

65626/MR-20/2001-386



TÜRKİYE BİLİM  
TEKNİK ARAMA

MERMER TEKNOLOJİSİNDE  
ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME  
GELİŞTİRİL

PROJE NO: MİSAG - 101

Y. DOÇ. DR. DURSUN SARI  
DR. TAYLAN BOZDAĞ

Makina, Kimyasal Teknolojiler, Malzeme ve İmalat Sistemleri  
Araştırma Grubu

Mechanical Engineering, Chemical Technologies, Material  
Sciences and Manufacturing Systems Research Grant  
Committee

**MERMER TEKNOLOJİSİNDE PÜRÜZLÜLÜK-PARLATILABİLİRLİK  
ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE İMALATI**

**PROJE NO: MİSAG - 101**

**Y. DOÇ. DR. DURSUN SARI  
DR. TAYLAN BOZDAĞ**

**ARALIK 2001  
ANKARA**

## ÖNSÖZ

Son yıllarda gelişen mermer teknolojisine paralel olarak doğal taşların kalitesinin artırılmasına yönelik araştırmalar artmıştır. Mermercilik sektöründe en önemli maliyet giderlerinden birisi olan aşındırıcıların verimli bir şekilde kullanılması ancak aşındırıcıların performanslarının belirlenmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, bu araştırmaların temel parametrelerinden olan parlatılmak istenilen taş yüzeyinin pürüzlülük haritasının, 3-boyutlu yüzey taramasının, nicel olarak belirlenmesidir. Diğer taraftan, elde edilen nihai ürünün hangi ölçüde parlatıldığı nitel olmaktan öteye geçmemekte, bu belirlemeler kişilerin tecrübesine dayalı olmakta ve çok değişiklikler göstermektedir. Bu proje çalışmasında, bahsedilen bu eksikliklerin giderilmesine yönelik 3-boyutlu pürüzlülük ölçen ve yüzey parlaklığını nicel olarak tanımlayabilecek sistemlerin tasarımları ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Mermer Teknolojisinde Pürüzlülük-Parlatılabilirlik Ölçüm ve Değerlendirme Sistemlerinin Geliştirilmesi ve İmalatı konulu TÜBİTAK ile ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü arasında yapılan sözleşme ile araştırmanın süresi 24 ay olarak belirlenerek MİSAG – 101 proje numarası ile 14 Mart 1997 tarihinde başlanmıştır. Bazı teknik ve idari nedenlerden ötürü proje çalışması 2001 yılına sarkmıştır. Projede iki öğretim üyesi görev almıştır. Öğretim üyeleri ölçüm sistemlerinin ve donanımlarının tasarımında, analiz ve yazılım aşamalarıyla raporlandırılmasında görev almışlardır. Proje çalışması ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekanığı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile bir yüzeyin üç boyutlu haritalanması ve parlaklık ölçümlerinin yapılması için sistem geliştirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir.

## İçindekiler

	Sayfa
Önsöz .....	i
İçindekiler .....	ii
Şekiller Listesi .....	iii
Çizelgeler Listesi .....	iv
Öz .....	v
Abstract .....	vi
1. Bölüm .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Projenin Amacı ve Gereklilığı .....	2
2. Bölüm 3-Boyutlu Pürüzlülük Ölçüm Sistemi .....	5
2.1. Giriş .....	5
2.2. Ölçüm Sistemi .....	6
2.2.1. İki Eksenli Doğrusal Hareket Tablosı .....	7
2.3. Veri Toplama ve Kontrol Ünitesi .....	10
2.3.1. Veri Toplama ve Kontrol Ünitesi Yazılımı .....	11
2.4. Sistemin Ölçüm Yöntemi .....	16
3. Bölüm Yüzey Parlaklık Ölçüm Sistemi .....	17
3.1. Giriş .....	17
3.2. Parlaklık Ölçme Yöntemi .....	19
4. Bölüm Bulgular ve Yorumlar .....	22
4.1. Pürüzlülük Verilerin Değerlendirilmesi .....	22
4.1.2. Silim Hattı.....	22
4.1.2.1. Kalibratörler.....	22
4.1.2.2. Abrasif Kafalar.....	24
4.2. Pürüzlülük Ölçüm Yöntemi .....	25
4.3. Pürüzlülük Ölçüm Bulguları .....	26
4.4. Mermer Plakasının Parlaklık Ölçüm Bulguları .....	34
5. Bölüm Sonuç .....	43
Kaynaklar .....	45
Bibliyografik bilgi formu.....	47

## Şekiller Listesi

	Sayfa
Şekil 2.1 Deney Sisteminin Şematik Görünümü.....	8
Şekil 2.2 Tablalara Kayma İşlemi Sağlayan Ray Sistemi.....	8
Şekil 2.3 Geliştirilen Pürüzlülük Yüzey Tarayıcı Sisteminin Fotoğrafik Görünümü.....	9
Şekil 2.4 Kontrol ve Veri Toplama Programının Görev Panosu.....	12
Şekil 2.5 Kontrol ve Veri Toplama Programının Görüntü Panosu.....	12
Şekil 2.6 VisiDAQ Programının Çalışır Haldeki Görüntüsü .....	13
Şekil 2.7 Veri Toplama ve Kontrol İşlemi.....	15
Şekil 3.1 Parlaklık Ölçme Prensibi.....	18
Şekil 3.2 Bir Yüzeyin Grinin Tonlarına Göre Parlaklık Görünümü ve Nicel Tanımı .....	20
Şekil 3.3 Bu Çalışmadaki Parlaklık Ölçme Yöntemi .....	21
Şekil 4.1 Muğla Yöresinden Temin Edilen Newyork Mermer Örneği .....	25
Şekil 4.2 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Pürüzlülük Haritası.....	27
Şekil 4.3 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Pürüzlülük Haritası.....	28
Şekil 4.4 Aşındırma ve Cılalama Aşamasından Geçen Örneğin Pürüzlülük Haritası.....	29
Şekil 4.5 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 0$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	30
Şekil 4.6 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 15$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	31
Şekil 4.7 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 30$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	32
Şekil 4.8 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 0$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	33
Şekil 4.9 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 15$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	34
Şekil 4.10 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin $y= 30$ cm Kesit Pürüzlülük Profili.....	35
Şekil 4.11 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi.....	38
Şekil 4.12 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi.....	39
Şekil 4.13 Aşındırma ve Cılalama İşlemine Tabii Tutulan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi.....	40
Şekil 4.14 Geliştirilen Sistem ve Ticari Parlaklık Ölçer Ölçüm sonuçlarının Karşılaştırılması.....	42

## Çizelgeler Listesi

Sayfa

Çizelge 4.1 Newyork mermer örneğinin fiziksel ve teknomekanik özellikleri.....	23
Çizelge 4.2 Pürüzlülük ölçümü yapılan örneklerin istatistiksel analiz sonuçları.....	36
Çizelge 4.3 Geliştirilen ölçüm sistemle elde edilen parlaklık sonuçlarının istatistiksel analizleri.....	41

## ÖZ

Mermer madenciliğinin en önemli aşamalarından biri olan parlatma ve cilalama son yıllarda gelişen mermer teknolojisine paralel olarak yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak optimum aşındırıcı ve parlatıcı geliştirilmesine yönelikir. Optimum aşındırıcı tasarımları, yüzey pürüzlüğünün doğru ve hassas ölçülmesiyle direkt alakalıdır. Şu anda varolan ölçüm sistemleri yüzey pürüzlüğünü iki boyutlu ve kısa bir mesafede (yaklaşık $<3$  cm) ölçebilmektedir. Doğru bir pürüzlülük ölçümleri mermer yüzeyinin tamamını kapsayacak (ör. 30x30 cm) şekilde ve üç boyutlu (yüzey pürüzlülük haritası) olmalıdır. Diğer taraftan parlatılmış yüzeylerin kalitesi bir uzmanın gözlem muhakemesi ve tecrübesiyle saptanmaktadır; bu da doğal olarak uzmandan uzmana değişen göreceli bir kavram olarak kalmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda varolan veya geliştirilen aşındırıcıların ve parlatıcıların performanslarını ölçebilecek üç boyutlu bir pürüzlülük sistemi geliştirmiştir; aynı zamanda parlatma derecesini nicel olarak belirleyecek ölçüm ve değerlendirme sistemi imal edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pürüzlülük, Parlatılabilirlik, Mermer, Aşındırıcı

## **ABSTRACT**

Parallel to the improvements in marble technology in the recent years, the research on marble abrasion - polishing subject which is one of the most important phases in marble mining, is studied intensively. Generally, these studies are concentrated on the development of optimum abrasion - polishing heads. The development of optimum abrasion heads are directly related with the correct measurement of surface roughness. The available surface roughness measurement devices measure the roughness profile in 2-D with a narrow sampling length (approximately<3 cm). The ideal measuring system should be in 3-D and should cover the whole marble surface (e.g. 30x30 cm). On the other hand the quality of polished marble surfaces (end product) is determined by human expert observations. It is obvious that polishing grading is changing significantly from expert to an expert decisions. In this research the development of 3-D surface roughness measuring system for the evaluation of the available and developed abrasion - polishing heads performance is achieved with the manufacturing of a measurement system for the quantitative grading of the polished marble surface.

**Key Words:** Roughness, Polishability, Marble, Abrasive

## BÖLÜM 1

### 1.1. Giriş

“*Mermere Teknolojisinde Pürüzlülük-Parlatılabilirlik Ölçüm ve Değerlendirme Sistemlerinin Geliştirilmesi ve İmalatı*” başlıklı projenin amacı, bir mermere yüzeyinin üç boyutlu pürüzlülük haritasının çıkarılması ve nicel parlaklık ölçümlerinin elde edilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilerek imalatının yapılmasıdır.

Proje çalışmaları, TÜBİTAK’la yapılan sözleşme çerçevesinde ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekanığı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Projede iki öğretim elemanı görev almıştır. Öğretim elemanları, ölçüm sistemlerinin tasarımında, bulgu, yazılım ve raporlandırılmasında görev almıştır.

Proje, gerek proje yürütücüsüünün ODTÜ’den ayrılip SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü’nde öğretim elemanı olması gerekse bazı teknik problemlerden ötürü günümüz'e kadar uzamıştır. Proje çalışmaları esnasında, ölçüm sisteminin bilgisayardan kontrolü için gerekli olan donanımlarda birçok arıza ortaya çıkmıştır. Bunların çözümü zaman kaybına neden olmuştur. Ayrıca, projenin ODTÜ’de devam ettirilme zorunluluğundan dolayı da çalışmalarda aksamalar olmuştur.

Sunulan raporun ikinci bölümünde üç boyutlu pürüzlülük ölçüm sisteminin, literatür araştırmasıyla birlikte, temeli, tasarımı ve uyumluluğunun test edilmesi verilmiştir. Üçüncü bölümde, proje kapsamında geliştirilen parlaklık ölçüm sistemi, parlaklık ölçme standarıyla desteklenerek, ticari parlaklık ölçerle karşılaştırılarak anlatılmıştır. Raporun son bölümünde ise, bulgular değerlendirilerek ileriye dönük araştırma önerileri verilmiştir.

## **1.2. Projenin Amacı ve Gerekliliği**

Son yıllarda mermer teknolojisinde büyük gelişmeler olmakta, gerek yurtiçi gerekse yurtdışında, ülkemiz mermerleri pazar payını hızla artırmaktadır. Madencilik sektöründe görülen durgunluğa rağmen, mermencilik sahasının ihracata yönelik mesinden ötürü sektördeki kalite ve teknolojik gelişimin gerekliliği daha da önem kazanmıştır.

Doğal taşların, genellikle dekoratif amaçlı kullanıldıkları gerçeği, silme-parlatma işlemlerinin ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu işlemler doğal taş endüstrisinde tüketiciye yönelik en önemli etkenlerden olmasının yanı sıra, sektördeki üretim malyetinin büyük bir kısmına da karşılık gelmektedir. Bir doğal taş işlemesinde aşındırma-parlatma işlemleri, birim maliyette önemli bir paya sahip olmaktadır. Bunun en önemli sebebi, doğal taş işleme tesislerinin çögünün ithal silim taşlarını tercih etmeleridir. Buna bir de bu taşların bilinçsizce kullanımından ortaya çıkan, zaman, işgücü, enerji, su ve doğal taşlardaki değer kayipları eklendiğinde birim malyetin artması kaçınılmazdır. Bu da mermencilik sektörüne, dolayısıyla ülke ekonomisine büyük ölçüde zararlara neden olmaktadır.

Mermer işlemeciliğinde pürüzlülüğün giderilmesi, abrasiv veya aşındırıcı olarak da isimlendirilen, silim taşlarının uygun bir sıralama izleyerek mermer yüzeyini aşındırması ile

yüzeyin düzgün ve pürüzsüz hale getirilmesi esasına dayanır. Yüzey parlaklığının en uygun tarzda yapılmasını yönelik tüm araştırmalar doğrudan doğal taş endüstrisini dolayısıyla ülke ekonomisini iyileştirici yönde çalışmalar olacaktır. Mermer cinslerine göre en ekonomik aşındırıcı türü ve sırasının belirlenmesi araştırılmalıdır. Bu araştırmaların temelinde yüzey pürüzlülüğünün 3-boyutlu elde edilmesi dolayısıyla bunu gerçekleştirebilecek bir sistemin yapılması amaçlanmalıdır.

Mermer yüzeylerinin en iyi şekilde parlatılabilmesi için değişik boyutta aşındırıcılar kullanılır. Yüzey pürüzlülüğü en aza indirilen ürüne, otomatik silim hatlarının en son aşamasında bulunan ve kullanımını hassasiyet isteyen cilalama işlemi uygulanır. Bu işlevde kullanılan genelde, kimyevi bileşimi di oksalat, kalay oksit, alüminyum oksit gibi tamamen parlatıcı özelliğe sahip kimyevi maddelerden yapılmış taşlardır. Neticede elde edilen nihai mermer veya doğal taşın en iyi şekilde parlatılıp, parlatılmadığına karar vermek mermerin kalitesini belirlemek açısından çok önemlidir; bu da bu sektörün en büyük sorunlarından birisidir. Buna rağmen mermerin parlatılma derecesi tecrübeeye bağlı nitel tanımlamalarla belirlenmektedir.

Ülkemizde üretilen silim taşlarının aşındırma ve parlatılabilirlik performanslarının artırılarak tercih edilmesine temel oluşturacak bir çalışma, tüketicilerin kullanım konusunda bilinçlendirilmesine ve birim maliyetin önemli oranlarda düşmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla böyle bir araştırma doğal taş endüstrisine büyük katkılarda bulunacaktır.

Bu proje çalışmasında, aşındırma performanslarını ölçebilecek 3- boyutlu pürüzlülük tarayıcı ve parlatma derecesini nicel olarak belirleyecek ölçüm ve değerlendirme sistemi geliştirilip uygulanmıştır. Geliştirilen sistemler, mermer sektöründe kullanılan silim hatlarının

optimizasyonu ve mermerlerin parlaklıklarının verimliliğinin artırılmasına yönelik araştırmalara yön verebilecektir.

## BÖLÜM 2

### 3-Boyutlu Pürüzlülük Ölçüm Sistemi

#### 2.1. Giriş

Yüzey pürüzlülüğü mermer, granit gibi herhangi bir malzeme yüzeyinin düzlemsel olmaması olayıdır. Bu özellik mühendislik problemlerinde kullanılan bir değişken olduğu gibi mermer veya herhangi bir doğal veya suni malzemenin aşındırılarak yüzeylerinin düzlemselleştirilmesinde de önemli bir değişkendir. Ayrıca, bu olgu kayaç süreksızlıklarında, faylarda, sürtünmeli kayma modellerinde makaslama dayanımı üzerinde etkin bir rol oynamakta bu nedenle deprem, inşaat, madencilik ve petrol gibi bir çok mühendislik tasarımlarında ve problemlerde yaygın olarak araştırılmaktadır (Gentier ve Riss, 1990; Maerz ve Franklin, 1990; Thapa v.d., 1996; Sfondrini ve Sterlacchini, 1996; Lamas, 1996). Bu nedenle yüzey pürüzlüğünün nicel olarak ölçülmesi, küçük ölçekte, birçok problemin aydınlatılmasına ışık tutmaktadır.

Günümüze degen, yüzey pürüzlüğün ölçülmesi ve ölçümlerin değerlendirilip, yorumlanması yarı nitel, yarı nicel olmuştur. Araştırmacıların kişisel becerisi ve çalışmalarına bağlı olarak sınıflandırmalar yapılmış ve bu yorumlamalar birçok tasarım ve problem çözümünde kullanılmıştır. Temel olarak kullanılan yöntemin prensibi, iki boyutlu pürüzlük profillerinin ölçülmesi ve bu profillerin karşılaştırılarak sınıflandırılması, derecelendirilmesidir.

Son yıllarda, fotogrametrik yöntemlerin kullanılmaya başlanmasına rağmen, uzman personel ve uzun zamana gereksinim duyulması bu yöntemleri pratik kilmamaktadır. Ayrıca, teknolojik gelişmelere paralel olarak süreksızlık veya pürüzlü düzlemlerin üç boyutlu profilinin elde edilmesi için birçok ticari ve bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Bununla beraber, metal, kağıt, plastik boyalı malzemelerin yüzey pürüzlülüğün belirlenmesine yönelik çalışmalar ve standartlar oluşturulmuştur. Bu çalışmalar gerek, endüstriyel gerekse laboratuar boyutta bir çok uygulama alanında görülmüştür. Bu sistemler kullanıldıkları alanlarda kendi boyutları ve hassasiyet sınırları içerisinde kalmıştır. Bir sahada yaygın olarak kullanılan sistem başka bir alanda yetersiz olabilmektedir. Yapılan kaynak taramalarında, bu konudaki bilimsel çalışmaların çok az olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar ise daha çok makine, mimari veya görsel tasarımlardaki konuları kapsamakta ve o konulara özel olmaktadır.

