Resim 3.9 İşlenmiş Bursa Kemalpaşa Beyaz numuneleri.



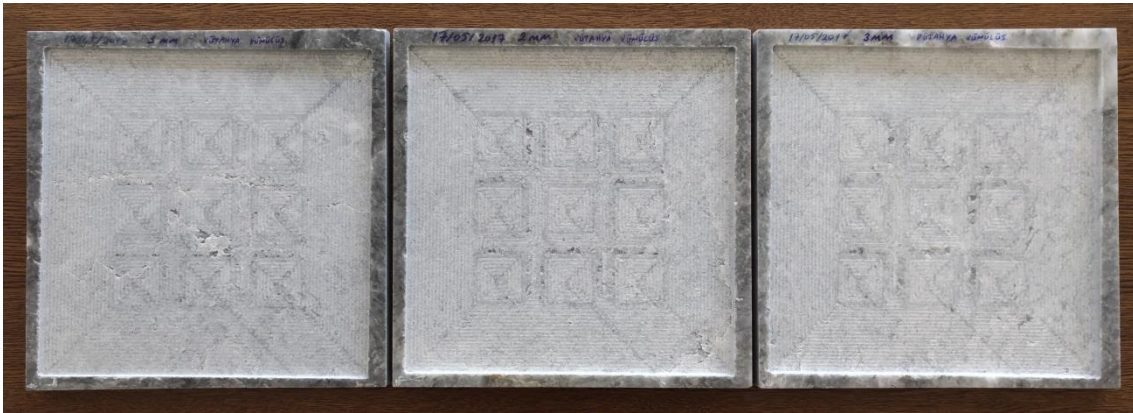
Resim 3.10 İşlenmiş Marmara Beyaz numuneleri.



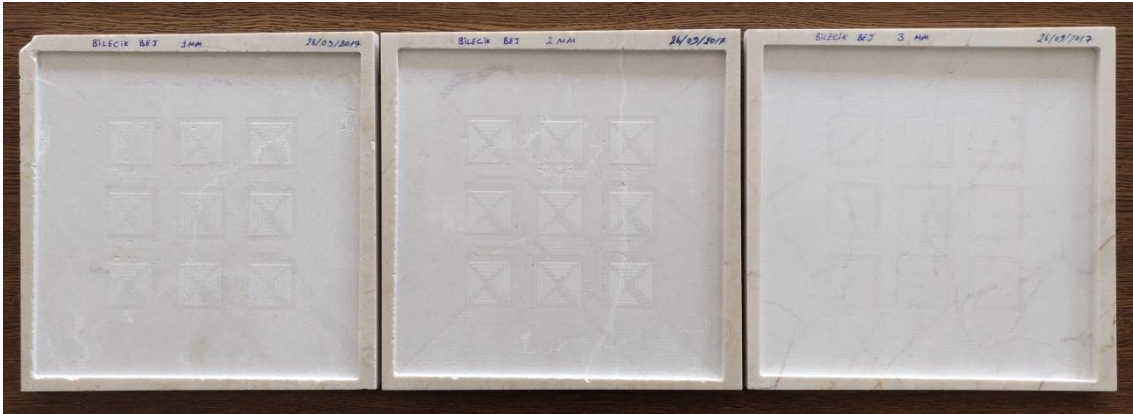
Resim 3.11 İşlenmiş Muğla Beyaz numuneleri.



Resim 3.12 İşlenmiş Uşak Beyaz numuneleri.



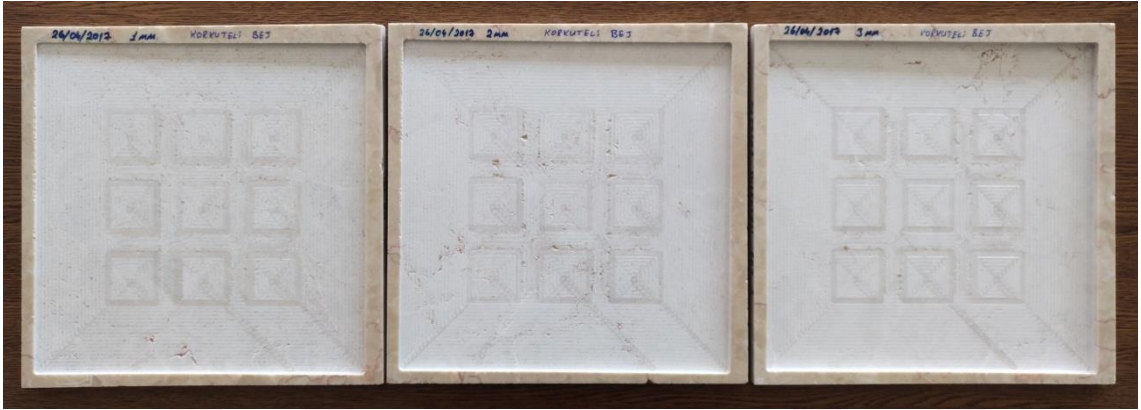
Resim 3.13 İşlenmiş Kütahya Kümülüs numuneleri.



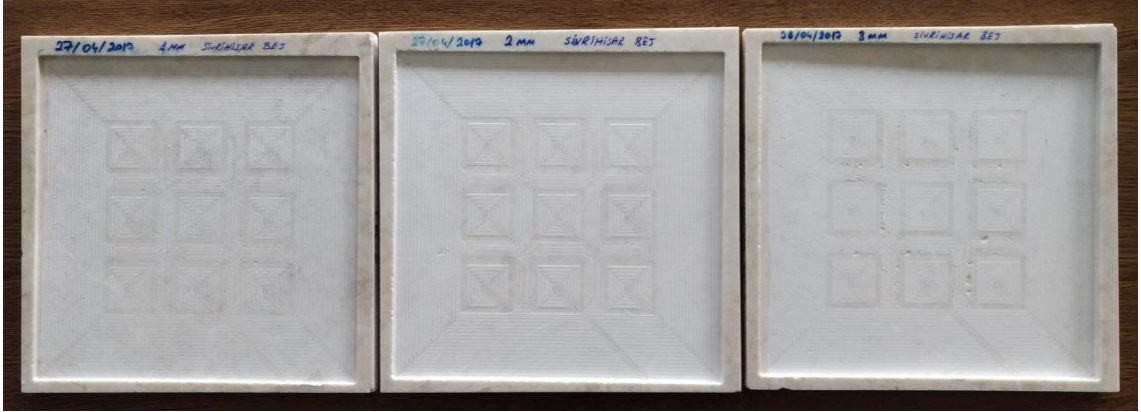
Resim 3.14 İşlenmiş Bilecik Bej numuneleri.



Resim 3.15 İşlenmiş Ege Kahve numuneleri.



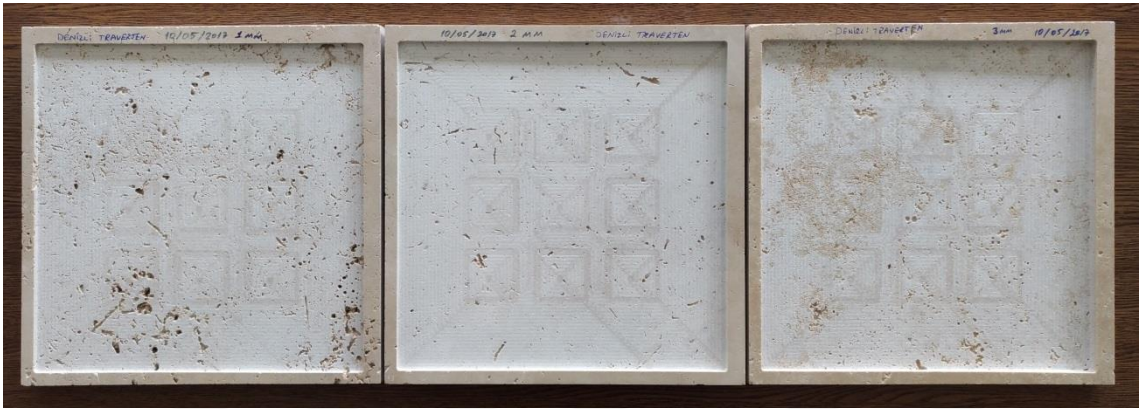
Resim 3.16 İşlenmiş Korkuteli Bej numuneleri.



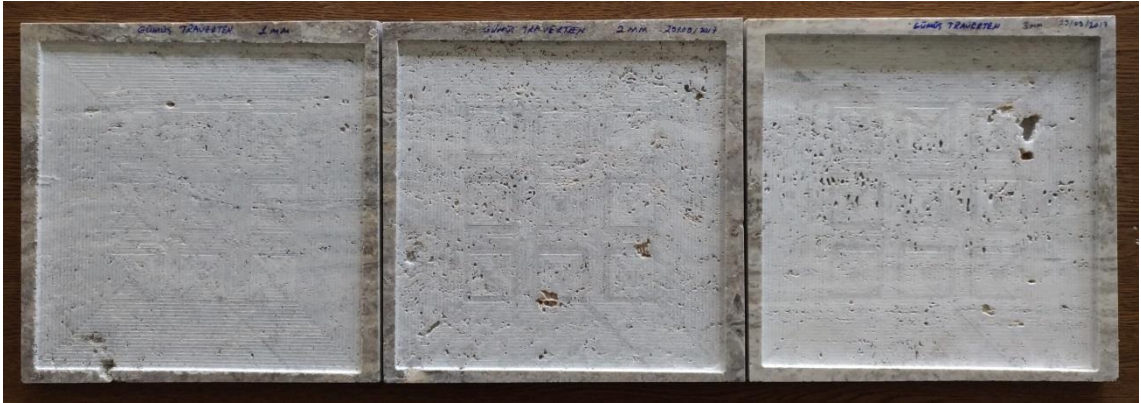
Resim 3.17 İşlenmiş Sivrihisar Bej numuneleri.



Resim 3.18 İşlenmiş Antalya Noçe Traverten numuneleri.



Resim 3.19 İşlenmiş Denizli Traverten numuneleri.



Resim 3.20 İşlenmiş Gümüş Traverten numuneleri.



Resim 3.21 İşlenmiş Finike Limra numuneleri.

3.8 Varyans Analizi

İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne ne derecede etkilediğini belirlemek için sırasıyla; serbestlik derecesi, farkların kareleri, kareler toplamı, kareler ortalaması ve % etkinlik oranı hesaplanarak bulunur. Bu hesaplama Çizelge 3.23’ de verilmiştir.

Farkların kareleri = (Ortalama Değer - S/N Oranı)² formülü kullanılarak bulunur.

Ortalama değer, S/N oranının rank ve delta tablosundan bulunmaktadır.

Çizelge 3.23 Varyans analizi tablosu.

	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F Hesaplama
Deneme	k-1	KT _{Deneme}	KO _{Deneme}	KO Deneme / KO Hata
Hata	N-k	KT _{Hata}	KO _{Hata}	
Genel	N-1	KT _{Genel}		

Tablodaki tanımlar aşağıda verilen eşitliklerle bulunur;

$$KT_{GENEL} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} \quad (3.1)$$

$$KT_{GENEL} = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n} - \frac{T^2}{N} \quad (3.2)$$

$$KT_{Hata} = KT_{Genel} - KT_{Deneme} \quad (3.3)$$

$$KO_{Deneme} = KT_{Deneme} - sd_{DENEME} \quad (3.4)$$

$$KO_{Hata} = KT_{Hata} - sd_{Hata} \quad (3.5)$$

N = Toplam gözlem sayısı

T = Tüm gözlemlerin toplamı

Yi = i. Gözlem değeri

sd = Serbestlik derecesi

Tj= j inci denemeye ait ortalama

n= Deneme sayısı

F hipotezine göre yapılan varyans analizinde, F testi hangi faktörlerin etkili olduğunu gösterir.

Bu çalışmada hipotezler;

H0: Faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi yoktur.

H1: Faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi vardır.

Hipotezlerin doğruluğu hesaplanan F değerleri ile standart tablolarda verilen F değeri ile karşılaştırılarak belirlenir. %95 güven aralığında, gruplar arası serbestlik derecesi 2 ve grup içi serbestlik derecesi 8 olan standart F değeri yani $F_{0,05;2;8}$ değeri 4,46' dır.

H0 hipotezi % 95 güven seviyesinde tabloda hesaplanan F değeri, $F_{0,05;2;8}=4,46$ değerinden büyük ($F_{0,05;2;8}=4,46 < F_{\text{tablo}}$) olduğu zaman reddedilir ve bu sonuca göre ilgili faktörün yüzey pürüzlülüğü oluşumunda etkisi olduğu kabul edilir.

3.9 Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Doğal taş örneklerinin yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için DIN EN ISO 11562 standardına göre çalışan Marh marka Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Doğal taşlara 3 farklı parametre ve 3 farklı seviyede uygulanan Taguchi deney tasarımının L9 ortogonal dizimi sonucu ortaya çıkan 9 farklı yüzey için yüzey pürüzlülüğü ölçümleri alınacaktır. Numunelerin yüzey ölçümleri 4 eşit kareye bölünüp her bir kare için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri dikkate alınarak toplam 36 adet ölçüm elde edilecektir.

Örnek yüzey ölçümü (Resim 3.22); bölünmüş kare içerisine yerleştirilen cihaza başlama komutunun verilmesi ile birlikte sürücü ünitesine bağlı detektör (elmas iğne uç), bir motor vasıtasıyla yatay olarak doğaltaş üzerinde ileri-geri hareketini yapar. Detektörün, doğaltaş üzerindeki yatay hareketi esnasında, yüzey üzerindeki pürüzlülüklere değen detektöre bağlı elmas uçlu iğnenin dikey hareketinin oluşturduğu mekanik sapmalar, sürücü ünitesi tarafından elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyallerin yükseltilmesi ve verilere göre filtrelenmesi sonucu yüzey pürüzlülük parametreleri olan Ra, Rz, Rmax, Rk, Rq ve Rt değerlerinin cihaz tarafından ölçümü yapılmış ve kaydedilmiş olacaktır.



Resim 3.22 Örnek yüzey pürüzlülük ölçümü.

4. BULGULAR

Bu araştırmada, karbonatik kökenli bazı doğaltaşların yüzey işlenebilirlik deneyleri  c farklı seviyedeki kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerin Taguchi deney tasarım yöntemiyle elde edilen veriler ışığında, deneylerde kullanılan parametrelerin kullanılan 14 doğaltaş numunesi için yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkileri değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi, işleme parametrelerinin değerlendirilmesi bakımından oldukça önemlidir.

Yüzey pürüzlülüğünün en düşük düzeyde olması istendiğinden Taguchi deney tasarım yönteminin S/N oranı grafikleri için en küçük en iyi form l zasyonu kullanılarak oluşturulacak ve belirlenen S/N oranı değerleri ile rank ve delta tabloları meydana getirilmiştir.

Rank ve Delta tablosu; değişkenlerimizin önem sırasını ve en iyi sonuç için değişkenlerin hangi seviyelerinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Delta, bir faktörün en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki farkı alarak, parametrenin etkisini belirler. Rank ise bağımsız değişkenlerin önem sırasıdır. Bu değerlerden S/N değeri en küçük olan seviye en uygun seviyedir.

Ayrıca yüzey pürüzlülüğü varyans analizi ile değerlendirilerek derinlik, kesme hızı ve ilerleme hızı parametreleri için en uygun işleme değerleri bulunmuştur.

