

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3 BOYUTLU TARAYICI TASARIMI VE İMALATI

Baran GÜZELER

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2013

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3 BOYUTLU TARAYICI TASARIMI VE İMALATI

Baran GÜZELER

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2013

Prof. Dr. Cengiz DOĞAN danışmanlığında, Baran GÜZELER'in hazırladığı “ 3 Boyutlu Tarayıcı Tasarımı ve İmalatı ” konulu bu çalışma 15/02/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Cengiz DOĞAN

Üye : Yrd.Doç.Dr. Nurettin BEŐLİ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Bülent AKTAŐ

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. Seyit TEMİR
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, izelge, Şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1. Tarayıcı Tasarımı.....	7
3.1.1. Tarayıcının mekanik aksamı.....	8
3.2. Lazer.....	17
3.2.1. Lazerli mesafe ölçüm yöntemleri.....	17
3.2.2. Uçuş süresi ölçüm yöntemi.....	18
3.3. Tarayıcı Bileşenleri.....	19
3.3.1. Lazer prob.....	19
3.3.2. Encoderlar.....	20
3.3.3. PLC'nin Tanımı ve Yapısı.....	21
3.3.4. PLC Programlama.....	22
3.4. Yazılım.....	23
3.5. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı Sisteminin Akış Mekanizması.....	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	26
4.1. PVC'den Mamul TE Parçasının Taranması.....	26
4.2. Pinpon topunun Taranması.....	39
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ.....	52
ÖZET.....	53
SUMMARY.....	54

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

3 Boyutlu Lazer Tarayıcı Tasarımı ve İmalatı

Baran GÜZELER

Harran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Cengiz DOĞAN

Yıl:2013 , Sayfa 54

Nesnelerin sahip olduğu boyutları herhangi bir yöntemle koordinatlara çevirmek, tarama işlemidir. Tarama işlemi birçok mühendislik dalında kendine uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışmada üç boyutlu tarayıcı tasarımı ve imalatı incelenmiştir. Çalışmada üç boyutlu tarayıcının mekanik bileşenin tasarımı ve imalatı yapılmış ve lazer bir prob, PLC ve encoder eklenmiştir. Üç boyutlu lazer tarayıcı ile çeşitli koşullar altında farklı nesnelere taranmış elde edilen veriler kişisel bilgisayara kaydedilmiş ve bunlardan üç boyutlu yüzeyler oluşturulmuştur. Farklı tarama süreleri, tarama sıklığı, veri kaydetme frekanslarında tarayıcının performansı incelenmiştir. Tarama sonuçları değerlendirilip, sistemin geliştirilmesine ilişkin yollar önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Lazer tarama, üç boyut, katı model.

ABSTRACT

MSc Thesis

DESIGN AND MANUFACTURE OF 3 DIMENSIONAL LASER SCANER

Baran GÜZELER

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor : Prof. Dr. Cengiz DOĞAN

Year:2013 , Page: 54

To show the dimensions of the objects by using some methods at the coordinated system is scanning. Scanning transaction has scope of application at many engineering branches. At this study three-dimensional scanner design and manufacturing is analysed. At the study, mechanical component of the three-dimensional scanner is designed and manufactured and a laser prob, PLC and encoder is added to the scanner. Different objects with different conditions are scanned with the laser scanner and the gathered data is recorded at personal computer and three-dimensional surfaces are developed from this data. The scanner's performance is investigated under different scanning periods, frequency and data recording frequency. Scanning results are evaluated and some different ways are suggested for improvement of the system.

KEY WORDS: Laser scan, three dimension, solid model.

TEŞEKKÜR

Bu teze konu olan tarayıcının tasarımında ve imalatındaki çok kıymetli emekleri bulunan, lisans derslerimi aldığım yıllarda ve danışmanlık dönemindeki eşsiz rehberliği ve yol göstericiliği için Sayın Prof. Dr. Cengiz DOĞAN'a, tezin yazım aşamasında yazılım ile ilgili çok değerli yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Nurettin BEŐLİ hocama, teknik resim ile ilgili her sorumu yanıtlayan yardımını hiçbir zaman esirgemeyen Öğr. Gör. M. Vehbi BALAK hocama, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesindeki saygı değer diğer hocalarıma ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı.....	8
Şekil 3.2. Tarayıcı ayağı.....	9
Şekil 3.3. İkinci temel bileşen izometrik görünüm.....	10
Şekil 3.4. İkinci temel bileşen önden görünüm.....	11
Şekil 3.5. İkinci temel bileşen C-C kesit görünüm.....	12
Şekil 3.6. İkinci temel bileşen üstten görünüm.....	12
Şekil 3.7. Üçüncü temel bileşen izometrik görünüm.....	13
Şekil 3.8. Üçüncü temel bileşen önden ve yandan kesit görünüm.....	14
Şekil 3.9. Üçüncü temel bileşen yandan görünüm.....	15
Şekil 3.10. Sistemin resmi.....	16
Şekil 3.11. Darbeli Uçuş Süresi Ölçüm Yöntemi.....	18
Şekil 3.12. Lazer mesafe ölçer.....	19
Şekil 3.13 Sistemde Kullanılan Encoder.....	20
Şekil 3.14. Sistemde Kullanılan PLC.....	21
Şekil 3.15. PLC adım diyagramı.....	22
Şekil 3.16. PCway programı.....	23
Şekil 3.17. PCway verilerini kaydeden Excel makrosu komut satırları.....	24
Şekil 3.18. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı Sisteminin Akış Mekanizması.....	23
Şekil 4.1. PVC den mamul Te parçası.....	26
Şekil 4.2. PCway programı ile veri kaydedilmesi.....	27
Şekil 4.3. Solidworks içine eğri verilerin atılması.....	36
Şekil 4.4. Solidworks içine atılmış eğrinin görseli.....	36
Şekil 4.5. Solidworks içindeki eğrilerin izometrik ve üç görünüşü.....	37
Şekil 4.6. Loftlu yüzey oluşması.....	38
Şekil 4.7. Loftlu yüzeyin üç görünüşü.....	38
Şekil 4.8. Pinpon topu.....	39
Şekil 4.9. Pinpon topu eğrileri.....	47
Şekil 4.10. Pinpon topu katı yüzey.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. PVCden mamul Te parçasının eğrilerine ait koordinatlar.....	28
Çizelge 4.2. Pinpon topu eğrilerine ait koordinatlar.....	40

1. GİRİŞ

Günümüzde karmaşık yüzeyli parçalar genellikle CNC tezgâhlarında işlenmektedir. CNC tezgâhları G-kodu adı verilen birçok satırdan oluşan ve tezgâhı yönlendiren veriler yardımıyla. G-kodlarını teknik resimlerden otomatik üreten mastercam isimli ve benzeri birçok program vardır. Ancak bu programlarda G-kodlarını üretmek için parçaların teknik resimlerinin çizilmesi gerekmektedir. Parçaların teknik resimlerini çizmek hata yapmaya açık, uzun süren ve eğitimli operatör gerektiren bir durumdur. Parçaların yüzeyleri karmaşık yapıda olduğunda teknik resimleri yapmak daha zorlaşır. Karmaşık yüzeyli parçalara ait üç boyutlu yüzeylerin çizilmesi işlemi yapan lazer kameralar mevcuttur. Bu kameraların fiyatları çok yüksek olduğundan ülkemizde birkaç firmada mevcuttur. Bu tür parçaların üretimi büyük bedeller ödenerek yurt dışındaki (İtalya, Almanya) firmalara yaptırılmaktadır.

Bu çalışmada nesnelere üç boyutlu modellerini oluşturmak için bir sistem tasarlanıp imal edilmiştir. İmal edilen sistem ile taranan yüzeylerin Kartezyen koordinat sistemindeki X, Y, Z, değerleri ölçülmüştür. Bu değerler işlenerek çeşitli programlar yardımıyla taranan parçaların üç boyutlu katı modelleri oluşturulmuştur.

Üç boyutlu lazer tarayıcılar günümüzde imalat, tersine mühendislik, ar-ge faaliyetleri, tıbbi görüntüleme ve modelleme, arkeolojik eserlerin yenileme ve rölyeflenmesi gibi birçok farklı disiplinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar, 1960 yılından bu yana gelişerek ve hızlanarak artmıştır.

Üç boyutlu lazer tarayıcı teknolojisi, yeni bir gelişim yönünün önünü açmıştır. Bu yüzden, birçok bilim adamı ve üretici firma, üç boyutlu lazer tarayıcı teknolojisinin önemini farkına varıp daha fazla ilgi duymaya başlamışlardır. Son yıllarda, bu konuyla ilişkili pek çok teknoloji ve ürün piyasaya çıkmıştır. Birçok

şirket ve araştırma enstitüsü, bu teknoloji için araştırma yapmak ve sistemi geliştirmek için oldukça fazla kaynak sarf etmektedir (Reshetyuk, 2005).

Bugün üç boyutlu modellerin otomatik olarak elde etmek mümkündür. Otomatik modellemede bu çalışmaya konu olan taramadır. Üç boyutlu tarayıcılar iki boyutlu belge tarayıcıların taranan cismin dijital bir kopyasını oluşturmaya benzer bir şekilde gerçek bir nesneyi veya çevreyi çözümleyerek, o nesnenin veya çevrenin şekli hakkında veri toplayan cihazlardır. Toplanan bu veriler nesnenin veya çevrenin birçok uygulamada faydalanılan üç boyutlu dijital modelinin oluşturulmasında kullanılabilir (Koyuncu, 2010).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Birçok mühendislik dalı içerisinde kendine uygulama alanları bulan üç boyutlu tarama hakkında birçok çalışma yapılmıştır aşağıda bunlardan bazıları belirtilmektedir.

Boehler ve Marbs (2003), lazer tarama hassasiyetinin araştırılması konulu çalışmalarında farklı lazer kaynakları ve farklı tarama yöntemleriyle elde edilen verileri çeşitli uygulamalar özelinde incelemiştir.

Moening ve Dodgson (2004), nokta bulutları oluşturmak ve nokta bulutlarında yüzeyler elde etme teknikleri ile ilgili çalışmalarında, karmaşık geometrilere oluşan nokta bulutlarını işleme yöntemleri ortaya koymuşlardır.

Delikanlı ve ark. (2005), hızlı prototipleme konsepti olarak ortaya çıkan Stereolithography (SLA) teknolojisini incelemiş, çalışmalarında hızlı prototipleme ve hızlı imalat teknolojilerinin yeri ve gelişimi ele alınmıştır, bu yöntemlerle üretilmiş parçaların kullanım alanları ve malzeme cinsleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Sonuçta ise bu teknolojinin sağladığı avantajlar üretim teknolojilerinde açtığı yeni ufuklar hakkında bilgiler verilmiştir.

Kasap (2006), lazerle taranan (aktif tarama) nesnenin noktalar kümesinden oluşan 3 boyutlu modelini çıkartan sistem geliştirilmiştir. Sistem tasarımında Delphi 7 görsel programlama dili, 2 web kamera, lazer ve kamera kalibrasyon paterni kullanılmıştır. Aktif tarama yöntemi kullanılarak nesnelere ait 3 boyutlu modelin oluşturulabilmesi için, 2 boyutlu resim düzlemi görüntüsüyle 3 boyutlu dünya koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi tanımlayan kamera ölçümleme parametreleri hesaplanmıştır.

Berbercuma (2006), 3 boyutlu tarayıcılar incelenmiş; konu ile direkt bağlantısı olan Tersine Mühendislik süreci araştırılmış ve Koordinat Ölçme Cihazları da dâhil

edilerek kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmasında 3 boyutlu tarayıcılar ile CMM arasındaki farkları belirtilmiş ve inceleme örneği olarak türbin çarkına yer verilmiştir. Türbin çarkı 3 boyutlu tarayıcıda taranmış ve nokta bulutundan CAD ortamında Unigraphics NX programı kullanılarak tekrar oluşturulmuştur.

Aba (2006), aynı anda birden fazla kamera kullanarak kameraların farklı ortamlarda birbirleri ve ortamla uyumlu bir şekilde çalışabilmeleri için kalibrasyonlarını incelemiştir. Kamera parametreleri çıkarıldıktan sonra, modellenmesi istenen nesnenin resimleri her bir kameradan aynı anda alınması ile ilgili çalışmıştır.

Rabbani (2006), çalışmasında nokta bulutları ve görüntülerden endüstriyel olarak kullanılabilir, yarı otomatik, üç boyutlu modelleme, yöntem ve teknikleri incelemiştir. Görüntüleri alınmış nesnelere ait üç boyutlu nokta bulutu bilgilerini nesne yapısal özelliklerinin şablon olarak kullandığı bir sistem oluşturmuştur. Çalışmasında oluşturduğu sistemin üstünlük ve eksiklerinin değerlendirmiştir.

Toklu (2009), Üç boyutlu modelleme ve lazer üçgenleme (“Laser Triangulation”) yöntemiyle yüzey tarama konusunda bir çalışma yapmıştır. Dikey bir lazer ışın demeti vasıtasıyla taranan yüzeyin görüntülerini, kamera aracılığıyla bilgisayara aktarmıştır. Bu görüntülerin işlenmesi sonucunda, taranan yüzeyin üç boyutlu sayısal modeli bilgisayara kaydedilmektedir.

Aşkın (2009), yersel lazer tarayıcı ile elde edilmiş nokta bulutu kümelerinden gerçeğe yakın üç boyutlu model üretim teknikleri ve karşılaşılan problemleri incelenmiş, modelleme aşamaları ve algoritmaları ortaya koyularak problemlere çözüm yöntemleri üretilmiştir.

Balta (2009), çeşitli veri toplama yöntemleri ile elde edilen, nokta bulutu verilerini cisim yüzey ve hacim bilgisini ifade eden ham verilerin, bilgisayar ortamında gösteriminde ilk aşama olan örme yüzey üretilmesini ele almıştır.