Bu amaçla, bu proje çerçevesinde tasarlanan yüzey pürüzlülük ölçme sisteminin mermer işlemeciliği sektöründe kolaylıkla kullanabilecek bir tarzda olmasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle, geliştirilen sistem yukarıda bahsedilen sahalarda kullanılan aletlere tasarım yönünden benzer fakat mermer ve granit sektörü gibi doğal taş endüstrisinde kullanabilecek büyük ölçekteki yüzeyleri ölçebilecek tarzda yapılmıştır. Elde edilen 3-boyutlu haritalama ile yüzeyin pürüzlülüğü nicel olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

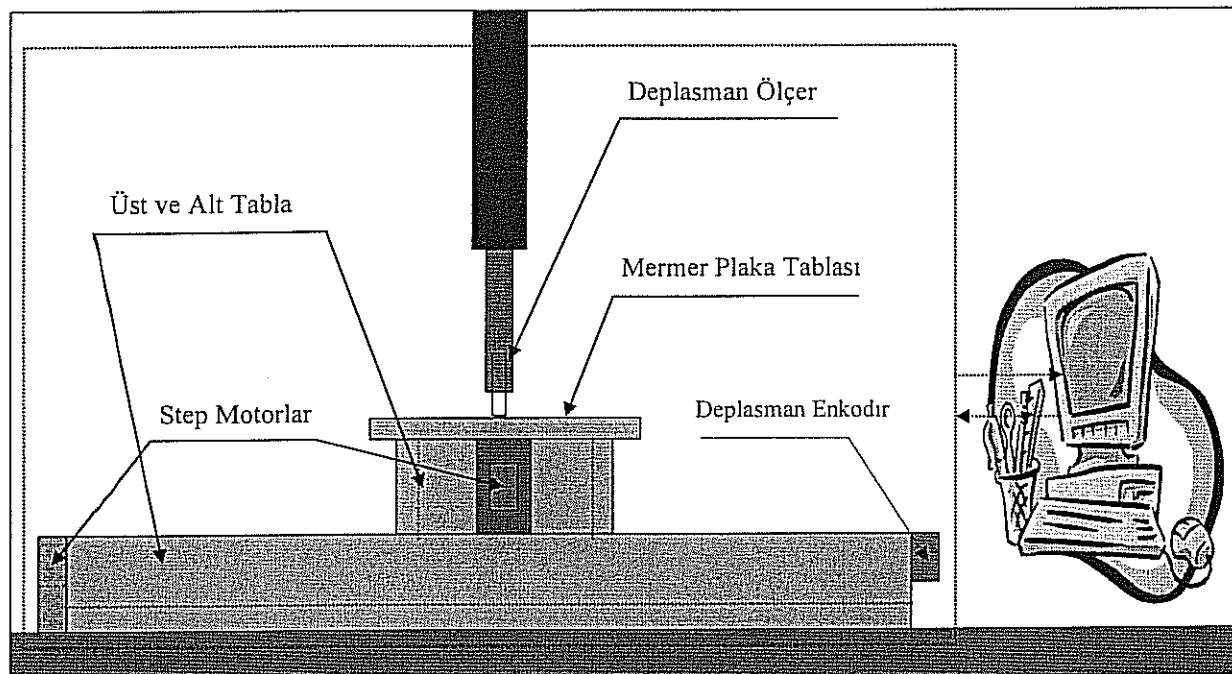
## 2.2. Ölçüm Sistemi

Ölçüm sistemi temelde iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, mermer plakasının sabitleneceği x-y yönlü iki eksenli doğrusal hareket tablası; ikinci bölüm ise yüzeye dik bir konumda yerleştirilen deplasman ölçeri (doğrusal potansiyometre) kapsayan düzenektir (Şekil

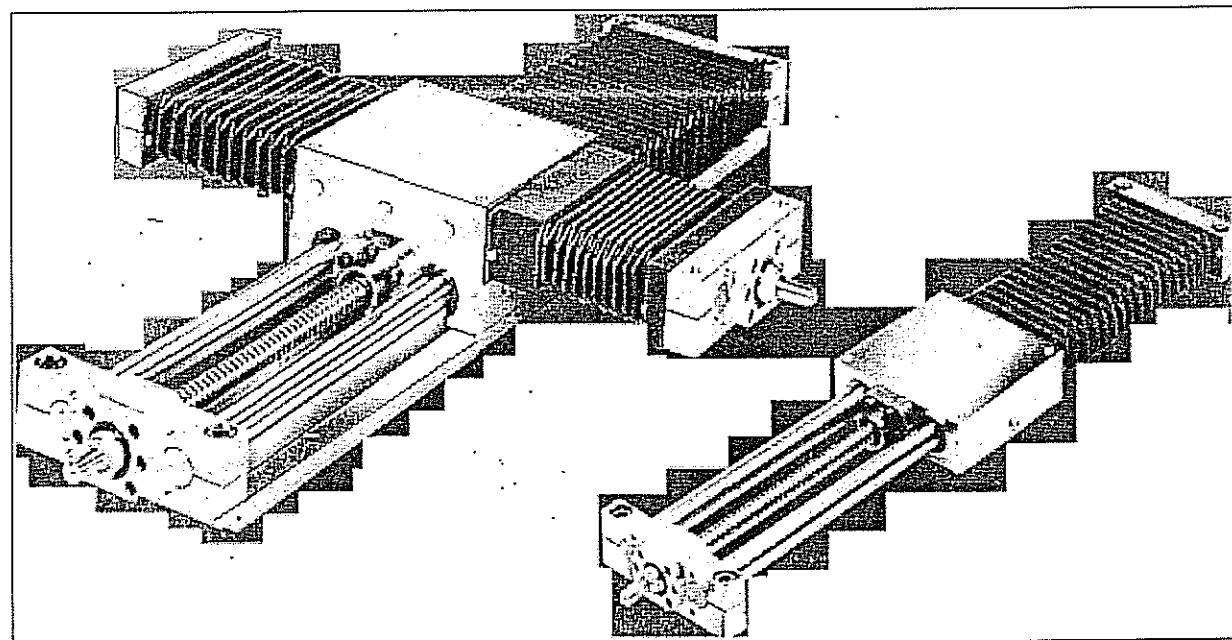
2.1). Ayrıca, sistemin veri toplama ve kontrolünün yapıldığı donanımı ve yazılımları içeren kişisel bilgisayar içermektedir.

### **2.2.1. İki Eksenli Doğrusal Hareket Tablosu**

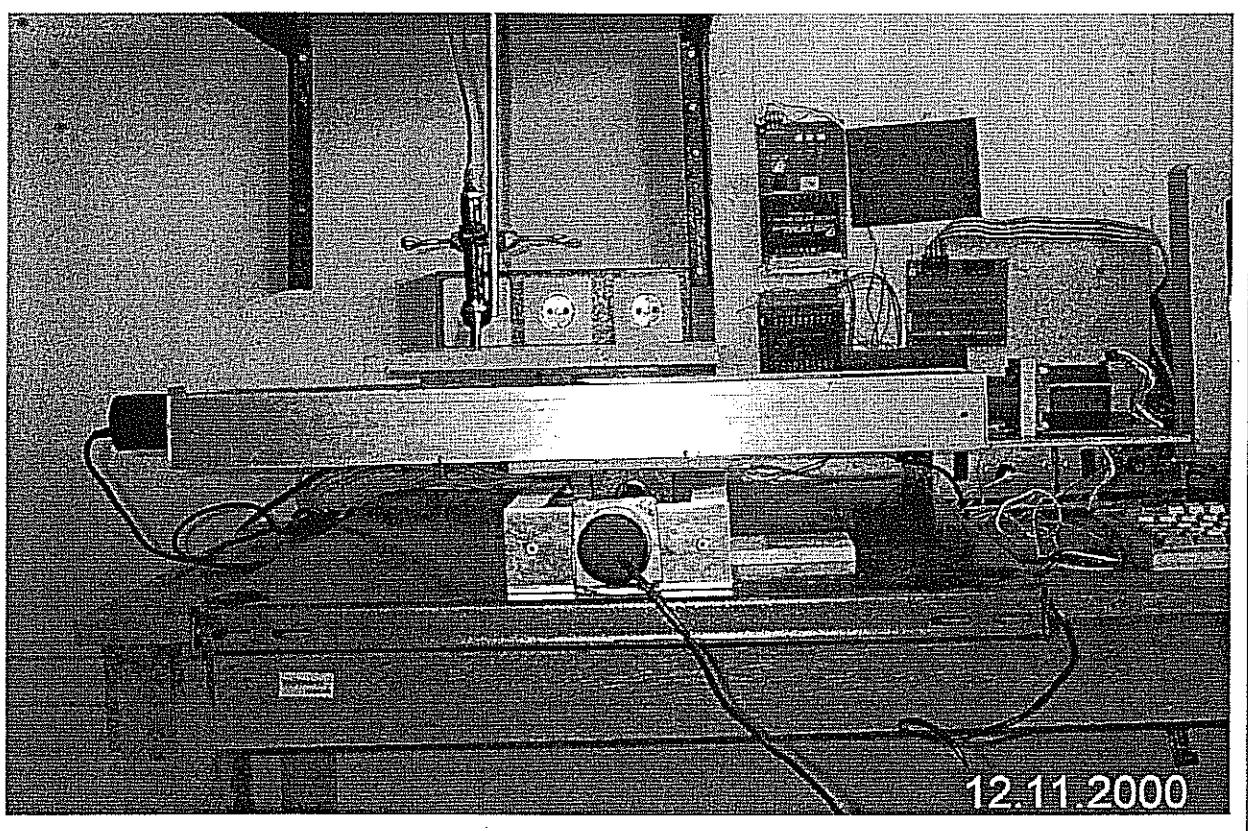
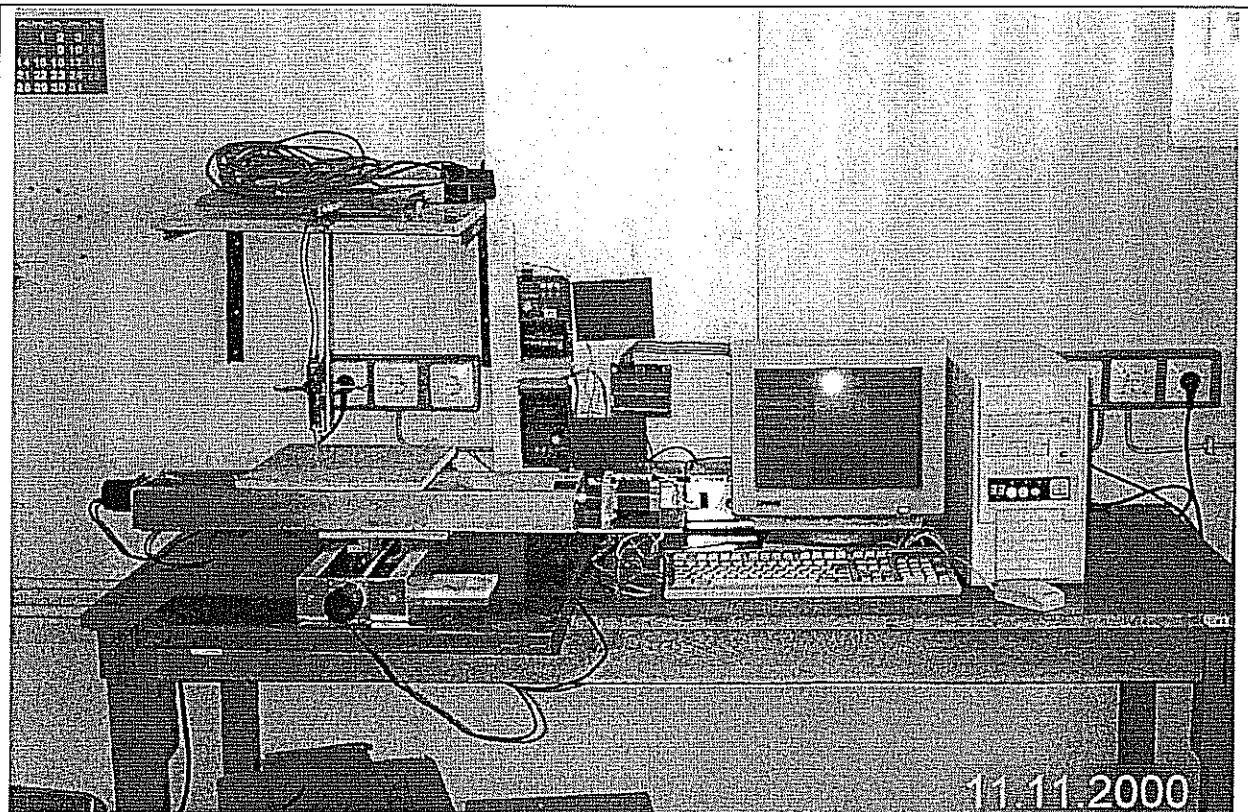
Ölçüm yapılan örneğin sabitlendiği iki eksenli doğrusal hareket sistemi birbirine dik bir düzlemden iki tabladan oluşmaktadır. Bu tablalar, iki sürtünmesiz kızak üzerinde, düzlemsel kayma yönünde herhangi bir sürtünme direnci olmadan hareket edebilmektedir. Her iki tablanın boyutları (30x60x6) cm olmakla beraber istenilen boyuta ayarlanabilir tarzda tasarlanmıştır. Her iki tablanın hareket mekanizması sistemi sonsuz bilyalı vidaların step motorla tahrik edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Vidalı milin ilerleme hassasiyeti 0.001 mm'ye kadar çıkabilmektedir; bu hassasiyetin step motorun hassasiyeti ile uyumlu olmasına özen gösterilmiştir. Sistemin taşıma kapasitesi (30x30x4) cm boyutlarındaki herhangi bir mermer veya doğal taş plakasını kolaylıkla taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemin iki rayı açık konumda Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Ayrıca, sistemin fotoğrafik görünümü Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.1. Deney Sisteminin Şematik Görünümü



Şekil 2.2. Tablalara Kayma İşlemini Sağlayan Ray Sistemi



Şekil 2.3. Geliştirilen Pürüzlülük Yüzey Tarayıcı Sisteminin Fotoğrafik Görünümü

### **2.3. Veri Toplama ve Kontrol Ünitesi**

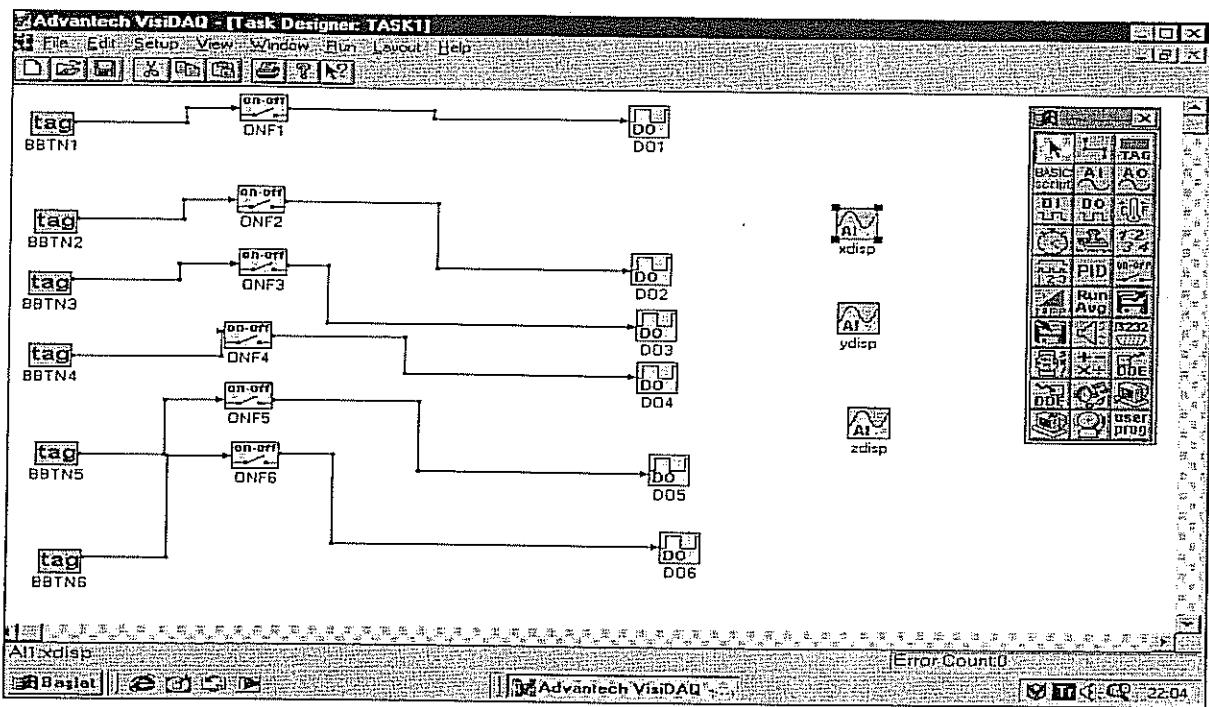
Yüzey tarayıcı sistemin, hareket kontrolü ve veri toplanmasının bilgisayar aracılığıyla yapılabilmesi kullanılan veri toplama ve kontrol kartı aracılığıyla olmuştur. Bu kart, sistem ile bilgisayarın iletişimini sağlayan 16 kanal Analog Girişi (A/I), 2 kanal Analog Çıkışı (A/O), 16 kanal Dijital Giriş (D/I) ve 16 kanal Dijital Çıkışı (D/O) olan Advantech PCL812PG marka veri (sinyal) toplama ve kontrol kartıdır.

Yatay düzlemden, -x veya +x, -y veya +y yönünde (0,0 referans koordinatına göre) 30 cm'lik hareketi sağlayan step-motorlar vardır; hareket miktarı ölçüm yapılan örneğin boyutuna göre ayarlanabilir. Veri toplama ve kontrol kartından step motorların hareketini kontrol edebilmek için step motor sürücüsü, arayüz olarak, kullanılmıştır. Bu ara kart, DC volajla beslenmekte ve bilgisayardan, kontrol kartından, gelen dijital çıkış sinyali doğrultusunda xy-düzleminde hareket başlatabilmekte veya yönünü değiştirebilmektedir. Ayrıca, hareketlerin konumunu belirlemek için her iki yöndeki sonsuz milin sonlarına konan iki adet enkodır yerleştirilmiştir. Enkodırlar dönen milin açısal hareketini ölçerek doğrusal harekete kalibre edilme yöntemine dayanmaktadır. Enkodirlardan gelen analog girişler yönlendiriciden geçerek bilgisayardaki kartta bulunan analog multiplexere ulaşarak kalibresi yapılmakta ve değerlendirilmektedir. Ayrıca, z-yönündeki pürüzlülüğü ölçmek için kullanılan doğrusal potansiyometreden (deplasman ölçer, 0.00001 mm hassasiyette) gelen analog girişlerde yine veri toplama kartı ile bilgisayara aktarılmaktadır.