4.1 Afyon Beyaz Mermer İçin P r zl l  k Değerlendirmesi

Afyon Beyaz mermere ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz p r zl l  k değerleri ile S/N oranı  izelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Afyon Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	6,10	-15,70	38,42	-31,69
1	188	2500	7,79	-17,83	40,40	-32,12
1	207	3000	7,86	-17,91	41,25	-32,31
2	188	2000	8,62	-18,71	44,57	-32,98
2	207	2500	11,69	-21,35	44,07	-32,88
2	169	3000	8,72	-18,81	45,13	-33,09
3	207	2000	8,70	-18,79	44,22	-32,91
3	169	2500	9,20	-19,28	47,11	-33,46
3	188	3000	8,92	-19,01	46,59	-33,36

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

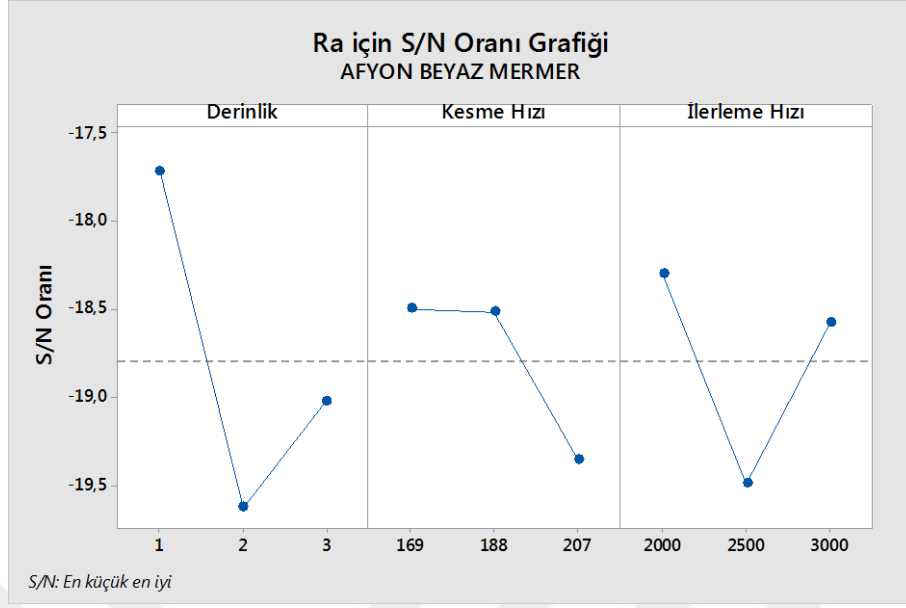
Çizelge 4.2 Afyon Beyaz mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-17,15	-18,5	-18,3	1	-32,04	-32,75	-32,53
2	-19,63	-19,52	-19,49	2	-32,99	-32,83	-32,83
3	-19,03	-19,36	-18,58	3	-32,25	-32,7	-32,92
Delta	1,91	0,87	1,19	Delta	1,2	0,12	0,39
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

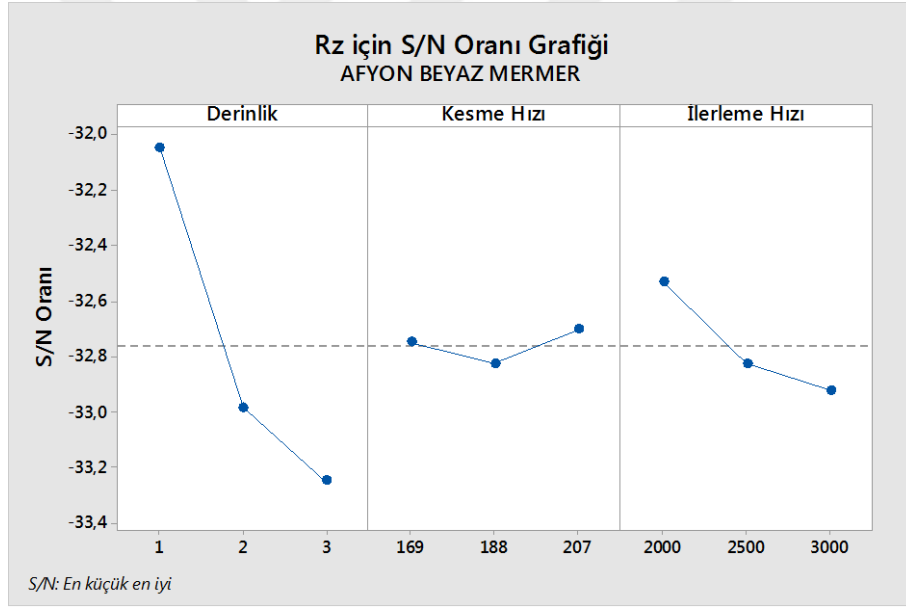
A1: 1 mm Derinlik, B1: 169 m/dk, Kesme Hızı, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.2’ de pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C1” olarak bulunur.

Afyon Beyaz mermerin frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.2, Şekil 4.1 ve 4.2’ de gösterilmiştir. Ra yüzey pürüzlülüğü değerine tüm faktörlerin etkisi olmakla birlikte en etkili faktörün derinlik olduğu görülmektedir. Derinlik azalmasıyla birlikte Ra yüzey pürüzlülük değeri de azalmakta, ilerleme hızının 2000 mm/dk değerinden fazla olması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir. Rz yüzey pürüzlülüğü değerine en büyük etki derinlik faktöründedir, bununla birlikte ilerleme hızı artışı ile Rz yüzey pürüzlülüğü değerinde artışa neden olmaktadır.



Şekil 4.1 Afyon Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.2 Afyon Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.3 ve 4.4' da verilmiştir.

Çizelge 4.3 Afyon Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	5,826	2,913	91,183	55,01	91,18
Kesme Hızı	2	2,268	1,134	35,492	21,42	35,49
İlerleme Hızı	2	2,431	1,215	38,051	22,96	38,05
Hata	2	0,063	0,031		0,61	
Toplam	8	10,59			100	

Çizelge 4.4 Afyon Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	1,903	0,951	3,958	65,19	3,95
Kesme Hızı	2	0,155	0,077	0,323	5,33	0,32
İlerleme Hızı	2	0,379	0,189	0,789	13,01	0,78
Hata	2	0,481	0,240		16,47	
Toplam	8	2,92			100	

Afyon Beyaz mermer için Çizelge 4.3 ve 4.4 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.3' teki F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan büyük olduğu için Ra yüzey pürüzlülüğünde derinlik, kesme hızı ve ilerleme hızı faktörleri etkili olmakta ve en etkin faktör % 55,01 ile derinlik olmaktadır. Çizelge 4.4' teki F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan küçük olduğu için Rz yüzey pürüzlülüğü değerine işleme parametrelerinin etkisi yoktur.

4.2 Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermere ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	6,01	-15,58	31,83	-30,05
1	188	2500	5,77	-15,23	30,92	-29,80
1	207	3000	5,85	-15,34	31,14	-29,86
2	188	2000	5,60	-14,96	29,87	-29,50
2	207	2500	5,76	-15,22	30,76	-29,76
2	169	3000	5,55	-14,88	29,93	-29,52
3	207	2000	6,29	-15,98	33,41	-30,47
3	169	2500	6,57	-16,35	33,43	-30,48
3	188	3000	5,96	-15,50	31,34	-29,92

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

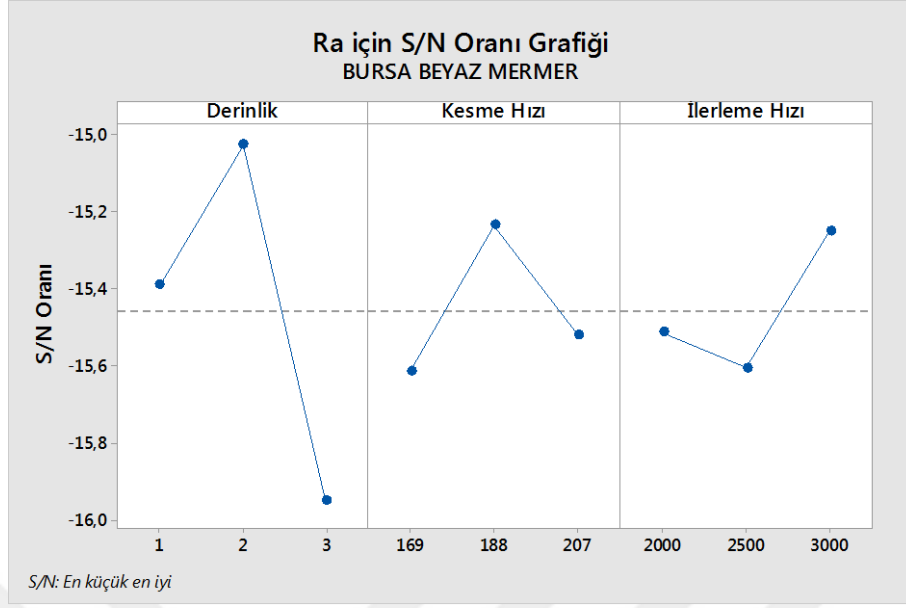
Çizelge 4.6 Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-15,39	-15,61	-15,51	1	-29,91	-30,02	-30,01
2	-15,03	-15,23	-15,6	2	-29,6	-29,75	-30,02
3	-15,95	-15,52	-15,25	3	-30,3	-30,04	-29,77
Delta	0,92	0,38	0,36	Delta	0,7	0,29	0,25
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

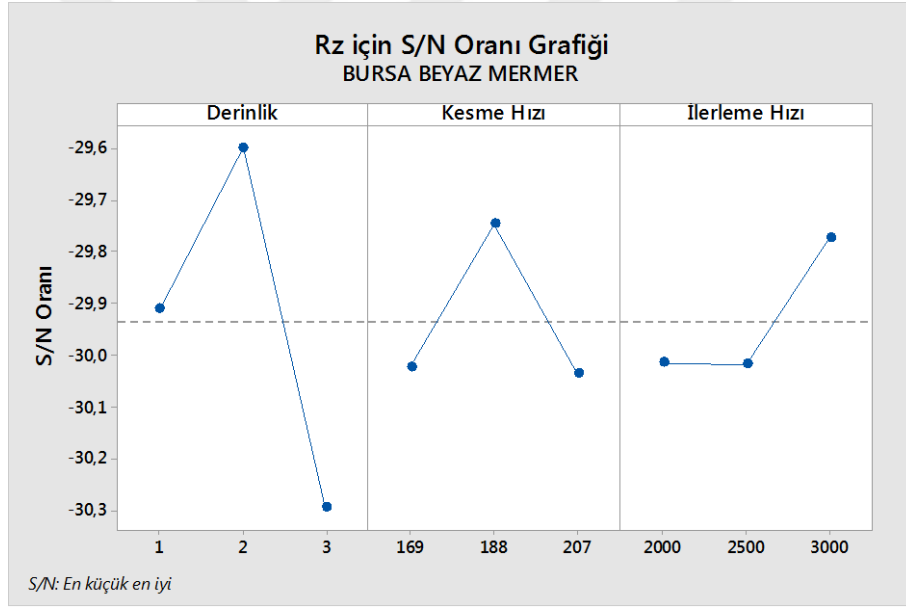
A2: 2 mm Derinlik, B2: 188 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.6’ da pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A2B2C3” olarak bulunur.

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermerin frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.6, Şekil 4.3 ve 4.4’ te gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumuna en büyük etki derinlik faktöründedir.



Şekil 4.3 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.4 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.7 ve 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	1,290	0,645	23,454	72,48	23,45
Kesme Hızı	2	0,236	0,118	4,303	13,29	4,30
İlerleme Hızı	2	0,198	0,099	3,605	11,15	3,60
Hata	2	0,055	0,027		3,08	
Toplam	8	1,78			100	

Çizelge 4.8 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	0,738	0,369	223,81	72,41	223,81
Kesme Hızı	2	0,157	0,078	47,818	15,47	47,81
İlerleme Hızı	2	0,120	0,060	36,454	11,79	36,45
Hata	2	0,003	0,001		0,33	
Toplam	8	1,02			100	

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer için Çizelge 4.7 ve 4.8 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.7' de sadece $F_{\text{derinlik}} = 223,81 > F_{0,05;2;8} = 4,46$ olduğu için Ra yüzey pürüzlülüğünde % 72,48 ile en etkin faktör derinliktir. Çizelge 4.8' deki F değerleri $F_{0,05;2;8} = 4,46$ dan büyük olduğu için Rz yüzey pürüzlülüğü değerine tüm işleme parametrelerinin etkisi olup en etkin faktör % 72,41 ile derinlik faktörüdür.

4.3 Marmara Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Marmara Beyaz mermer numunesine ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Marmara Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	3,65	-11,26	21,20	-26,52
1	188	2500	3,54	-10,98	20,20	-26,10
1	207	3000	3,74	-11,45	21,20	-26,52
2	188	2000	4,12	-12,30	22,70	-27,12
2	207	2500	4,25	-12,56	21,60	-26,68
2	169	3000	4,32	-12,71	23,30	-27,34
3	207	2000	4,65	-13,35	26,00	-28,29
3	169	2500	4,54	-13,14	23,60	-27,45
3	188	3000	4,91	-13,82	25,72	-28,20

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.10’ da verilmiştir.

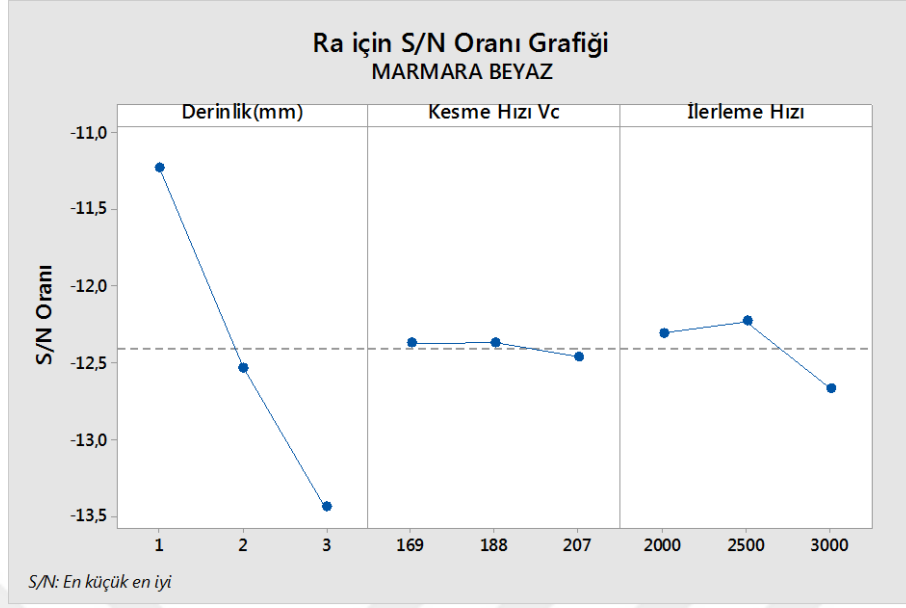
Çizelge 4.10 Marmara Beyaz mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-11,23	-12,37	-12,31	1	-26,39	-27,11	-27,32
2	-12,53	-12,37	-12,23	2	-27,05	-27,14	-26,75
3	-13,44	-12,46	-12,67	3	-27,9	-27,17	-27,36
Delta	2,21	0,09	0,44	Delta	1,6	0,06	0,61
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

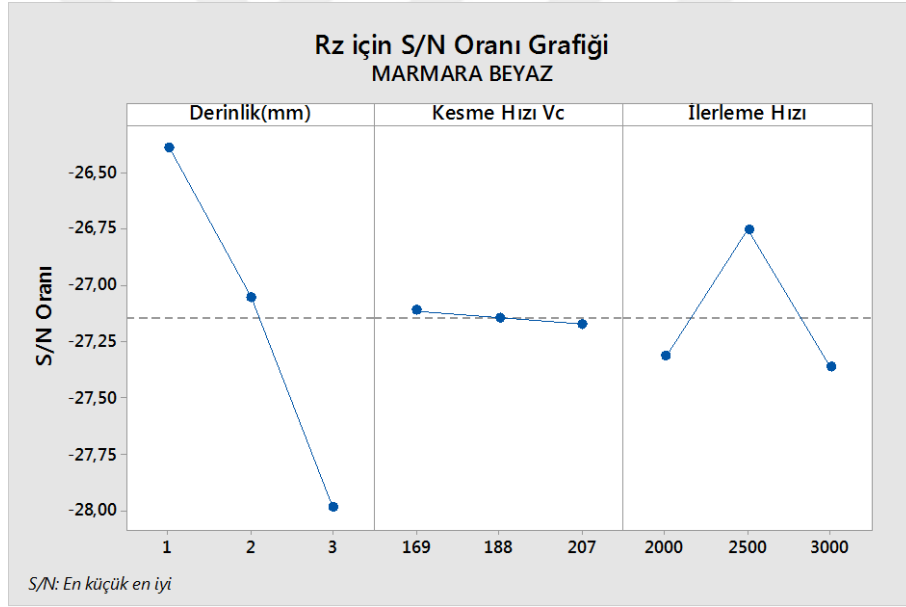
A1: 1 mm Derinlik, B3: 169 m/dk Kesme Hızı, C1: 2500 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.10’ da pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C2” olarak bulunur.