Koyuncu (2010), belirli büyüklüklerdeki nesnelerin makul bir süre zarfında üç boyutlu modellerini çıkarabilecek, düşük maliyetli tarayıcı imali sürecini incelemişlerdir. Yapılan tarayıcı doğrusal bir Helyum-Neon lazer ışık kaynağı, iki kamera, bir adım motoru, motor kontrol kartı ve bir kişisel bilgisayar kullanmıştır. Nesneler, adım motoru ile bilgisayardan hareket ettirilen döner platforma yerleştirilmiş, üzerlerine lazer ışık gönderilmiş ve kameralar bu şekilde görüntü yakalamıştır. Görüntülerde nesne yüzeyine düşen ve yansıyan ışığın gözlemlendiği resim ögesi pozisyonları kullanılmış bilgisayar vasıtasıyla 3B sanal modeller oluşturulmuştur. Bazı örnek nesneler üzerinde bu adımlar uygulanmış ve sonuç olarak oluşturulan 3B modellerin isabetliliğini incelemiştir.

Küllü (2010), çalışmasında belirli büyüklüklerdeki nesnelerin makul bir süre zarfında 3 boyutlu modellerini çıkarabilecek, düşük maliyetli bir 3B tarayıcı inşa etmiştir. Sistemin yapımı sırasındaki değerlendirmelerde maliyet, isabetlilik, nesne büyüklükleri, nesne özellikleri ve zaman konularıyla ilgili beklentiler açıkça belirtilmiştir.

Pektur ve Candan (2010), otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan turbo şarjın bir parçası olan salyangozun bilgisayar destekli tasarım ve imalat yöntemleri kullanılarak üretiminin gerçekleşmesini incelemişlerdir.

Kumbay (2010), lazer üçgenleme yönteminin temel ele alarak, foto-alıcı olarak pozisyon hassasiyetli algılayıcı kullanmıştır. Hedeften yansıyan ışığı odaklayıcı mercek üzerinden aygıtının ışığa duyarlı yüzeyinde toplamış ve foto-akım üretmiştir. Ürettiği foto-akım sayesinde mesafe bilgisi elde etmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Autodesk Solidworks programı ile nesnelerin üç boyutlu katı modellerinin elde etmek için, önce taranacak yüzeye ait eğriler oluşturulmaktadır. Yüzey eğriler üç koordinatı da bilinen noktaların dizilmesi ile elde edilir. Tarama sırasında, sıra ile noktaların koordinatları (X,Y,Z) tespit edilerek bir tablo oluşturulmaktadır. Oluşturulan eğriler Autodesk Solidworks Programı Loft komutu ile karmaşık yüzey haline dönüştürülmektedir.

Tasarlanarak imal edilen üç boyutlu tarayıcı sistemi ile yüzeylere ait noktaların koordinatları elde edilerek kaydedilmiştir. Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan tarayıcı sisteminde, noktanın Z koordinat lazer prob ile X ve Y koordinatları encoder bağlantılı vidalı miller ile ölçülmektedir. Elde edilen veriler PLC vasıtasıyla PCway programı üzerinden Excel tablosu haline getirilmektedir.

Bu çalışmada üç boyutlu bir lazer tarayıcı tasarlanıp imalatı yapılmış, çeşitli koşullar altında cihazdan elde edilen veriler incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak CNC router tasarlanmış ve tasarlanan bu tezgâha uçuş zamanı ölçme (flight of time) prensibiyle çalışan bir lazer adapte edilmiştir. CNC ve lazerden gelen veriler bir programlanabilir akıllı kontrol (PLC) cihazı yardımıyla birleştirilip işlendikten sonra Panasonic Pcway ve Microsoft Excel isimli yazılımlarla taramada elde edilen verilerden nokta koordinatları oluşturulmuştur. Nokta koordinatları nihaiyi olarak eğri verilerine çevrilip Autodesk Solidworks Programıyla katı yüzeyler elde edilmiş, bu yüzeylerden katı model oluşturulmuştur.

3.1. Tarayıcı Tasarımı

Üç boyutlu lazer tarayıcı tasarımına tezgâhın tasarımı ve imalatı ile başlanmıştır. Tarama verilerinin doğruluğu tezgâhın birçok özelliğine bağlıdır. Tezgâhın çok hassas kontrol edilebilmesi, minimum miktarda titreşim oluşturması tasarımın en belirleyici kistası olmuştur. Hassas kontrol için gelişmiş encoderlar kullanılmıştır. Tarayıcı gövdesinde sıklıkla CNC imalinde kullanılan, yataklama ve kurulumu nispeten kolay, rahat ayarlanabilir olan vidalı miller ve rulmanlı yataklar seçilmiştir. Gövde ve taşıyıcı kısım temini ve işlemesi kolay dayanıklı ve rijititesi yüksek kalın saç malzemeye imal edilmiştir (Şekil 3.1.).

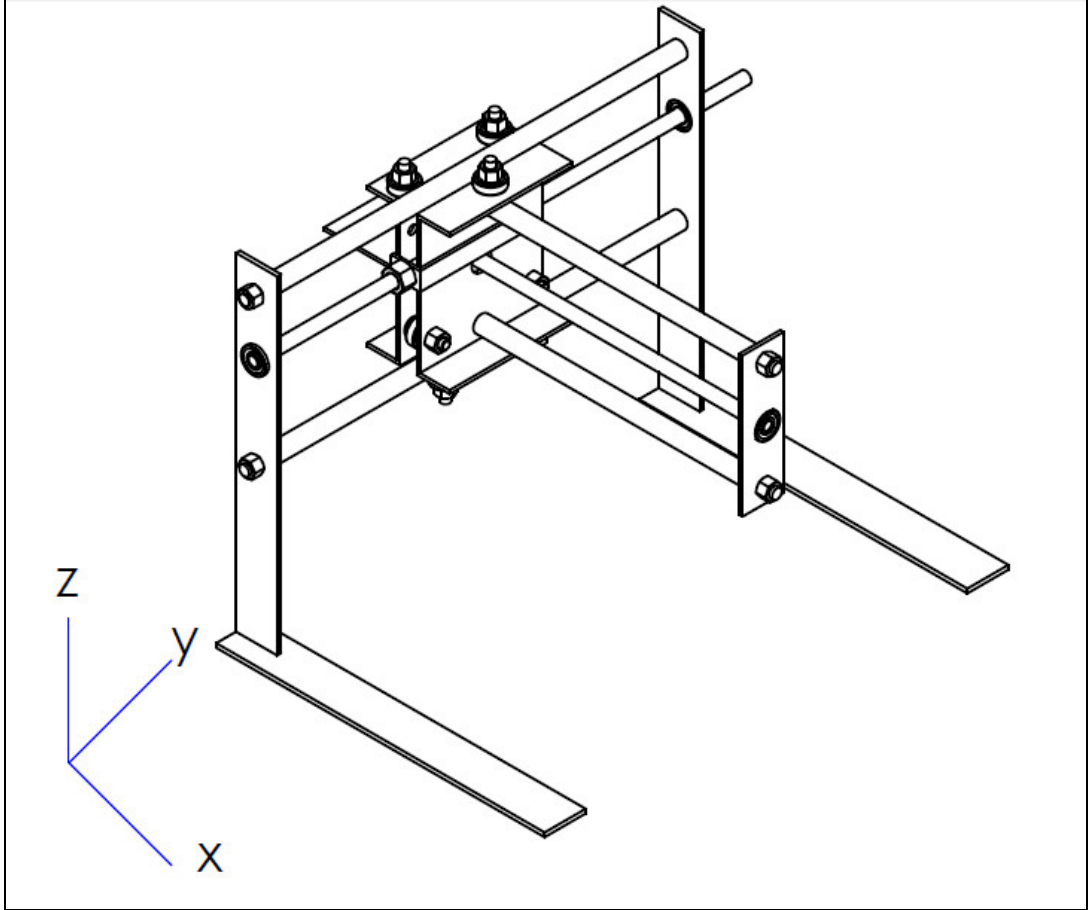
Üç boyutlu lazer tarayıcısı X-Y yatay düzleminde yerleştirilmiş bir parçanın üst yüzeyindeki noktaların koordinatlarını tespit etmek için tasarlanarak imal edilmiştir. Noktaların Z-ekseni değeri lazer prob ile ölçülmüştür. Lazer probu yüzey üzerinde X-Y eksenlerinde hareket ettirmek için encoder bağlantılı vidalı miller kullanılmıştır.

Şekil 3.2.'de görüldüğü üzere L şeklindeki şaseye iki adet krom-nikel kaplamalı mil paralel olarak monte edilerek Y eksen hareketi sağlanmıştır. Paralel millere rulmanlarla yataklı kızak monte edilmiştir. Kızak hareketi için şaseye rulmanlarla yataklanan vidalı mil montaj edilmiştir. Vidalı milin dönmesi sırasında kızağa tespit edilmiş somun vasıtasıyla kızak Y-ekseni doğrultusunda hareket etmektedir. Kızağın hareket miktarını algılamak için milin ucuna bir encoder monte edilmiştir. Böylelikle kızağın Y-eksenindeki hareketi PLC'ye aktarılmıştır.

Üç boyutlu tarayıcının X-eksenindeki hareketi sağlamak için Y-ekseninde olduğu gibi iki adet krom-nikel kaplamalı mil paralel olarak Y-ekseninde hareket eden kızak üzerine monte edilmiş. Bu eksenindeki hareketi algılamak için ikinci bir encoder X-eksenini hareket ettiren vidalı milin ucuna monte edilmiştir.

Sistemde kullanılan lazer prob 1/1000 mm hassasiyetinde olduğundan ölçüm mesafesi kısadır (20mm). Tarayıcımızın daha uzun mesafeli yüzeyleri ölçebilmesi

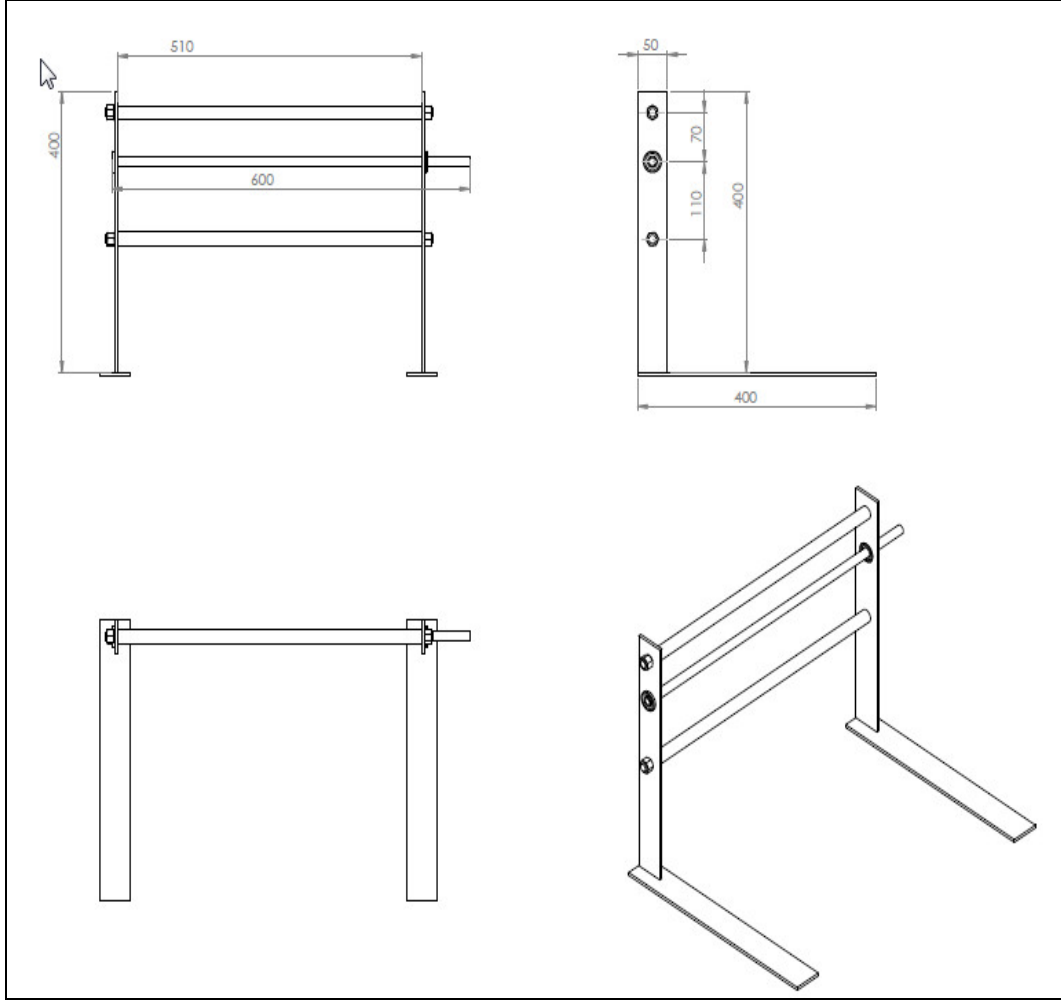
için lazer probun, X-eksenindeki benzer bir vidalı mil ile Z-eksenindeki hareketi sağlamıştır.