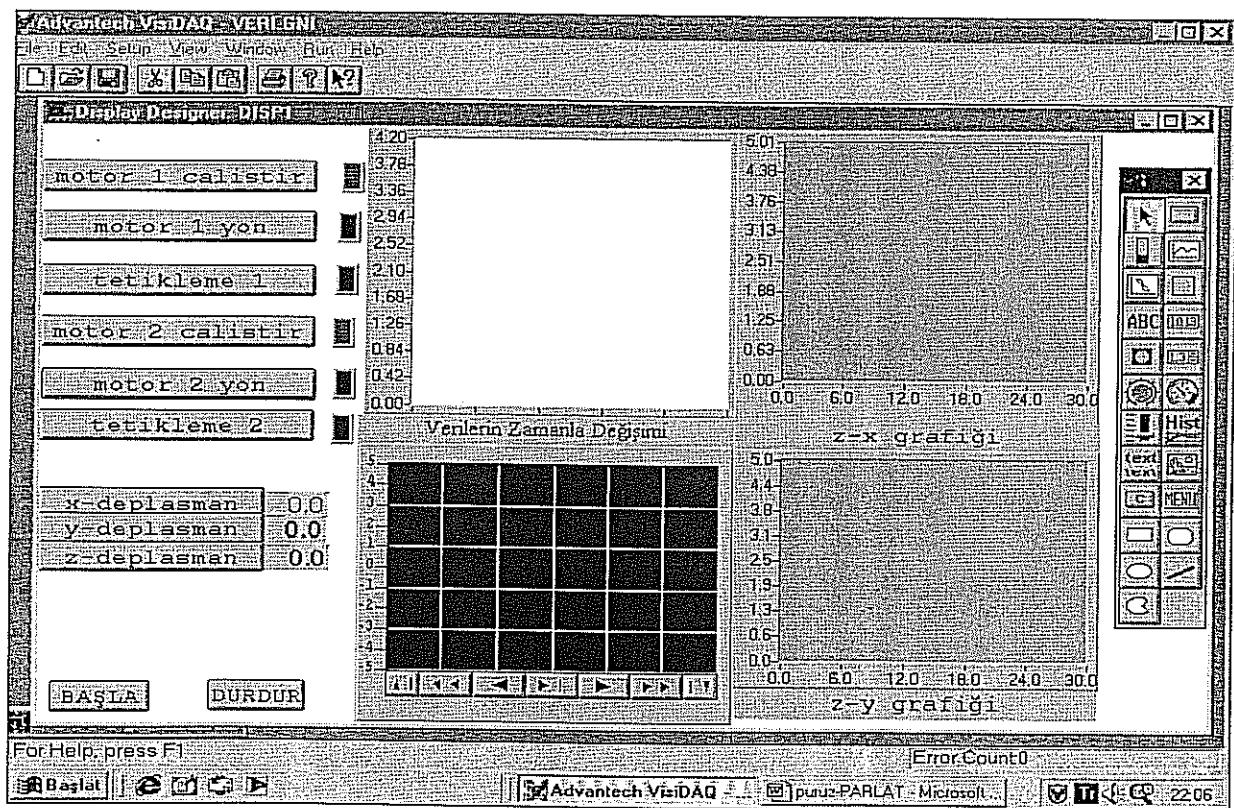
### **2.3.1. Veri Toplama ve Kontrol Ünitesi Yazılımı**

Gerek veri toplama gerekse kontrol işlemi Advantech VisiDAQ V. 3.1 yazılımı ile yapılmıştır. Windows ortamında BasicScript programlama diliyle ikonlarla çalışan, ayrıca kişisel programlamaya da izin veren bu paket yazılım programlama, veri toplama, kontrol açısından önemli kolaylıklar sağlamıştır. Sistemin kontrol ve veri toplama işlevini yapan programın görev kısmı “task designer” daha önce belli komutlar dahilinde işlev yapabilecek şekilde hazırlanmış fonksiyonların belli bir tasarım doğrultusunda birbirleriyle ilişkilendirilmeleriyle çalışabilmektedir. Bunlar bu amaçla hazırlanmış araç çubuğundan alınan ikonların belirli bir mantık çerçevesinde görev panosuna yerleştirilmesiyle olmaktadır. Programın temel ögesi olan bu pano bütün kontrol ve veri toplama işlevlerinin yerine getirilmesinde, arka planda çalışmaktadır. Görev panosunda oluşabilecek bir hata veya sayısal hastalık sistemin çalışmasını durdurmakta ve hataya sebep olmaktadır. Bu sistemin çalışmasını sağlayan, veri toplama ve kontrol kartına arayüz olan programın görev panosu Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi iki yönlü hareket tablosunu yönlendiren step motorlarının işlevlerini kontrol etmek amacıyla, dijital sinyal çıkışını ayarlayan, ikonlar kullanılmıştır. Ölçülmesi planlanan değişkenler içinde göstergeler panosuya interaktif çalışacak ikonlar kullanılmıştır.

Ayrıca, VisiDAQ programında görev panosuyla içiçe çalışan ve gerek kontrol gerekse veri toplama işlemlerini görselleştiren görüntü panosu “display designer” vardır. Bu pano, görev çubuğuyla çalıştırılan gerek dijital çıkışların (D/O) gerekse analog girişlerin (A/I), yani veri okumalarının ekranda görünmesi için programlanmıştır. Bu programın görsel kısmını oluşturan görüntü panosu Şekil 2.5’de verilmiştir.

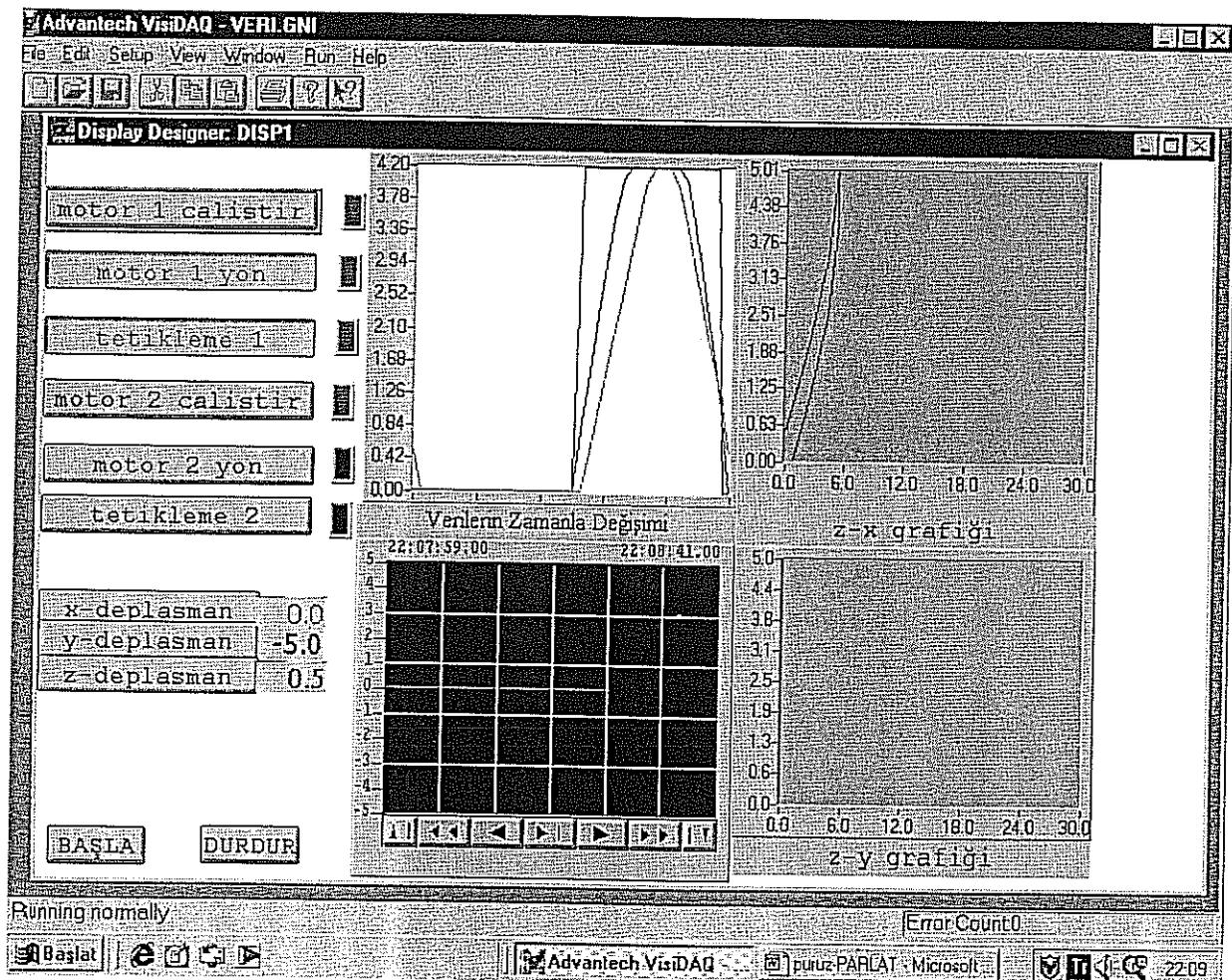


Şekil 2.4. Kontrol ve Veri Toplama Programının Görev Panosu



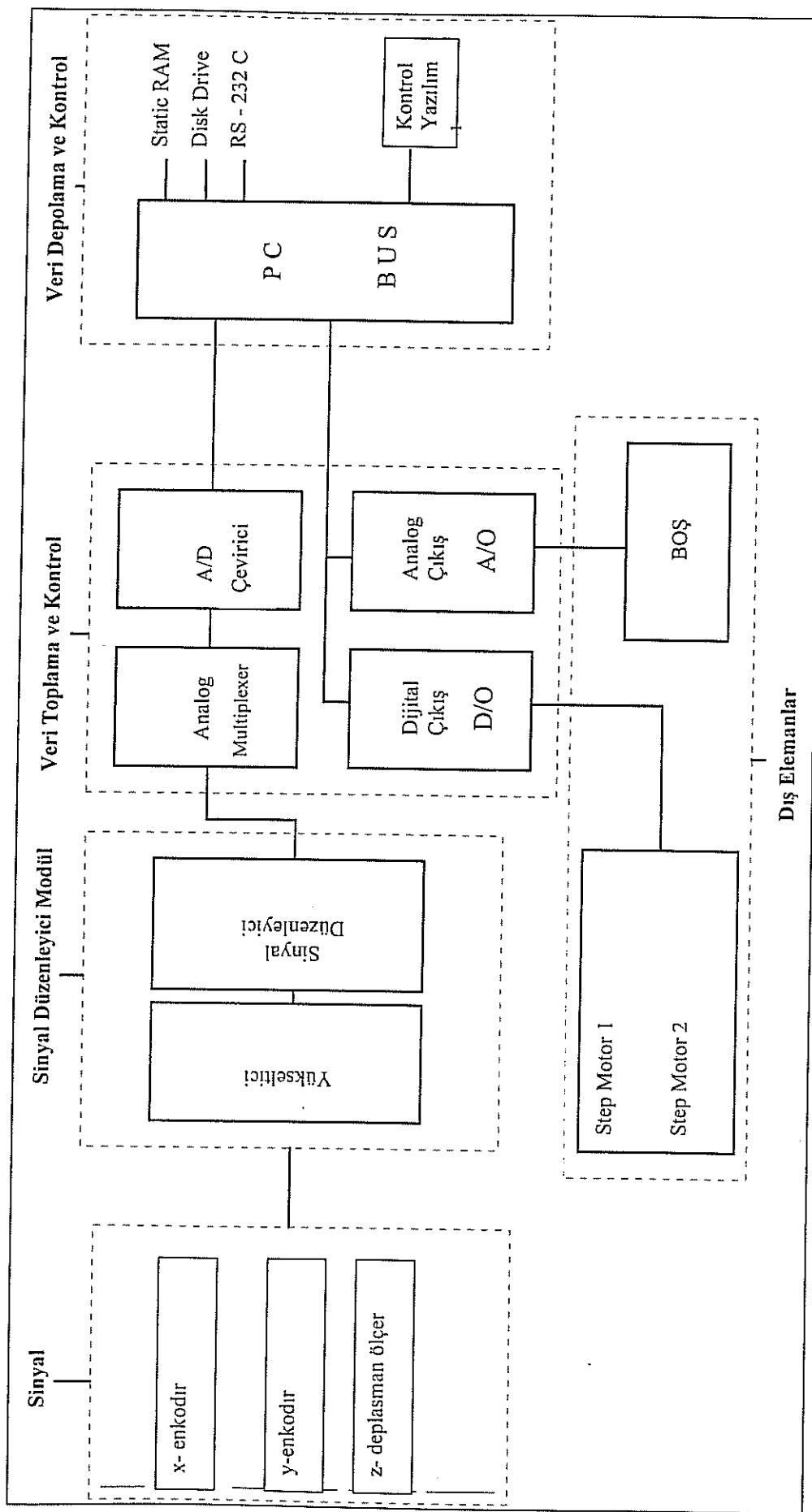
Şekil 2.5. Kontrol ve Veri Toplama Programının Görüntü Panosu

VisiDAQ yazılımında gerek görev çubuğu gerekse göstergeler panosuyla oluşturulan program birçok uygulamadan sonra “trial and error” son halini alarak sistem bilgisayardan çalıştırılmıştır. Veri toplama ve kontrol karta, donanımına, doğrudan kontrol sinyali gönderme ve karttan gelen veri okumaları, analog girişleri, alıp hem ekranda gösterme hemde hard disk (HD) veya herhangi bir yan belleğe depolama işlemine hazır hale getirilmesinden sonra program çalıştırılır. Otomatik olarak her profil için program çalıştırılır ve sonuçlar bilgisayara aktarılır. Belirlenen profil sayısında bu programın çalıştırılması tekrarlanmıştır. Bu programın çalışır haldeki ekran görüntüsü Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. VisiDAQ Programının Çalışır Haldeki Görüntüsü

Veri toplama ve kontrol ünitesinin harici elemanlardan veri alması veya bunları kontrol etmesi belli bir sıralama ve bilgisayarda bulunan Advantech PCL812PG marka sinyal kontrol kartıyla yapılmaktadır. Veri toplama ve kontrol kartının akım diyagramı Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Veri Toplama ve Kontrol İşlemi

## 2.4. Sistemin Ölçüm Yöntemi

Yüzey pürüzlülük tarayıcısı olarak da tanımlanabilecek olan bu sistem ile pürüzlülük ölçümü doğrudan bilgisayar kontrollü ve veri toplama kabiliyetlidir. Bu amaçla gerek sistemin hareketi, gerekse pürüzlülük ölçümü enkodır ve deplasman ölçer ile yapılmıştır. Sistemin başlangıç noktası referans kabul (0,0,0) edilerek her üç yöndeki koordinatlar doğrudan bilgisayara aktarılabilirinmektedir. Sistemin alt tablası x-ekseni yönünde (bu tablanın bulunduğu konum xy-düzlemi olarak kabul edilmiştir), üst tabla ise y-ekseni yönünde step motorlarla hareketi sağlanmaktadır. Her iki hareket yönünde bir basamak hareket başlangıcında pürüzlülüğü ölçmek için kullanılan z-ekseni yönündeki deplasman ölçer mermer yüzeyinden uzaklaşmakta ve tabla istenilen yönde bir adım ilerlemektedir; yapılması planlanan ölçüm aralığında ilerlemesi, sonunda deplasman ölçer tekrar mermer yüzeyine temas edecek şekilde kendi ağırlığıyla xy-düzlemine inmektedir. Bu işlev mekanik bir sistemle sağlanmaktadır.

Planlanan her ölçüm aralığında, sistemin bulunduğu x, y ve z-koordinat değerleri bilgisayara aktarılıp depolanmaktadır. Bu değerler tek bir yöndeki (ör: x-ekseni) ölçme profili içindir. İkinci yani diğer yöndeki ölçme profili aynı şekilde üst tablanın ölçüm aralığı (ör: y-ekseni) yönünde kaydırılması ve aynı şekilde bir set ölçüm daha alınmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde yüzey pürüzlülük ölçümü yapılan plakanın üç boyutta her üç eksenin tarandığı (x,y,z) yer verileri elde edilmiş olmaktadır.