Marmara Beyaz mermerin frezeleme işleminde; Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.10, Şekil 4.5 ve 4.6’ da gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumuna en büyük etkiyi derinlik faktörü gösterirken diğer faktörlerin önemli bir etkisi olmamaktadır. Derinlik azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır.



Şekil 4.5 Marmara Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.6 Marmara Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.11 ve 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Marmara Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	7,402	3,701	72,641	94,29	72,64
Kesme Hızı	2	0,016	0,008	0,158	0,21	0,15
İlerleme Hızı	2	0,329	0,164	3,235	4,2	3,23
Hata	2	0,102	0,051		1,29	
Toplam	8	7,85			100	

Çizelge 4.12 Marmara Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,441	1,720	6,709	73,83	6,71
Kesme Hızı	2	0,006	0,003	0,012	0,13	0,01
İlerleme Hızı	2	0,700	0,350	1,365	15,02	1,36
Hata	2	0,513	0,256		11,01	
Toplam	8	4,66			100	

Marmara Beyaz mermer için Çizelge 4.11 ve 4.12 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde $F_{\text{derinlik}} > F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan dolayı Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerine sırasıyla % 94,29 ve % 73,83 oranında sadece derinlik faktörünün etkisi vardır.

4.4 Muğla Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Muğla Beyaz mermer numunesine ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Muğla Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	6,90	-16,77	36,16	-31,16
1	188	2500	6,44	-16,18	35,39	-30,97
1	207	3000	6,34	-16,04	34,29	-30,70
2	188	2000	7,06	-16,98	37,00	-31,36
2	207	2500	7,14	-17,07	38,64	-31,74
2	169	3000	6,44	-16,17	34,05	-30,64
3	207	2000	7,50	-17,50	39,54	-31,94
3	169	2500	7,46	-17,46	38,36	-31,67
3	188	3000	6,92	-16,81	37,97	-31,59

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri de Çizelge 4.14’ te verilmiştir.

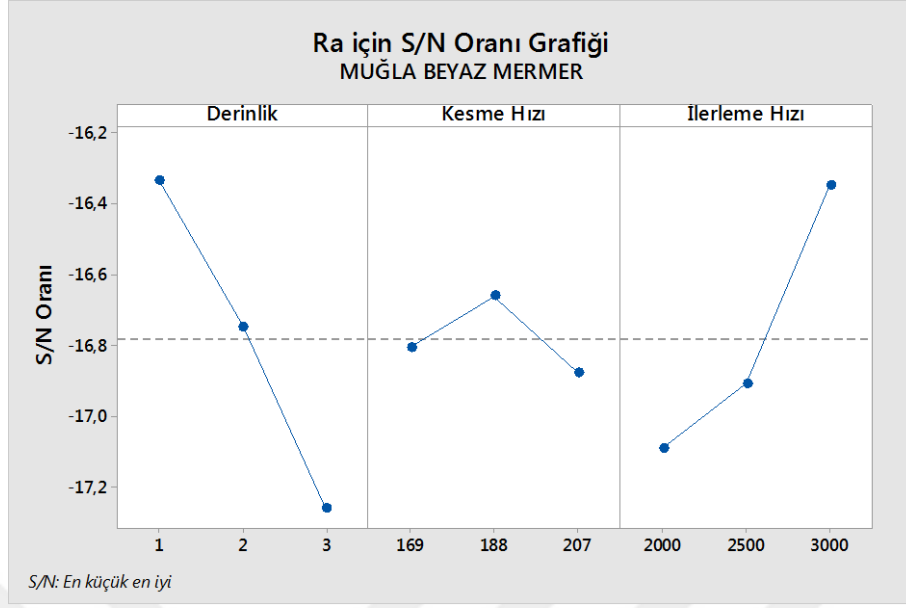
Çizelge 4.14 Muğla Beyaz mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-16,34	-16,81	-17,09	1	-30,95	-31,16	-31,49
2	-16,75	-16,66	-16,91	2	-31,25	-31,31	-31,47
3	-17,26	-16,88	-16,35	3	-31,74	-31,46	-30,98
Delta	0,92	0,22	0,74	Delta	0,79	0,3	0,51
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

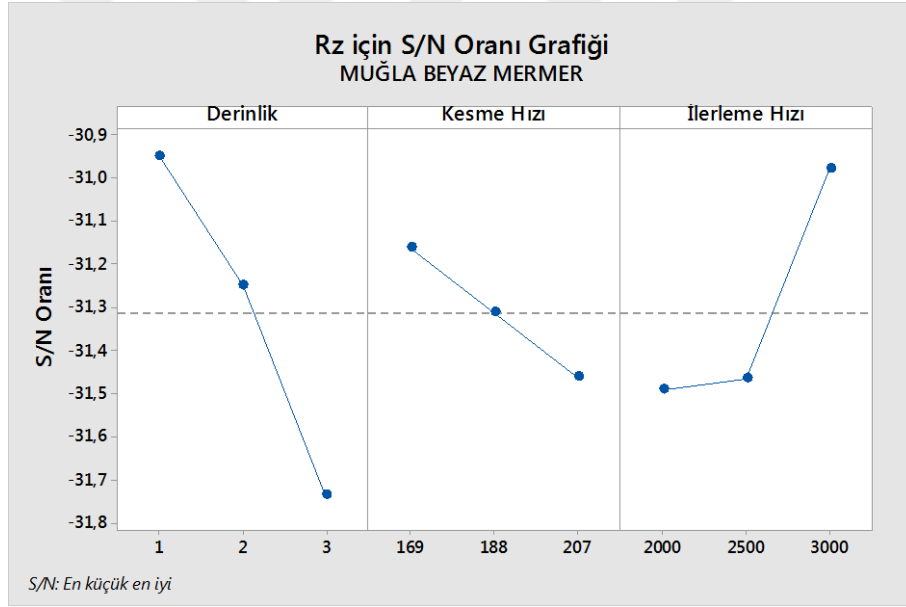
A1: 1 mm Derinlik, B2: 188 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.14’ te pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B2C3” olarak bulunur.

Muğla Beyaz mermerin frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.14, Şekil 4.7 ve 4.8’ de gösterilmiştir. Derinlik ve ilerleme hızı faktörleri yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilemektedir. Derinlik azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalır, ilerleme hızı azaldıkça yüzey pürüzlülüğü artar ve kesme hızı Ra değerinde önemli değişiklik göstermezken Rz değerinde etkili olmaktadır.



Şekil 4.7 Muğla Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.8 Muğla Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.15 ve 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Muğla Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	1,274	0,637	9,393	53,56	9,39
Kesme Hızı	2	0,075	0,037	0,559	3,18	0,55
İlerleme Hızı	2	0,893	0,446	6,585	37,56	6,58
Hata	2	0,135	0,067		5,70	
Toplam	8	2,38			100	

Çizelge 4.16 Muğla Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	0,954	0,477	5,964	54,52	5,96
Kesme Hızı	2	0,135	0,067	0,843	7,71	0,84
İlerleme Hızı	2	0,500	0,250	3,129	28,61	3,12
Hata	2	0,16	0,08		9,13	
Toplam	8	1,75			100	

Muğla Beyaz mermer için Çizelge 4.15 ve 4.16 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.15' deki derinlik ve ilerleme hızı F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan büyük olduğu için Ra yüzey pürüzlülüğünde etkili olmakta en büyük etki % 53,56 ile derinlik olmaktadır. Çizelge 4.16' da derinlik faktörünün F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan büyük olduğu için Rz yüzey pürüzlülük değerini % 54,52 etki oranı ile sadece derinlik faktörü etkilemektedir.

4.5 Uşak Beyaz Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Uşak Beyaz mermer numunesine ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Uşak Beyaz mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	SN-Ra	Rz	SN-Rz
1	169	2000	6,15	-15,78	33,42	-30,48
1	188	2500	5,83	-15,32	31,19	-29,88
1	207	3000	6,09	-15,70	33,49	-30,49
2	188	2000	6,797	-16,64	36,28	-31,19
2	207	2500	7,66	-17,69	39,00	-31,82
2	169	3000	6,98	-16,88	35,33	-30,96
3	207	2000	7,39	-17,38	37,48	-31,47
3	169	2500	7,347	-17,31	37,88	-31,57
3	10000	3000	7,43	-17,42	37,60	-31,50

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.18’ de verilmiştir.

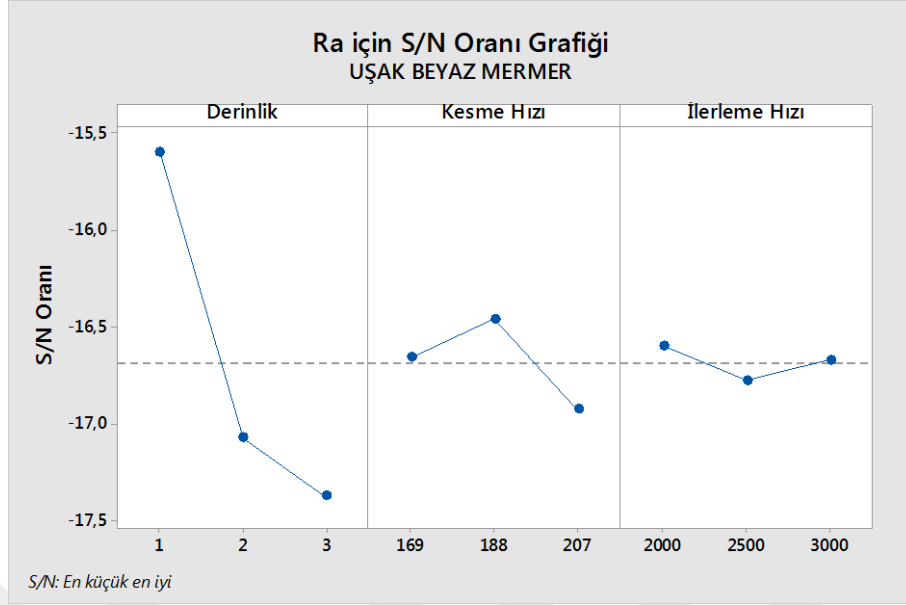
Çizelge 4.18 Uşak Beyaz mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-15,6	-16,66	-16,6	1	-30,29	-31,01	-31,05
2	-17,08	-16,46	-16,78	2	-31,33	-30,86	-31,09
3	-17,38	-16,93	-16,67	3	-31,52	-31,27	-30,99
Delta	1,77	0,46	0,18	Delta	1,23	0,41	0,1
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

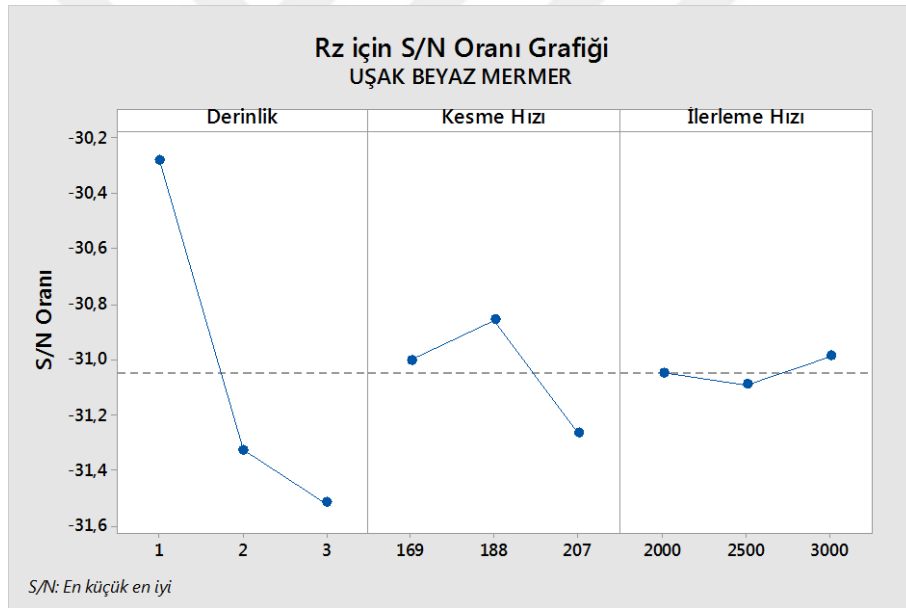
A1: 1 mm Derinlik, B2: 188 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.18’ den pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B2C3” olarak bulunur.

Uşak Beyaz mermerin frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.18, Şekil 4.9 ve 4.10’ da gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumuna en büyük etkiyi derinlik faktörü gösterirken diğer faktörlerin önemli bir etkisi olmamaktadır. Derinlik azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır.



Şekil 4.9 Uşak Beyaz mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.10 Uşak Beyaz mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.19 ve 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Uşak Beyaz mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	5,449	2,724	19,643	89,18	19,64
Kesme Hızı	2	0,333	0,166	1,203	5,46	1,20
İlerleme Hızı	2	0,049	0,024	0,178	0,82	0,17
Hata	2	0,277	0,138		4,54	
Toplam	8	6,11			100	

Çizelge 4.20 Uşak Beyaz mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,631	1,315	7,206	80,45	2,59
Kesme Hızı	2	0,258	0,129	0,708	7,91	3,05
İlerleme Hızı	2	0,015	0,007	0,041	0,47	2,79
Hata	2	0,365	0,182		11,16	
Toplam	8	3,27			100	

Uşak Beyaz mermer için Çizelge 4.19 ve 4.20 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.19' da $F_{\text{derinlik}}=19,64 > F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan dolayı sadece derinlik faktörü % 89,18 etki oranı Ra yüzey pürüzlülük değerine etkisi vardır. Çizelge 4.20' de F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan küçük olduğu için işleme parametrelerinin Rz yüzey pürüzlülük değerine etkisi yoktur.

4.6 Kütahya Kümüls Mermer İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Kütahya Kümüls mermere ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.21' de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Kütahya Kümülüs mermer işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	SN-Ra	Rz	SN-Rz
1	169	2000	4,84	-13,70	27,14	-28,67
1	188	2500	5,53	-14,86	29,35	-29,35
1	207	3000	5,57	-14,92	30,58	-29,71
2	188	2000	5,93	-15,46	31,71	-30,02
2	207	2500	6,24	-15,90	32,91	-30,34
2	169	3000	6,81	-16,66	36,16	-31,16
3	207	2000	6,66	-16,47	35,96	-31,11
3	169	2500	7,30	-17,26	37,78	-31,54
3	188	3000	6,82	-16,68	35,96	-31,11

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.22’ de verilmiştir.