Şekil 3.1. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı

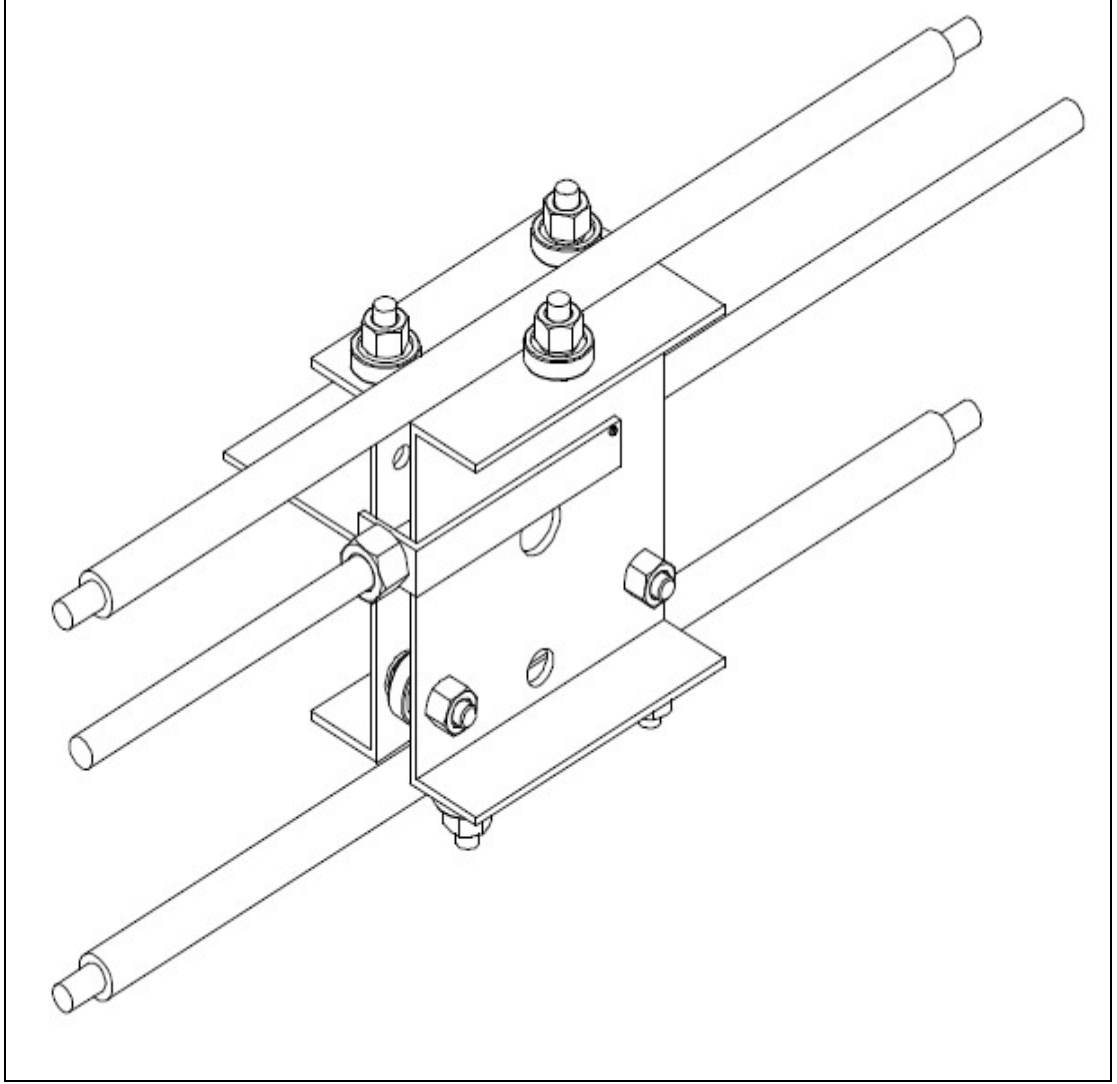
3.1.1. Tarayıcının mekanik aksamı

Üç boyutlu tarayıcının mekanik aksamı tamamen metalden imal edilmiştir. Üç temel bileşeni bulunmaktadır. Birinci bileşen, Şekil 3.2.'de görüldüğü üzere; iki ayak, iki krom nikel kaplamalı mil ve bir vidalı milden oluşmaktadır. Ayaklarda kalınlığı 5mm olan saç kullanılmıştır, sabit elemanları elektrik ark kaynağı kullanılarak birleştirilmiştir. Sabit olmayan parçaları cıvata ve somun marifeti ile birleştirilmiş, böylelikle modüler bir yapı elde edilmiştir. Deforme olan, eskijen, bozulan veya kırılan parçalar yenileriyle kolaylıkla değiştirilebileceği gibi, gerektiğinde bağlantı elemanları kolaylıkla sökülüp, tezgâh rahatlıkla taşınabilir.



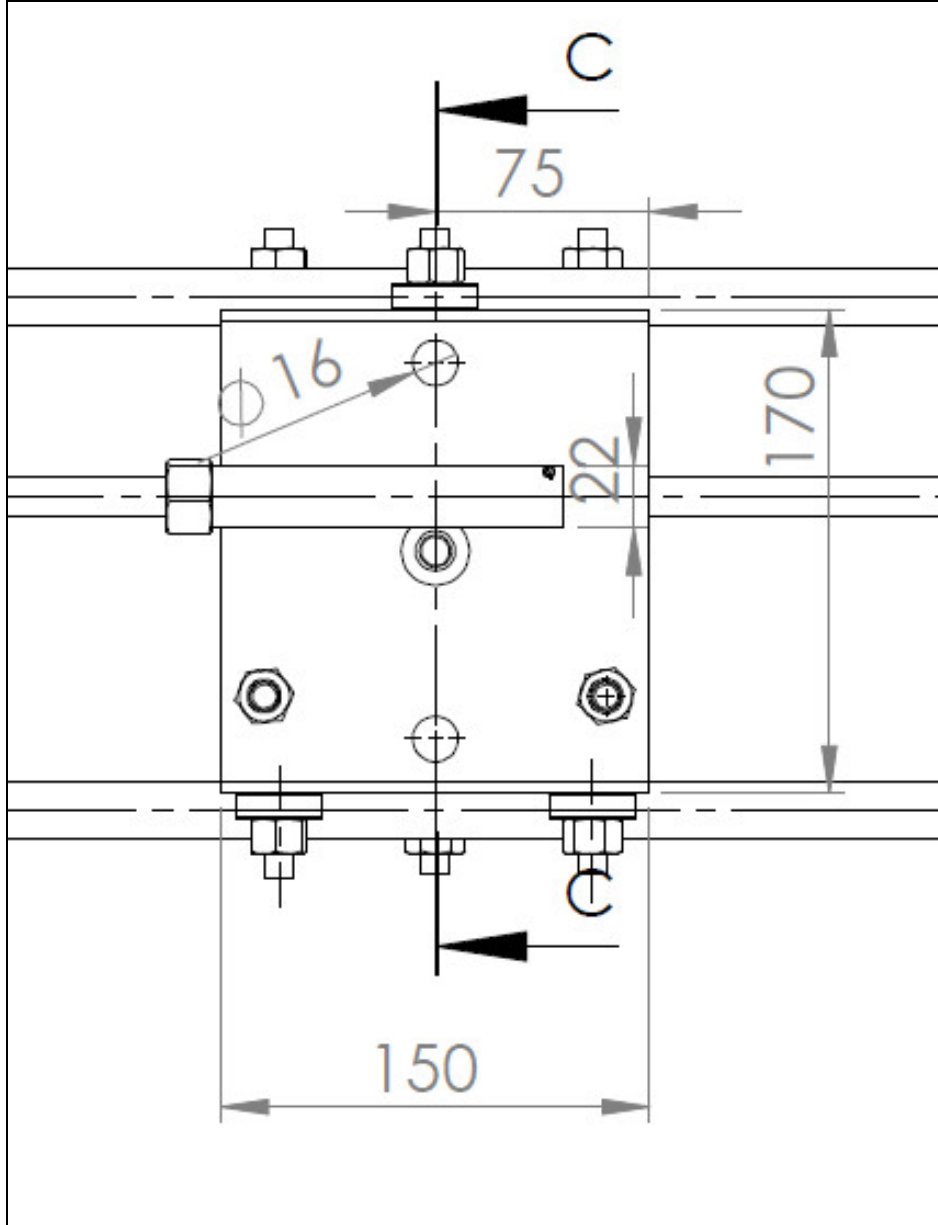
Sekil 3.2. Tarayıcı ayağı

Tarayıcının ikinci temel bileşeni Y-ekseninde hareket eden parçadır. İkinci temel bileşen X-ekseninde hareket eden üçüncü temel bileşeni, bu bileşene yataklık eden milleri ve vidalı mili taşır. İkinci temel bileşen bir vidalı ve ankastre bir somun vasıtasıyla hareket eder. Bu bileşen bilyeler ve düzgün krom miller üzerinde düşük bir sürtünme ile hareket eder. İkinci temel bileşen izometrik görünümü Şekil 3.3. ' de verilmiştir.



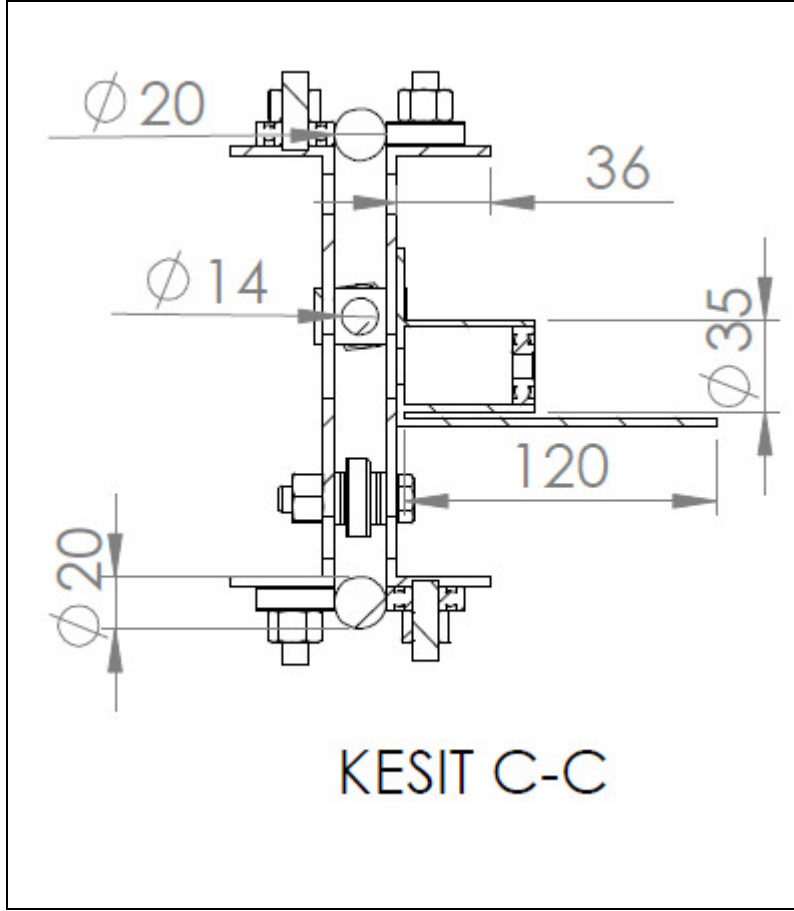
Şekil 3.3. İkinci temel bileşen izometrik görünüm

Bu bileşen tasarlanırken kolay imal edilebilir, parçaları kolayca temin edilebilir, dayanıklı ve rijit olması esas alınmıştır. Şekil 3.4.' de temel ölçüleri verilmiştir.

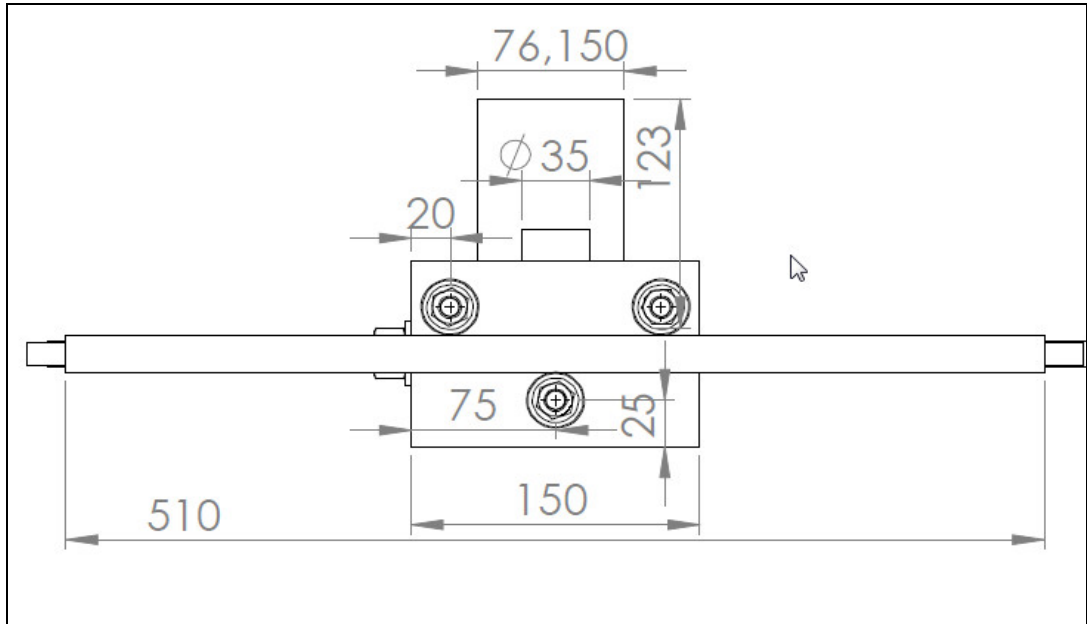


Şekil 3.4. İkinci temel bileşen önden görünüm

Şekil 3.5.'de rulmanların yataklanmasını ve rulman mil ilişkilerinin gözlemlenmesi için kesit görüntü verilmiştir. Şekil 3.6.'da ikinci temel bileşene ait üstten görünüm teknik resmi görülmektedir.