## BÖLÜM 3

### Yüzey Parlaklık Ölçüm Sistemi

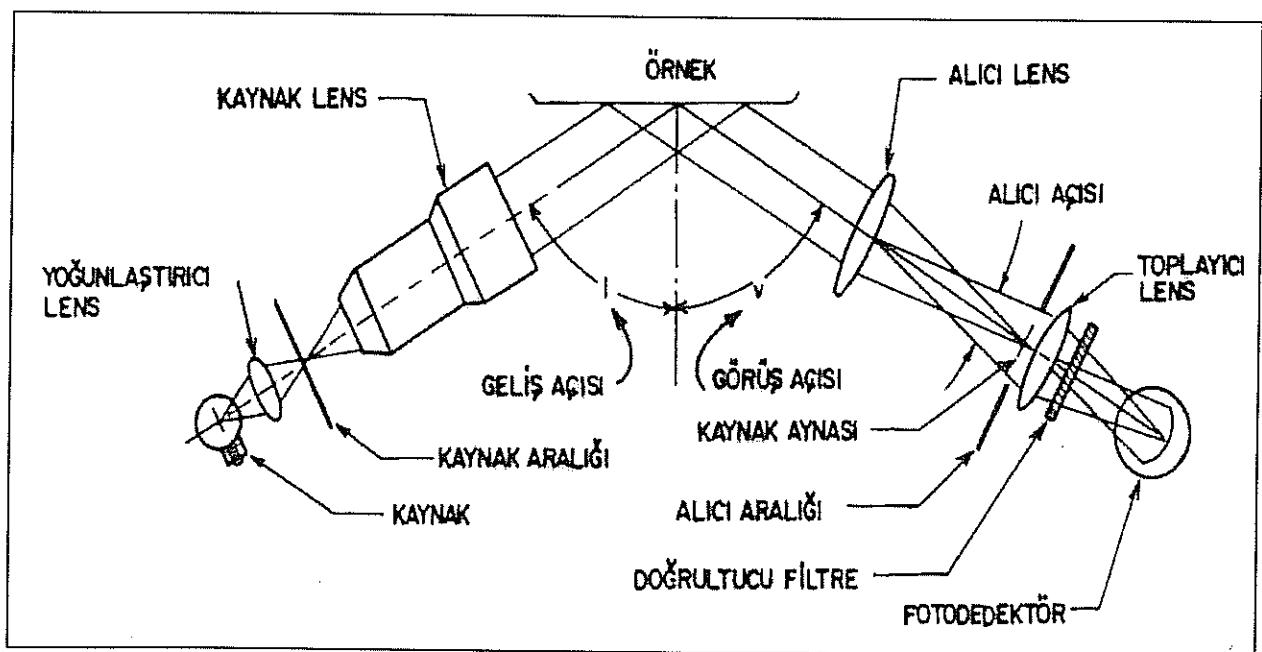
#### 3.1. Giriş

Bir yüzeyin parlaklığı, yüzeye gelen ışın yoğunluğunun, yüzeyden yansyan ışın yoğunluğununa oranı olarak tanımlanmaktadır. Işığın yansıtma kabiliyeti yüzeyin özellikleriyle doğrudan ilgilidir. Yüzey pürüzlülüğü ve düzensizlikleri ışığın düzgün yansımاسını engeller, dolayısıyla bu da yüzeyin parlaklığını azaltır. Bunun yanı sıra, yine malzemenin özelliğine bağlı olarak, yüzeye gelen ışınlar cisim tarafından kısmen kırılmadan dolayı yansıtma kabiliyetini azaltır. Tam yansımada ise, yüzeye gelen ışın demeti yönünü geldiği açıyla tamamen değiştirdiğinden maksimum parlaklık elde edilir. Yüzeydeki mikro ve makro seviyedeki pürüzlüklerin gelen ışığı değişik açılarda yansitarak dağıtması, cismin yüzeyinin donuk gözükmesine sebep olmaktadır.

Parlaklık ölçümü üzerine çalışmalar 1936 yılına kadar gitmektedir (ASTM D 523-94). Bazı araştırmacılar, metal, kağıt, plastik, boyalı kaplamalı malzemeler üzerine değişik metodlar kullanılarak bir çok parlaklık ölçümü yaparak, sayısal (nicel) parlaklık tanımına katkıda bulunmuşlardır (Hunter, 1975; Budde, 1980). Yapılan araştırmalar neticesinde, yüzeyin normali  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $80^\circ$ lik açıyla yapılan ölçümelerin en uygun sonuçları verdiği görülmüştür.

Bu yöntemle çalışan parlaklık ölçme kuramı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Bu konuda yapılan en son standart çalışması 1994 yılında ASTM (American Society for Testing Material) tarafından yapılmış ve o zamana kadar olan bütün çalışmaları kapsamıştır (ASTM D 523-94). Bu standartta, kalibrasyon amacıyla, yansımaya indeks değeri 1.567 olan düz siyah bir cam kullanılmıştır. Bu indekse sahip düz bir cam üzerinde yapılan kalibrasyon ölçümlerinde bulunacak nicel parlaklık ölçme değerleri, glos,  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $80^\circ$  için, sırasıyla 89.2, 93.6 ve 99.4 olmalıdır. İndeks değerinin değişimine bağlı olarak nicel glos değerlerinde doğrusal artmalara neden olmaktadır. Bu nicel parlaklık değerleri, ölçüm yapılan açıya bağlı olarak, referans kabul edilerek yüzey parlaklığı ölçülen malzemenin parlaklığı nicel olarak tanımlanmaktadır. Bu standarda bağlı olarak değişik parlaklık ölçerler geliştirilmiştir. Ayrıca, bu konuda geliştirilen ticari parlaklık ölçer (glossmetre) yüzeylerin ortalama parlaklık değerlerini nicel olarak ölçebilmektedir.



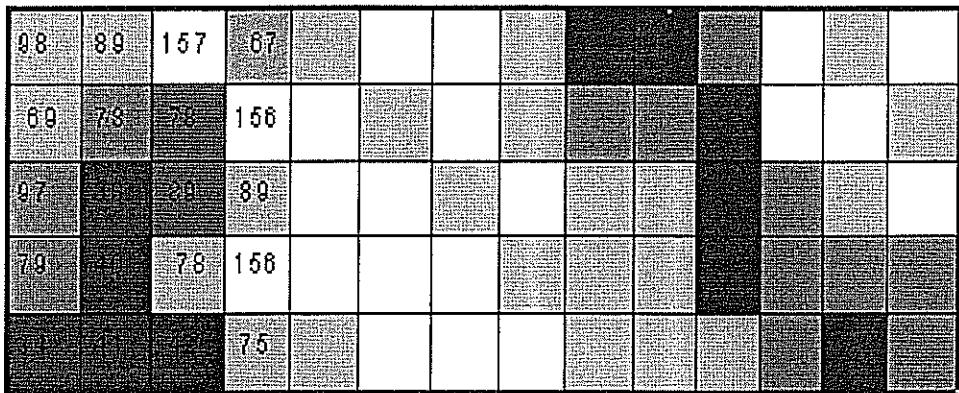
Şekil 3.1. Parlaklık Ölçme Prensibi (ASTM D 523-94)

Görüntü analiz yöntemleri, yani görüntülerin sayısallaştırılması (nicel tanım), genellikle birçok yer bilimleri sahasında uygulanmaktadır. Bazı araştırmacılar görüntü analiz yöntemini feldspatların kayaçtaki dağılım oranlarını bulmada kullanmışlardır. Passas v.d. (1996) bu yöntemle, katı-gözenek ilişkisini araştırmışlardır. Lumbreras ve Serrat (1996) mermerlerin petrografik özelliklerinin belirlenmesinde bu yöntemden faydalananmıştır. Wang (1997) ise kırılmış agrega malzemelerin parça dağılımı ve geometrisini analiz etmiştir. Ayrıca, Lanaro (2000) görüntü analiz yöntemiyle kayaç çatlaklarındaki yüzey pürüzlülüğü ve açıklığını, özellikle lazer ışık kaynağı, kullanarak araştırmıştır.

### **3.2. Parlaklık Ölçme Yöntemi**

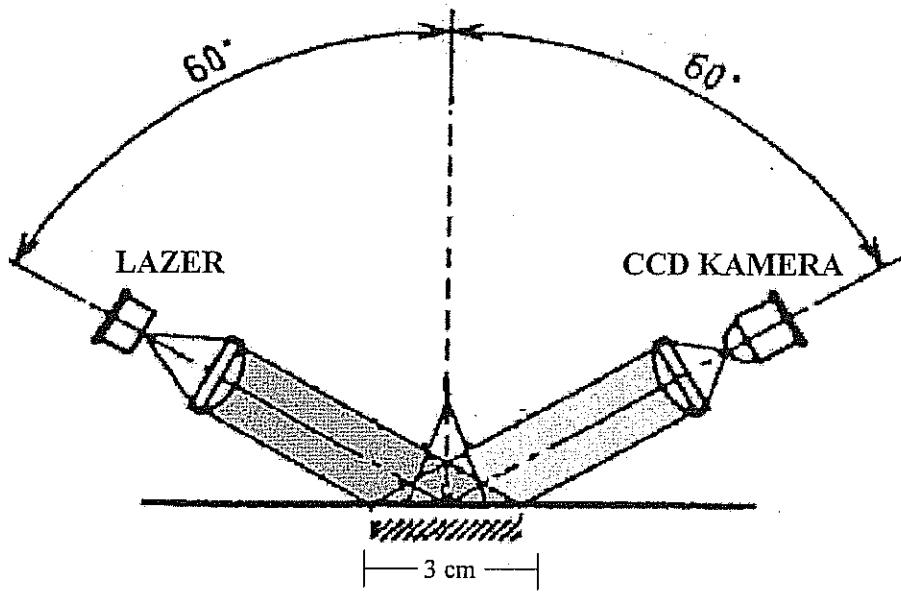
Bu projede kullanılan sistem ASTM D 523 standardına göre malzeme yüzeyine  $60^{\circ}$  lik ışık kaynağından gelen yansımının ölçülp Görüntü analizinin yapılması ile gerçekleştirilmiştir. Prensip olarak aynı yöntem kullanılmasına rağmen ışık kaynağı lamba yerine lazer, bu kaynağı toplayan kısım ise yüksek çözünürlükte CCD kamera kullanılmıştır. CCD kameralının çözünürlüğü 437664 (752x582) piksele kadar çıkabilecek şekildedir. Bu kamera değişken akımla, AC, doğrudan beslenmektedir. Işık kaynağı olan lazer ise 5 voltlu DC voltaj ile beslenmekte ve ışık demeti dağınık olmadığı için herhangi bir toplayıcı merceğe ihtiyaç duyulmamıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi ışık demetinin yüzeye gelmesi ve bunu ölçmek için kullanılan CCD kameralının görüş açısı  $60^{\circ}$  alınmıştır. Işık kaynağı ve alıcı kameralının plaka yüzeyinden uzaklığı ölçüm yapılan alanın, (3x3)cm, ücste birisinden daha az tutulmuştur. CCD kamerasından alınan görüntü bilgisayara imaj (görüntü) kartı (Hauppauge marka) aracılığıyla aktarılmaktadır. Bu kartın çözünürlüğü 262144 (512x512) pikseldir. Kartın yazılımı ile elde edilen görüntüler işlenmektedir. Bu görüntünün renk ayarı, büyültme, küçültme ve diğer işlemler görüntü işleme yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Sayısal

değerlere çevrilen görüntü gri rengin tonlarına göre değerler almaktadır; bilindiği gibi her bir renk 0 değerinden 255'e kadar sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Her bir piksel  $2^8$  kombinasyonunun bir sayısal değerine karşılık gelmektedir. Bu durumda görüntüdeki her bir piksel bir renk sayısal değerini yansıtma; örneğin 0 en koyu 255 ise en parlak piksel yanı yüzey parlaklığına karşılık gelmektedir. Şekil 3.2'deki imaj görüntü, CCD kameralara alınmış örnek yüzeyinin belli bir kesitin parlaklık dağılımı grinin tonları olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Bir Yüzeyin Grinin Tonlarına Göre Parlaklık Görünümü ve Nicel Tanımı

Kalibrasyon amacıyla yönelik görüntü analizi ayna ile yapılmıştır. Burada kullanılan aynanın kırılma indeksi 1.567'ye yakındır. Aynanın kullanılmasındaki amaç, yüzeye gelen lazer ışığını maksimum seviyede yansıtmasından dolayıdır. Bu analiz esnasında hem ışık kaynağı hem de ışık toplayıcı CCD kameraların  $60^\circ$ lik açıyla sisteme yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Bu ölçümden elde edilen ortalama sayısal ham değer 160 gri ton seviyesinde bulunmuştur ve bu değer maksimum parlaklık tanımına karşılık gelen sayısal değer olarak % 100 alınmıştır. Yüzey parlaklık ölçümlerinde kullanılan lazer ışık kaynağı ve CCD kameraların şematik olarak görünümü Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Bu Çalışmadaki Parlaklık Ölçme Yöntemi

## BÖLÜM 4

### Bulgular ve Yorumlar

#### 4.1. Pürüzlülük Verilerin Değerlendirilmesi

Bu projede, mermer plakaların, yüzey pürüzlülüğü laboratuar ölçekte sayısal olarak elde edilmiştir. Üzerinde ölçüm yapılan mermer plakası Newyork diye ticari olarak isimlendirilen, Muğla'daki bir mermer işleme tesisisinden temin edilen örnektir. Kullanılan örneğin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mermer işleme tesislerinde silme-parlatma işlemi belli aşamaları kapsamaktadır. Ölçüm sonuçları verilmeden önce alt başlıklarda silme-parlatma aşamalarını kapsayan bir silim hattının kısa bir tanımı yapılacaktır.

#### 4.1.2. Silim Hattı

##### 4.1.2.1. Kalibratörler

Plaka silim hatlarıyla, granit ve seramik silim hatları dışında, hemen hemen tüm silim hatlarında mevcuttur. Malzemede kesimlerden dolayı oluşan ufak tefek yükseklik farklarını ortadan kaldırarak abrasivlerin işini kolaylaştmak ve malzemeyi arzu edilen kalınlığa ayarlamaktır. Kalibratör sayısı dörde kadar çıkmaktadır; fakat mermer işleme tesislerinde genellikle iki kalibratörlü hatlar tercih edilmektedir.

Kalibratörlerde kullanılan soket sayısı soketlerin takıldığı flans çapına ve kullanılan soket boyutuna göre değişmektedir. Genellikle 40 cm çapındaki flans için 4 ve 50 cm çapındaki flans için ise 5 adet soket kullanılmaktadır (ZES katalogu, 1998).

Çizelge 4.1. Newyork mermer örneğinin fiziksel ve teknomekanik özellikleri

NEWYORK	METRİK SİSTEM	SI SİSTEMİ		
Sertlik	(Mohs)	3-4	(Mohs)	3-4
Birim hacim kütle	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.37	(kg/m <sup>3</sup> )	2370
Birim özgül kütle		2.45		2450
Atmosfer basıncında ağırlıkça su emme	(%)	4.6	(%)	4.6
Atmosfer basıncında hacimce su emme	(%)	10.5	(%)	10.5
Kaynar suda ağırlıkça su emme	(%)	4.4	(%)	4.4
Kaynar suda hacimce su emme	(%)	10.3	(%)	10.3
Görünür porozite	(%)	10.6	(%)	10.6
Doluluk oranı	(%)	96.73	(%)	96.73
Gözeneklilik derecesi	(%)	3.27	(%)	3.27
Basınç dayanımı	(kg/cm <sup>2</sup> )	404	(MPa)	39.62
Ultrases geçirgenlik değeri	(m/s)	4545	(m/s)	4545
Don sonrası ağırlık azalması	(%)	0.13	(%)	0.13
Don sonrası basınç dayanım değişimi	(%)	3.95	(%)	3.95
Don sonrası basınç dayanımı	(kg/cm <sup>2</sup> )	388	(MPa)	38.05
Don sonrası ultrases geçirgenlik değeri	(m/s)	4348	(m/s)	4348
Don sonrası ultrases geçirgenlik azalması	(%)	4.3	(%)	4.3
Yüzey sertlik indeksi		46		46
Cila alma özelliği		iyi		iyi

#### **4.1.2. 2. Abrasiv Kafalar**

Tek kalibratörle çalışan sistemlerde 36-60- veya 60-60- şeklinde başlamak tavsiye edilmektedir. İki veya daha fazla kalibratörle çalışan sistemlerde ise 60-120- veya 80-120- şeklinde başlamanın uygun olacağı önerilmektedir. Seri sonu ise 600-cila-keçe veya 800-cila-cila-keçe şeklinde olması önerilmiştir. Kafaların yetersiz olduğu durumlarda ise 600-cila şeklinde bitirmekle daha az parlaklık elde edilmiş olacaktır. Keçe ise sert ve gözeneksiz mermerlerin parlatılmasında cilanın izlerini almak için kullanılmalıdır. Kalibratörsüz sistemlerde ise 24-24-36-60- veya 24-36-46-60- şeklinde uygun olacağı silimtaşları üretici firmaları tarafından önerilmiştir.

Abrasivler su soğutmalı çalışıklarından soğutma suyunu veren hortum çapının her kafada minimum 1-1.5 cm, ancak cila flanşında 0.5-0.75 cm olması önerilmektedir. 400 mesh ve sonraki abrasivlerde ise devir daim suyu yerine temiz su kullanılması önerilmiştir.

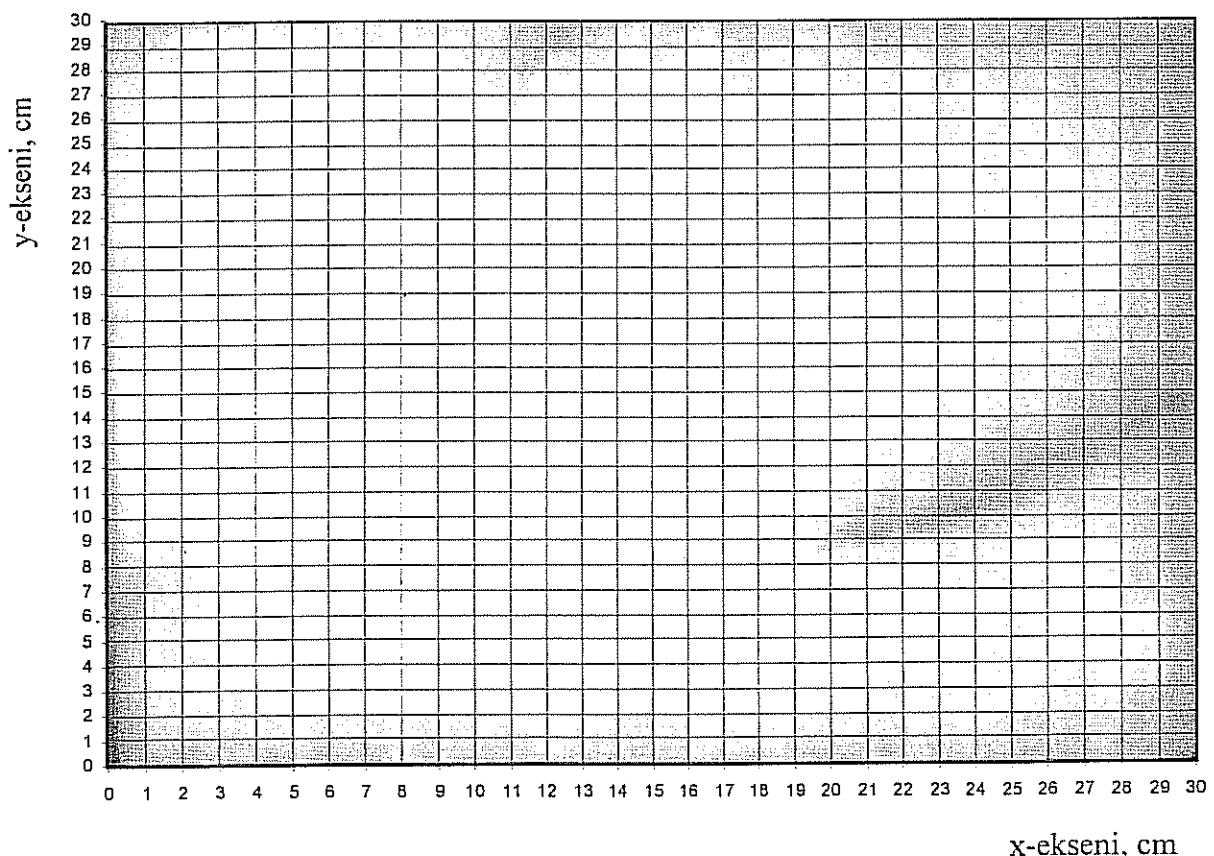
Abrasiv kafalarda basınçlar silinen malzemenin cinsine, bant hızına, abrasivin yapısına, suyun debisine bağlı olarak değişiklikler göstermesine karşın genellikle ilk 2-3 abrasiv kafada 2-2.5 atmosfer bundan sonra gelen abrasiv kafalarda ve keçede ise 1.5-2 atmosfer, cilada ise 1.5-2 atmosfer basınç uygulanması önerilmiştir. Mermer işleme tesisleri kullandıkları mermer cinsine bağlı olarak bu değerleri araştırmalı ve kendilerine uygun aralığı belirlemeleri gerekmektedir.