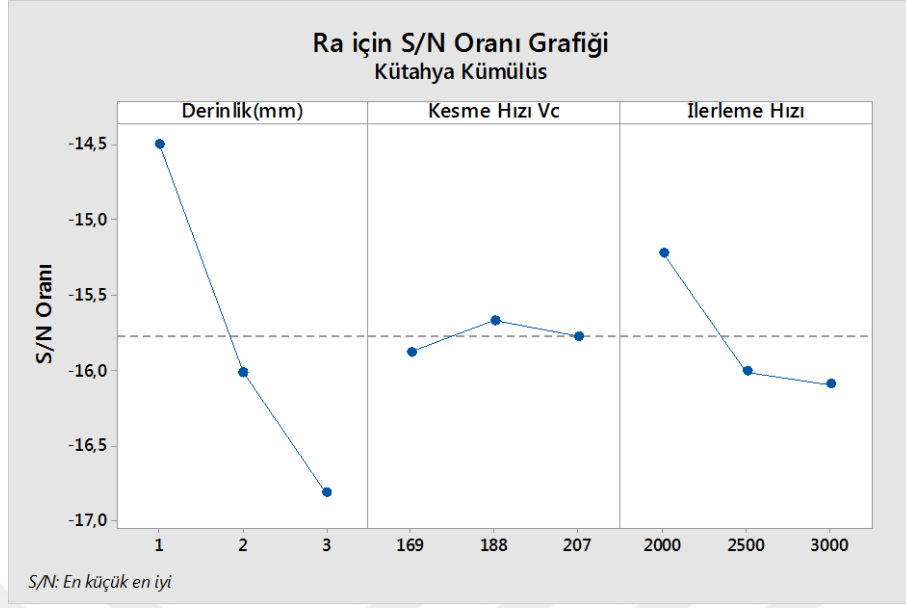
Çizelge 4.22 Kütahya Kümülüs mermer Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-14,5	-15,88	-15,22	1	-29,25	-30,46	-29,94
2	-16,01	-15,67	-16,01	2	-30,51	-30,17	-30,42
3	-16,81	-15,77	-16,09	3	-31,26	-30,39	-30,66
Delta	2,31	0,21	0,88	Delta	2,01	0,3	0,73
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

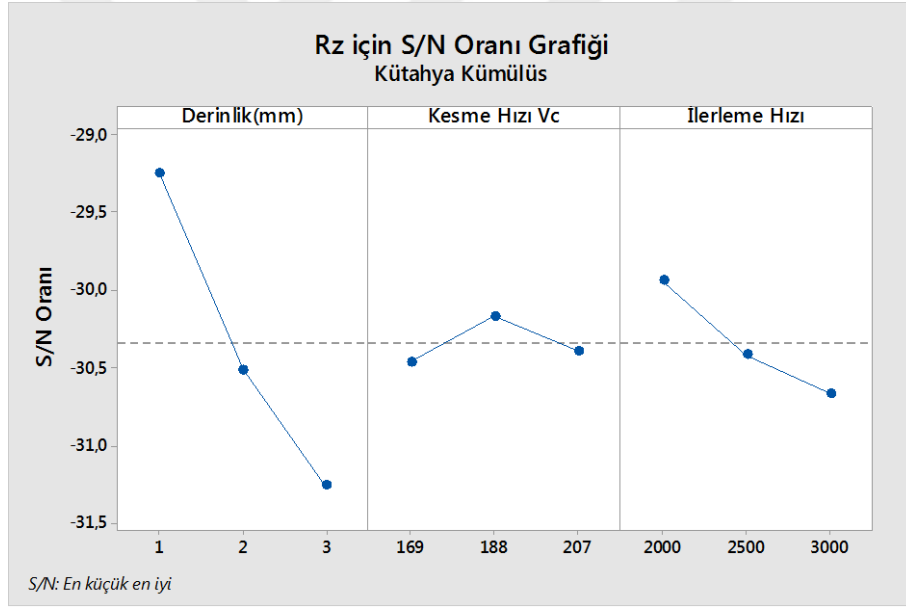
A1: 1 mm Derinlik, B2: 188 m/dk Kesme Hızı, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.22’ ten pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B2C1” olarak bulunur.

Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerleri için en etkin parametreler sırasıyla derinlik ve ilerleme hızının olduğu Çizelge 4.22, Şekil 4.11 ve 4.12’ de gösterilmiştir. Derinlik ve ilerleme hızı değerlerindeki azalış ile yüzey pürüzlülüğü azalmakta iken kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi yoktur.



Şekil 4.11 Kütahya Kümülüs mermer Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.12 Kütahya Kümülüs mermer Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36' da verilmiştir.

Çizelge 4.23 Kütahya Kümüls mermer Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	8,256	4,128	14,746	80,39	14,74
Kesme Hızı	2	0,066	0,033	0,118	0,65	0,11
İlerleme Hızı	2	1,387	0,693	2,478	13,51	2,47
Hata	2	0,559	0,279		5,45	
Toplam	8	10,27			100	

Çizelge 4.24 Kütahya Kümüls mermer Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	6,190	3,095	14,531	81,88	14,53
Kesme Hızı	2	0,137	0,068	0,322	1,82	0,32
İlerleme Hızı	2	0,806	0,403	1,892	10,67	1,89
Hata	2	0,426	0,213		5,63	
Toplam	8	7,56			100	

Kütahya Kümüls mermer için Çizelge 4.23 ve 4.24 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki $F_{\text{derinlik}} > F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan dolayı Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerine sırasıyla % 80,39 ve % 81,88 oranında derinlik faktörünün etkisi vardır.

4.7 Bilecik Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Bilecik bej numunesine ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.25' de verilmiştir.

Çizelge 4.25 Bilecik bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	SN-Rz
1	169	2000	2,93	-9,35	16,91	-24,56
1	188	2500	3,96	-11,96	21,96	-26,83
1	207	3000	3,32	-10,42	18,81	-25,48
2	188	2000	2,98	-9,50	17,56	-24,89
2	207	2500	3,32	-10,43	18,52	-25,35
2	169	3000	3,43	-10,71	18,85	-25,50
3	207	2000	3,88	-11,78	21,62	-26,69
3	169	2500	4,33	-12,74	23,47	-27,41
3	188	3000	4,35	-12,78	22,92	-27,20

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.26’ de verilmiştir.

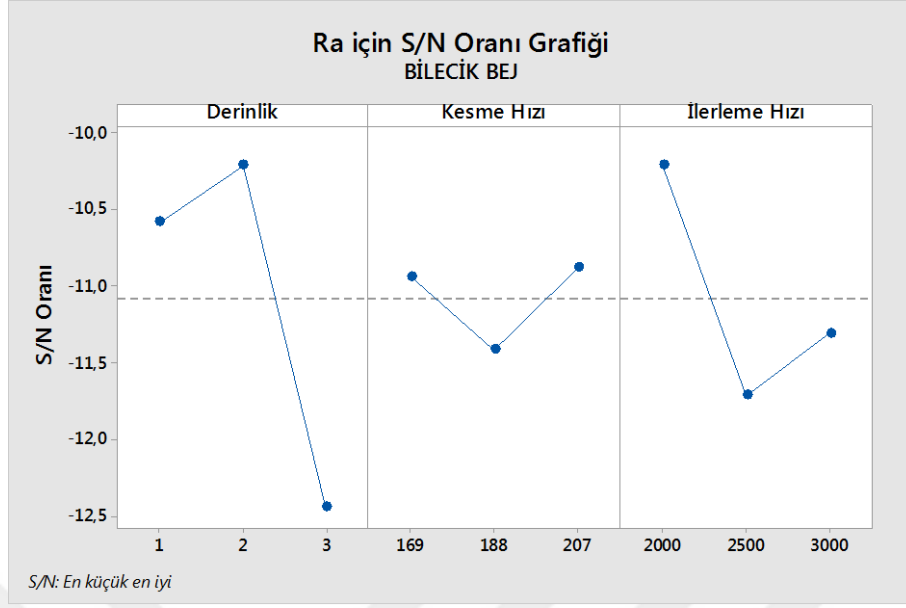
Çizelge 4.26 Bilecik bej Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-10,58	-10,94	-10,22	1	-25,63	-25,83	-25,39
2	-10,22	-11,42	-11,72	2	-25,25	-26,31	-26,53
3	-12,44	-10,88	-11,31	3	-27,11	-25,85	-26,07
Delta	2,22	0,53	1,5	Delta	1,85	0,48	1,15
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

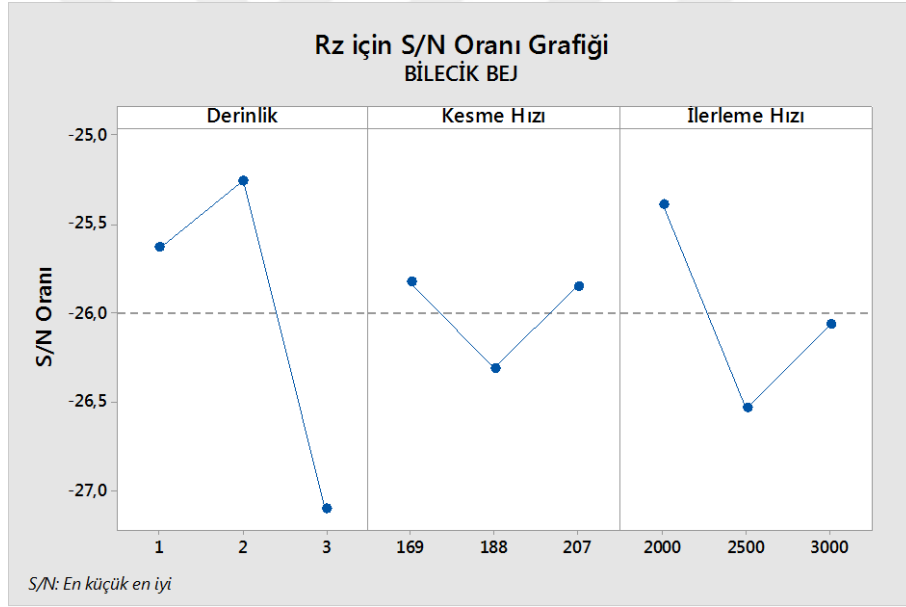
A2: 2 mm Derinlik, B3: 207 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.26’ den pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A2B3C3” olarak bulunur.

Bilecik bej frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.26, Şekil 4.13 ve 4.14’ de gösterilmiştir. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğünün oluşmasında etkisi olan faktörler sırayla derinlik, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir.



Şekil 4.13 Bilecik bej Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.14 Bilecik bej Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.23 ve 4.24' de verilmiştir.

Çizelge 4.27 Bilecik bej Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	8,517	4,258	11,502	63,61	11,50
Kesme Hızı	2	0,525	0,262	0,709	3,93	0,70
İlerleme Hızı	2	3,606	1,803	4,870	26,93	4,87
Hata	2	0,740	0,370		5,53	
Toplam	8	13,39			100	

Çizelge 4.28 Bilecik bej Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	5,794	2,897	9,221	65,55	9,22
Kesme Hızı	2	0,442	0,221	0,704	5,01	0,70
İlerleme Hızı	2	1,97	0,987	3,141	22,33	3,14
Hata	2	0,628	0,314		7,11	
Toplam	8	8,84			100	

Bilecik bej için Çizelge 4.27 ve 4.28 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.27' de $F_{\text{derinlik}}=19,64 > F_{0,05;2;8}=4,46$ dan dolayı Ra yüzey pürüzlülük değerine etkin parametre % 63,61 ile derinliktir. Çizelge 4.28' de $F_{\text{derinlik}}=9,22 > F_{0,05;2;8}=4,46$ olduğundan Rz yüzey pürüzlülüğü değerine % 65,55 etki oranı ile derinlik faktörünün etkisi vardır.

4.8 Ege Kahve Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Ege Kahve bej numunesine ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.29' de verilmiştir.

Çizelge 4.29 Ege Kahve bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	4,13	-12,32	22,65	-27,10
1	188	2500	4,51	-13,09	25,44	-28,11
1	207	3000	3,49	-10,86	19,61	-25,85
2	188	2000	3,29	-10,36	18,45	-25,32
2	207	2500	3,57	-11,07	19,99	-26,01
2	169	3000	3,37	-10,57	18,67	-25,42
3	207	2000	2,22	-6,94	13,57	-22,65
3	169	2500	2,57	-8,21	15,53	-23,82
3	188	3000	2,75	-8,81	16,50	-24,35

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.30’ da verilmiştir.

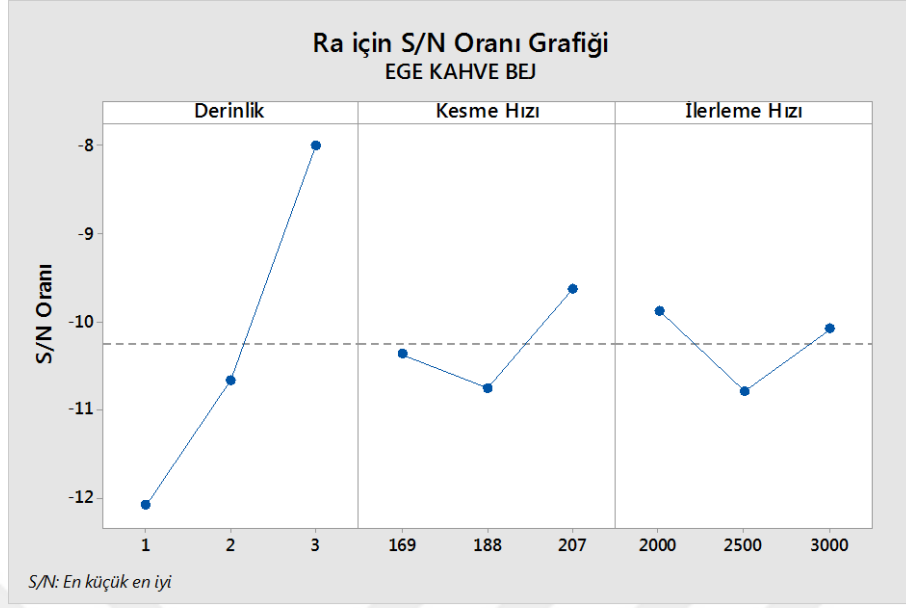
Çizelge 4.30 Ege Kahve bej Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-12,09	-10,37	-9,88	1	-27,02	-25,45	-25,03
2	-10,67	-10,75	-10,79	2	-25,59	-25,93	-25,99
3	-7,99	-9,63	-10,08	3	-23,61	-24,84	-25,21
Delta	4,10	1,12	0,911	Delta	3,41	1,09	0,96
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

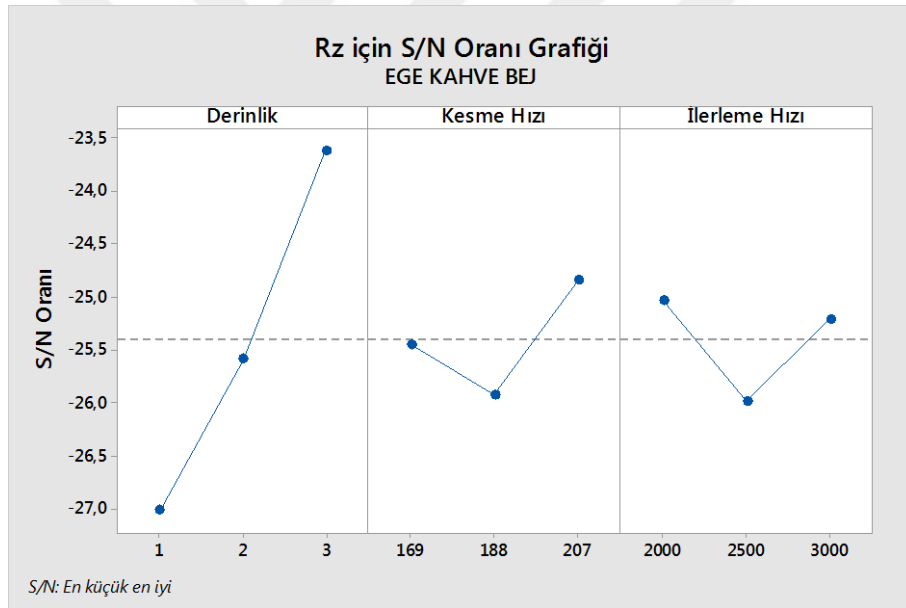
A3: 3 mm Derinlik, B3: 207 m/dk Kesme Hızı, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.26’ dan pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A3B3C1” olarak bulunur.

Ege Kahve bej frezeleme işleminde, Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.30, Şekil 4.15 ve 4.16’ da gösterilmiştir. Derinlik arttıkça yüzey kalitesinde iyileşme olmaktadır diğer faktörlerin pürüzlülük üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 4.15 Ege Kahve bej Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.16 Ege Kahve bej Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.31 ve 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Ege Kahve bej Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	26,075	13,037	20,23	84,93	20,23
Kesme Hızı	2	1,964	0,982	1,524	6,40	1,54
İlerleme Hızı	2	1,371	0,685	1,063	4,47	1,06
Hata	2	1,288	0,644		4,20	
Toplam	8	30,7			100	

Çizelge 4.32 Ege Kahve bej Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	17,593	8,796	21,148	80,78	21,14
Kesme Hızı	2	1,791	0,895	2,152	8,22	2,15
İlerleme Hızı	2	1,563	0,781	1,879	7,178	1,87
Hata	2	0,831	0,415		3,82	
Toplam	8	21,78			100	

Ege Kahve bej için Çizelge 4.31 ve 4.32 incelendiğinde; yüzey pürüzlülüğüne Ra % 84,93 ve Rz % 80,78 ile en büyük etki derinlik faktöründedir ve bununla birlikte diğer parametreler yüzey pürüzlülüğünde etkili değildir.