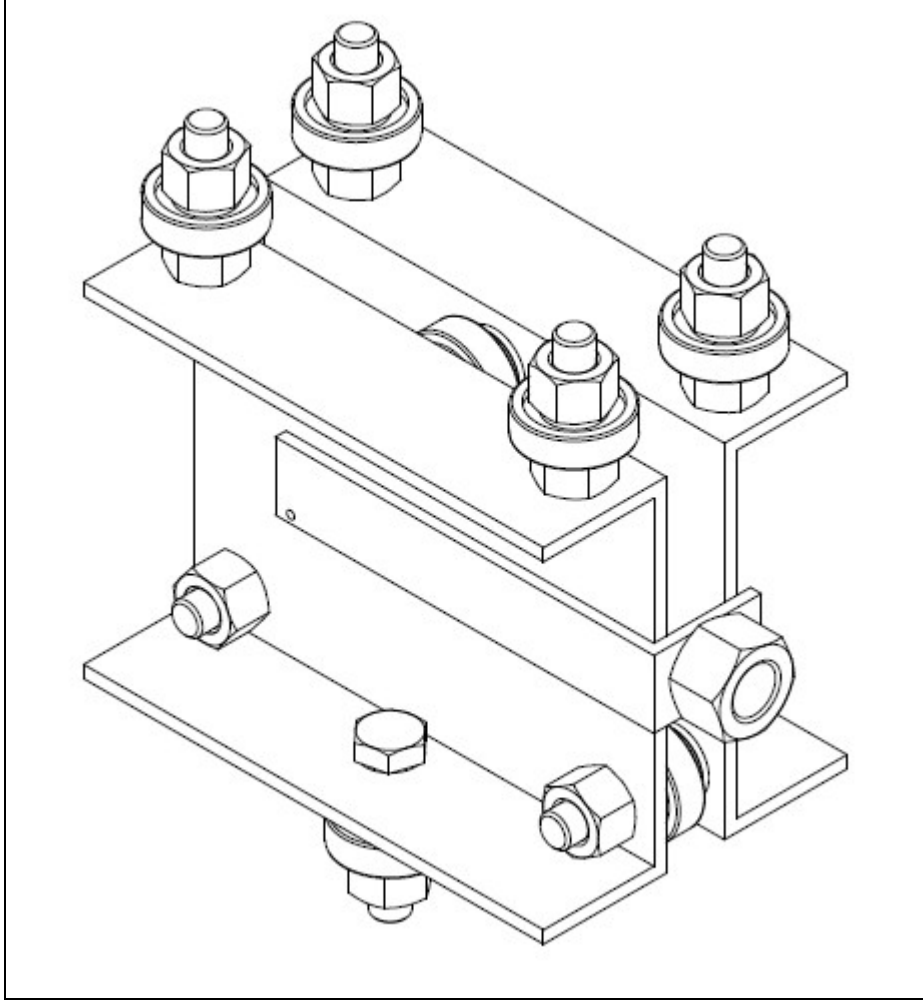


Şekil 3.5. İkinci temel bileşen C-C kesit görünüm

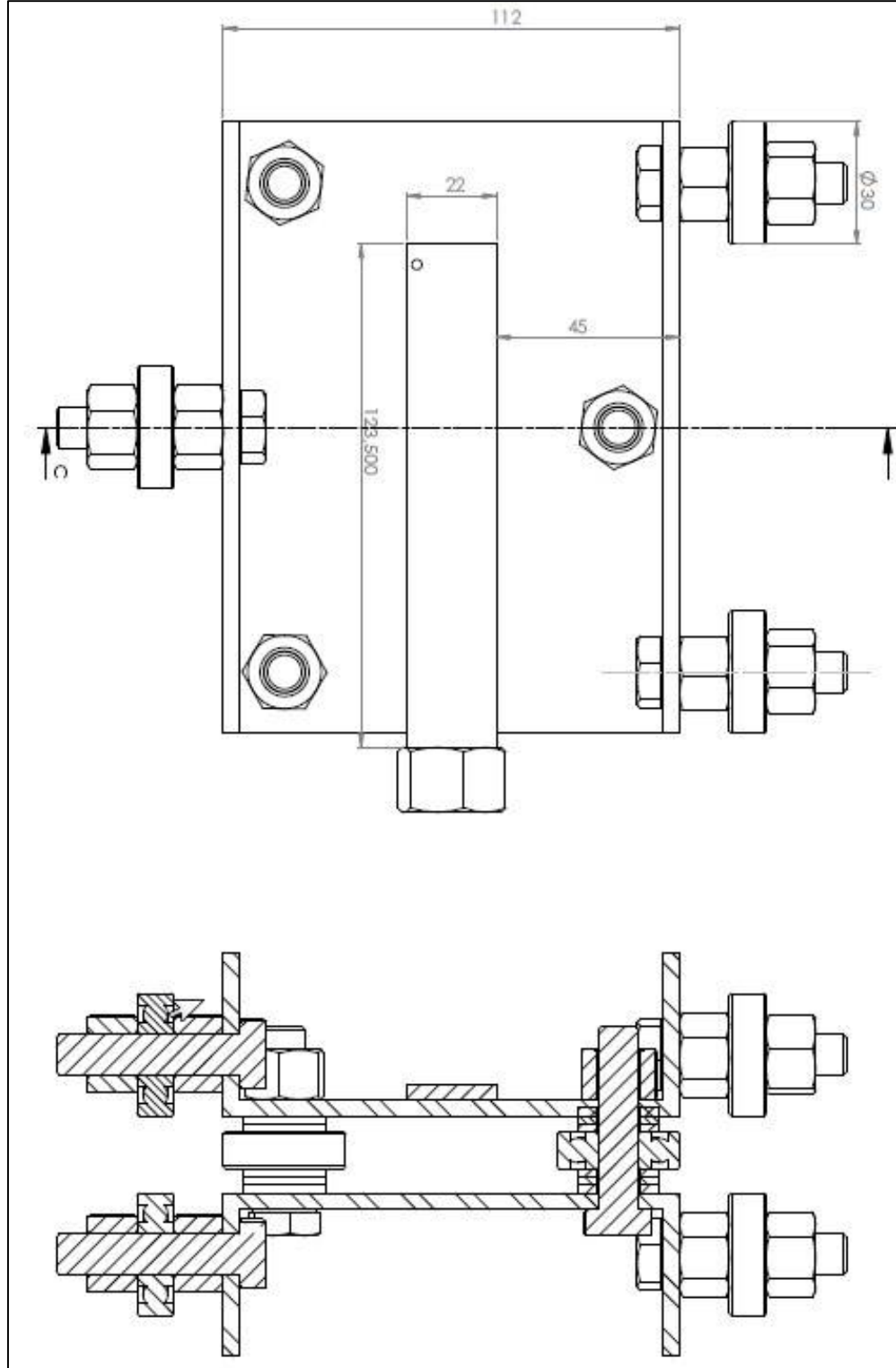


Şekil 3.6. İkinci temel bileşen üstten görünüm

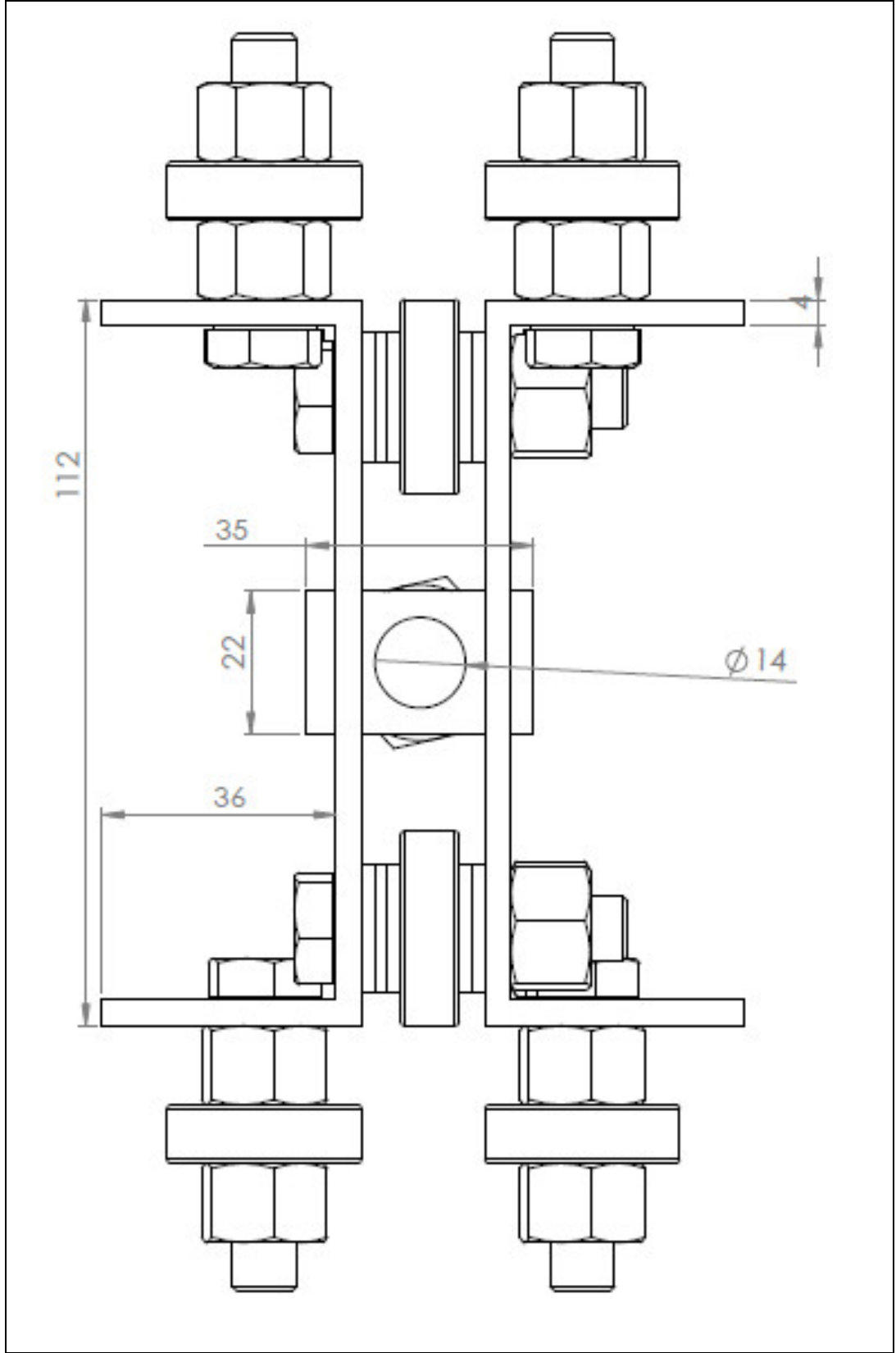
Üçüncü temel bileşen X-ekseninde hareket eden lazer probun üstüne bağlandığı parçadır. İkinci temel bileşene bağlıdır. Bu bileşene benzemekle beraber, üçüncü temel bileşen daha küçüktür. İki krom mil üzerine rulmanlarla yataklanmıştır. Hareketini vidalı mil ve ankastre somun vasıtasıyla kazanır. Şekil 3.7.'de üçüncü temel bileşene ait izometrik görünüm verilmiştir. Şekil 3.8. ve Şekil 3.9.'da ve bileşene ait diğer teknik resimler, Şekil 3.10.' da sistemin resmi verilmiştir.



Şekil 3.7. Üçüncü temel bileşen izometrik görünüm



Şekil 3.8. Üçüncü temel bileşen önden ve yandan kesit görünüm



Şekil 3.9. Üçüncü temel bileşen yandan görünüm



Şekil 3.10. Sistemin resmi

3.2. Lazer

Oldukça düz, yoğun, tek renkli ve paralel dalgalar halinde genliği yüksek güçlü ışık demeti üreten cihazlara lazer denir. Lazer ingilizce; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış radyasyon salınımlarıyla ışığın kuvvetlendirilmesi) tümcesindeki kelimelerin baş harflerinden oluşturulmuş bir kelimedir. 1960 senesinde ABD’de Theodore H. Maiman tarafından bulunmuştur. Normal ışık; dalga boyları çeşitli, farklı renklerde, farklı faz ve frekansa sahip dalgalardan oluşmaktadır. Lazer ışığı diğer ışık türlerinden farklı olarak yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan ibarettir. Optik frekans bölgesi yaklaşık olarak bir tera hertz ile üç bin tera hertz arasında yer alır. Bu bölge, kırmızı ötesi ışınları, görülebilen ışınları ve elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlarını kapsar, ancak mikro dalga frekans bölgesi yaklaşık olarak 300 mega hertzden 300 giga hertze kadar uzanır. Lazer çok yüksek frekanslarda çalışır. Lazerin önemi uygulamasının yaygın olmasında ve onun daha da genişlemesinin beklenmesinde yatmaktadır. Özellikle uygulamanın genişliği, ışınların frekansların hassas bir şekilde kontrolünden, yayılan ışının yayılma düzeninden veya ışınların olağanüstü yoğunluğundan kaynaklanmaktadır (Anonim, 2010).