Bant hızı ise, silinen malzemenin ve abrasivin sertliğine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin sert mermerlerde 60-70 cm/dakika, traverten gibi yumuşak taşlarda ise bu daha hızlı

olabilmektedir. Sert malzemeye yumuşak abrasiv, yumuşak malzemeye ise sert abrasiv silim taşı üreticisi firmalar tarafından önerilmiştir (ZES katalogu, 1998).

#### 4.2. Pürüzlülük Ölçüm Yöntemi

Üzerinde ölçüm yapılan örnek (30x30x1) cm boyutlarında homojen bir mermerdir. Örneğin görünümü ve boyutu şematik olarak Şekil 4.1'de verilmiştir. Ölçme profili uzunlukları x ve y-ekseni yönünde 30 cm'dir. Bu örnekte xy düzleminde her iki eksen yönünde 3 mm aralıklarla ölçüm yapılmıştır. Yani, x-ekseni doğrultusunda 101 noktada ve her bir noktada y-ekseni doğrultusunda 101 noktada ölçüm yapılmıştır; neticede 10201 adet veri elde edilmiştir.



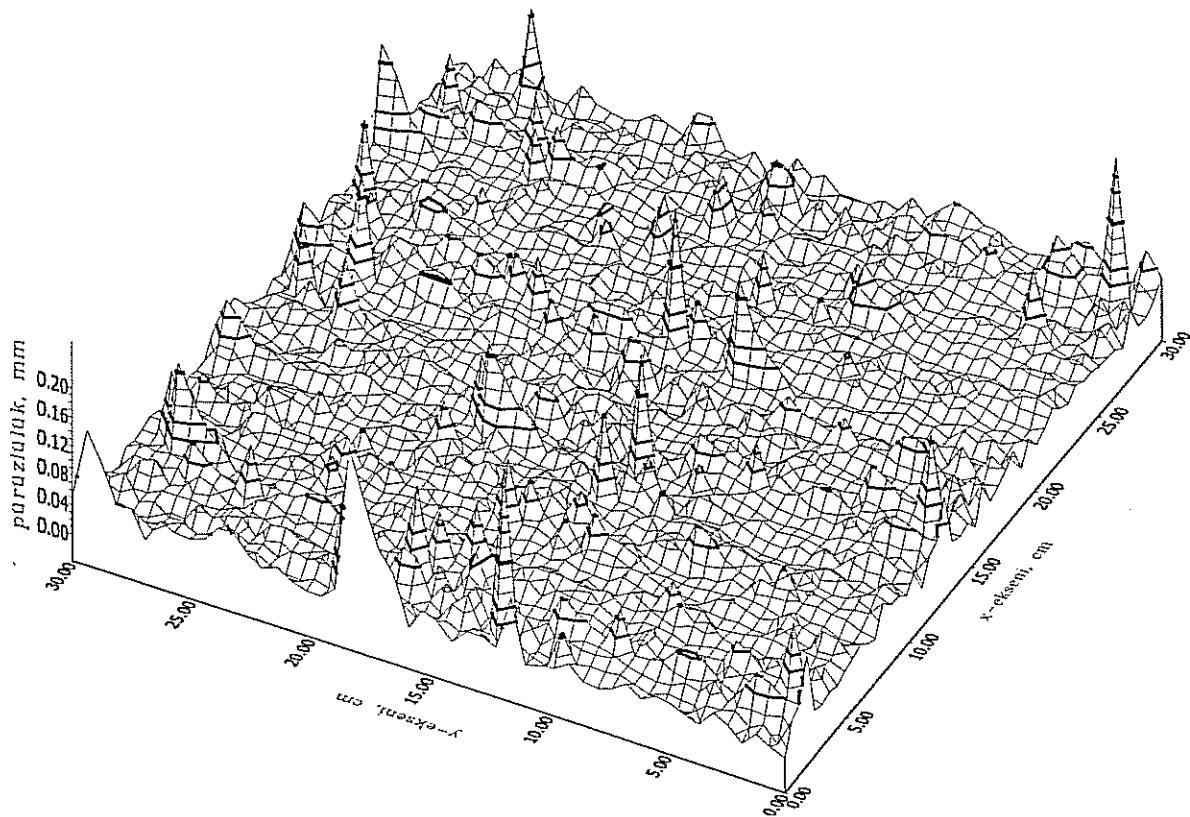
Şekil 4.1. Muğla Yöresinden Temin Edilen Newyork Mermer Örneği

#### **4.3. Pürüzlülük Ölçüm Bulguları**

Abrasiv kafaların tanımlandığı 4.2.2 kısımda da kısaca debynildiği gibi, bir mermer silim hattında istenilen mermer yüzey kalitesine bağlı olarak abrasiv silim kafaları kullanılmaktadır. Bu sıralama genelde 36 mesh'den (Bazen bu tanımlama numara olarak da yapılmaktadır, ör; 36 No gibi) başlayarak 1200 mesh'e kadar devam etmektedir. Bu sıralama, ülkemizde genelde birçok mermer işleme tesislerinde 600-800 mesh'te sonlandırılmaktadır. Silim hattında mermer silme kafa sayısının artması mermer yüzey kalitesini de artıracığı kesindir; fakat bu maliyet ve zaman kaybı demektir. Bu nedenle mermer cinsine bağlı olarak istenilen yüzey parlaklığına göre sislim hattındaki kafa sayısı ve sıralamasının belirlenmesi hem ekonomik hem de zaman açısından en uygun yöntem olacaktır.

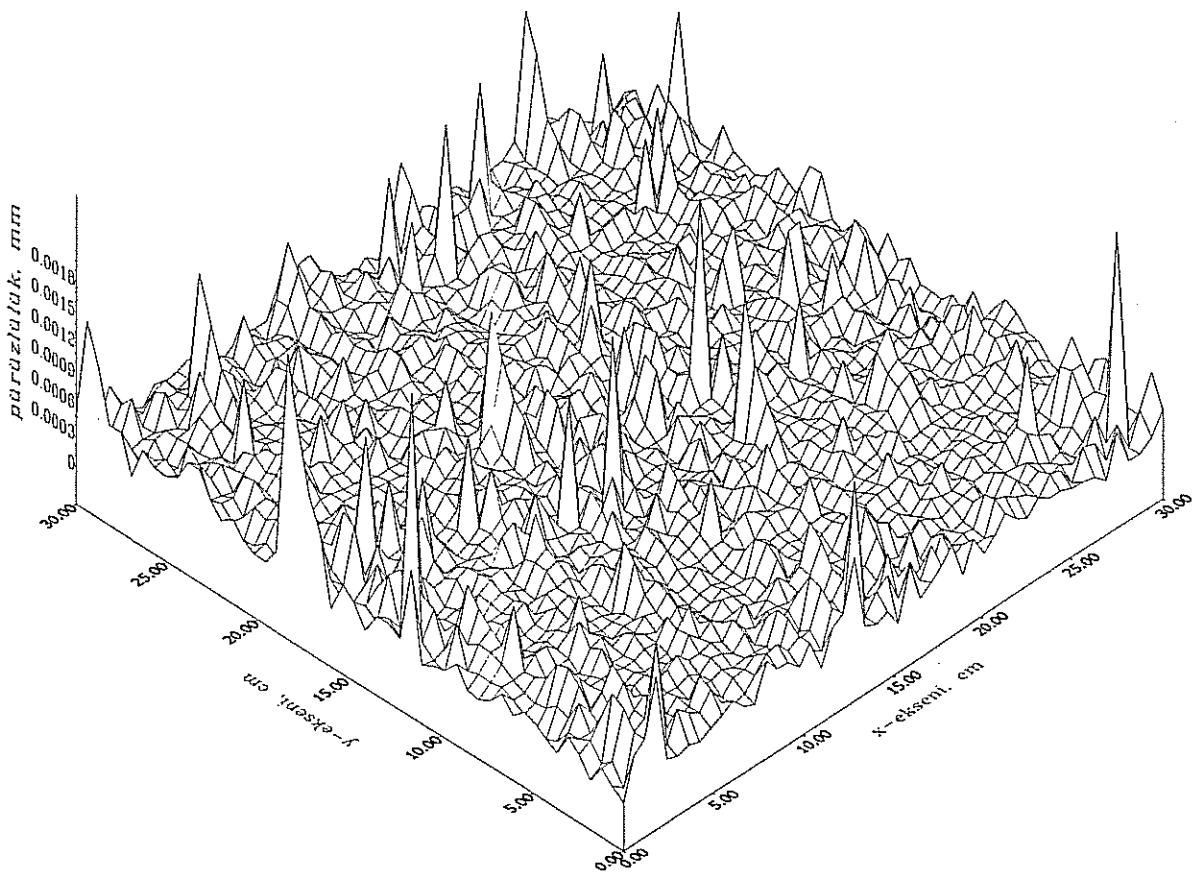
Bu çalışmada kullanılan Newyork mermer örneği 11 kafalı silim hattı kullanan bir mermer işleme tesisinden (3 kalibre, 6 aşındırıcı, 2 cila içeren) alınmıştır. Silim hattının sıralaması 60-120-220-320-400-600-Cila-Cila şeklindedir. Silim hattında kaba, ince silim ve cilalama diye sınıflandırma yapılacak olursa, ölçüm yapılan örnekler bu üç aşamadan geçen mermer fayanslarından alınmıştır. Seçilen birinci örnek, silim hattında 120 mesh'e kadar aşındırmaya tabii tutulan mermer fayansıdır; yani bu aşamaya kadar olan abrasiv kafaları mermer yüzeyine baskında, bundan sonraki kafalar havada tutularak aşındırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Birinci örneğin bu şekilde elde edilmesinin nedeni bu aşamaya kadar aşınma işlemeye tutulan mermerin yüzey pürüzlülüğünü incelemek içindir. İkinci örnek silim hattının ince silim olarak tanımlanan bölümünden alınmıştır. Bu örnek de mermer yüzeyinin 320 mesh'e kadar olan performansının araştırılması amaçlanmıştır. En son ölçüm örneği ise, silim hattının tüm kafalarının baskında olduğu ve cilalama aşamasından da geçen fayans mermeridir; bu da nihai

ürünün pürüzlülük açısından araştırılması için yapılmıştır. Geliştirilen ölçüm sistemiyle yüzey taraması yapılan bu örneklerin 3-boyutlu pürüzlülük haritası çıkarılarak Şekil 4.2-4.4'de verilmiştir.



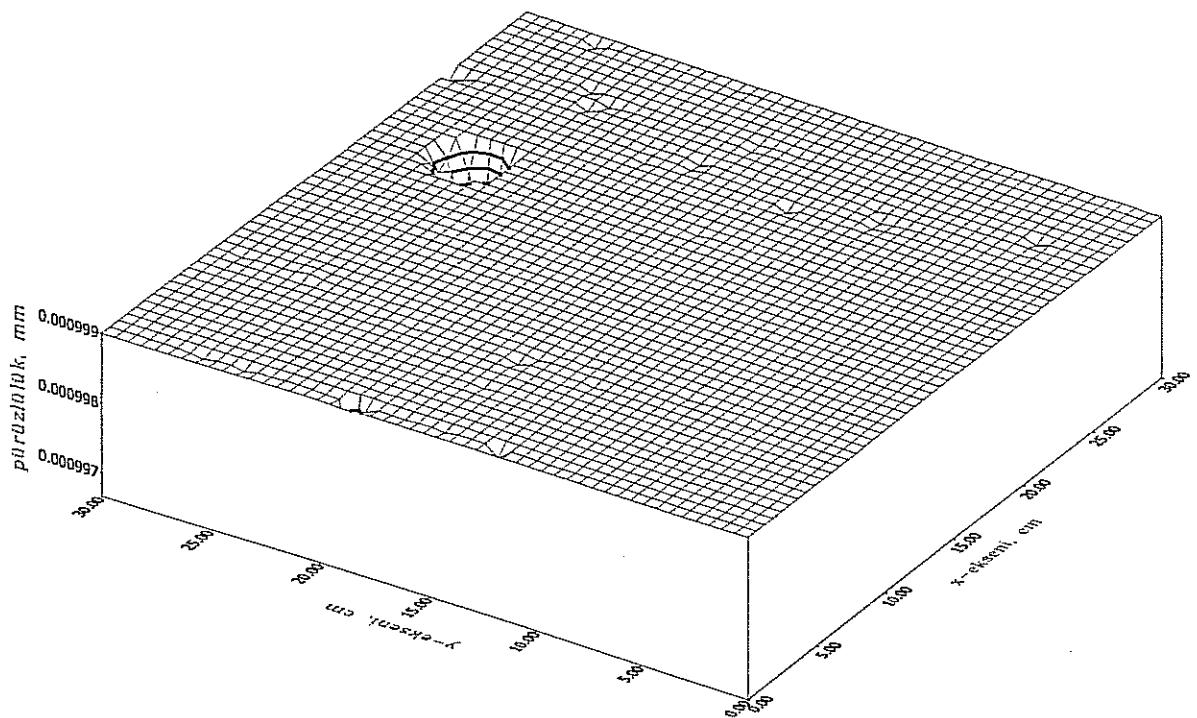
Şekil 4.2. 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Pürüzlülük Haritası

Silim hattının kaba silim diye tanımlanan kısmından seçilen örneğin pürüzlülük haritası incelediğinde, mermer yüzeyinin her tarafında, pürüzlülüğün belirgin olduğu görülmektir. Yüzeyin birçok kısmında 0.2 mm kadar çıkan pürüzlülük gözlenmektedir. Bu seviyelerde olan pürüzlülük, y-ekseninin 0 cm, 15 cm ve 30 cm olduğu x-ekseni doğrultusundaki kesitlerde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, pürüzlülük haritasının belirtilen kesitlerinde profiller çıkartılarak, pürüzlülük değişimi daha ayrıntılı olarak incelenmiştir (Şekil 4.5-4.7).



Şekil 4.3. 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Pürüzülük Haritası

Şekil 4.3 pürüzülük haritası elde edilen mermer örneği de bir önceki analize benzer pürüzülük dağılımı göstermesine karşın pürüzülük boyutunda farklılık göstermektedir. Şekil incelemiğinde bu örneğin pürüzülük dağılımının maksimum 0.0018 mm gibi çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bir önceki örnekle bu örnek arasındaki silim kafaların performansını göstermektedir. Bu boytlarda pürüzülük dağılımı, kaba silim hattından seçilen örnekle benzerdir; bu örneğin de aynı kesitlerinde pürüzülüğün arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.8-4.10). Yüzeyin diğer kısımlarında bu kesilere oranla daha az ve homojen pürüzülük dağılımı görülmektedir.

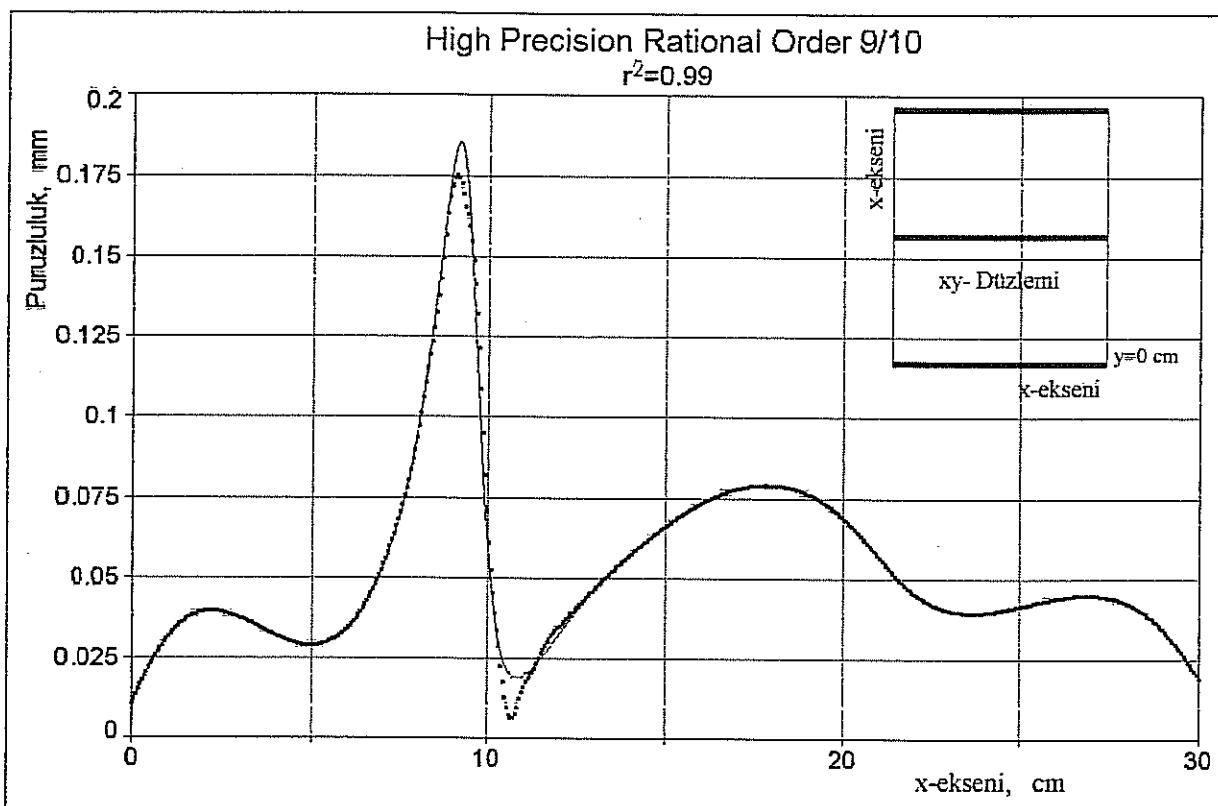


Şekil 4.4. Aşındırma ve Cılalama Aşamasından Geçen Örneğin Pürüzlülük Haritası

Aşındırma, cilalama işleminden geçerek elde edilen nihai ürünün pürüzlülük haritası, bundan önceki aşamalarda görülen yüzey pürüzlülüklerini göstermemektedir. Şekil incelendiğinde yüzeyin bir bölümünde ( $x=22$  cm  $y=27$  cm) ufak çapta bir çukurluğun haricinde düzensizliğin olmadığı görülmektedir. Bu da, tahminen, noktasal bir kuvvet dolayı oluşan bir düzensizliktir. Bu şekilde bir pürüzlülük haritası gösteren örneğin belirli kesitlerinde pürüzlülük profili çıkarılmasına gerek duyulmamıştır. Pürüzlülük dağılımı ölçüm yapılan hassasiyet sınırları içerisinde kalmamaktadır; bu nedenle bu örneğin kesit profilleri çıkarılmamıştır.