4.9 Korkuteli Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Korkuteli beje ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.33' te verilmiştir.

Çizelge 4.33 Korkuteli bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	4,70	-13,45	25,01	-27,96
1	188	2500	4,83	-13,69	25,91	-28,26
1	207	3000	4,38	-12,84	24,13	-27,65
2	188	2000	4,97	-13,93	26,49	-28,46
2	207	2500	4,82	-13,67	25,47	-28,12
2	169	3000	4,94	-13,89	26,61	-28,50
3	207	2000	4,69	-13,42	25,23	-28,04
3	169	2500	4,87	-13,76	25,68	-28,19
3	188	3000	5,06	-14,09	27,16	-28,68

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.34’ da verilmiştir.

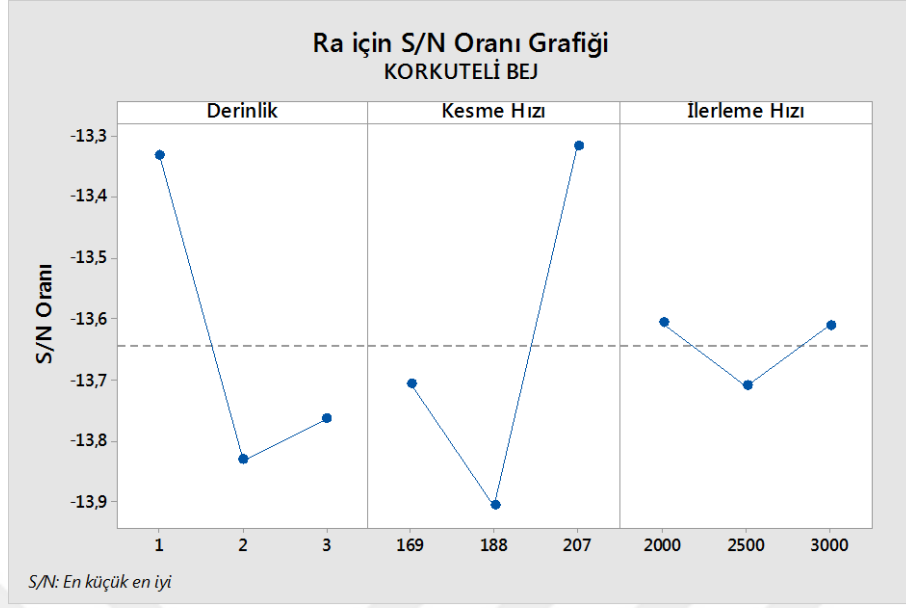
Çizelge 4.34 Korkuteli bej Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-13,33	-13,71	-13,61	1	-27,96	-28,22	-28,16
2	-13,83	-13,91	-13,71	2	-28,36	-28,47	-28,19
3	-13,76	-13,31	-13,61	3	-28,3	-27,94	-28,28
Delta	0,5	0,59	0,1	Delta	0,4	0,53	0,12
Rank	2	1	3	Rank	2	1	3

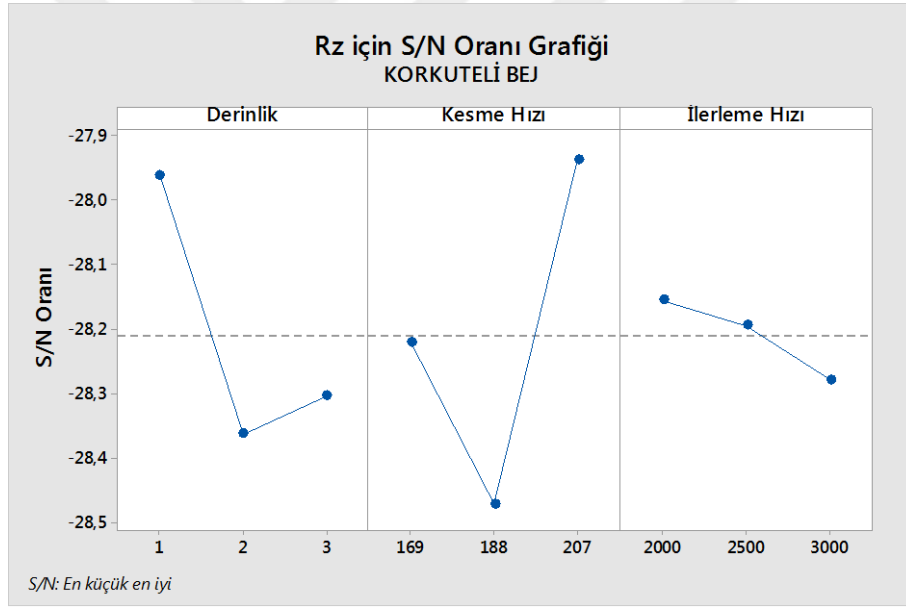
A1: 1 mm Derinlik, B3: 207 m/dk Kesme Hızı, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.34’ ten pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B3C1” olarak bulunur.

Korkuteli bej frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.34, Şekil 4.17 ve 4.18’ de gösterilmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü için etkili olan parametreler sırasıyla kesme hızı ve derinlik iken ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi yoktur.



Şekil 4.17 Korkuteli bej Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.18 Korkuteli bej Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36' de verilmiştir.

Çizelge 4.35 Korkuteli bej Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	0,439	0,219	6,282	40,35	6,28
Kesme Hızı	2	0,560	0,280	8,001	51,39	8,00
İlerleme Hızı	2	0,020	0,010	0,287	1,84	0,28
Hata	2	0,07	0,035		6,42	
Toplam	8	1,09			100	

Çizelge 4.36 Korkuteli bej Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	0,279	0,139	5,235	35,84	5,23
Kesme Hızı	2	0,422	0,211	7,915	54,19	7,91
İlerleme Hızı	2	0,024	0,012	0,455	3,12	0,45
Hata	2	0,053	0,026		6,85	
Toplam	8	0,78			100	

Korkuteli bej için Çizelge 4.35 ve 4.36 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.31' de derinlik ve kesme hızı F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan büyük dolayı Ra yüzey pürüzlülük değerine derinlik ve kesme hızının etkisi vardır, en etkin parametre % 51,39 ile kesme hızıdır. Çizelge 4.32' de derinlik ve kesme hızı F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan büyük dolayı Rz yüzey pürüzlülük değerine derinlik ve kesme hızının etkisi vardır, en etkin parametre % 54,19 ile kesme hızıdır.

4.10 Sivrihisar Bej İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Sivrihisar beje ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.37' de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Sivrihisar bej işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	4,21	-12,49	22,59	-27,07
1	188	2500	3,86	-11,73	20,34	-26,16
1	207	3000	3,40	-10,64	19,12	-25,635
2	188	2000	5,06	-14,08	27,35	-28,74
2	207	2500	5,22	-14,36	27,13	-28,66
2	169	3000	5,60	-14,96	29,67	-29,44
3	207	2000	5,20	-14,33	27,01	-28,63
3	169	2500	5,31	-14,50	27,69	-28,84
3	188	3000	5,98	-15,53	31,29	-29,90

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.38’ de verilmiştir.

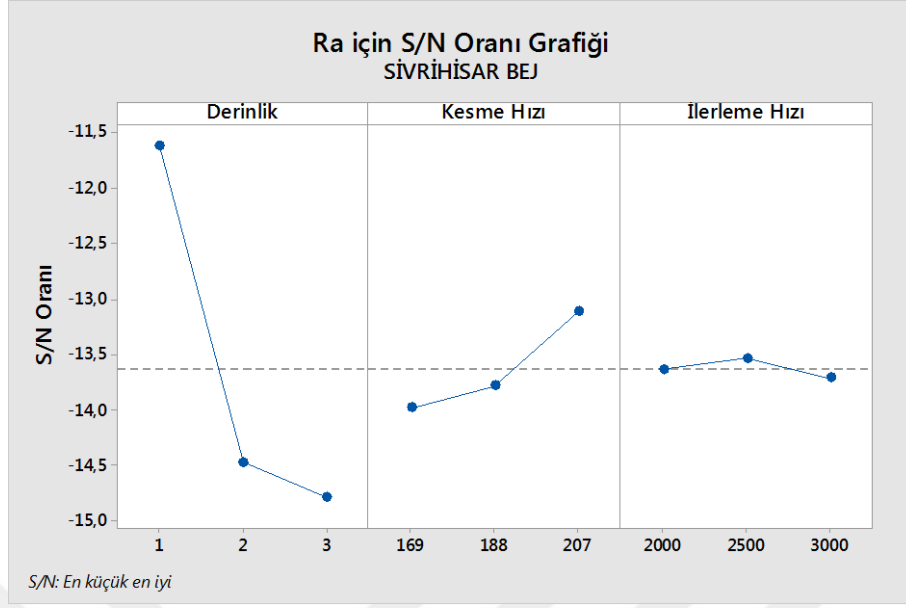
Çizelge 4.38 Sivrihisar bej Ra ve Rz’ nin S/N oranına bağlı olarak Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-11,62	-13,99	-13,64	1	-26,29	-28,46	-28,15
2	-14,47	-13,79	-13,54	2	-28,95	-28,27	-27,89
3	-14,79	-13,11	-13,71	3	-29,13	-27,64	-28,33
Delta	3,17	0,87	0,18	Delta	2,84	0,81	0,44
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

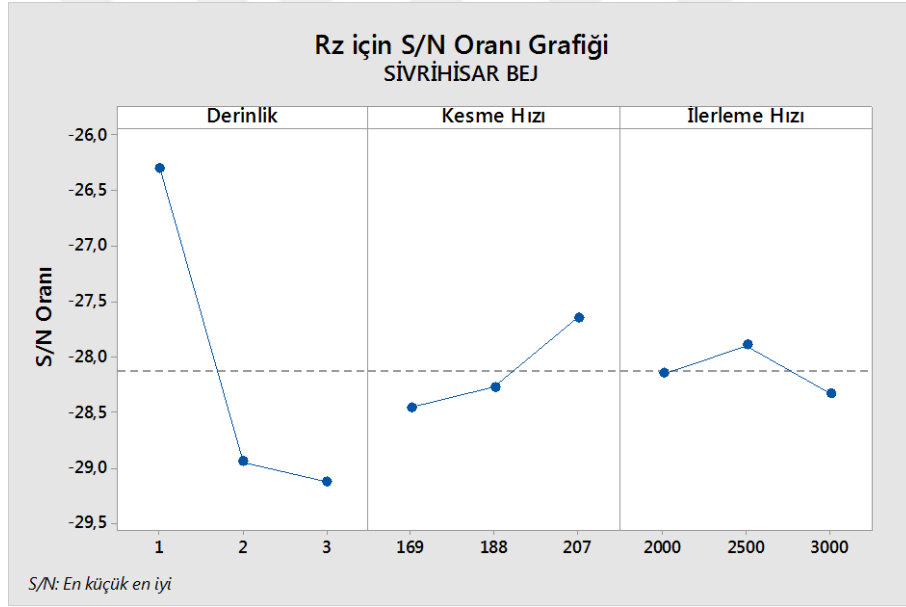
A1: 1 mm Derinlik, B3: 207 m/dk Kesme Hızı, C2: 2500 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.38’ den pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B3C2” olarak bulunur.

Sivrihisar bej frezeleme işleminde Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.38, Şekil 4.19 ve 4.20’ de gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumunda en büyük etkiyi derinlik faktörü gösterirken, kesme hızı ve ilerleme hızı parametrelerinin Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğünde etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 4.19 Sivrihisar bej Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.20 Sivrihisar bej Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin etkinlik oranları Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40' ta verilmiştir.

Çizelge 4.39 Sivrihisar bej Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	18,274	9,137	11,187	86,08	11,18
Kesme Hızı	2	1,277	0,638	0,782	6,02	0,78
İlerleme Hızı	2	0,044	0,022	0,027	0,21	0,02
Hata	2	1,633	0,816		7,69	
Toplam	8	21,23			100	

Çizelge 4.40 Sivrihisar bej Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	15,173	7,586	16,200	86,66	16,20
Kesme Hızı	2	1,105	0,552	1,180	6,31	1,18
İlerleme Hızı	2	0,293	0,146	0,313	1,68	0,31
Hata	2	0,936	0,468		5,35	
Toplam	8	17,51			100	

Sivrihisar bej için Çizelge 4.39 ve 4.40 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde $F_{\text{derinlik}} > F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan dolayı Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerine sırasıyla % 86,08 ve % 86,66 oranında derinlik faktörünün etkisi vardır.

4.11 Antalya Noçe Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Antalya Noçe travertene ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.41' de verilmiştir.

Çizelge 4.41 Antalya Noçe traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	6,02	-15,59	9,93	-19,94
1	188	2500	6,02	-15,60	9,63	-19,67
1	207	3000	4,69	-13,43	7,39	-17,38
2	188	2000	6,55	-16,33	11,44	-21,16
2	207	2500	6,65	-16,46	10,88	-20,73
2	169	3000	6,12	-15,74	10,07	-20,06
3	207	2000	6,56	-16,34	10,37	-20,31
3	169	2500	5,92	-15,45	9,51	-19,56
3	188	3000	6,86	-16,72	10,50	-20,42

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.42’ de verilmiştir.

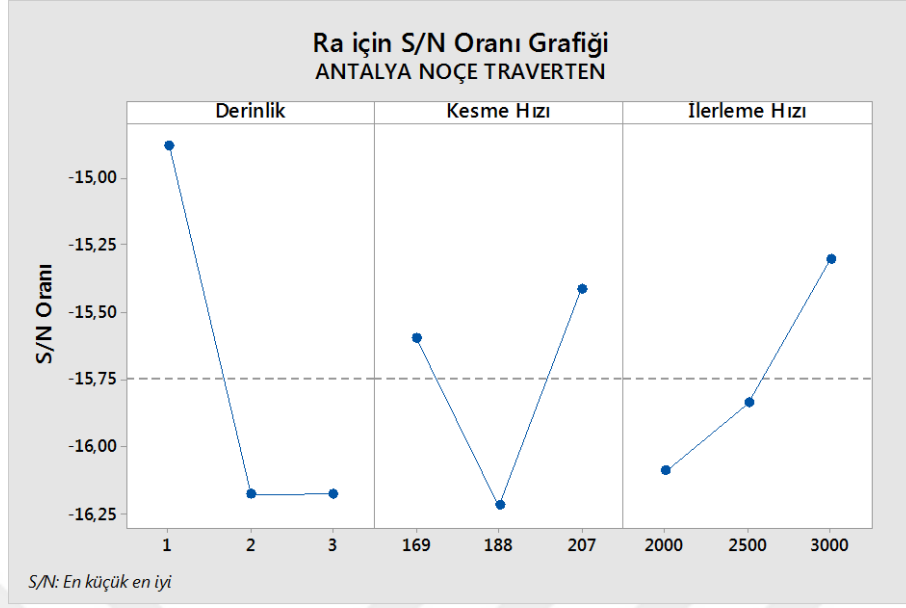
Çizelge 4.42 Antalya Noçe traverten Ra ve Rz’ ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-14,88	-15,6	-16,09	1	-19	-19,86	-20,48
2	-16,18	-16,22	-15,84	2	-20,66	-20,42	-19,99
3	-16,18	-15,42	-15,3	3	-20,1	-19,48	-19,29
Delta	1,3	0,81	0,79	Delta	1,66	0,94	1,19
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

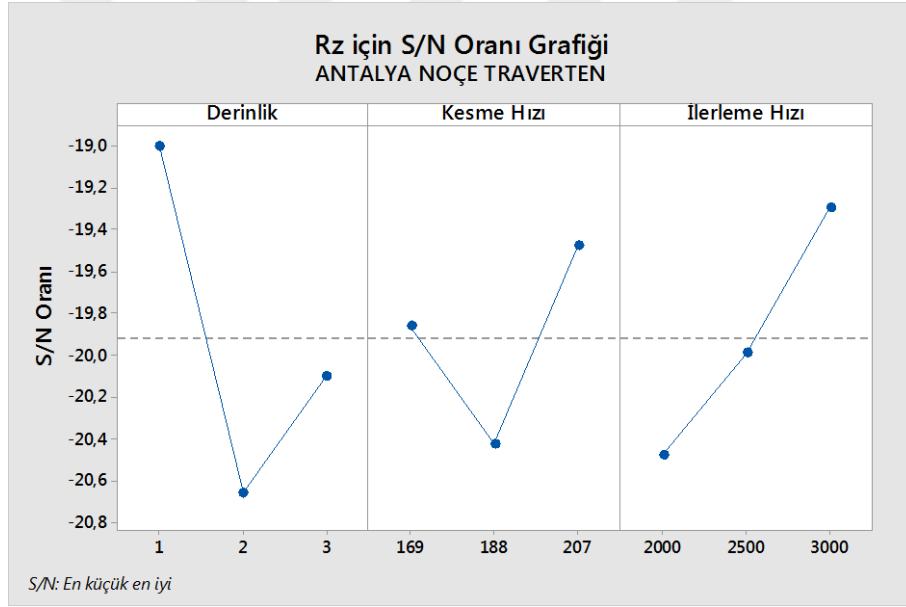
A1: 1 mm Derinlik, B3: 207 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.42’ den pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B3C3” olarak bulunur.