3.2.1. Lazerli mesafe ölçüm yöntemleri

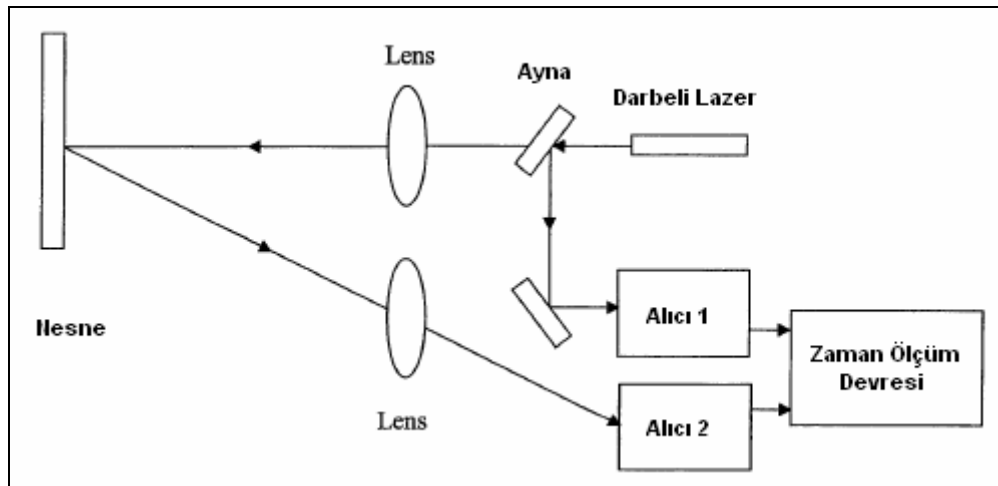
Lazerler temassız ölçüm yapabilmeleri sebebiyle kendilerine birçok alanda yer bulurlar. En önemli avantajları yüksek ölçüm hızı, yüksek çözünürlük ve iyi bir tekrarlanabilirliğe sahip olmalarıdır. Lazer tabanlı ölçüm yöntemlerinde ölçüm yapılan nesnede herhangi bir hasar veya aşınım meydana gelmemektedir. Lazerli ölçüm tekniklerinin kendilerine has ölçüm aralıkları, çalışma koşulları ve sınıflandırılmaları vardır (Kumbay, 2010).

- 1) Uçuş Süresi Ölçümü
- 2) Faz Kayması Ölçümü
- 3) Mutlak İnterferometre
- 4) Lazerli Üçgenleme

Bu çalışmada kullanılan lazer uçuş süresi ölçümü prensibiyle ölçüm yapmaktadır.

3.2.2. Uçuş süresi ölçüm yöntemi

Uçuş süresi ölçümünde, ışığın kat ettiği yol zaman ile doğru orantılıdır. Işığın kat ettiği yol ise ışığın vakum içindeki hızı ile hesaplanır. Bu yöntemin maliyeti ve karmaşıklığı elde edilmek istenen hassasiyete ve çözünürlüğe bağlıdır. Veri elde edebilme ve analiz elektroniği nano-saniyeler mertebesinde ele alınmalıdır. Şekil 3.11.'de lazer tabanlı uçuş süresi ölçüm yönteminin blok çizimi verilmiştir (Chen, 2005). Sistem ışık kaynağı olarak darbeli bir lazerden, verici ve alıcı optikleri, başlama ve durdurma alıcı kanalları ve kat edilen yolu ölçmek için kullanılan devreden oluşmaktadır (Kumbay, 2010).



Şekil 3.11. Darbeli Uçuş Süresi Ölçüm Yöntemi (Chen 2005)

3.3. Tarayıcı Bileşenleri

Bu çalışmada imalatı gerçekleştirilen üç boyutlu lazer tarayıcı; tezgâh, lazer tarama ünitesi ve tarama verilerinin işlendiği bir bilgisayardan oluşur. Lazer tarama ünitesi lazer mesafe ölçer, lazer mesafe ölçer sürücüsü ve bir PLC den oluşmaktadır.

3.3.1 Lazer prob

Şekil 3.12.'de gösterilen sistemde kullanılan lazer 1.6mW maksimum çıkış gücüne, 15µS atım (pulse) süresine, 685 nm dalga boyuna sahip sınıf iki radyasyon emisyonlu bir cihazdır. 45-65 mm arasındaki bir alanda 1/1000 cm hassasiyette ölçüm yapabilmektedir. Lazerin ölçtüğü değerler PLC yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır. MS Excel'e eklenti olarak yüklenen PCway yazılımı ile PLC'den verileri okuyarak, aktarılması sağlanır daha sonra bu değerler koordinatları elde etmek için Z eksen koordinat verisi olarak kullanılır.



Sekil 3.12. Lazer mesafe ölçer

3.3.2. Encoderlar

Sistemde iki encoder bulunmaktadır (Şekil 3.13.). Vidalı milin hatvesini encoderın bir tur için verdiği veri sayısına bölerek birim encoder değerinin kaç milimetre olduğu hesaplanmıştır. Böylelikle encoderlardan PLC ye gelen veri mesafe olarak işlenebilmektedir. Her bir encoder dan gelen veri eş zamanlı olarak lazerden gelen veriyle birleştirilerek üç eksendeki değeri belli olan bir nokta elde edilmiştir. Bu nokta koordinatları bir Excel makrosunun yardımıyla çoğaltılarak bir eğrinin üstündeki noktalar olarak işlenmiştir.



Şekil 3.13 Sistemde Kullanılan Encoder

3.3.3. PLC'nin Tanımı ve Yapısı

Programlanabilir Mantık Denetleyici (Programmable Logic Controller) olarak dilimize çevrilmiş olan PLC, sensörlerden, sürücülerden, analog ve dijital çıktı veren cihazlardan aldığı verileri önceden yüklenen program dahilinde değerlendirerek, denetleyen cihazlardır.

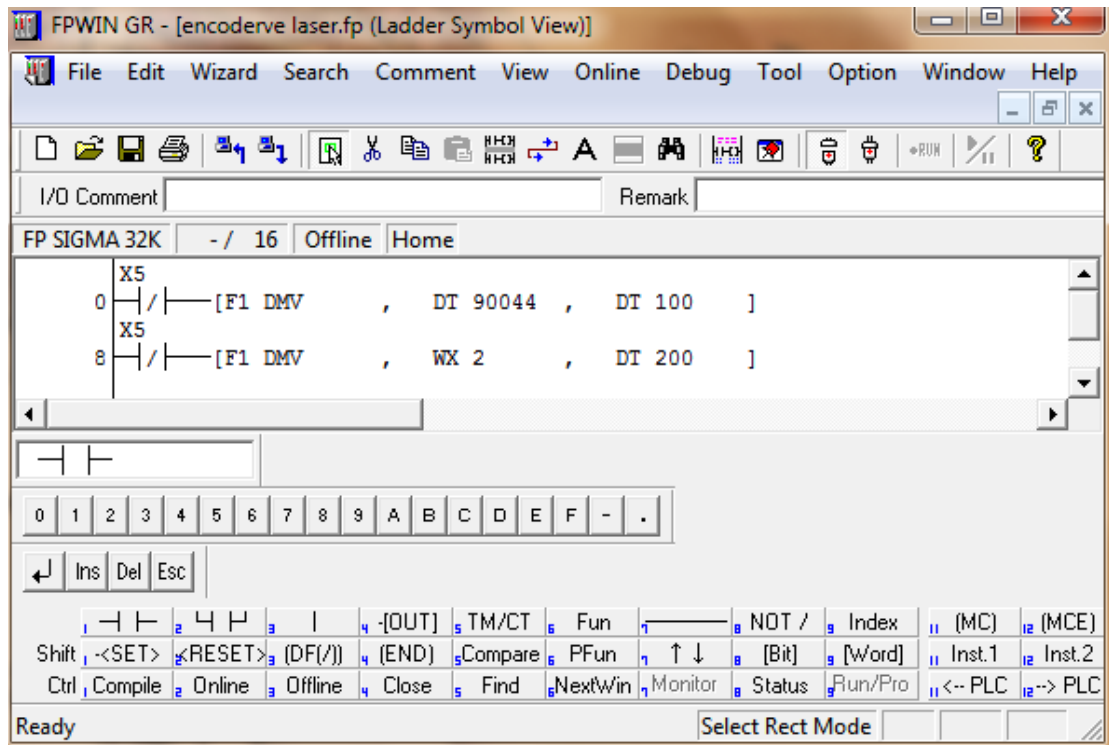
Genel olarak PLC'ler modüler ve kompakt yapıda olmak üzere iki tipte üretilmektedirler. Hangi tip PLC'nin kullanılacağı, sistemin amaçlarına ve gereksinimlerine göre belirlenir. Kompakt tip PLC'ler küçük otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır. Modüler PLC'ler ise büyük çaplı otomasyon sistemlerinde veya küçük çaplı fakat özel işlemler gerektiren otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kompakt yapıda bir PLC'dir (Şekil 3.14.) (Bolton, 2009).



Şekil 3.14. Sistemde Kullanılan PLC

3.3.4. PLC Programlama

PLC'ler içerisindeki röle ve sayıcı gibi fonksiyonları merdiven (ladder) diyagramı denilen programlama metoduyla tanımlanırlar. Şekil 3.15.' de görüldüğü üzere PLC içindeki F1 DMV komutuyla DT 90044 numaralı yüksek hızlı sayıcı içindeki veriyi DT 100 alanına, yine aynı komutla WX 2 deki encoder verisini DT 200 alanına kaydetmektedir.



Şekil 3.15. PLC merdiven diyagramı

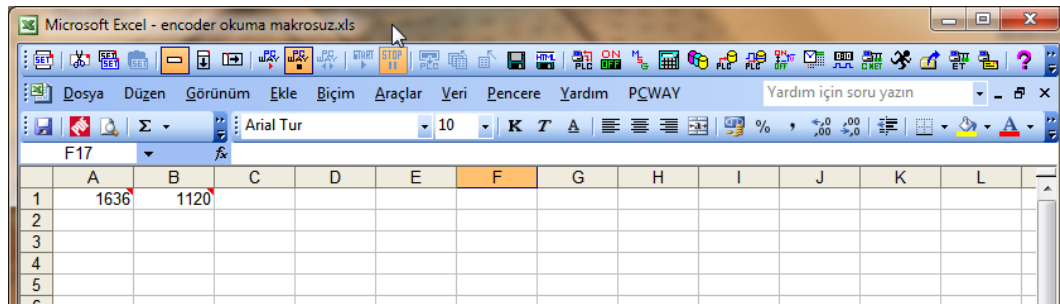
Sistemde Panasonic Nais marka PLC kullanılmıştır. PLC programlamak için bu sistemde FPWIN GR yazılımı kullanılmıştır.

3.4. Yazılım

Tasarlanan sistemde kullanılabilir birçok yazılım bulunmaktadır. Sistemde kullanılacak yazılımlar seçilirken dikkat edilen hususlar aşağıda belirtilmiştir.

- Yaygın kullanılması
- Kolay kullanılabilmesi
- Gerekli hassasiyette veri işleme kapasitelerinin bulunması
- Üç boyutlu rendering desteği olması
- Nokta ve eğri koordinatlarını işleyebilmesi

Bu kıstaslarla yapılan araştırma sonrasında fiziksel verilerin sanal ortama aktarılmasında hem encoder hem lazer probtan gelen verileri tek bir cihazla okuyan PLC seçilmiştir. PLC verilerini işlemek derlemek ve değiştirmek ve tablolamak için oldukça yaygın olan Microsoft Excel programı seçilmiştir. Microsoft Excel programı ile PLC arasındaki haberleşme Panasonic PCway isimli yazılım ile sağlanmıştır. PCway programı PLC içinde veri kaydedilen alanlardaki (Data Register) bilgiyi sürekli takip edip eden Excel içine kurulan bir köprü modülü programdır. Ancak PCway programı ile sadece PLC içindeki veri alanında oluşan değişimler gösterilmektedir, bu verileri derlemek tablolamak ve kaydetme özelliği bulunmamaktadır. Bu sebeple Excel tablolarının içindeki verileri ayarlanabilen bir sıklıkla ve hassasiyetle kaydetmek için Excel içine Şekil 3.17.'de gösterilen makro yazılmıştır. Bu Makro ile kaydın başlayacağı ve biteceği zaman, fiziksel ortamdan gelen verilerin hangi zaman frekansında, kaydedileceği farklı değer ile ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.16. PCway programı

Şekil 3.16.'da sistemde kullanılan PCway eklenmiş Excel programı görülmektedir. PCway PLC içindeki hafıza alanlarına (data register) ulaşım istenilen bir alandaki veriyi Excelde istenilen bir hücreye yazmaktadır. Bu işlem iki yönlüdür; istenirse hücre içindeki veri PLC içindeki hafıza alanına yazılabilir. PCway programının Plc içindeki veriyi okuyup Excel programı içerisindeki hücreye yazma hızı nano saniyeler içinde tamamlandığından buradaki gecikme (lag, latency) ve yenileme hızı (refresh rate) sistemin genel hassasiyetini ihmal edilecek kadar az etkiler.

```
Set actcell = [C1]
Do While actcell <> ""
Set actcell = actcell.Offset(1, 0)
Loop
actcell.Value = [A1]
Set actcell = [D1]
Do While actcell <> ""
Set actcell = actcell.Offset(1, 0)
Loop
actcell.Value = [B1]
Dim tsure As String
tsure = "00:00:" & [K3]
If Devam = True Then
Application.OnTime Now + TimeValue(tsure), "Kayit"
End If
Sub Düğme3_Tıklad()
Devam = False
End Sub
```

Şekil 3.17. PCway verilerini kaydeden Excel makrosu komut satırları

3.5. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı Sisteminin Akış Mekanizması

- Lazer probtan gelen verisi PLC içindeki belirlenmiş data adresine atanır.
- Encoderlerden gelen veriler PLC içindeki belirlenmiş veri adresine atanır.
- PLC ile haberleşme programı olarak kullanılan PCway yardımıyla PLC içindeki veriler Excel ortamına aktarılır.
- Excel içine yazılmış makro ile istenilen frekansta veriler kaydedilir
- Excel'de oluşmuş veri dosyası Microsoft not defteri programıyla txt. Formatına dönüştürülür.
- Her bir Txt dosyası bir eğrinin koordinatlarını oluşturur.
- Autodesk Solidworks programıyla bu eğri verileri yüzey oluşturacak şekilde işlenir.
- Katı yüzey oluşturulur ve Sldprt formatında kaydedilir.
- Daha sonra bu veriler katı modelin G kodlarını çıkarmak için kullanılabilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. PVC'den Mamul TE Parçasının Taranması

Dairesel yüzeyleri ve birleşme yerindeki keskin ölçü farkları olması nedeniyle cihazın performansı hakkında net bilgiler vereceğinden bu parça taranmıştır.