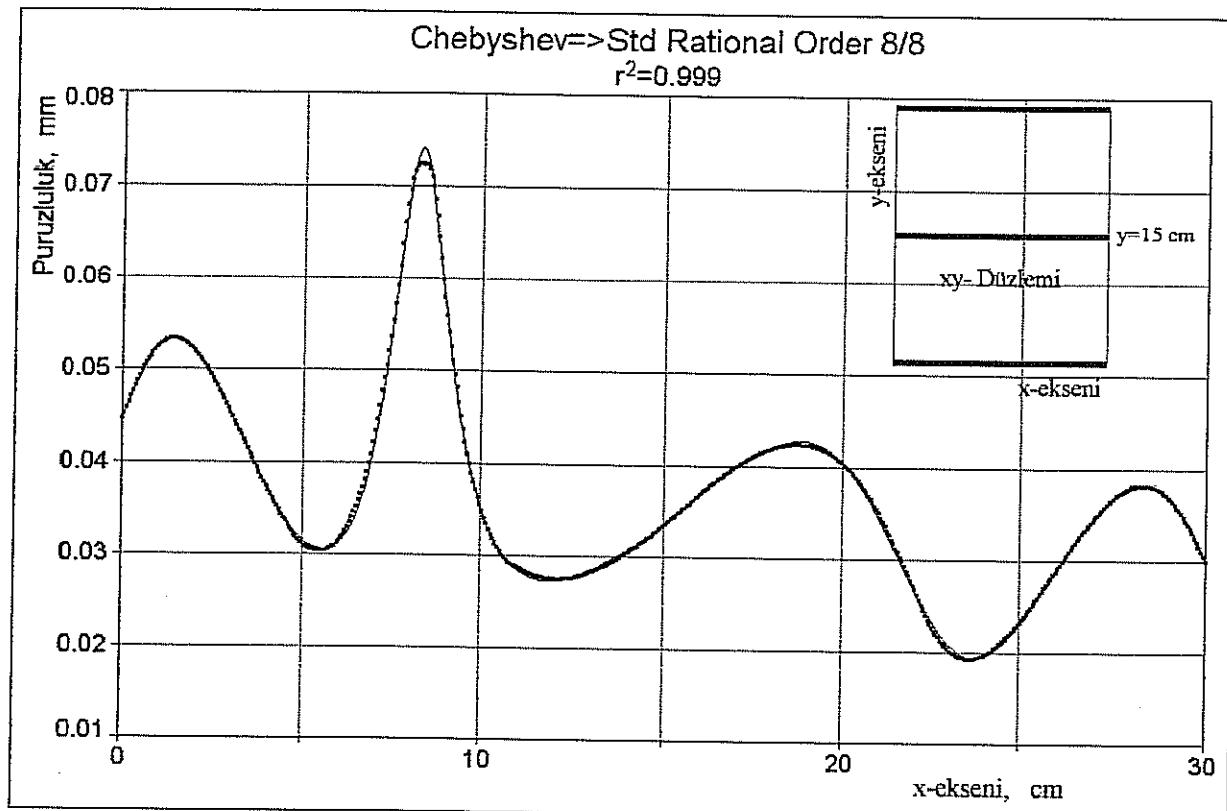
Yüzey haritası çıkarılan her iki örneğin (120 ve 320 Mesh'e kadar aşındırılan) xy-düzleminin üç değişik kesit boyunca profilleri çıkarılmıştır. Bu profiller düzlemin y-ekseninin 0 cm, 15 cm ve 30 cm olduğu x-ekseni doğrultusundaki yüzey pürüzlüğünü göstermektedir. Profillerin

oluşturulmasında ileri istatistiksel yöntemler kullanılarak en yüksek korelasyon katsayısını veren matematiksel formulasyon elde edilmiştir. Bu istatistiksel çalışmaların neticesinde, 120 Mesh'e kadar aşındırmaya tabii tutulan mermer örneğinin her üç kesitteki yüzey pürüzlülük profili ve matematiksel denklemi Şekil 4.5 - 4.7'de verilmiştir



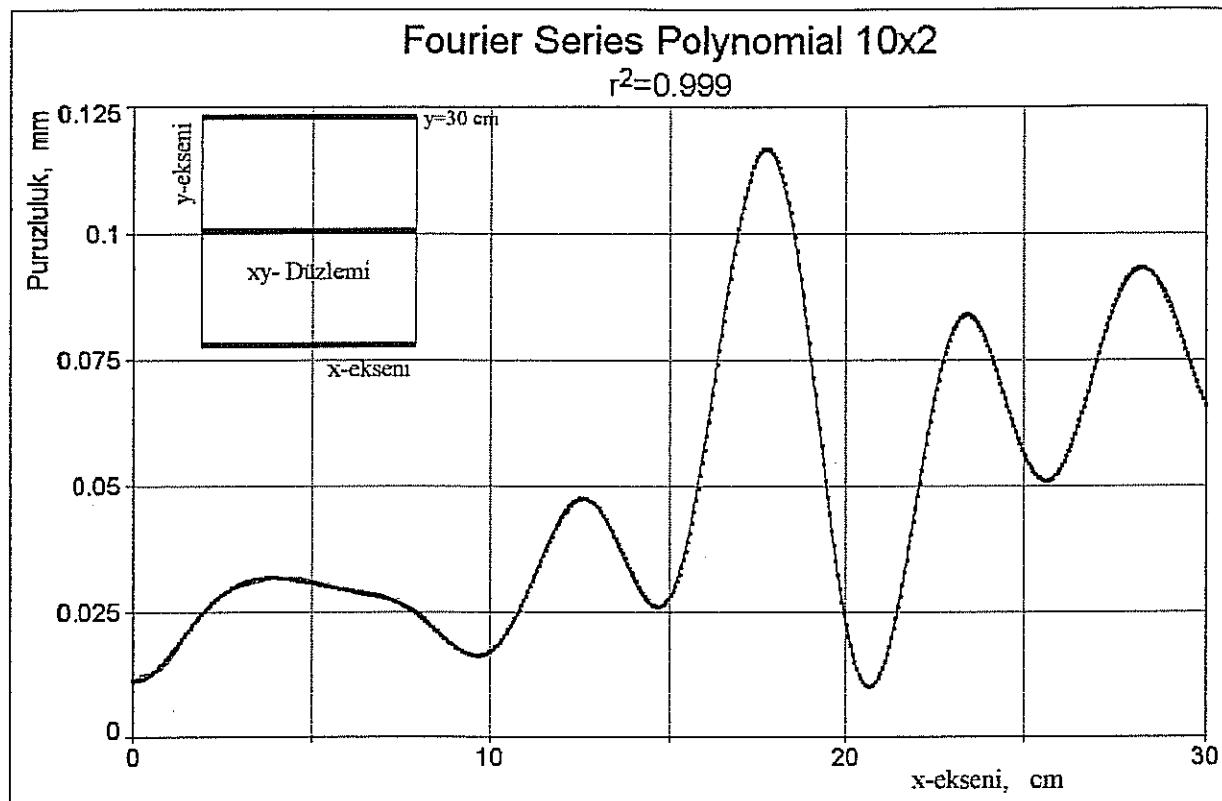
Şekil 4.5. 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y=0$  cm Kesit Pürüzlülük Profili

Şekil 4.5 deki profil incelendiğinde bu örneğin profil genliğinin genelde 0.05 mm büyüklüğünde olduğu görülmektedir. Kesit boyunca bu genlik (yalnız x-ekseninin 5-10 cm olduğu aralıkta bir sıçrama gözlenmektedir) devam etmiştir. Pürüzlülük dağılımını tanımlayan matematiksel model yüksek dereceli polinom denklemidir.



Şekil 4.6. 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y=15\text{ cm}$  Kesit Pürüzlülük Profili

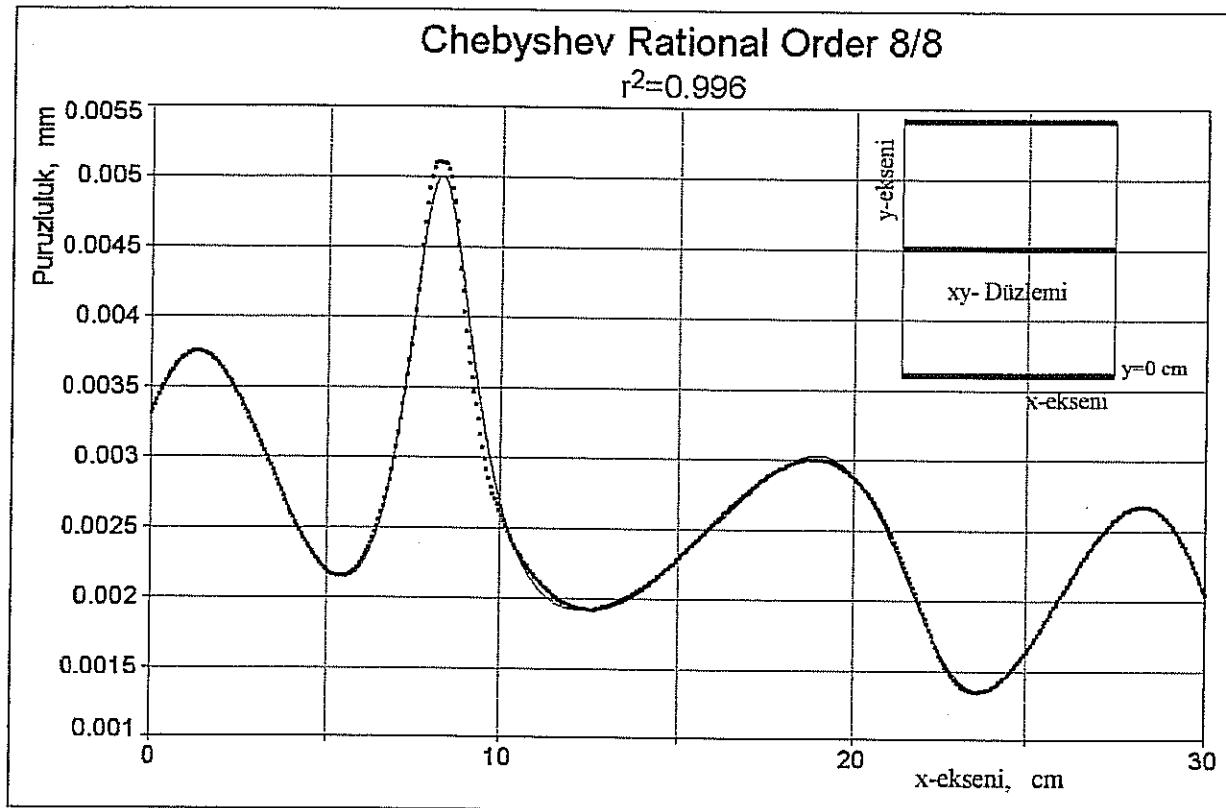
Şekil 4.6 da verilen bu kesitin pürüzlülük profili  $0.02\text{ mm}$  büyüğünde genlikte bir davranışa sahiptir. Bu profilde de bir önceki profilde olduğu gibi kesitin ortalarına doğru genlik büyüğünde bir sıçrama gözüne çarpmaktadır. Kesitin başlangıcında yaklaşık  $0.05\text{ mm}$  olan pürüzlülük kesit sonuna doğru azalarak yaklaşık  $0.03\text{ mm}$  ye düşmüştür. Bu kesitin pürüzlülük profilini en iyi tanımlayan chebyshev denklemi olmuştur. Ölçümü yapılan düzlemin orta kısmına karşılık gelen bu kesit pürüzlülük profili genlik olarak düşük olmasına rağmen kesit boyunca pürüzlülük değerlerinde değişiklik göstermiştir.



Şekil 4.7. 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y = 30$  cm Kesit Pürüzlülük Profili

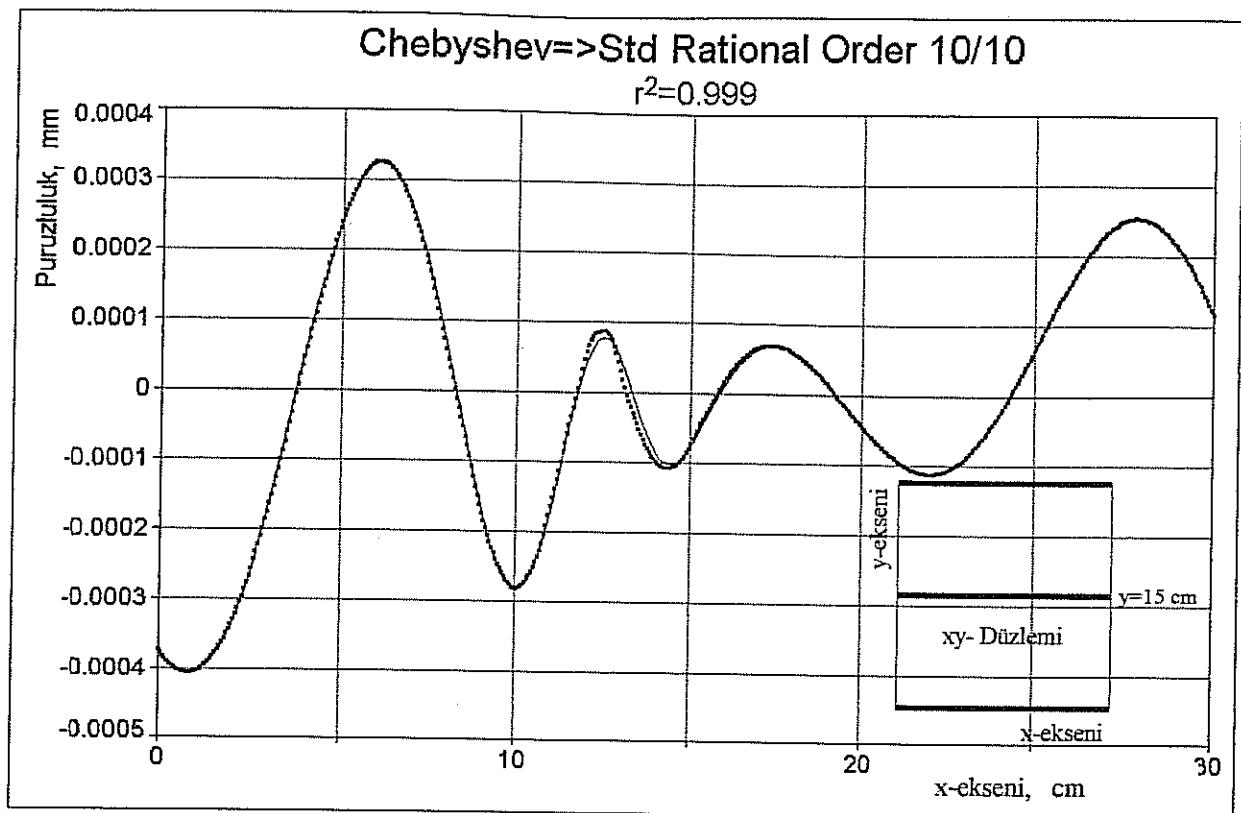
Bu kesitteki profil, kesitin başlangıcından orta kısmına kadar ( $x=15$  cm) yaklaşık 0.02 mm lik bir genliğe sahipken, bu kısımdan sonra 0.03 mm lik genlige çıkmıştır. Kesitin başlangıcında 0.01 mm olan pürüzlülük kesitin sonlarında yaklaşık 0.08 mm olmuştur. Bu kesitte de orta kısımda genlikte bir sıçrama görülmüştür. Bu kesitteki pürüzlülük profilini en iyi temsil eden denklem Fourier denklemi olmuştur.

Bu bölümde, 320 Mesh'e kadar aşındırma işlemine tabii tutulan mermer örneğinin pürüzlülük yüzey taraması sonuçlarından elde edilen kesit profillerinin analizleri yapılmıştır. Bu örnekte de, birinci örnekte olduğu gibi, xy-düzleminde x-ekseni doğrultusunda üç farklı kesitin pürüzlülük profilleri elde edilmiştir. Elde edilen kesit yüzey pürüzlülük profili ve matematiksel denklemeleri Şekil 4.8- 4.10'de verilmiştir.