Antalya Noçe traverten frezeleme işleminde; Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.42, Şekil 4.21 ve 4.22’ de gösterilmiştir. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğündeki etkisi sırasıyla derinlik, kesme hızı ve ilerleme hızı şeklindedir.



Şekil 4.21 Antalya Noçe traverten Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.22 Antalya Noçe traverten Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.43 ve 4.44' te verilmiştir.

Çizelge 4.43 Antalya Noçe traverten Ra’ ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,380	1,690	1,526	44,30	1,52
Kesme Hızı	2	1,057	0,528	0,477	13,86	0,47
İlerleme Hızı	2	0,978	0,489	0,441	12,82	0,44
Hata	2	2,214	1,107		29,02	
Toplam	8	7,63			100	

Çizelge 4.44 Antalya Noçe traverten Rz’ ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	4,279	2,139	2,885	46,26	2,88
Kesme Hızı	2	1,341	0,670	0,904	14,51	0,90
İlerleme Hızı	2	2,146	1,073	1,447	23,20	1,44
Hata	2	1,483	0,741		16,03	
Toplam	8	9,25			100	

Antalya Noçe traverten için Çizelge 4.43 ve 4.44 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ’ dan küçük olduğun için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerine işleme parametrelerinin etkisi yoktur.

4.12 Denizli Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Denizli travertene ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.45’ de verilmiştir.

Çizelge 4.45 Denizli traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	3,74	-11,46	21,01	-26,44
1	188	2500	4,68	-13,40	26,05	-28,31
1	207	3000	4,46	-13,00	23,94	-27,58
2	188	2000	4,75	-13,54	24,85	-27,90
2	207	2500	4,60	-13,27	24,87	-27,91
2	169	3000	5,79	-15,26	29,38	-29,36
3	207	2000	4,58	-13,21	26,51	-28,47
3	169	2500	5,33	-14,54	27,85	-28,89
3	188	3000	5,18	-14,28	27,45	-28,77

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.46’ da verilmiştir.

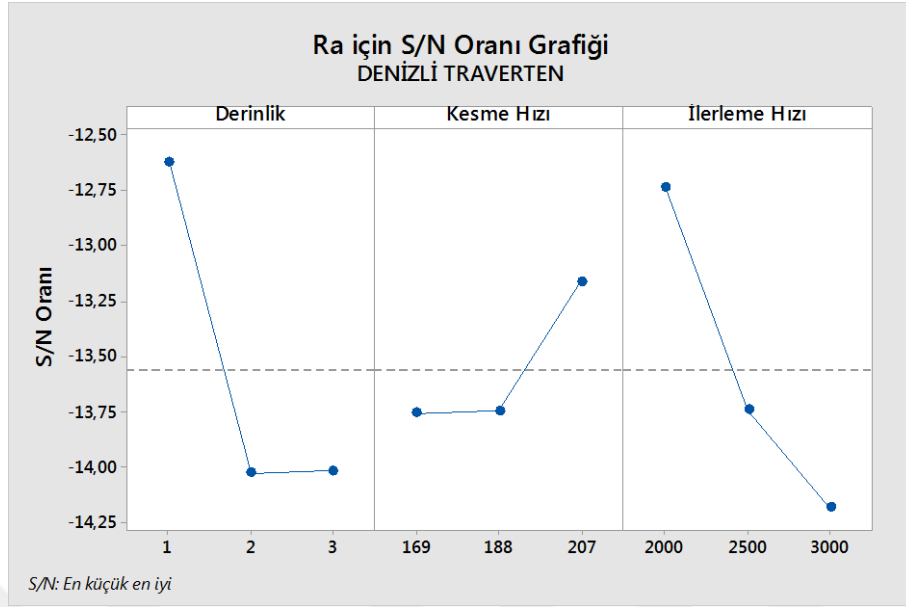
Çizelge 4.46 Denizli traverten Ra ve Rz’ ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-12,62	-13,76	-12,74	1	-27,45	-28,24	-27,61
2	-14,03	-13,75	-13,74	2	-28,4	-28,33	-28,38
3	-14,02	-13,16	-14,18	3	-28,71	-27,99	-28,57
Delta	1,4	0,59	1,44	Delta	1,26	0,34	0,96
Rank	2	3	1	Rank	1	3	2

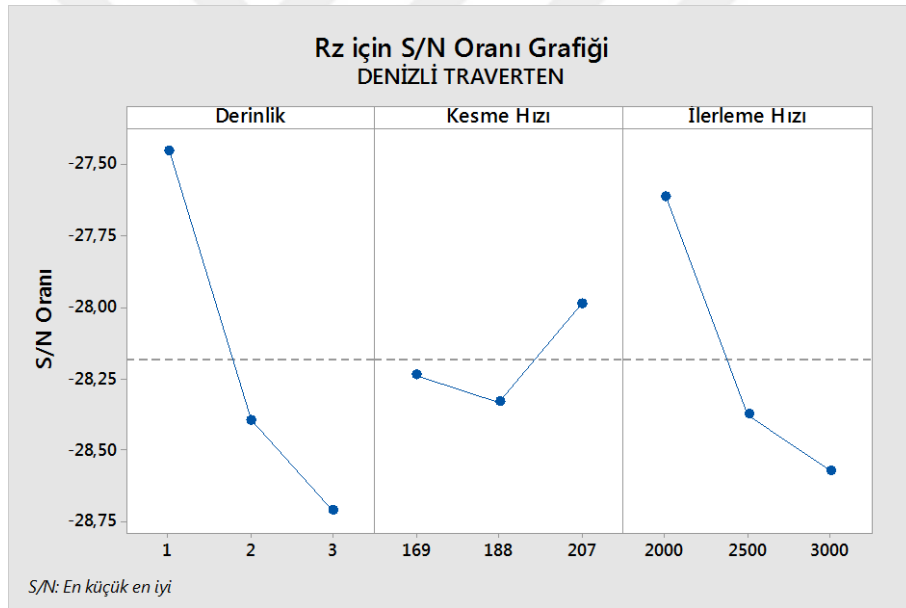
A1: 1 mm Derinlik, B1: 169 m/dk Kesme Hızı, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.46’ dan pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C1” olarak bulunur.

Denizli traverten frezeleme işleminde, Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri, Çizelge 4.46, Şekil 4.23 ve 4.24’ de gösterilmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü üzerine derinlik ve ilerleme hızı faktörlerinin etkisi varken, kesme hızının yüzey pürüzlülüğünde etkisi yoktur.



Şekil 4.23 Denizli traverten Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.24 Denizli traverten Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.47 ve 4.48' de verilmiştir.

Çizelge 4.47 Denizli Traverten Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,948	1,974	2,820	42,35	2,82
Kesme Hızı	2	0,708	0,354	0,506	7,60	0,50
İlerleme Hızı	2	3,267	1,633	2,334	35,04	2,33
Hata	2	1,399	0,699		15,01	
Toplam	8	9,32			100	

Çizelge 4.48 Denizli Traverten Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,586	1,293	1,657	43,97	1,65
Kesme Hızı	2	0,186	0,093	0,119	3,17	0,11
İlerleme Hızı	2	1,551	0,775	0,994	26,36	0,99
Hata	2	1,560	0,780		26,51	
Toplam	8	5,88			100	

Denizli traverten için Çizelge 4.47 ve 4.48 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan küçük olduğu için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerine işleme parametrelerinin etkisi yoktur.

4.13 Gümüş Traverten İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Gümüş Travertene ait işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.49' da verilmiştir.

Çizelge 4.49 Gümüş Traverten işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	4,623	-13,29	26,64	-28,51
1	188	2500	4,58	-13,22	27,35	-28,74
1	207	3000	4,47	-13,01	25,60	-28,16
2	188	2000	4,73	-13,50	27,12	-28,66
2	207	2500	5,42	-14,68	30,20	-29,60
2	169	3000	5,37	-14,60	31,32	-29,91
3	207	2000	5,95	-15,49	33,41	-30,47
3	169	2500	5,07	-14,10	28,76	-29,17
3	188	3000	5,14	-14,22	28,71	-29,16

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri Çizelge 4.50’ de verilmiştir.

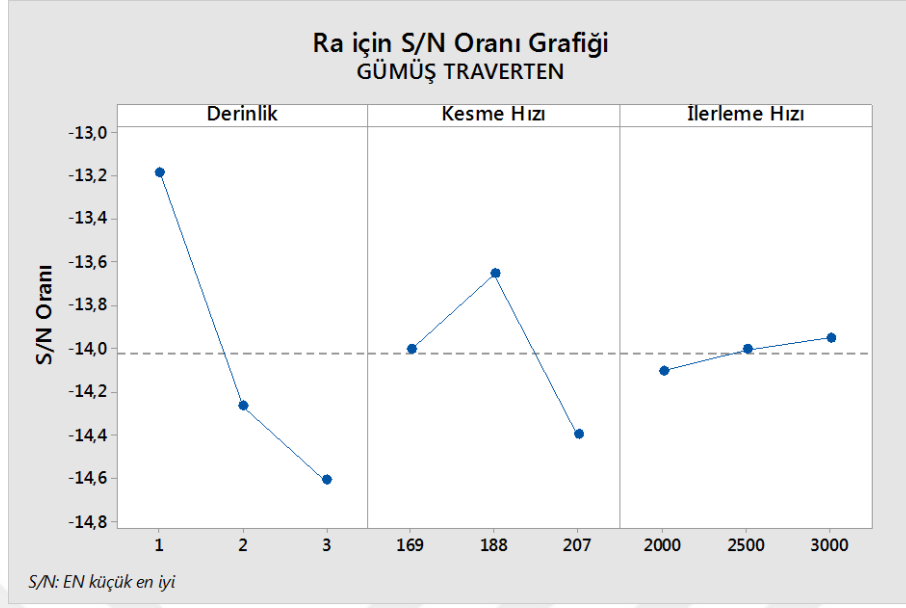
Çizelge 4.50 Gümüş traverten Ra ve Rz’ ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-13,18	-14,01	-14,1	1	-28,47	-29,2	-29,22
2	-14,27	-13,65	-14,01	2	-29,4	-28,86	-29,22
3	-14,61	-14,4	-13,95	3	-29,61	-29,42	-29,08
Delta	1,43	0,75	0,15	Delta	3,17	0,87	0,18
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

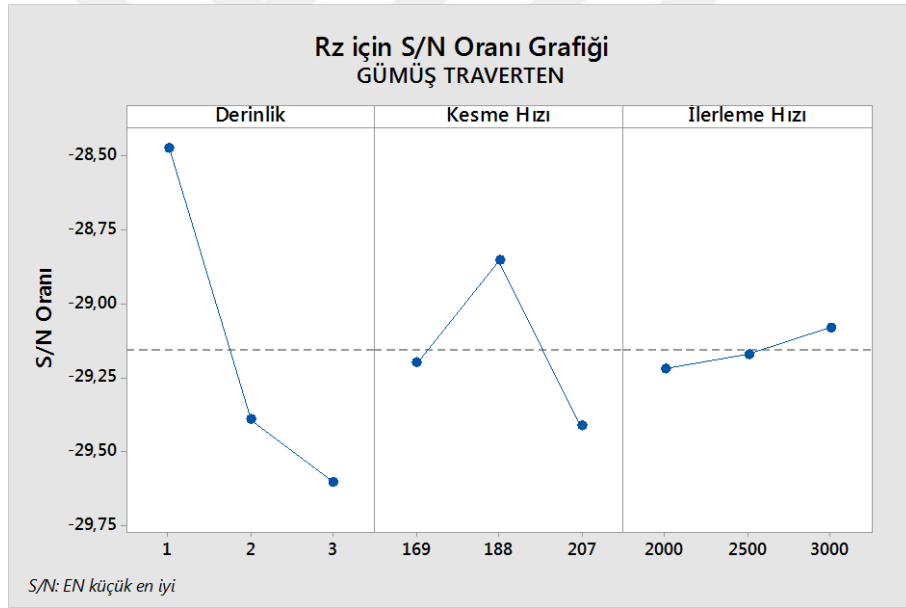
A1: 1 mm Derinlik, B2: 188 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.50’ den pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B2C3” olarak bulunur.

Gümüş traverten frezeleme işleminde; Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.50, Şekil 4.25 ve 4.26’ da gösterilmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerlerine sırasıyla derinlik ve kesme hızı etki etmektedir. İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi yoktur.



Şekil 4.25 Gümüş Traverten Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.26 Gümüş Traverten Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.51 ve 4.52' de verilmiştir.

Çizelge 4.51 Gümüş Traverten Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,348	1,674	2,760	61,56	2,76
Kesme Hızı	2	0,844	0,422	0,695	15,52	0,69
İlerleme Hızı	2	0,034	0,017	0,028	0,63	0,02
Hata	2	1,213	0,606		22,29	
Toplam	8	5,44			100	

Çizelge 4.52 Gümüş Traverten Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,208	1,104	1,386	51,12	1,38
Kesme Hızı	2	0,477	0,238	0,299	11,06	0,29
İlerleme Hızı	2	0,040	0,020	0,025	0,95	0,02
Hata	2	1,593	0,796		36,87	
Toplam	8	4,32			100	

Gümüş traverten için Çizelge 4,51 ve 4,52 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan küçük olduğu için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerine işleme parametrelerinin etkisi yoktur.

4.14 Finike Limra İçin Pürüzlülük Değerlendirmesi

Finike Limra için işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ile S/N oranı Çizelge 4.53' te verilmiştir.

Çizelge 4.53 Finike Limra işleme parametreleri, Ra, Rz, S/N-Ra ve S/N-Rz değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	169	2000	4,45	-12,97	26,35	-28,41
1	188	2500	5,23	-14,37	31,34	-29,92
1	207	3000	4,13	-12,33	23,99	-27,60
2	188	2000	5,43	-14,70	29,77	-29,47
2	207	2500	5,28	-14,45	28,91	-29,22
2	169	3000	4,80	-13,63	27,50	-28,78
3	207	2000	5,53	-14,85	40,83	-32,22
3	169	2500	5,17	-14,27	28,26	-29,02
3	188	3000	4,73	-13,51	26,51	-28,46

Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N değerlerine bağlı olarak, Rank ve Delta değerleri de Çizelge 4.54’ te verilmiştir.