Şekil 4.1. PVC den mamul TE parçası

Şekil 4.1.'de görülen parça dakikada 60 cm ilerleme hızı 1 mm öteleme ve her 2 saniyede bir veri kaydedilerek taranmıştır. Tarama parametrelerindeki değişikliklerin tarama süresi ve hassasiyetini nasıl etkilediği çalışmanın sonuçlar ve öneriler kısmında belirtilmiştir.

Ölçüm aralığı alanına yazılan sayı saniye cinsinden programın kayıt yapacağı sıklığı belirtir. Kayıt başla ve kayıt dur butonları, eş zamanlı olarak kayıt yapılmasını ve bitirilmesini sağlar. Program elde ettiği Tarama verilerini X eksenini için G-16, Y eksenini için H-16, Z eksenini için I-16 hücreleri alt alta yazar (Şekil 4.2.).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	190	5631	190	5631							
2			190	5631							Ölçüm Aralığı(sn)
3			190	5631							2
4			190	5631							
5			190	5631							
6			190	5631							
7			190	5631							
8											
9											
10											
11											
12							86399				41082.9554032407000000000000
13											
14											11.09.2012 19:35
15							X	Y	Z		11.09.2012 20:25
16								0	1.9	78.20833	11.09.2012 19:49
17								0	1.9	78.20833	
18								0	1.9	78.20833	
19								0	1.9	78.20833	
20								0	1.9	78.20833	
21								0	1.9	78.20833	

Şekil 4.2. PCway programı ile veri kaydedilmesi

Elde edilen X, Y ve Z nokta koordinatları Txt formatında kaydedilir. Bu parçanın taramasında toplam 24 eğri oluşmuştur. Eğrilerin sayısını artırmak tarama sonunda oluşacak katı yüzeyin fiziki parça ile olan benzerliğini artırmaktadır ancak tarama süresini uzatmaktadır. Bu sebeple parçanın homojen olarak devam eden ve birbirine paralel doğrular oluşturacak düzlemde değil farklılık gösterdiği ekseninde tarama yapılmıştır. Tarama şekildeki gösterimin solundan sağına doğru yapılmış olup parça geometrisinin düzgün olduğu başlangıç ve bitiş eğrileri 5 mm aralıklarla geometrinin karmaşıklaştığı TE parçasının boyun kısmında 1 mm aralıklarla eğriler oluşturulmuştur. Tarama sonrası elde edilen eğrilerin noktalar cinsinden gösterimi Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PVC'den mamul TE parçasının eğrilerine ait koordinatlar

Eğri 1		Eğri 2		Eğri 3				
0	22.6	107.125	5	24.95	107.0833	10	27.63	107.0417
0	19.83	107.8056	5	21.03	107.7917	10	22.1	107.6806
0	18.06	108.4306	5	18.9	108.4444	10	19.81	108.2917
0	16.16	109.2639	5	17.31	109.0972	10	18.02	108.9444
0	15.1	109.9028	5	16	109.7361	10	16.98	109.4306
0	14.03	110.5556	5	14.89	110.3889	10	15.77	110.0694
0	13.2	111.1944	5	13.92	111.0278	10	14.73	110.7222
0	12.57	111.7083	5	13.18	111.625	10	13.8	111.3611
0	11.65	112.4861	5	12.63	112.0972	10	13	112
0	10.95	113.1389	5	11.81	112.7917	10	12.17	112.6528
0	10.31	113.7917	5	11.1	113.4306	10	11.38	113.3056
0	9.81	114.4028	5	10.52	114.0833	10	10.73	113.9444
0	9.26	115.0694	5	9.95	114.7361	10	10.14	114.6528
0	8.87	115.7083	5	9.46	115.3889	10	9.64	115.2917
0	8.49	116.3333	5	9.01	116.0278	10	9.19	115.9444
0	8.1	117	5	8.62	116.6806	10	8.76	116.5694
0	7.79	117.6389	5	8.31	117.1667	10	8.38	117.2083
0	7.52	118.25	5	7.98	117.8194	10	7.98	117.8611
0	7.21	118.9306	5	7.63	118.4722	10	7.62	118.5139
0	7.01	119.5556	5	7.29	119.3056	10	7.34	119.1806
0	6.79	120.1667	5	7.06	119.9306	10	7.11	119.7917
0	6.65	120.8611	5	6.87	120.5972	10	6.83	120.4444
0	6.57	121.4583	5	6.74	121.2222	10	6.77	121.0972
0	6.42	122.1528	5	6.65	121.6389	10	6.66	121.6944
0	6.35	122.8194	5	6.55	122.3333	10	6.54	122.3472
0	6.34	123.4444	5	6.46	122.9722	10	6.43	122.9861
0	6.34	124.0972	5	6.43	123.6111	10	6.44	123.6806
0	6.38	124.75	5	6.41	124.2639	10	6.39	124.3333
0	6.46	125.4028	5	6.49	124.8889	10	6.46	124.9583
0	6.53	126.0556	5	6.57	125.5694	10	6.54	125.5417
0	6.64	126.4583	5	6.67	126.2083	10	6.64	126.2361
0	6.79	127.1667	5	6.8	126.8889	10	6.78	126.875
0	6.98	127.8194	5	6.98	127.5278	10	6.92	127.4861
0	7.2	128.4583	5	7.17	128.1806	10	7.12	128.125
0	7.46	129.1111	5	7.43	128.8333	10	7.38	128.8194
0	7.72	129.7639	5	7.7	129.4861	10	7.64	129.4722
0	8.04	130.4028	5	8	130.125	10	7.94	130.1111
0	8.39	130.9583	5	8.37	130.7361	10	8.26	130.7222
0	8.83	131.6667	5	8.72	131.375	10	8.63	131.3611
0	9.27	132.3194	5	9.15	132.0556	10	9.07	132.0139
0	9.77	132.9444	5	9.65	132.7083	10	9.55	132.6528
0	10.34	133.5556	5	10.16	133.3056	10	10.12	133.3472
0	10.94	134.2222	5	11.04	134.2361	10	10.67	133.9583
0	11.56	134.8194	5	11.65	134.8611	10	11.26	134.6111
0	12.46	135.6111	5	12.32	135.4861	10	11.84	135.2639
0	13.05	136.0417	5	13.09	136.125	10	12.43	135.9028
0	14.07	136.75	5	13.99	136.7917	10	13.02	136.5556
0	14.68	137.1667	5	14.99	137.4306	10	13.4	137.1389
0	15.87	137.8194	5	15.79	137.875	10	13.91	137.8333
0	18.11	138.8333	5	17.08	138.5278	10	14.38	138.5278
0	19.81	139.5	5	18.51	139.1667	10	15.27	139.1806
0	20.48	140.125	5	19.7	139.8194	10	17.2	139.8333

Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 4			Eğri 5			Eğri 6		
11	27.63	107.0556	12	25.36	107.2222	13	23.74	107.4444
11	22.04	107.7083	12	21.41	107.875	13	20.75	108.0694
11	19.64	108.3611	12	19.17	108.5139	13	19.29	108.5
11	17.92	109.0139	12	17.51	109.1667	13	17.62	109.1528
11	16.49	109.6667	12	16.25	109.8194	13	16.33	109.8056
11	15.42	110.3056	12	15.07	110.5	13	15.11	110.5
11	14.4	110.9444	12	14.11	111.1528	13	14.21	111.125
11	13.45	111.6389	12	13.29	111.7917	13	13.37	111.7361
11	12.62	112.2778	12	12.17	112.6528	13	12.55	112.3889
11	11.86	112.9306	12	11.47	113.3056	13	11.78	113.0278
11	11.14	113.5833	12	10.81	113.9306	13	11.08	113.6806
11	10.54	114.2222	12	10.25	114.5694	13	10.52	114.3194
11	9.98	114.875	12	9.67	115.25	13	10.08	114.7639
11	9.45	115.5278	12	9.22	115.8889	13	9.54	115.4722
11	9.02	116.1806	12	8.79	116.5417	13	9	116.2639
11	8.57	116.875	12	8.37	117.1806	13	8.61	116.8611
11	8.17	117.5139	12	7.98	117.8333	13	8.07	117.7222
11	7.81	118.1667	12	7.64	118.4861	13	7.62	118.375
11	7.5	118.8194	12	7.34	119.1389	13	7.39	119.0278
11	7.16	119.4306	12	7.11	119.7778	13	7.1	119.6667
11	7.02	120.0833	12	6.96	120.2222	13	6.96	120.1389
11	6.83	120.7222	12	6.75	120.8333	13	6.78	120.9722
11	6.72	121.4167	12	6.64	121.4722	13	6.65	121.4028
11	6.53	122.0694	12	6.55	122.125	13	6.5	122.0278
11	6.46	122.7083	12	6.41	122.7639	13	6.45	122.6528
11	6.43	123.3472	12	6.38	123.375	13	6.39	123.3056
11	6.42	123.8472	12	6.38	124.0278	13	6.33	123.9444
11	6.37	124.5	12	6.37	124.7222	13	6.37	124.6111
11	6.47	125.1389	12	6.46	125.3611	13	6.44	125.2639
11	6.56	125.7778	12	6.55	126.0139	13	6.54	125.9028
11	6.63	126.2639	12	6.67	126.6528	13	6.65	126.5556
11	6.79	127.0972	12	6.82	127.2917	13	6.77	127.1528
11	6.96	127.7083	12	7.02	127.9028	13	6.97	127.7917
11	7.17	128.3472	12	7.23	128.5278	13	7.18	128.4444
11	7.39	128.9444	12	7.49	129.1667	13	7.44	129.0972
11	7.67	129.5972	12	7.8	129.8611	13	7.76	129.8056
11	8	130.25	12	8.14	130.5	13	8.1	130.4444
11	8.22	130.6806	12	8.5	131.1528	13	8.33	130.875
11	8.65	131.375	12	8.86	131.7917	13	8.69	131.5139
11	9.15	132.1944	12	9.32	132.4444	13	9.15	132.2361
11	9.66	132.8333	12	9.83	133.0694	13	9.62	132.875
11	10.19	133.5	12	10.33	133.6944	13	10.08	133.5139
11	10.73	134.1111	12	10.81	134.3889	13	10.53	134.1667
11	11.26	134.7361	12	11.32	135.0417	13	10.97	134.8611
11	11.74	135.375	12	11.73	135.6944	13	11.38	135.4722
11	12.13	135.8333	12	12.1	136.3194	13	11.93	136.1111
11	12.57	136.5556	12	12.82	136.9583	13	12.7	136.7083
11	12.96	137.1806	12	13.72	137.6111	13	13.66	137.3333
11	13.66	137.8333	12	15.05	138.25	13	14.23	138.1528
11	14.79	138.4583	12	15.73	138.9167	13	14.3	138.8056
11	16.18	139.0833	12	15.92	139.6111	13	14.27	139.5
11	17.51	139.7222	12	15.94	140.25	13	14.23	140.1528
11	17.78	140.375	12	15.89	140.9028	13	14.14	140.8056
11	17.9	141.0556	12	15.89	141.3194	13	14.05	141.4306

Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 7			Eğri 8		Eğri 9			
14	24.58	107.4167	15	26.93	107.2917	17	27.51	107.125
14	21.13	108.0278	15	21.4	108.0139	17	22.16	107.8194
14	19	108.6667	15	19.81	108.4583	17	19.78	108.4722
14	17.47	109.3472	15	18.06	109.1111	17	17.96	109.125
14	16.14	110	15	16.65	109.7639	17	16.73	109.7222
14	15.12	110.6389	15	15.51	110.3889	17	15.52	110.375
14	14.06	111.2917	15	14.48	111.0417	17	14.22	111.2083
14	13.23	111.9306	15	13.58	111.6944	17	13.66	111.625
14	12.39	112.5833	15	12.74	112.3333	17	12.78	112.3056
14	11.67	113.1944	15	11.9	113.0139	17	12.02	112.9306
14	11	113.8472	15	11.22	113.6667	17	11.27	113.5694
14	10.4	114.4861	15	10.61	114.3194	17	10.65	114.2222
14	9.87	115.0972	15	10.02	114.9722	17	10.09	114.8611
14	9.38	115.75	15	9.56	115.5694	17	9.91	115.0833
14	8.96	116.3889	15	9.14	116.1528	17	9.13	116.1528
14	8.5	117.0278	15	8.72	116.75	17	8.62	116.8472
14	8.13	117.6806	15	8.32	117.4028	17	8.01	117.8056
14	7.78	118.3333	15	7.89	118.0972	17	7.7	118.4306
14	7.42	119.0278	15	7.59	118.7083	17	7.39	119.0278
14	7.16	119.6667	15	7.27	119.3611	17	7.14	119.6667
14	6.93	120.3194	15	7.05	120	17	6.89	120.3472
14	6.78	120.9583	15	6.85	120.625	17	6.69	121.1389
14	6.62	121.6111	15	6.69	121.2639	17	6.62	121.5417
14	6.48	122.2083	15	6.57	121.9028	17	6.44	122.4028
14	6.41	122.8611	15	6.44	122.5694	17	6.34	123.0556
14	6.37	123.5	15	6.36	123.2083	17	6.33	123.7083
14	6.36	124.1944	15	6.39	123.8611	17	6.33	124.3611
14	6.38	124.8472	15	6.35	124.5139	17	6.37	124.9861
14	6.45	125.5	15	6.42	125.375	17	6.44	125.5972
14	6.54	126.0972	15	6.5	126.0139	17	6.55	126.2222
14	6.68	126.75	15	6.63	126.6111	17	6.69	126.8889
14	6.84	127.3889	15	6.77	127.3056	17	6.84	127.5139
14	7.02	128.0278	15	6.98	127.9583	17	7.04	128.1667
14	7.24	128.6806	15	7.17	128.5556	17	7.3	128.8194
14	7.53	129.3333	15	7.45	129.2083	17	7.55	129.4583
14	7.81	129.9444	15	7.74	129.8611	17	7.83	130.1111
14	8.16	130.5972	15	8.07	130.5139	17	8.12	130.7083
14	8.5	131.25	15	8.42	131.1528	17	8.43	131.4028
14	8.74	131.6667	15	8.76	131.7778	17	8.73	131.9861
14	9.23	132.4583	15	9.09	132.3611	17	9.11	132.625
14	9.66	133.0972	15	9.34	132.7917	17	9.55	133.2778
14	9.97	133.5972	15	9.85	133.6528	17	9.8	133.9306
14	10.37	134.1944	15	10.34	134.2639	17	9.82	134.5833
14	10.96	135.0694	15	10.92	134.9306	17	9.82	135.2361
14	11.59	135.7083	15	11.49	135.5694	17	9.79	135.875
14	12.37	136.3472	15	11.75	136.2083	17	9.76	136.5417
14	12.83	137	15	11.78	136.5972	17	9.73	137.1667
14	12.94	137.6111	15	11.81	137.4583	17	9.72	137.8056
14	12.96	138.3056	15	11.78	138.1111	17	9.66	138.25
14	12.92	138.9028	15	11.72	138.7639	17	9.64	138.8889
14	12.86	139.5694	15	11.68	139.4167	17	9.59	139.5
14	12.79	140.1667	15	11.59	140.0556	17	9.53	140.1528
14	12.72	140.8194	15	11.52	140.7083	17	9.47	140.8056
14	12.63	141.4167	15	11.45	141.3333	17	9.41	141.5

Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 10			Eğri 11			Eğri 12		
19	23.72	107.7083	21	23.72	107.7917	23	28.1	107.25
19	20.63	108.3472	21	20.66	108.4167	23	24.62	107.6806
19	18.76	109	21	19.33	108.8611	23	21.06	108.3333
19	17.22	109.6528	21	17.19	109.7083	23	18.92	108.9861
19	15.96	110.2917	21	16.43	110.0972	23	17.33	109.6806
19	14.8	111.0556	21	15.24	110.8056	23	16.06	110.3194
19	13.89	111.6944	21	14.34	111.4028	23	14.94	111
19	12.94	112.3889	21	13.43	112.0556	23	14.01	111.6111
19	12.1	113.0417	21	12.57	112.7083	23	13.25	112.2083
19	11.38	113.6944	21	11.79	113.3611	23	12.41	112.8611
19	10.75	114.3194	21	11.05	114.0278	23	11.63	113.5139
19	10.19	114.9444	21	10.46	114.6389	23	10.9	114.2083
19	9.69	115.5972	21	9.86	115.3611	23	10.3	114.8472
19	9.23	116.2222	21	9.37	116.0139	23	9.79	115.4722
19	8.73	116.9167	21	8.89	116.6528	23	9.29	116.1111
19	8.32	117.5694	21	8.48	117.25	23	8.84	116.75
19	7.95	118.1667	21	8.02	117.9306	23	8.39	117.3889
19	7.59	118.875	21	7.72	118.5833	23	8.01	118.0417
19	7.31	119.5278	21	7.41	119.2361	23	7.65	118.6944
19	7.03	120.1528	21	7.15	119.9167	23	7.35	119.3889
19	6.89	120.7639	21	6.89	120.5417	23	7.06	120.0417
19	6.7	121.3889	21	6.73	121.1389	23	6.86	120.6944
19	6.57	122.0694	21	6.58	121.7778	23	6.68	121.3333
19	6.46	122.7222	21	6.45	122.4306	23	6.55	121.9306
19	6.41	123.375	21	6.35	123.0694	23	6.42	122.5833
19	6.38	124.0278	21	6.33	123.7222	23	6.33	123.0139
19	6.34	124.6667	21	6.28	124.375	23	6.29	123.6528
19	6.42	125.3194	21	6.29	125.0694	23	6.27	124.3472
19	6.5	125.9167	21	6.37	125.7083	23	6.31	125
19	6.59	126.6111	21	6.47	126.3194	23	6.34	125.6389
19	6.72	127.2361	21	6.56	126.9722	23	6.39	126.25
19	6.89	127.8889	21	6.72	127.6111	23	6.47	126.8889
19	7.12	128.5139	21	6.88	128.2083	23	6.54	127.5
19	7.33	129.0972	21	7.07	128.8472	23	6.54	128.1389
19	7.54	129.6944	21	7.22	129.5278	23	6.59	128.8472
19	7.81	130.3333	21	7.27	130.1806	23	6.58	129.5139
19	8.12	130.9722	21	7.32	130.8194	23	6.57	130.1389
19	8.29	131.6667	21	7.31	131.4722	23	6.59	130.7917
19	8.41	132.2639	21	7.31	132.1111	23	6.59	131.3889
19	8.44	132.9306	21	7.32	132.7639	23	6.59	131.9861
19	8.44	133.5278	21	7.31	133.4167	23	6.58	132.6389
19	8.41	134.1806	21	7.33	134.0694	23	6.58	133.3472
19	8.4	134.8056	21	7.29	134.7639	23	6.59	133.9444
19	8.38	135.4444	21	7.29	135.4167	23	6.59	134.5972
19	8.36	136.1528	21	7.28	136.0556	23	6.56	135.25
19	8.36	136.75	21	7.28	136.4722	23	6.55	135.9028
19	8.31	137.3611	21	7.25	137.125	23	6.56	136.5417
19	8.28	137.9861	21	7.21	137.7639	23	6.55	137.1667
19	8.26	138.5972	21	7.21	138.4167	23	6.51	137.7917
19	8.23	139.2361	21	7.17	139.125	23	6.5	138.4722
19	8.2	139.8333	21	7.16	139.7778	23	6.51	139.1111
19	8.16	140.5	21	7.14	140.375	23	6.46	139.7361
19	8.15	141.2083	21	7.12	141.0139	23	6.46	140.3889

Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 13			Eğri 14		Eğri 15			
25	6.59	130.7917	27	23.72	107.7917	29	23.72	107.7083
25	6.59	131.3889	27	20.66	108.4167	29	20.63	108.3472
25	6.59	131.9861	27	19.33	108.8611	29	18.76	109
25	6.58	132.6389	27	17.19	109.7083	29	17.22	109.6528
25	6.58	133.3472	27	16.43	110.0972	29	15.96	110.2917
25	6.59	133.9444	27	15.24	110.8056	29	14.8	111.0556
25	6.59	134.5972	27	14.34	111.4028	29	13.89	111.6944
25	6.56	135.25	27	13.43	112.0556	29	12.94	112.3889
25	6.55	135.9028	27	12.57	112.7083	29	12.1	113.0417
25	6.56	136.5417	27	11.79	113.3611	29	11.38	113.6944
25	6.55	137.1667	27	11.05	114.0278	29	10.75	114.3194
25	6.51	137.7917	27	10.46	114.6389	29	10.19	114.9444
25	6.5	138.4722	27	9.86	115.3611	29	9.69	115.5972
25	6.51	139.1111	27	9.37	116.0139	29	9.23	116.2222
25	6.46	139.7361	27	8.89	116.6528	29	8.73	116.9167
25	6.46	140.3889	27	8.48	117.25	29	8.32	117.5694
25	6.45	141.0278	27	8.02	117.9306	29	7.95	118.1667
25	6.44	141.6667	27	7.72	118.5833	29	7.59	118.875
25	6.41	142.3194	27	7.41	119.2361	29	7.31	119.5278
25	6.41	143.0139	27	7.15	119.9167	29	7.03	120.1528
25	6.43	143.6389	27	6.89	120.5417	29	6.89	120.7639
25	6.42	144.2639	27	6.73	121.1389	29	6.7	121.3889
25	6.4	144.9167	27	6.58	121.7778	29	6.57	122.0694
25	6.38	145.5417	27	6.45	122.4306	29	6.46	122.7222
25	6.35	146.1944	27	6.35	123.0694	29	6.41	123.375
25	6.31	146.8472	27	6.33	123.7222	29	6.38	124.0278
25	6.28	147.4444	27	6.28	124.375	29	6.34	124.6667
25	6.19	148.1389	27	6.29	125.0694	29	6.42	125.3194
25	6.19	148.7778	27	6.37	125.7083	29	6.5	125.9167
25	6.19	149.4167	27	6.47	126.3194	29	6.59	126.6111
25	6.12	150.0694	27	6.56	126.9722	29	6.72	127.2361
25	6.12	150.7083	27	6.72	127.6111	29	6.89	127.8889
25	6.11	151.3194	27	6.88	128.2083	29	7.12	128.5139
25	6.15	151.9583	27	7.07	128.8472	29	7.33	129.0972
25	6.38	152.6528	27	7.22	129.5278	29	7.54	129.6944
25	7.37	153.3056	27	7.27	130.1806	29	7.81	130.3333
25	14.79	153.7361	27	7.32	130.8194	29	8.12	130.9722
25	18.21	154.3889	27	7.31	131.4722	29	8.29	131.6667
25	20.69	155.0278	27	7.31	132.1111	29	8.41	132.2639

Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 16			Eğri 17		Eğri 18			
31	27.51	107.125	33	26.93	107.2917	34	12.37	136.3472
31	22.16	107.8194	33	21.4	108.0139	34	12.83	137
31	19.78	108.4722	33	19.81	108.4583	34	12.94	137.6111
31	17.96	109.125	33	18.06	109.1111	34	12.96	138.3056
31	16.73	109.7222	33	16.65	109.7639	34	12.92	138.9028
31	15.52	110.375	33	15.51	110.3889	34	12.86	139.5694
31	14.22	111.2083	33	14.48	111.0417	34	12.79	140.1667
31	13.66	111.625	33	13.58	111.6944	34	12.72	140.8194
31	12.78	112.3056	33	12.74	112.3333	34	12.63	141.4167
31	12.02	112.9306	33	11.9	113.0139	34	12.55	142.1111
31	11.27	113.5694	33	11.22	113.6667	34	12.51	142.75
31	10.65	114.2222	33	10.61	114.3194	34	12.45	143.4167
31	10.09	114.8611	33	10.02	114.9722	34	12.35	144.0694
31	9.91	115.0833	33	9.56	115.5694	34	12.21	144.6806
31	9.13	116.1528	33	9.14	116.1528	34	12.21	145.3333
31	8.62	116.8472	33	8.72	116.75	34	11.96	145.9306
31	8.01	117.8056	33	8.32	117.4028	34	12.05	146.5694
31	7.7	118.4306	33	7.89	118.0972	34	11.97	147.2222
31	7.39	119.0278	33	7.59	118.7083	34	11.67	147.9028
31	7.14	119.6667	33	7.27	119.3611	34	11.5	148.5556
31	6.89	120.3472	33	7.05	120	34	11.75	149.1667
31	6.69	121.1389	33	6.85	120.625	34	11.5	149.8194
31	6.62	121.5417	33	6.69	121.2639	34	11.67	150.4722
31	6.44	122.4028	33	6.57	121.9028	34	11.72	151.1111
31	6.34	123.0556	33	6.44	122.5694	34	11.78	151.75
31	6.33	123.7083	33	6.36	123.2083	34	12.04	152.3889
31	6.33	124.3611	33	6.39	123.8611	34	13.01	152.8611
31	6.37	124.9861	33	6.35	124.5139	34	20.77	153.7083
31	6.44	125.5972	33	6.42	125.375			
31	6.55	126.2222	33	6.5	126.0139			
31	6.69	126.8889	33	6.63	126.6111			
31	6.84	127.5139	33	6.77	127.3056			
31	7.04	128.1667	33	6.98	127.9583			
31	7.3	128.8194	33	7.17	128.5556			
31	7.55	129.4583	33	7.45	129.2083			
31	7.83	130.1111	33	7.74	129.8611			
31	8.12	130.7083	33	8.07	130.5139			
31	8.43	131.4028	33	8.42	131.1528			
31	8.73	131.9861	33	8.76	131.7778			

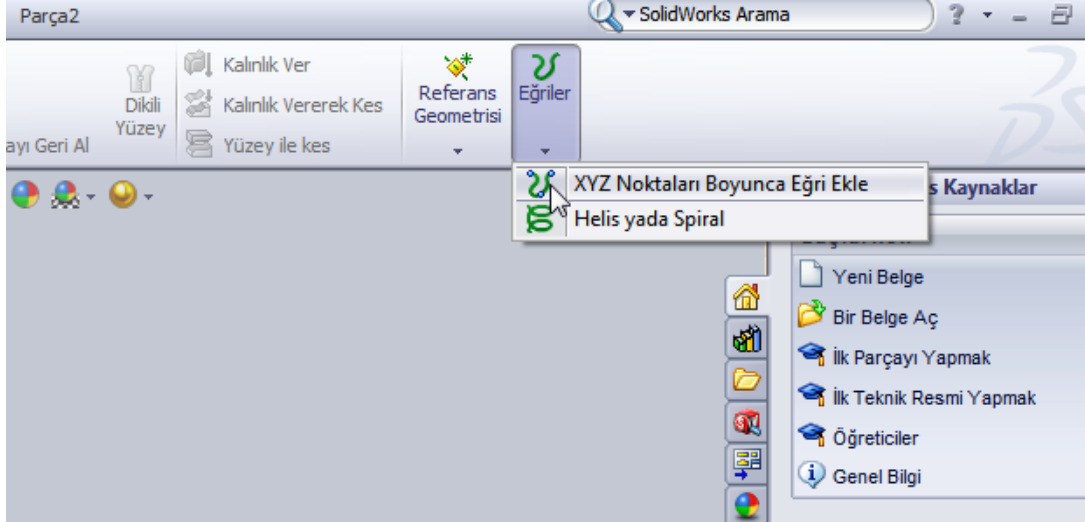
Çizelge 4.1. (Devam)