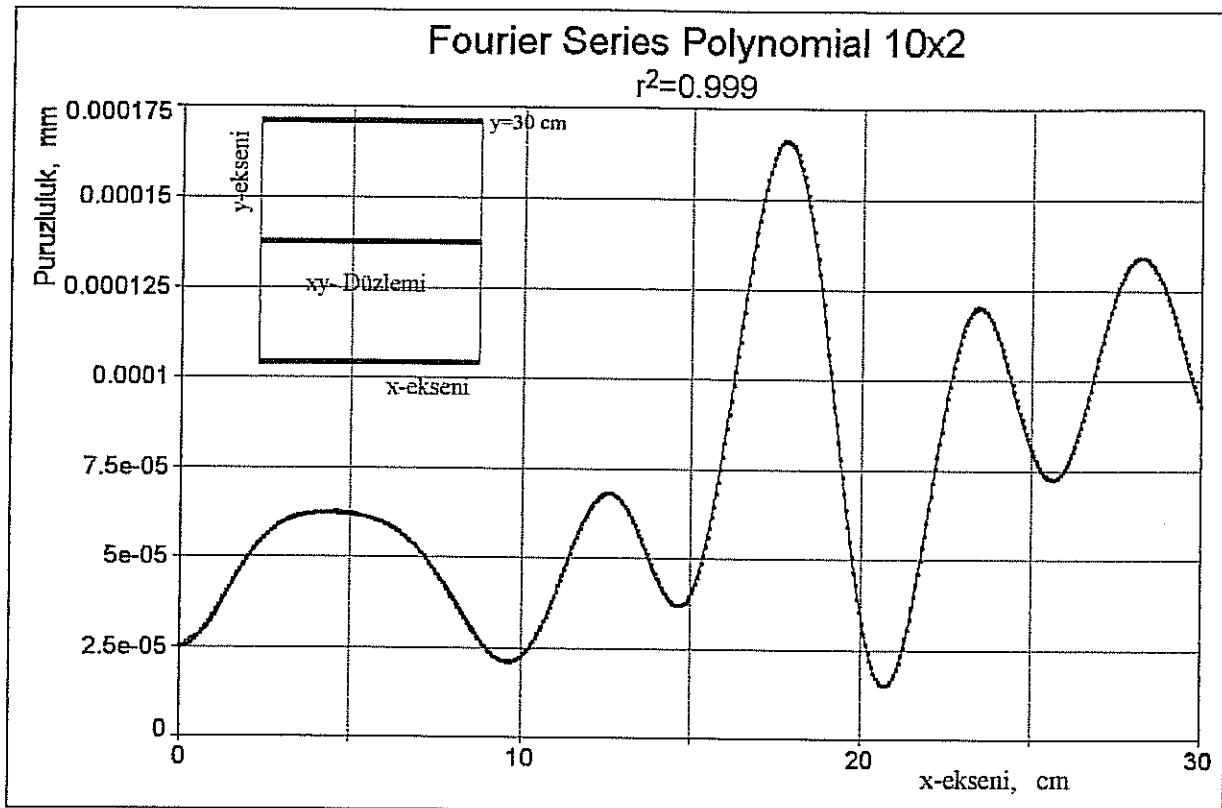
Şekil 4.8. 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y=0$  cm Kesit Pürüzlülük Profili

Şekil 4.8'de elde edilen profil davranış olarak birinci örneğe benzemekle beraber gerek pürüzlülük büyülügü gerekse kesit boyunca pürüzlülük değişiminde farklılıklar göstermektedir. Bu profolin gösterdiği genlik yaklaşık 0.002 mm olup kesitin başlangıcında 0.0035 mm olan pürüzlülük kesit sonunda 0.001 mm ye kadar düşmektedir. Bu kesitin pürüzlülük profilini en iyi tanımlayan chebyshev denklemi olmuştur. Bu kesitin pürüzlülük davranışları birinci örneğin ikinci kesitindeki ( $y=15$  cm) davranışa benzer olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 4.9. 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y = 15$  cm Kesit Pürüzlülük Profili

Bu kesitte görülen pürüz'lülük profili belirli bir genlik özelliği göstermemektedir. Kesitin başlangıcında  $-0.0004$  mm olan pürüz'lülük kesitin sonunda  $0.0001$  mm ye kadar çıkmaktadır. Bu kesitte gözlemlenen profil, birinci örneğin üçüncü kesitinde ( $y=30$  cm) elde edilen profile benzer bir davranış göstermektedir. Bu kesitin pürüz'lülük profilini de en iyi tanımlayan chebyshev denklemi olmuştur.



Şekil 4.10. 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin  $y=30$  cm Kesit Pürüzlülük Profili

Şekil 4.10'da verilen profil, kesitin başlangıcından orta kısmına kadar ( $x=15$  cm) çok düşük (sıfır sayılabilir) bir genliğe sahipken, bu kısımdan sonra 0.0001 mm lik genlige çıkmıştır. Kesitin başlangıcında pürüzlülük gözükmezken sonrasında yaklaşık 0.000125 mm pürüzlülük gözlenmiştir. Bu kesitin de orta kısmında, genlikte bir sıçrama görülmüştür. Kesit pürüzlülük profilini en iyi temsil eden denklem Fourier denklemi olmuştur. Bu profil, analizi yapılan birinci örneğin aynı kesitiyle ( $y=30$  cm) benzer davranışını göstermiştir.

Pürüzlülük profili çıkarılan (120 ve 320 Mesh'e kadar aşındırma işlemine tabii tutulan) örneklerin istatistiksel yorumları elde edilen grafikler ışığında tanımlanmıştır. Yukarıda verilen şekiller incelendiğinde bütün istatistiksel formüller " $r^2 = .99$ " gibi yüksek korelasyon katsayısı vermiştir. Ayrıca her iki örnek kesitlerindeki formulasyonların benzer çıkması dikkat çekmektedir. Yüzey profilleri, aynı örneğin yüzey topografyasının kesit görünümü

olmakla beraber kesit boyunca pürüzlülüğün değişiminin irdelenmesini kolaylaştırmaktadır. Çıkarılan profil denklemleri genelleştirilmeden bu çalışmada örneklerin analizi yapılan kesitlerini tanımlamaktadır.

Elde edilen istatistiksel modellemeler chebysev ve fourier polinomu gibi ileri dereceden denklemlerden oluşmaktadır. Bu da yüzey pürüzlülük dağılıminin basit bir kurama göre dağılmadığını göstermektedir. Kesitler arasındaki denklem benzerliği ise pürüzlülük dağılıminin büyülüük olarak değişkenliğiyle beraber, aynı davranışını göstermesini ortaya koymaktadır. Bu da aşındırma işleminin homojen ve eşit yapıldığının göstergesi olabilir; aynı zamanda silim hattında yapılan aşındırma işleminin dengesini ve düzenliliğini göstermektedir.

Profil şekilleri incelendiğinde 320 Mesh örneğinin pürüzlülüğü, 120 Mesh'e göre büyük ölçüde azaldığı açıkça görülecektir; pürüzlülük boyutları hemen hemen 1/100 oranında bir azalma göstermektedir.

Ayrıca, pürüzlülük ölçümü yapılan 120 Mesh ve 320 Mesh örneklerinin pürüzlülük ölçüm sonuçlarının ortalama, maksimum, minimum, standart sapma ve güvenilirlik aralığı gibi istatistiksel analizleri yapılarak Çizelge 4.2'de verilmiştir. Yukarıdaki kısımlarda dephinildiği gibi cilalama işleminde geçen örnek için istatistiksel analize gerek duyulmamıştır.

Çizelge 4.2. Pürüzlülük ölçümü yapılan örneklerin istatistiksel analiz sonuçları

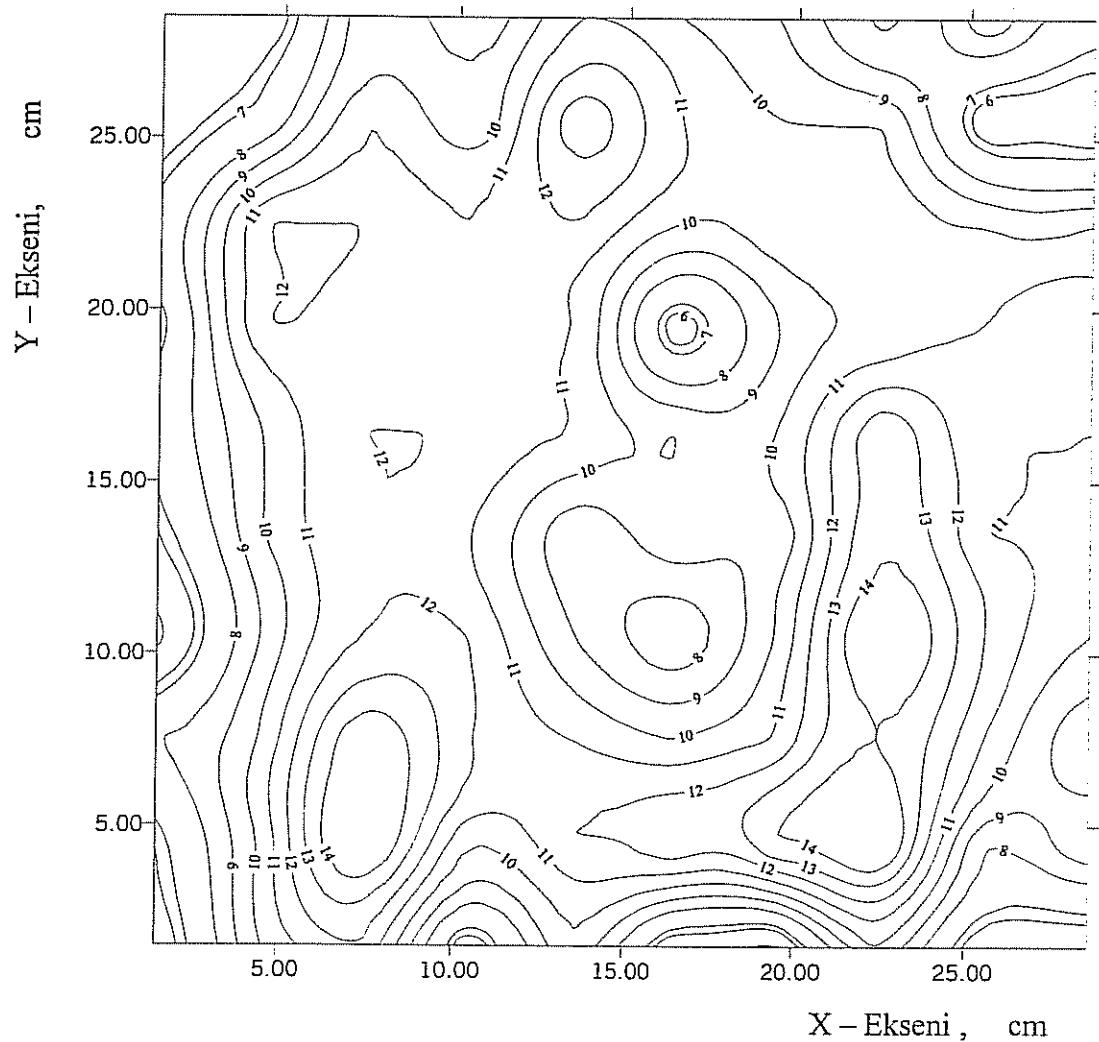
Pürüzlülük (mm)	120 Mesh	320 Mesh
Ortalama	0,038267	0,00102
Maksimum	0,33	0,0572
Minimum	0,01	-0,0031
Standart Sapma	0,03941	0,002233
Güvenilirlik Aralığı (%95)	0,000432	2,45E-05

#### **4.4. Mermer Plakasının Parlaklık Ölçüm Bulguları**

Üçüncü bölüm alt başlıklarında da kısaca tanımlandığı gibi mermer yüzeyinin parlaklığı bir seri aşındırma sürecinden sonra en son aşamada bir veya iki aşamalı sentetik parlatma taşlarının kimyevi olarak malzeme yüzeyi ile reaksiyona girmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, mermer yüzeyinde kimyasal reaksiyondan oluşan bir ince sentetik tabaka meydana gelmektedir. Bu tabakanın ve altındaki yüzeyin yapısındaki mineral içeriğine bağlı olarak yüzeye gelen ışının yansıyıp veya soğurulmasına bağlı olarak parlaklık veya matlık gözlenmektedir. Yüzeyde oluşan sentetik tabakanın kalınlığı ve saydamlığı parlaklığı önemli etkenlerdendir. Bu tabakanın kalitesine bağlı olarak nicel parlaklık değişik değerler alabilmektedir.

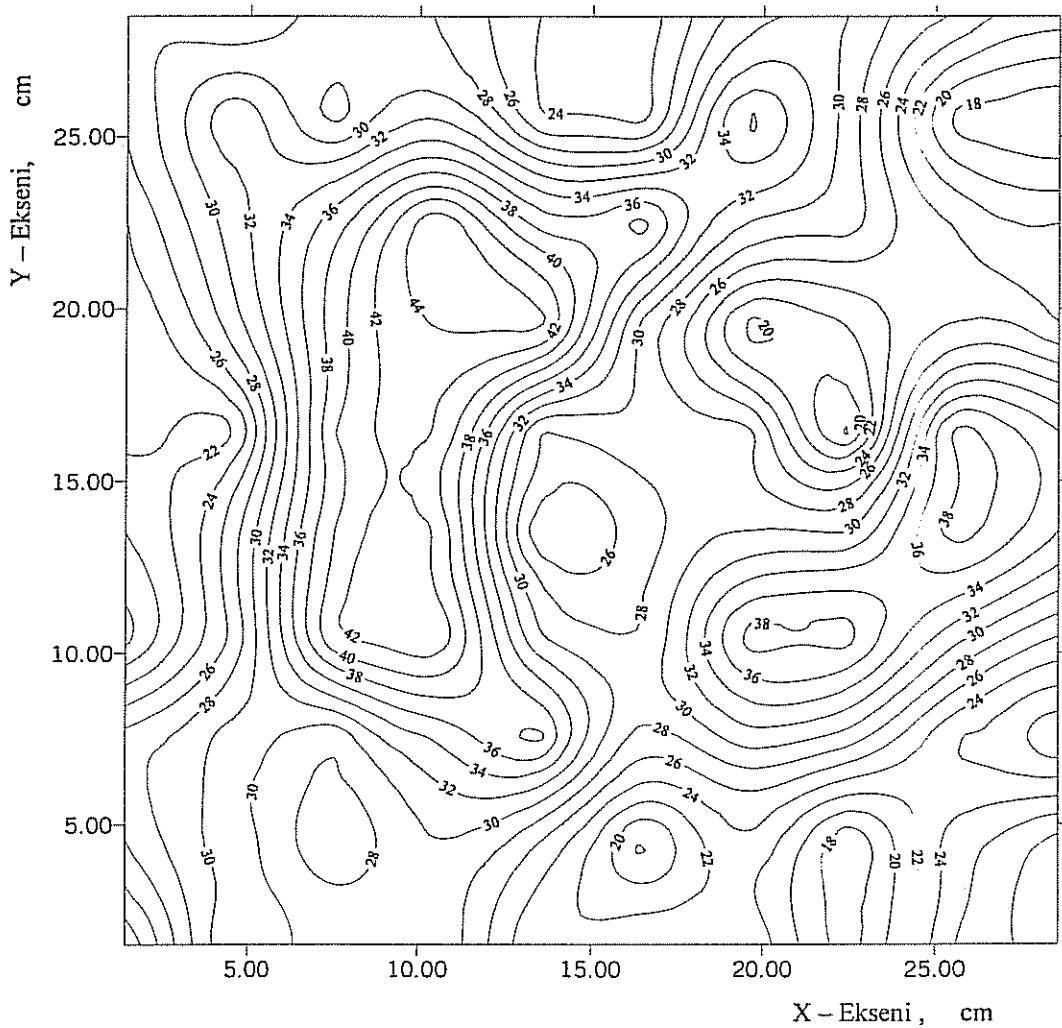
Bu proje çalışmasında, pürüzlülük ölçümlerindeki Newyork mermer örneği kullanılarak yüzey parlaklığının nicel olarak ölçülmü yapılmıştır. Her bir örnek 100 eşit alana bölünerek, üçüncü bölüm ikinci alt başlığında tanımlanan yöntem doğrultusunda,  $9 \text{ cm}^2$  lik kesitlerde parlaklık ölçümleri yapılmış ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Lazer kaynağından gelip yüzeyden yansıyan ışınlar CCD kameranın objektifinde belli bir piksel alanına düşmekte ve sayısal değerlere dönüştürülen görüntünün ortalaması alınmaktadır; böylece o kesitin parlaklığı elde edilmektedir. Bu şekilde bütün yüzeyin parlaklık değeri ortalamaya olarak bulunmaktadır. Kullanılan üç farklı Newyork mermer örneğinin birincisinde, yani 120 mesh'e kadar aşındırma yapılan örnek, parlaklık değeri 9.79 gibi çok düşük bir değer vermiştir. İkinci ölçümde ise 320 Mesh'e kadar aşındırma işlemeye tabii tutulan mermer örneği kullanılmıştır. Bu ölçümde, parlaklık değeri 28.76 civarında bulunmuştur. Üçüncü ölçümde ise, silim hattının sonundan alınan yani işlenmiş olan nihai mermer fayansı kullanılmış ve parlaklık değeri 66.43 olarak elde edilmiştir.

Parlaklık ölçümleri yapılan örneklerin nicel parlaklık değerlerinden yararlanılarak eş yükselti eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eş yükselti eğrileri Şekil 4.11-12'de verilmiştir.