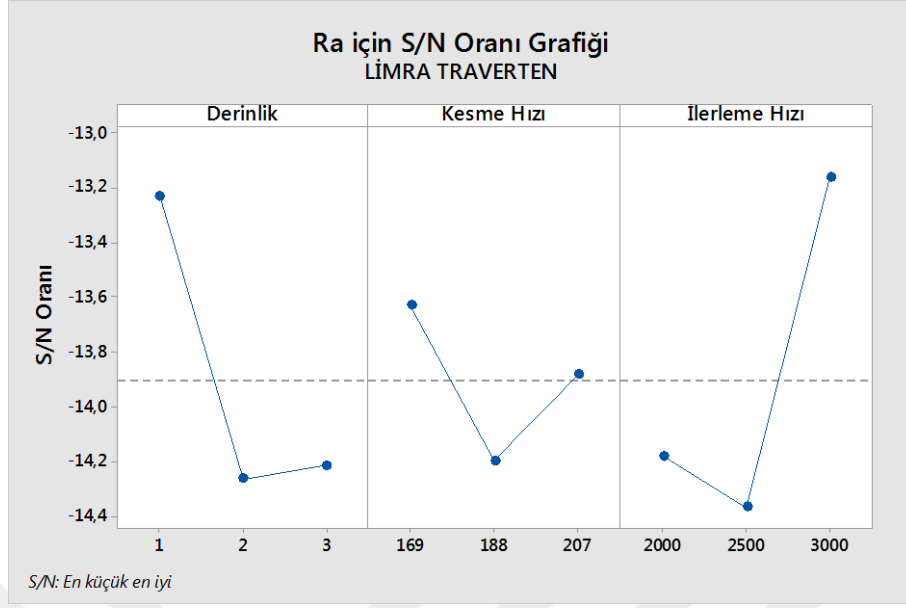
Çizelge 4.54 Finike Limra Ra ve Rz’ ye göre S/N için Rank ve Delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Hızı (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-13,23	-13,63	-14,18	1	-28,65	-28,74	-30,04
2	-14,27	-14,2	-14,37	2	-29,16	-29,29	-29,39
3	-14,22	-13,88	-13,16	3	-29,91	-29,68	-28,29
Delta	1,04	0,57	1,21	Delta	1,26	0,94	1,75
Rank	2	3	1	Rank	2	3	3

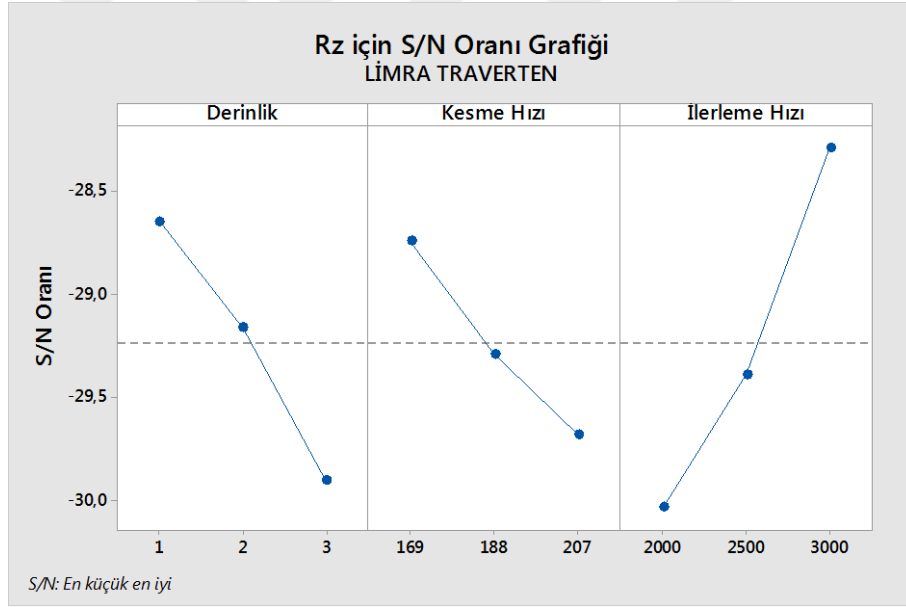
A1: 1 mm Derinlik, B1: 169 m/dk Kesme Hızı, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.54’ ten pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C3” olarak bulunur.

Finike Limra frezeleme işleminde; Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.54, Şekil 4.27 ve 4.28’ de gösterilmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerlerine tüm faktörlerin etkisi bulunmaktadır. Derinlik ve kesme hızı artışı ile Ra ve Rz pürüzlülük değerleri artarken, ilerleme hızındaki artış ile Ra ve Rz pürüzlülük değerleri azalmaktadır.



Şekil 4.27 Finike Limra Ra için S/N grafiği.



Şekil 4.28 Finike Limra Rz için S/N grafiği.

Ra ve Rz' ye göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.55 ve 4.56' da verilmiştir.

Çizelge 4.55 Finike Limra için Ra' ya göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,064	1,032	3,153	35,91	3,15
Kesme Hızı	2	0,489	0,244	0,748	8,52	0,74
İlerleme Hızı	2	2,540	1,270	3,880	44,19	3,88
Hata	2	0,654	0,327		11,38	
Toplam	8	5,75			100	

Çizelge 4.56 Finike Limra için Rz' ye göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,411	1,205	0,464	17,68	0,46
Kesme Hızı	2	1,338	0,669	0,257	9,81	0,25
İlerleme Hızı	2	4,695	2,347	0,904	34,43	0,90
Hata	2	5,194	2,597		38,08	
Toplam	8	13,64			100	

Finike Limra için Çizelge 4,55 ve 4,56 incelendiğinde; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki çizelgelerde F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan küçük olduğu için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerine işleme parametrelerinin etkisi yoktur.

4.15 Kayaçların Ortalama Tane Boyutları ve En Düşük Pürüzlülük Değerleri

Karbonatik kayaçların ortalama tane boyutları (OTB) ile her bir kayacın en uygun işleme derinliklerinde elde edilen en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra) aşağıdaki, Çizelge 4.57' de verilmiştir.

Çizelge 4.57 Doğaltaşların fiziko-mekanik, petrografik ve yüzey pürüzlülük değerleri.

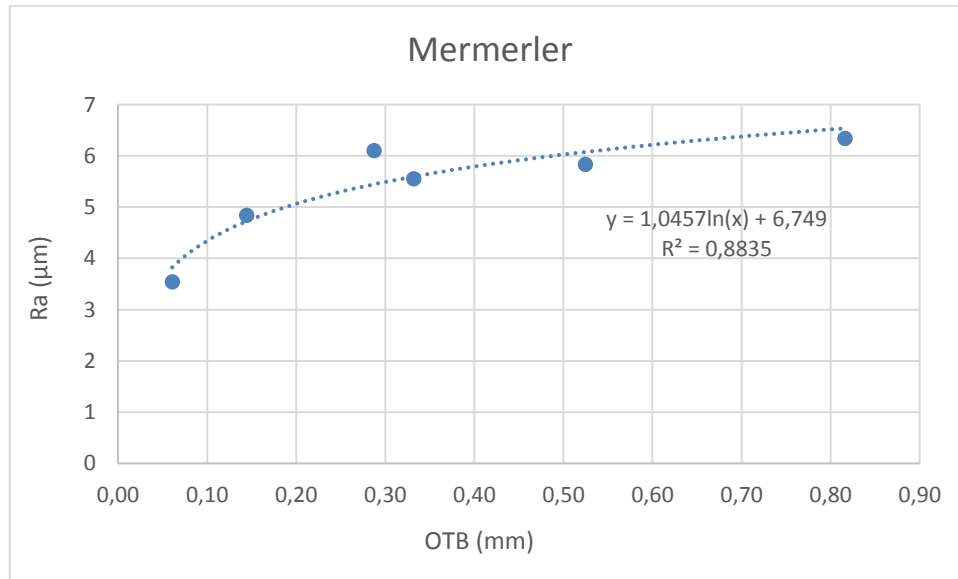
Doğaltaşlar	Ortalama		Doğaltaşlar	Ortalama	
	tane boyutu (mm)	Ra (µm)		tane boyutu (mm)	Ra (µm)
Afyon Beyaz	0,29	6,10	Ege Kahve Bej	0,17	2,22
Bursa					
Kemalpaşa	0,33	5,55	Korkuteli Bej	0,05	4,38
Beyaz					
Marmara Beyaz	0,06	3,54	Sivrihisar Bej	0,02	3,40
Muğla Beyaz	0,82	6,34	Finike Limra	0,01	4,13
Uşak Beyaz	0,52	5,83	Antalya Noçe	0,09	4,69
			Traverten		
Kütahya	0,14	4,84	Denizli	0,01	3,74
Kümüls			Traverten		
Bilecik Bej	0,08	2,98	Gümüş	0,01	4,47
			Traverten		

5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

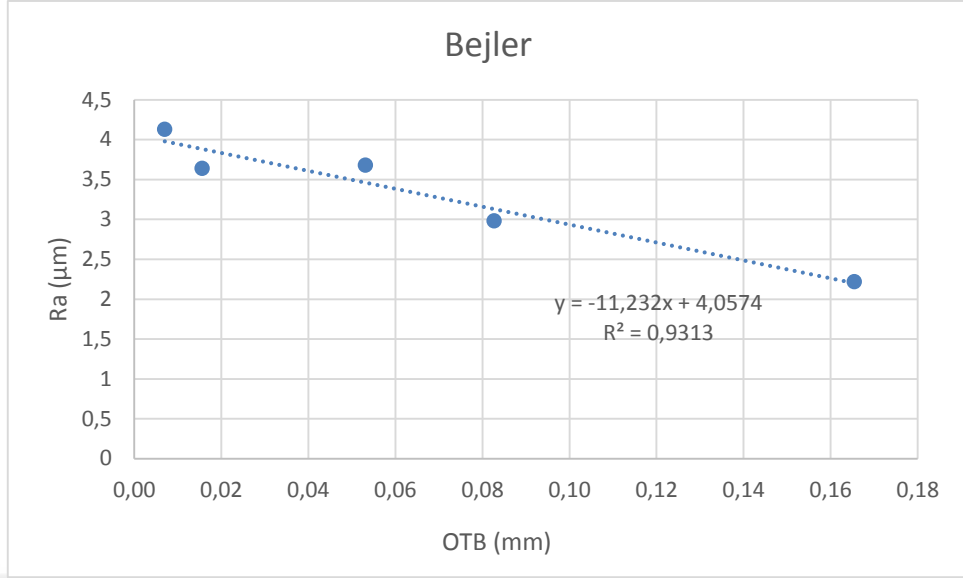
CNC makinesi ile işlenmesinde, doğaltaşların fiziko-mekanik ve petrografik özellikleri ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişki olup olmadığı korelasyon ve regresyon analizi ile incelenmiştir. Regresyon analizinde doğaltaşlar oluşumlarına göre mermerler (Afyon Beyaz, Bursa Kemalpaşa Beyaz, Marmara Beyaz, Muğla Beyaz, Uşak Beyaz ve Kütahya Kümülüs), bejler (Bilecik Bej, Ege Kahve Bej, Korkuteli Bej, Sivrihisar Bej ve Finike Limra) ve travertenler (Antalya Noçe Traverten, Denizli Traverten ve Gümüş traverten) şeklinde gruplandırılarak yapılmıştır.

5.1 Kayaçlar İçin Korelasyon Analizi

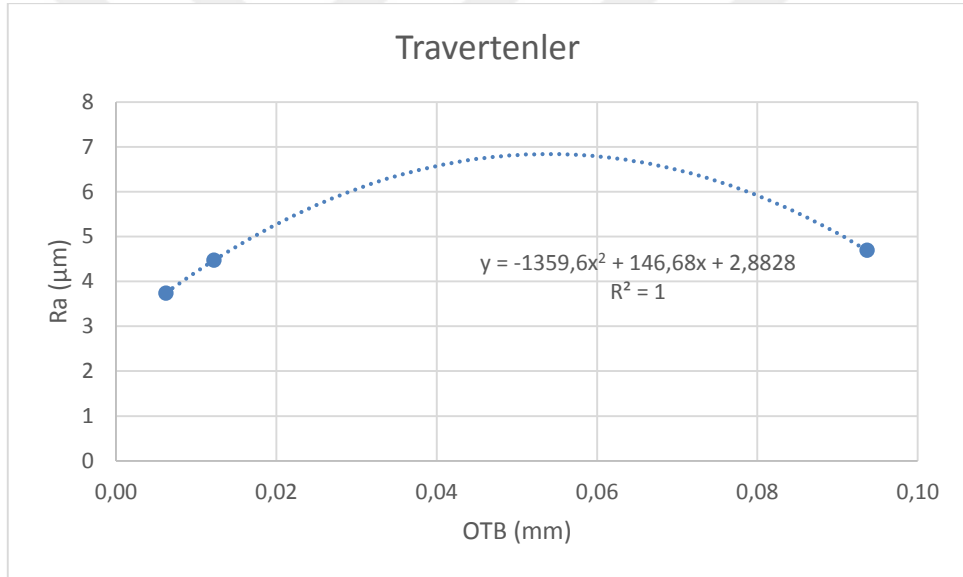
Kayaçlar için optimum çalışma koşullarında yapılan yüzey işleme sonrası elde edilen en düşük yüzey pürüzlülükleri (Ra) değerleri ile kayaçların ortalama tane boyutları (OTB) arasında elde edilen korelasyonlar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Buna göre; Şekil 5.1 ve Şekil 5.3 incelendiğinde mermerlerin ve travertenlerin OTB değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmektedir. Ancak Şekil 5.2 incelendiğinde kireçtaşları için OTB değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün (Ra) azaldığı görülmektedir. Bunun kayacı oluşturan minerallerin dokusal özellikleri tarafından etkilendiği düşünülmektedir.



Şekil 5.1 Mermerlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi.



Şekil 5.2 Bejlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi.



Şekil 5.3 Travertenlerin ortalama tane boyutuna (OTB) göre korelasyon analizi.

5.2 Kayaçlar İçin Regresyon Analizi

Kayaçların yüzey pürüzlülükleri (Ra) ile kayacın fiziko-mekanik, mineralojik ve sertlik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacı ile SPSS 23 programı yardımıyla çok değişkenli regresyon analizleri yapılarak, en az değişken yardımı ile en yüksek güvenilirliğe sahip eşitlikler elde edilmeye çalışılmıştır. Aşağıda her bir kayaç grubu için elde edilen eşitlikler görülmektedir.

Mermerler için yüzey pürüzlülüğü ile fiziko-mekanik ve mineralojik özellikler arasındaki

ilişkisi regresyon analizi yardımı ile incelenmiş ve yüzey pürüzlülük (Ra) eşitliği aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$Ra = 22,692 - 2,251(Porozite) - 0,120(Knoop) + 1,973(OTB)$$
$$R^2 = 0,974 \quad (5.1)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; mermerler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi, knoop sertlik indeksi ve ortalama tane boyutundan etkilenmektedir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça arttırmaktadır. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenilirliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1' de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.1 t ve F testlerinden geçmiş olup güvenilirirdir.

Kireçtaşları için yüzey pürüzlülüğü ile fiziko mekanik ve mineralojik özellikler arasındaki ilişkisi regresyon analizi yardımı ile incelenmiş ve yüzey pürüzlülük (Ra) eşitliği aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$Ra = 3,821 - 10,92(OTB) - 0,023(Porozite) + 0,012(Aşınma direnci)$$
$$R^2 = 0,963 \quad (5.2)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; kireçtaşları için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi, Aşınma direnci ve ortalama tane boyutundan (OTB) etkilenmektedir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça azaltmaktadır, bu genel beklentiyle çelişmektedir. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenilirliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1' de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.2 t ve F testlerinden geçememiş olup güvenilir denilemez. Bunun deneylerde kullanılan örnek sayısının (5) az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Travertenler için yüzey pürüzlülüğü ile fiziko-mekanik ve mineralojik özellikler arasındaki ilişkisi regresyon analizi yardımı ile incelenmiş ve yüzey pürüzlülük (Ra) eşitliği aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$Ra = 4,908 + 4,113(OTB) - 0,165(Porozite)$$
$$R^2 = 1 \quad (5.3)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; travertenler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi ve ortalama tane boyutundan (OTB) etkilenmektedir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça arttırmaktadır. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenilirliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1’ de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.3 t ve F testlerinden geçememiş olup güvenilir denilemez. Bunun deneylerde kullanılan örnek sayısının (3) az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Çizelge 5.1 Kayaçlar için elde edilen eşitliklerin güvenilirlik analizi.

Model	Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart hata	Standart hata tahmini	Hesaplanan t-değeri	t-Tablo değeri	Hesaplanan F-değeri	F-Tablo değeri	Determinasyon katsayısı (R ²)
5.1	Sabit	22.692	3.680		6.166				
	OTB	1.973	1.973		3.120				
	Po	-2.251	1.189	0.263	-1.893	±2.353	25.021	9.55	0.974
	Knoop	-0.120	0.024		-4.931				
5.2	Sabit	3.821	0.430		8.883				
	OTB	-10.92	3.908		-2.794				
	Aşınma	0.012	0.040	0.287	0.287	±2.92	8.610	19.00	0.963
	Po	0.023	0.146		0.154				
5.3	Sabit	4.908	0.000		0.0				
	OTB	4.113	0.000	0.0	0.0	±6.314	0.000	1.61	1.00
	Po	-0.165	0.000		0.0				

6. SONUÇ

Taguchi deney tasarım yönteminin başarı ile uygulandığı bu çalışmada; 14 farklı Doğaltaş üzerine farklı işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü oluşumuna olan etkileri irdelenmiş, yüzey pürüzlülüğünün en düşük değerleri için uygun işleme parametreleri ortaya konulmuştur.