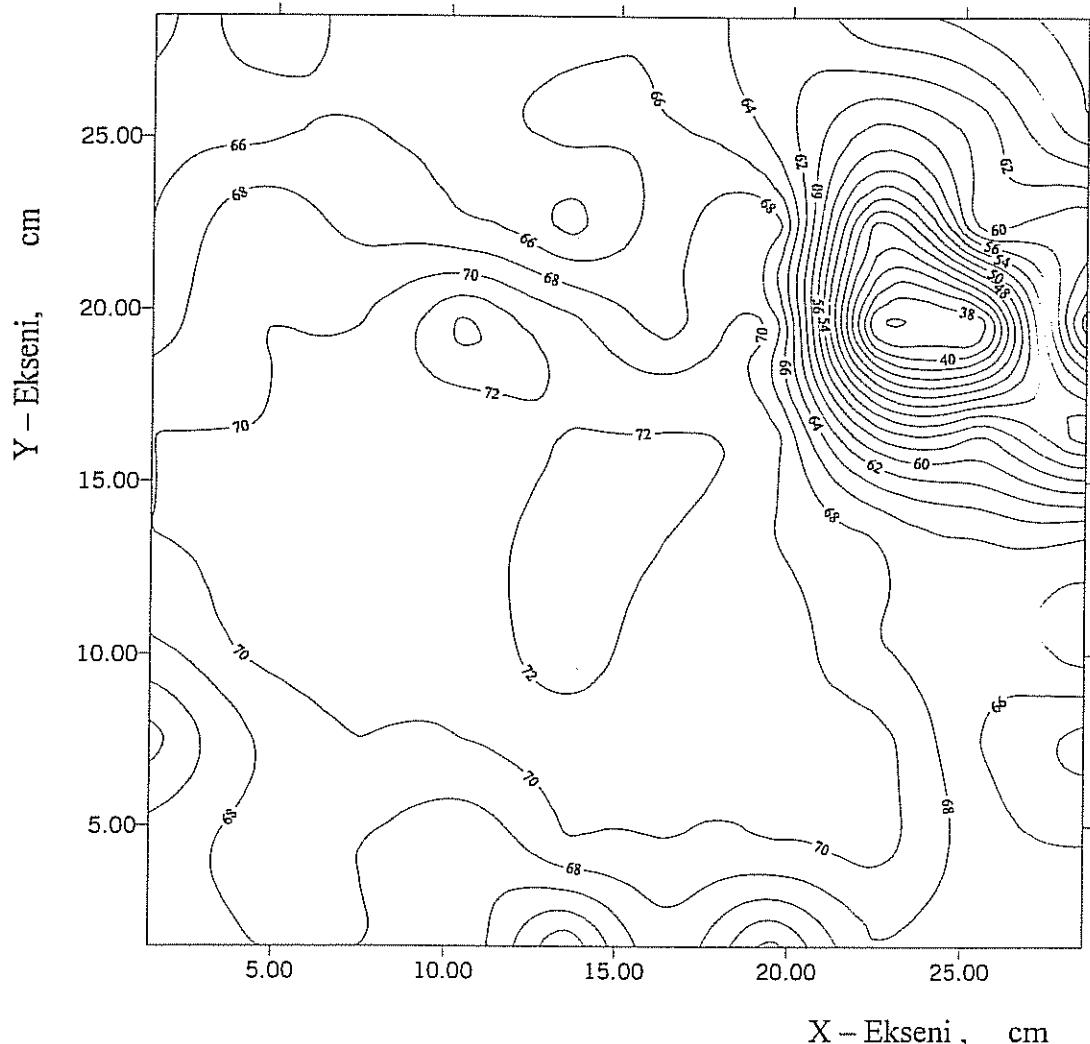
Şekil 4.11. 120 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi

Şekil 4.11'deki parlaklık eş yükselti eğrileri incelendiğinde aynı örneğin pürüzlülük haritasıyla çok fazla uyumlu olmadığı görülmektedir. Pürüzlülüğün yüksek olduğu alanlarla düşük olduğu alanlar arasındaki parlaklık eş yükselti eğrileri arasında belirgin bir farklılık görülmemektedir. Örneğin köşelerinde az da olsa parlaklık ölçüm değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir.



Sekil 4.12. 320 Mesh'e Kadar Aşındırılan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi

Bu örneğin eş yükselti eğrileri de aynı örneğin yüzey pürüzlülük haritasıyla uyumlu bir davranış göstermemektedir. Mermer yüzeyinin pürüzlülüğünün azalması parlaklık eş yükselti eğrilerinin farklı değerler almalarını sağlamıştır. Bu aşamada parlaklık eş yükselti eğrilerinden parlaklık performansına ilişkin kesin sonuçların ortaya konması sakıncalı olabilir; çünkü nice parlaklık değerleri çok düşük seviyelerdedir.



Şekil 4.13. Aşındırma ve Cılalama İşlemine Tabii Tutulan Örneğin Eş Yükselti Eğrisi

Nihai ürünün eş yükselti eğrileri incelendiğinde nicel parlaklık değerlerinde homojen bir dağılımın olduğu açıkça görülmektedir. Bu örneğin, sağ üst köşesinde çok düşük parlaklık eş yükselti eğrileri gözlenmektedir. Örneğin yüzey pürüzlülük haritası incelendiğinde eş yükselti eğrilerinin pürüzlülük ölçümleriyle uyumlu olduğu görülecektir.

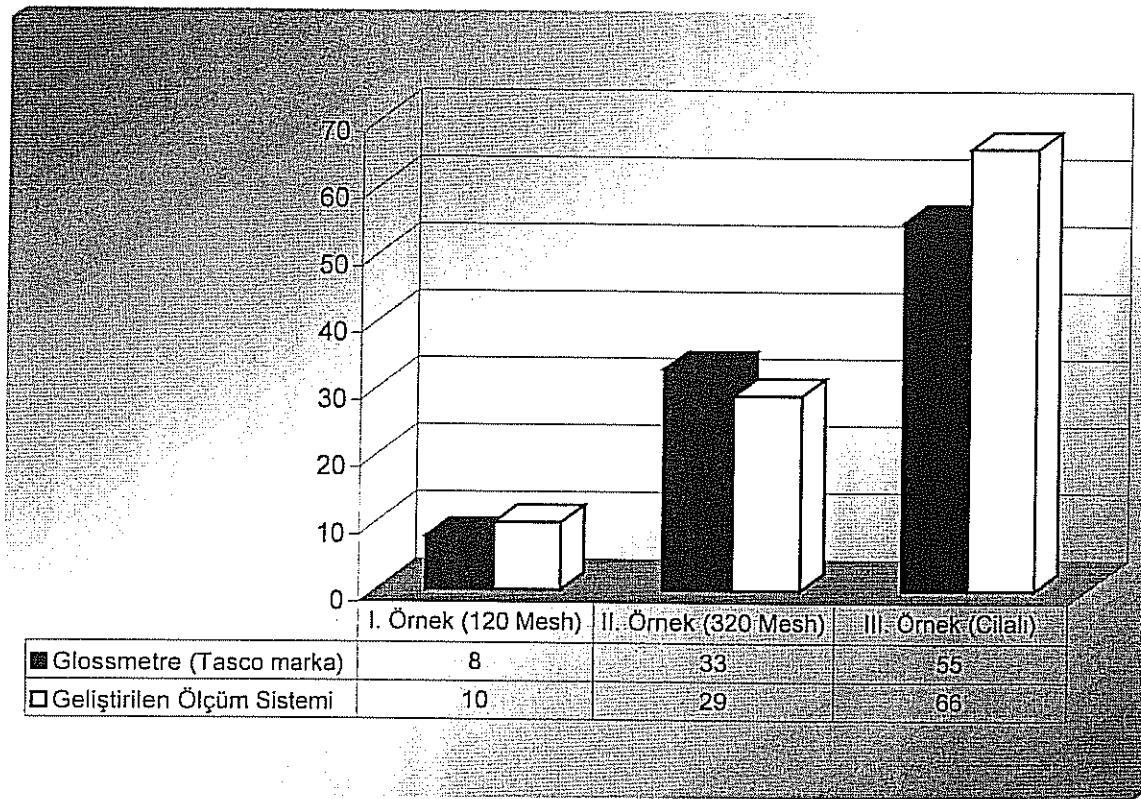
Geliştirilen ölçüm sistemiyle elde edilen parlaklık ölçüm sonuçlarının ortalama, maksimum, minimum, standart sapma ve güvenilirlik aralığı gibi istatistiksel analizleri yapılarak Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Geliştirilen ölçüm sistemle elde edilen parlaklık sonuçlarının istatistiksel analizleri

Parlaklık (%)	Ölçüm Örneği		
	I. Örnek (120 Mesh)	II. Örnek (320 Mesh)	III. Örnek (Cilali)
Ortalama	9.79	28.76	66.43
Maksimum	16	46	75
Minimum	4	16	35
Standard Sapma	2.80	7.13	6.38
Güvenilirlik Aralığı (%95)	0.55	1.40	1.25

Bu sistemle elde edilen yüzey parlaklık sonuçları, ticari parlaklık ölçer olan bir glossmetre (Tasco marka) ile karşılaştırılmış ve sonuçların uygunluğu gözlenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen ölçüm sonuçları Şekil 4.14'de karşılaştırılmıştır. Parlaklık ölçümlerinin birbirine yakın çıkması, geliştirilen bu sistemin doğal taş sektörüne yönelik bir düzenek olması ve ticari parlaklık ölçerin bu alandaki kullanım eksikliklerini ortadan kaldırması açısından önemlidir. Üçüncü bölümde de kısaca tanımlandığı gibi ticari parlaklık ölçerler seramik, plastik veya metal gibi malzemelerin parlaklıklarının ölçülmesi amacıyla üretildiği için  $1 \text{ cm}^2$  gibi düşük ölçüm alanları ölçebilmektedir. Bu tür cihazlarla, mermer gibi geniş yüzey alanına sahip ve aynı zaman homojen olmayan malzemenin parlaklık değerinin bulunması oldukça zordur. Geliştirilen sistem ile, ticari parlaklık ölçere göre 10 kat daha büyük bir alanın ortalama parlaklık değeri elde edilmektedir. Elde edilen nicel parlaklık değerleriyle yüzeyin parlaklık eş yükselti eğrileri çıkarılarak parlaklığın dağılımı kolayca gözlenebilmektedir.

Parlaklık ölçüm sonuçlarından belli bir silim kafasına kadar parlaklığın çok fazla değişmediği ortaya çıkmıştır; bu çalışmada 320 Mesh'e kadar olan aşındırma işlemeye kadar çok fazla bir fark yokken cilalanmış nihai ürünlerde parlaklık değeri bir sıçrama göstermiştir. Bu nedenle parlaklık ölçüm değerlerinin silim hattındaki abrasif kafaların aşındırma performanslarının tanımlanmasında kullanılması yaniltıcı sonuçlar verebilir. Bu savın daha sonraki çalışmalarla detaylandırılıp araştırılması yerinde olacaktır.



Şekil 4.14 Geliştirilen Sistem ve Ticari Parlaklık Ölçer Ölçüm sonuçlarının Karşılaştırılması

## BÖLÜM 5

### Sonuç

TÜBİTAK'ın desteklediği bu çalışma sonucunda aşındırma performanslarını ölçebilecek 3-boyutlu pürüzlülük sistemi ve parlatma derecesini nicel olarak belirleyecek ölçüm ve değerlendirme sistemi geliştirilmiştir. Ölçüm sonuçları tutarlı, hassas ve güvenilirlik sınırları içerisindeidir. Ölçümler ASTM ilkeleri doğrultusunda yapılmıştır. Bu sistem veya benzerleriyle mermer aşındırma, parlatma işlemlerinde ve araştırmalarında en ekonomik, optimum aşındırma aralığı, süresi ve aynı zamanda parlatma işleminde cilalama miktarı ve süresinin en ideal kombinasyonlarının bulunmasında faydalı olacaktır.

Geliştirilen sistem yatay düzlemdeki ve dikey konumdaki hareketleri x, y ve z koordinat değerleri olarak elde etmektedir. Bu nedenle bu değerler, ölçüm yapılacak herhangi bir çalışma alanındaki elde edilmek istenen değişkenler olabilir. Burada z değişkeni, x, y koordinatlarına karşılık gelen pürüzlülük sisteminde deplasman, parlaklık sisteminde ise yansımaya yüzdesi değerleridir.

Bu çalışmada, aşındırma-cılalama işlemine tabii tutulmuş mermer yüzeylerinin nicel pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri yapılarak, doğal taş sektöründe kalite belirlemesi açısından yeni bir boyut getirilmek istenmiştir. Mermecilik sektöründe, kişilerin becerisiyle doğrudan

alaklı olan kalite belirleme işlevi yerine daha tutarlı ve sabit kalite belirteci olan sayısal değerlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu tür araştırmalarla, silim hatlarındaki performans çalışmaları bilimsel bir zeminde araştırılarak, elde edilen ürünlere bağlı olarak kaliteli ve ekonomik işleme yöntemleri elde edilecektir.

Nicel parlaklık değerlerinin, silim hatlarındaki, abrasiv kafaların sıralama performansı ölçümlerinde kullanılması kesin yargılara varılması açısından sakıncalı olacağı bu çalışmada görülmüştür. Nihai ürünlerin parlaklık performanslarının değerlendirilmesi amacıyla parlaklık ölçümleri yapılabilir. Silim hattındaki abrasiv kafaların performansına artırmaya yönelik araştırma-geliştirme çalışmalarında pürüzlülük ölçüm sisteminin kullanılması daha randımanlı ve sağlıklı sonuçlar verecektir.

Geliştirilen her iki sistem de şu aşamada laboratuar ölçekte randımanlı çalışabilecek kabiliyettedir. Sistemin endüstriyel amaç doğrultusunda geliştirilmesi gerekmektedir. Bu da ancak sistemi oluşturan elemanların endüstriyel bir mermer işleme tesinine uyarlanmasıyla olabilecektir.

Bu çalışma, mermer yüzeylerinin pürüzlülük ve parlaklık açısından mermerin fiziksel, kimyasal ve petrografik, mineralojik farklılıklarının da göz önünde bulundurularak ilerletilmesi gerekmektedir.

Bu proje çalışmasıyla geliştirilen her iki sistemde doğal taş sektöründe kullanılan silim kafalarının geliştirilmesi, optimizasyonu ve her bir doğal taş cinsinin parlatılabilirlik koşullarının iyileştirilmesi için araştırmalara yön ve temel olacak düzeydedir. Uygulamaya

yönelik çalışmaların arttırılması, sistemin uygulanabilir ve verimliliğinin artırılması açısından gereklidir.

## Kaynaklar

1. ASTM D 523, Standard Test Method for Secular Gloss, volume 6.01, p. 32-36 (1994).
2. Budde, W., "Stability Problems in Gloss Measurements" Journal of Coatings Technology, volume 52, p.4-48 (1980).
3. Gentier, S. & Riss, J., "Quantitative Description and Modelling of Joints Morphology" Proc. of Rock Joints, p.375-382 (1990).
4. Hunter, R.,S., 1975, The Measurement of Appearance, Wiley Interscience, New York.
5. Lanaro, F., "A Random Field Model for Surface Roughness and Aperture of Rock Fractures" International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences & Geomech. Abstr., volume 37, p.1195-1210 (2000).
6. Lamas, L.N., "An Experimental and Analytical Study of the Roughness of Granite Joints" Proc. of Eurock'96, p.117-126 (1996).
7. Lumbreras, F., Serrat, J., "Segmentation of Petrographic Images of Marbles" Computer and Geosciences, volume, 22 p.547-558 (1996).
8. Maerz, N.H. & Franklin, J.A., "Roughness Scale Effects and Fractal Dimesion" Proc. of Scale Effects in Rock Masses, p.121-126 (1990).
9. Passas, N., Butenueth, M., Freitas, M.H., "A Non Volumetric Method of Measuring the Ratio of Solids and Voids in Porous Materials with Computer Aided System" Bull. IAEG, volume 53, p. 83-95 (1996).
10. Sfondrini, G. & Sterlacchini, S., "Influence of Joint Roughness on Discontinuity Shear Strength" Proceeding of Eurock'96, p.135-142 (1996).

11. Thapa, B.B., Ke, T.C., Goodman, R.E., Tanimoto, C. & Kishida, K., "Numerically Simulated Direct Shear Testing of Insitu Joint Roughness Profiles" International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences & Geomech. Abstr., volume 33, p.75-82 (1996).
12. Wang, W, "Image Analyses of Aggregates" Computers and Geosciences, volume 25, p. 71-81 (1997).
13. ZES, Abrasiv Yapısının Genel Özellikleri, ZES Abrasiv Firması Tanıtım Katalogu, Afyon, (1998), pp:4.

<b>BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU</b>	
<b>1- Proje No:</b> MİSAG - 101	<b>2- Rapor Tarihi:</b> 12 Aralık 2001
<b>3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 14 Mart 1997 - 12 Aralık 2001	
<b>4- Projenin Adı:</b> Mermer Teknolojisinde Pürüzlülük-Parlatılabilirlik Ölçüm ve Değerlendirme Sistemlerinin Geliştirilmesi ve İmalatı	
<b>5- Proje Yürüttücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar:</b> Y. Doç. Dr. Dursun Sarı Dr. Taylan Bozdağ	
<b>6- Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi:</b> Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü 06531 ANKARA	
<b>7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b>	
<p><b>8- Öz (Abstract):</b> Aşındırma ve parlatma işlevleri mermecilik sektöründe en önemli aşamalardandır. Son yıllarda gelişen mermer teknolojisine paralel olarak bu aşamalar genel olarak optimum aşındırıcı ve parlatıcı geliştirilmesi açısından çalışılmıştır. Optimum aşındırıcı tasarımını ve yüzey pürüzlülüğünün doğru ve hassas ölçülmesiyle direkt alakalıdır. Şu anda varolan ölçüm sistemleri yüzey pürüzlülüğünü iki boyutlu ve dar bir alanda (yaklaşık&lt;3 cm) ölçebilmektedir. Bu proje çalışmasında daha geniş bir alanı kapsayan, ölçüyü yapılan mermer yüzeyinin tamamını kapsayacak (ör. 30x30 cm) şekilde ve üç boyutlu pürüzlülük dağılımını oluşturan sistem geliştirilmiştir. Diğer yönden, parlatılmış yüzeylerin kalitesinin belirlenmesi gözlemler bulgularla yapılmaktadır; bu da doğal olarak kişilere bağlı göreceli bir kavram olarak kalmaktadır. Bu nedenle, parlatılan doğal taşların yüzey kalitesini nicel olarak belirleyecek ölçüm ve değerlendirme sistemi geliştirilmiştir.</p>	
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Pürüzlülük, Parlatılabilirlik, Mermer, Aşındırıcı, Nicel Parlaklık	
<b>9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler</b>	
<b>10- Bilim Dalı:</b>	
<b>Doçentlik B. Dah Kodu:</b> <b>Uzmanlık Alanı Kodu:</b>	<b>607.01.01</b>
<b>ISIC Kodu:</b>	
<b>11- Dağıtım (*):</b> <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
<b>12- Raporun Gizlilik Durumu:</b> <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	