Derinlik, kesme hızı ve ilerleme hızı faktörleri minimize edilerek işleme performans artırılmış ve elde edilen ürünlerin kalitesi iyileştirilmiştir. Bu yöntem en uygun şartları bulmada deneme yanılma ile kaybedilen zaman, maliyet kaybı ve malzeme israfını gibi etmenleri önleyerek büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Örneklenen doğaltaşlarda ve kullanılan CNC işleme makinesinde gerçekleştirilen çalışma koşullarında geçerli olmak üzere aşağıda verilen bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Taguchi deney tasarımı ile yapılan optimizasyon sonucunda doğaltaşlara ait en düşük yüzey pürüzlülüğü için en uygun işleme değerleri saptanmıştır.

- Afyon Beyaz mermeri için 1 mm derinlik, 169 m/dk kesme hızı ve 2000 mm/dk ilerleme hızında,
- Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer için 2 mm derinlik, 188 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- Marmara Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 169 m/dk kesme hızı, 2500 mm/dk ilerleme hızında,
- Muğla Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 188 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- Uşak Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 188 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- Kütahya Kümülüs için 1 mm derinlik, 188 m/dk kesme hızı, 2000 mm/dk ilerleme hızında,
- Bilecik Bej kireçtaşı için 2 mm derinlik, 207 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- Ege Kahve Bej kireçtaşı için 3 mm derinlik, 207 m/dk kesme hızı, 2000 mm/dk

- ilerleme hızında,
- Korkuteli Bej kireçtaşı için 1 mm derinlik, 207 m/dk kesme hızı, 2000 mm/dk ilerleme hızında,
 - Sivrihisar Bej kireçtaşı için 1 mm derinlik, 207 m/dk kesme hızı, 2500 mm/dk ilerleme hızında,
 - Antalya traverten için 1 mm derinlik, 207 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
 - Denizli traverten için 1 mm derinlik, 169 m/dk kesme hızı, 2000 mm/dk ilerleme hızında,
 - Gümüş traverten için 1 mm derinlik, 188 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
 - Finike Limra kireçtaşı için 1 mm derinlik, 169 m/dk kesme hızı, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- en iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir.

Genel olarak yüzey kalitesi üzerine derinlik faktörünün etkisi daha fazla olmuş, en iyi yüzey kalitesi düşük derinlik yani 1 mm derinlik ile elde edilmiştir. Derinlik azaldıkça yüzey kalitesinde iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermerinde en iyi yüzey kalitesinin 2 mm derinlikte olmasının sebebi dokusal farklılığının olmasıdır. Zira Afyon, Marmara, Muğla, Uşak beyaz ve Kütahya Kümülüs mermerler kristalin dokuya sahipken Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer granoblastik dokuya sahiptir.

Bilecik ve Ege Kahve bej için yüksek derinlik değerlerinde iyi yüzey veren kalitesi olması bejler arasındaki tane ve çatlak yapılarının farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır. Bilecik bej 2 mm, Ege kahve 3 mm, Korkuteli ve Sivrihisar bej ise 1 mm derinlikte en iyi yüzey kalitesine ulaşılmıştır.

Travertenler için en iyi yüzey kalitesi en düşük derinlik yani 1 mm değerinde görülmüştür, derinliğin azalması ile yüzey kalitesinin iyileştiği tespit edilmiştir.

ANOVA analizinde etkin parametrelerin bulunmaması, travertenlerin gözenekli yapıda ve ince tane boyutlarına sahip olmalarından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

CNC ile işlenebilirlikte doğaltaşların sahip oldukları kristal yapıları ve tane boyutları en iyi yüzey kalitesini elde edebilmek için uygulanan işleme parametrelerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Kayaçlar için optimum çalışma koşullarında yapılan yüzey işleme sonrası elde edilen en düşük yüzey pürüzlülükleri (Ra) değerleri ile kayaçların ortalama tane boyutları (OTB) arasında elde edilen korelasyonlar sonucu; mermerlerin ve travertenlerin OTB değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmüştür. Ancak kireçtaşları için OTB değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün (Ra) azaldığı görülmektedir. Bunun kayacı oluşturan minerallerin dokusal özellikleri tarafından etkilendiği düşünülmektedir.

Regresyon sonuçlarına göre; mermerler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi, knoop sertlik indeksi ve ortalama tane boyutundan etkilenmiştir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça arttırmaktadır.

Mermerler, istatistiksel olarak güvenilirliği için yapılan t ve F testlerinden geçmiş olup güvenilirlerdir.

Kireçtaşları için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi, Aşınma direnci ve ortalama tane boyutundan (OTB) etkilenmiştir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça azaltmaktadır, bu genel beklentiyle çelişmektedir.

Travertenler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın porozitesi ve ortalama tane boyutundan (OTB) etkilenmiştir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadır.

Kireçtaşları ve travertenler, istatistiksel olarak güvenirliliği için yapılan t ve F testlerinden geçememiş olup güvenilirliği yoktur. Bunun deneylerde kullanılan örnek sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ra bir yüzeyin ortalama pürüzlülüğüdür, Rz yüzeydeki en yüksek tepe ve en derin vadinin arasındaki farktır. Ra tüm ölçümlerin ortalamasını alırken, Rz yüzeyinin sadece en uç örneklerinin ortalamasını almaktadır. lm metotlarındaki bu farklılık, ANOVA analizlerindeki Ra ve Rz için etkin parametrelerin farklı olmasına nedeni olmaktadır. Bundan dolayı Ra pürüzlülük değeri, yapılan işlemlerde daha etkili sonuç vermiştir.



7. KAYNAKLAR

- Akkurt, M. (2012). Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgâhları ve Üretim Otomasyonu. Birsen Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Aksulu, M., Ganioğlu, O. ve Yardayan, T. (2011). Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri. TMMOB Makina Mühendisleri Odası IV. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, Eskişehir, 25-26 Ekim, 184-195.
- Arafat, M. (2009). CNC Delme İşleminde Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ay, M. ve Turhan, A. (2010). Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin ve İş Parçası Uzunluğunun Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7**: 55-67.
- Ay, M. ve Kalyon, A. (2011). CNC torna tezgâhında 17-4 PH paslanmaz çeliğin işleme parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 16-18 Mayıs, 197-201.
- Aydın, M. E. (1994). Taguchi Metodu ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Üretim Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bağcı, E. (2010). Serbest Formlu Yüzeyle Sahip Parçaların CNC Frezeleme İle İmalatında Tolerans ve Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin İyileştirilmesi İçin Kesme Parametreleri ve Stratejilerinin Optimizasyonu. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bozdoğan, M. (2012). CNC Freze Tezgâhında Havuz İşlemede Takım Yolu ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Canıyılmaz, E. ve Kutay, F. (2003). Taguchi metodunda varyans analizine alternatif bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **18**: 51-63.
- Çakır, M.C. (2010). Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Dora Yayıncılık, 2. Baskı, Bursa, Türkiye.

- Çakmak, İ. (2013). Frezeleme İşleminde Takım Talaş Kırıcı Formunun Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çelik, C. (1993). Kalite Geliştirmede Tasarım Eniyileme Problemine Taguchi Yöntemlerinin Uygulanmasında Sistematiik Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Çelik, Y. H. ve Özek, C. (2011). CNC plazma ile kesmede işleme parametrelerinin kesme kalitesine etkisinin araştırılması. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 16-18 Mayıs, 65-70.
- Danacıoğlu, N. (1998). Taguchi Deneylerinde Kullanılan Dikey Dizilimleri Oluşturma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Daven, H. K., Patelb, L. S. and Ravala, H. K. (2012). Effect of machining conditions on MRR and surface roughness during CNC Turning of different Materials Using TiN Coated Cutting Tools – A Taguchi approach. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, **3**: 925–930.
- Dilipak, H. ve Yılmaz, V. (2012). AISI 1050 çeliğinin karbür takımlarla frezelenmesinde oluşan titreşimlerin incelenmesi ve istatistiksel analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **27**: 285-294.
- Ferah, M. (2003). Çok yanıtli Taguchi deneysel tasarım metodu ve alüminyum sanayinde bir uygulama. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **7**: 61-69.
- Gürer, C., Akbulut, H. ve Çetin, S. (2007). Afyonkarahisar şehir içi kaplamalarında kullanılan agregaların kayma direnci özelliklerinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **13**: 129-134.
- Horozoğlu, E. (2013). Görüntü İşleme İle Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Joshi, A. and Kothiyal, P. (2012). Investigating Effect of Machining Parameters of CNC Milling on Surface Finish by Taguchi Method. *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering (IJTARME)*, ISSN : 2319 – 3182, **1**: 60-65.

- Kabra, A., Agarwal, A., Agarwal, V., Goyal, S. and Bangar, A. (2013). Parametric Optimization & Modeling for Surface Roughness, Feed and Radial Force of EN-19/ANSI-4140 Steel in CNC Turning Using Taguchi and Regression Analysis Method. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, ISSN: 2248-9622, January –February, **3**: 1537-1544.
- Kara, V. (2012). Taguchi Metodu Yardımıyla, GS 24MN5 N Malzemenin Frezeleme Operasyonunda, İşleme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Karagöz, N. (2014). Taguchi Metodunun Hava Aracı Kanat Tasarımı Sürecine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes.
- Karagöz, Ü. (2011). CNC ile İşlemede Ahşap Malzemenin Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **11**: 18-26.
- Kartal, M. S. (2000). Alaşımsız Çeliklerin CNC Torna Tezgâhında İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Aşınmasının Taguchi Yöntemiyle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korat, M. and Agarwal, N. (2012). Optimization of Different Machining Parameters of En24 Alloy Steel In CNC Turning by Use of Taguchi Method. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, ISSN: 2248-9622 Vol. 2, September- October, **2**: 160-164.
- Köksoy, O. (2001). Taguchi ve Cevap Yüzey Felsefelerinin Birleştirilmesi: Problem ve Çözüm Stratejileri. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lin, S. S., Chuang, M. T., Wen, J.L. and Yang, Y. K. (2009). Optimization of 6061T6 CNC Boring Process Using the Taguchi Method and Grey Relational Analysis. *The Open Industrial and Manufacturing Engineering Journal*, **2**: 14-20.
- Memiş, F. (2015). AISI 2205 (EN 1.4462) Paslanmaz Çeliğin CNC Torna Tezgâhında İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerinin Deneysel Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Meral, G., Sarıkaya, M. ve Dilipak, H. (2011). Delme işlemlerinde kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **27**: 332-338.
- Meydaneri, F. (2014). Torna Tezgâhında Kanal Açma Operasyonları İçin Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti, Takım Aşınması ve Kanal Profili Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Motorcu, A. R. (2010). Isıl işlemsiz ve küreselleştirilmiş Ç52100 rulman çeliğinin farklı takımlarla işlenmesinde takım ömrü ve aşınmasının incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **25**: 65-75.
- Mukherjee, S., Kamala, A. and Kumarb, K. (2014). Optimization of Material Removal Rate During Turning of SAE 1020 Material in CNC Lathe using Taguchi Technique. 12th Global Congress On Manufacturing And Management, India, 29 – 35.
- Naresh, N., Rajasekhar, K. and Reddy, P. V. (2013). Parametric analysis of GFRP composites in CNC milling machine using Taguchi method. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, ISSN: 2278-1684, March – April, **6**: 102-111.
- Nas, E., Samtaş, G. ve Demir, H. (2011). CNC frezelemede yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **18**: 47-59.
- Önsel, İ. E. (2014). Kaya Kütlesindeki Süreksizliklerin Pürüzlülük Ölçümleri İçin Objektif Yöntemlerin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özlü, B., Demir, H. ve Nas, E. (2014). CNC tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, **3**: 75-86.
- Özüak, S. (2008). Taguchi Deney Tasarımlarının Excel Çizelge Ara yüzleriyle Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

- Pawar, K. and Palhade, R. D. (2015). Multi-objective Optimization of CNC Turning Process Parameters for High Speed Steel (M2) Using Taguchi and ANOVA Method. *International Journal of Hybrid Information Technology*, **8**: 67-80.
- Pınar, A. M. ve Güllü, A. (2010). Sayısal denetimli hidrolik pozisyonlama sisteminin Taguchi metodu ile optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. **25**: 93-100.
- Pınar, A. M., Atik, E., ve Çavdar, U. (2010). AA 7075 Alaşımının Frezelenmesinde Kesme Hızı, İlerleme Oranı, İşleme Deseni ve Talas Derinliği İşlem Parametrelerinin Yüzey Kalitesi Üzerindeki Etiklerinin İncelenmesi. 2. Ulusal Tasarım imalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, 11-12 Kasım, 251-258.
- Sarıışık, G. ve Özkan, E. (2016). Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC) ile Mermerlerin İşlenebilirliğinde Kesme Kuvveti ve Spesifik Enerjinin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. **16**: 420-430.
- Sarıışık, G. ve Özkan, E. (2017). Mermerlerin CNC Makinesi ile İşlenmesinde Kesme Kuvvetleri ve Spesifik Kesme Enerjisinin İstatistiksel Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. **19**: 178-193.
- Saat, M. (2000). Kalite denetiminde Taguchi yaklaşımı. *G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*, **3**: 97-108.
- Sarıcı, D. E. (2011). Akçadağ (Malatya) Batısındaki Eosen Yaşlı Mermerlerin Optimum İşleme Koşullarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Savaşkan, M., Taptik, Y. ve Ürgen, M. (2004). Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu. *İTÜ dergisi/d mühendislik*, **3**: 117-128.
- Selvam, M. D., Dawood, A. K. S. and Karuppusami, G. (2012). Optimization Of Machining Parameters For Face Milling Operation In A Vertical Cnc Milling Machine Using Genetic Algorithm. *Engineering Science and Technology: An International Journal*, ISSN: 2250-3498, **2**: 544-548.
- Sharma, P. and Bhambri, K. (2012). Multi-Response Optimization By Experimental Investigation Of Machining Parameters In CNC Turning By Taguchi Based Grey Relational Analysis. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, ISSN: 2248-9622, September- October, **2**: 1594-1602.

- Şirvancı, M. (1997). Kalite İçin Deney Tasarımı Taguchi Yaklaşımı. Literatür yayıncılık, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Taylan, D. (2009). Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tekaslan, Ö., Gerger, N. ve Şeker, U. (2008). CNC torna tezgâhında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti. *Dumlupınar üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **16**: 97-104.
- Yadav, U. K., Narang, D. and Attri, P. S. (2012). Experimental Investigation And Optimization Of Machining Parameters For Surface Roughness in CNC Turning By Taguchi Method. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, ISSN: 2248-9622, July-August, **2**: 2060-2065.
- Yıldırım, S. (2011). Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, V., Dilipak, H., Sarıkaya, M., Yılmaz, C. Y. ve Meral, G. (2014). Frezeleme işlemlerinde titreşimi ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimizasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu SDU Teknik Bilimler Dergisi*, **4**: 37-44.
- Zeyveli, M. (2010). AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün araştırılması ve istatistiksel proses kontrol metodunun uygulanması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **26**: 379-386.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://slideplayer.biz.tr/slide/1959492/#>, 02.01.2018
- 2) <http://w3.balikesir.edu.tr/~tkerem/yuzeypuruzluluguanlatim.pdf>, 02.01.2018
- 3) <http://www.theprofessionaldigest.com/2012/06/software-testing-applying-taguchi.html>, 02.01.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuzhan Öz
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 1990
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (e-posta) : ozoguzhan@outlook.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Emirsultan Lisesi, (2005-2008)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği,
(2008-2014)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı, (2016-2017)
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2016-2018)
Çalıştığı Kurum ve Yıl : Koruyan OSGB / 2015-2016