Eğri 19			Eğri 20		Eğri 21			
35	23.74	107.4444	36	25.36	107.2222	37	27.63	107.0556
35	20.75	108.0694	36	21.41	107.875	37	22.04	107.7083
35	19.29	108.5	36	19.17	108.5139	37	19.64	108.3611
35	17.62	109.1528	36	17.51	109.1667	37	17.92	109.0139
35	16.33	109.8056	36	16.25	109.8194	37	16.49	109.6667
35	15.11	110.5	36	15.07	110.5	37	15.42	110.3056
35	14.21	111.125	36	14.11	111.1528	37	14.4	110.9444
35	13.37	111.7361	36	13.29	111.7917	37	13.45	111.6389
35	12.55	112.3889	36	12.17	112.6528	37	12.62	112.2778
35	11.78	113.0278	36	11.47	113.3056	37	11.86	112.9306
35	11.08	113.6806	36	10.81	113.9306	37	11.14	113.5833
35	10.52	114.3194	36	10.25	114.5694	37	10.54	114.2222
35	10.08	114.7639	36	9.67	115.25	37	9.98	114.875
35	9.54	115.4722	36	9.22	115.8889	37	9.45	115.5278
35	9	116.2639	36	8.79	116.5417	37	9.02	116.1806
35	8.61	116.8611	36	8.37	117.1806	37	8.57	116.875
35	8.07	117.7222	36	7.98	117.8333	37	8.17	117.5139
35	7.62	118.375	36	7.64	118.4861	37	7.81	118.1667
35	7.39	119.0278	36	7.34	119.1389	37	7.5	118.8194
35	7.1	119.6667	36	7.11	119.7778	37	7.16	119.4306
35	6.96	120.1389	36	6.96	120.2222	37	7.02	120.0833
35	6.78	120.9722	36	6.75	120.8333	37	6.83	120.7222
35	6.65	121.4028	36	6.64	121.4722	37	6.72	121.4167
35	6.5	122.0278	36	6.55	122.125	37	6.53	122.0694
35	6.45	122.6528	36	6.41	122.7639	37	6.46	122.7083
35	6.39	123.3056	36	6.38	123.375	37	6.43	123.3472
35	6.33	123.9444	36	6.38	124.0278	37	6.42	123.8472
35	6.37	124.6111	36	6.37	124.7222	37	6.37	124.5
35	6.44	125.2639	36	6.46	125.3611	37	6.47	125.1389
35	6.54	125.9028	36	6.55	126.0139	37	6.56	125.7778
35	6.65	126.5556	36	6.67	126.6528	37	6.63	126.2639
35	6.77	127.1528	36	6.82	127.2917	37	6.79	127.0972
35	6.97	127.7917	36	7.02	127.9028	37	6.96	127.7083
35	7.18	128.4444	36	7.23	128.5278	37	7.17	128.3472
35	7.44	129.0972	36	7.49	129.1667	37	7.39	128.9444
35	7.76	129.8056	36	7.8	129.8611	37	7.67	129.5972
35	8.1	130.4444	36	8.14	130.5	37	8	130.25
35	8.33	130.875	36	8.5	131.1528	37	8.22	130.6806
35	8.69	131.5139	36	8.86	131.7917	37	8.65	131.375
35	9.15	132.2361	36	9.32	132.4444	37	9.15	132.1944
35	9.62	132.875	36	9.83	133.0694	37	9.66	132.8333
35	10.08	133.5139	36	10.33	133.6944	37	10.19	133.5
35	10.53	134.1667	36	10.81	134.3889	37	10.73	134.1111
35	10.97	134.8611	36	11.32	135.0417	37	11.26	134.7361
35	11.38	135.4722	36	11.73	135.6944	37	11.74	135.375
35	11.93	136.1111	36	12.1	136.3194	37	12.13	135.8333
35	12.7	136.7083	36	12.82	136.9583	37	12.57	136.5556
35	13.66	137.3333	36	13.72	137.6111	37	12.96	137.1806
35	14.23	138.1528	36	15.05	138.25	37	13.66	137.8333
35	14.3	138.8056	36	15.73	138.9167	37	14.79	138.4583
35	14.27	139.5	36	15.92	139.6111	37	16.18	139.0833
35	14.23	140.1528	36	15.94	140.25	37	17.51	139.7222
35	14.14	140.8056	36	15.89	140.9028	37	17.78	140.375
35	14.05	141.4306	36	15.89	141.3194	37	17.9	141.0556

Çizelge 4.1. (Devam)

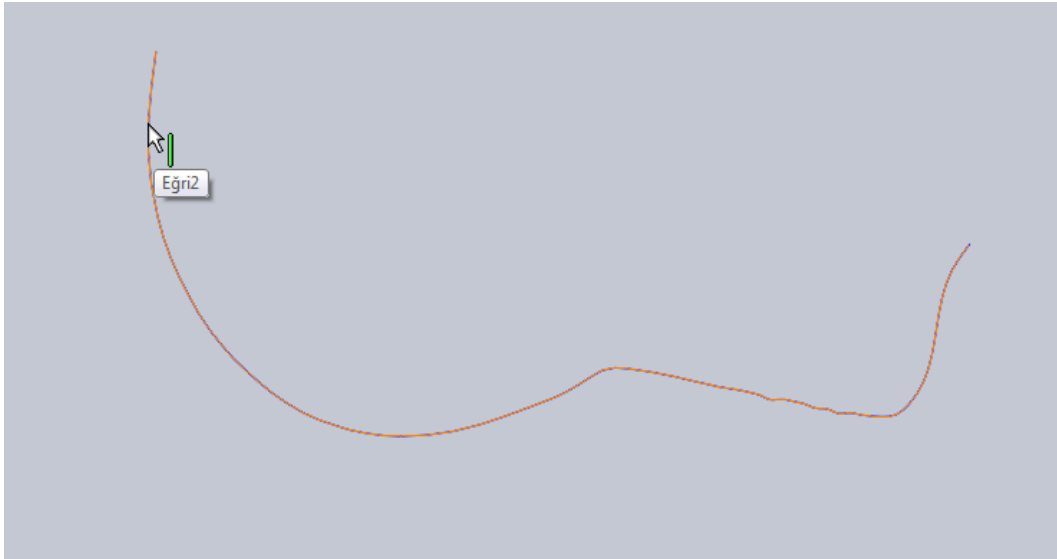
Eğri 22			Eğri 23			Eğri 24		
38	27.63	107.0417	43	24.95	107.0833	48	22.6	107.125
38	22.1	107.6806	43	21.03	107.7917	48	19.83	107.8056
38	19.81	108.2917	43	18.9	108.4444	48	18.06	108.4306
38	18.02	108.9444	43	17.31	109.0972	48	16.16	109.2639
38	16.98	109.4306	43	16	109.7361	48	15.1	109.9028
38	15.77	110.0694	43	14.89	110.3889	48	14.03	110.5556
38	14.73	110.7222	43	13.92	111.0278	48	13.2	111.1944
38	13.8	111.3611	43	13.18	111.625	48	12.57	111.7083
38	13	112	43	12.63	112.0972	48	11.65	112.4861
38	12.17	112.6528	43	11.81	112.7917	48	10.95	113.1389
38	11.38	113.3056	43	11.1	113.4306	48	10.31	113.7917
38	10.73	113.9444	43	10.52	114.0833	48	9.81	114.4028
38	10.14	114.6528	43	9.95	114.7361	48	9.26	115.0694
38	9.64	115.2917	43	9.46	115.3889	48	8.87	115.7083
38	9.19	115.9444	43	9.01	116.0278	48	8.49	116.3333
38	8.76	116.5694	43	8.62	116.6806	48	8.1	117
38	8.38	117.2083	43	8.31	117.1667	48	7.79	117.6389
38	7.98	117.8611	43	7.98	117.8194	48	7.52	118.25
38	7.62	118.5139	43	7.63	118.4722	48	7.21	118.9306
38	7.34	119.1806	43	7.29	119.3056	48	7.01	119.5556
38	7.11	119.7917	43	7.06	119.9306	48	6.79	120.1667
38	6.83	120.4444	43	6.87	120.5972	48	6.65	120.8611
38	6.77	121.0972	43	6.74	121.2222	48	6.57	121.4583
38	6.66	121.6944	43	6.65	121.6389	48	6.42	122.1528
38	6.54	122.3472	43	6.55	122.3333	48	6.35	122.8194
38	6.43	122.9861	43	6.46	122.9722	48	6.34	123.4444
38	6.44	123.6806	43	6.43	123.6111	48	6.34	124.0972
38	6.39	124.3333	43	6.41	124.2639	48	6.38	124.75
38	6.46	124.9583	43	6.49	124.8889	48	6.46	125.4028
38	6.54	125.5417	43	6.57	125.5694	48	6.53	126.0556
38	6.64	126.2361	43	6.67	126.2083	48	6.64	126.4583
38	6.78	126.875	43	6.8	126.8889	48	6.79	127.1667
38	6.92	127.4861	43	6.98	127.5278	48	6.98	127.8194
38	7.12	128.125	43	7.17	128.1806	48	7.2	128.4583
38	7.38	128.8194	43	7.43	128.8333	48	7.46	129.1111
38	7.64	129.4722	43	7.7	129.4861	48	7.72	129.7639
38	7.94	130.1111	43	8	130.125	48	8.04	130.4028
38	8.26	130.7222	43	8.37	130.7361	48	8.39	130.9583
38	8.63	131.3611	43	8.72	131.375	48	8.83	131.6667
38	9.07	132.0139	43	9.15	132.0556	48	9.27	132.3194
38	9.55	132.6528	43	9.65	132.7083	48	9.77	132.9444
38	10.12	133.3472	43	10.16	133.3056	48	10.34	133.5556
38	10.67	133.9583	43	11.04	134.2361	48	10.94	134.2222
38	11.26	134.6111	43	11.65	134.8611	48	11.56	134.8194
38	11.84	135.2639	43	12.32	135.4861	48	12.46	135.6111
38	12.43	135.9028	43	13.09	136.125	48	13.05	136.0417
38	13.02	136.5556	43	13.99	136.7917	48	14.07	136.75
38	13.4	137.1389	43	14.99	137.4306	48	14.68	137.1667
38	13.91	137.8333	43	15.79	137.875	48	15.87	137.8194
38	14.38	138.5278	43	17.08	138.5278	48	18.11	138.8333
38	15.27	139.1806	43	18.51	139.1667	48	19.81	139.5
38	17.2	139.8333	43	19.7	139.8194	48	20.48	140.125

Tarama işlemi bittikten sonra elde edilen nokta koordinat verileri Solidworks programına yüklenir program açıldıktan sonra önce yeni parça oluştur sonrada katı model oluştur seçilir böylelikle tabloları eğri koordinatı olarak algılayan menüye ulaşılır. Eğri sekmesi altında XYZ noktaları boyunca eğri ekle seçilir (Şekil 4.3.).



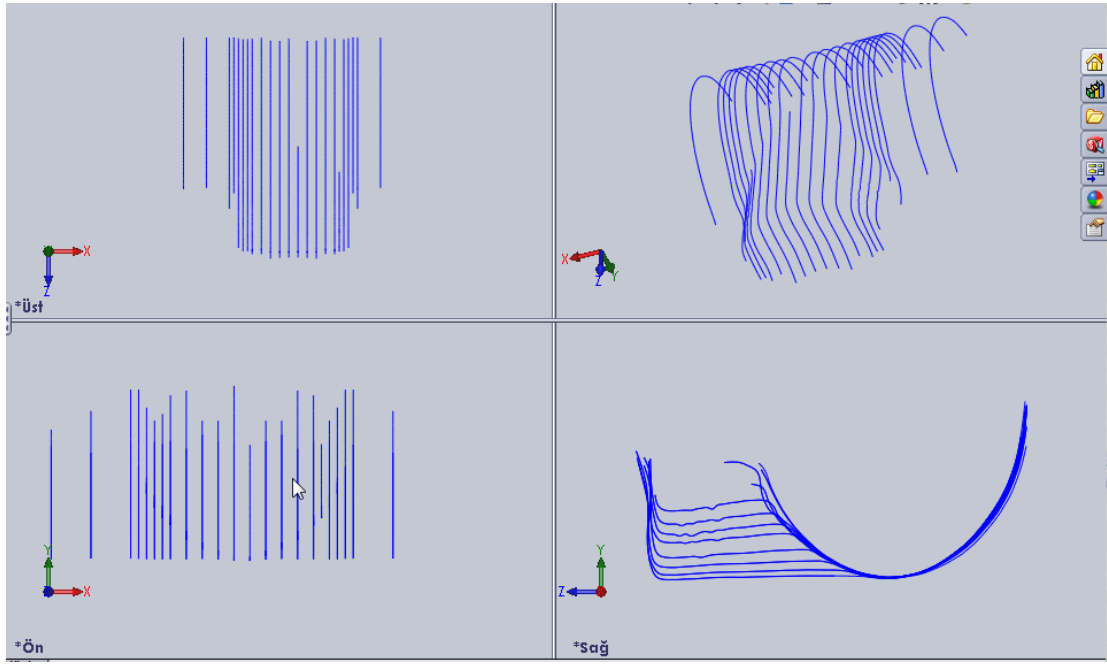
Şekil 4.3. Solidworks içine eğri verilerin atılması

Açılan ekrandan eğri verilerinin kaydedildiği dizine gidilir, eğriler seçilir ve tek tek Solidworks içine yüklenir. Şekil 4.4.'de görüldüğü üzere, bu aşamada taranan cismin ilk kez eğri boyunca görüntüsü oluşmuş olur.



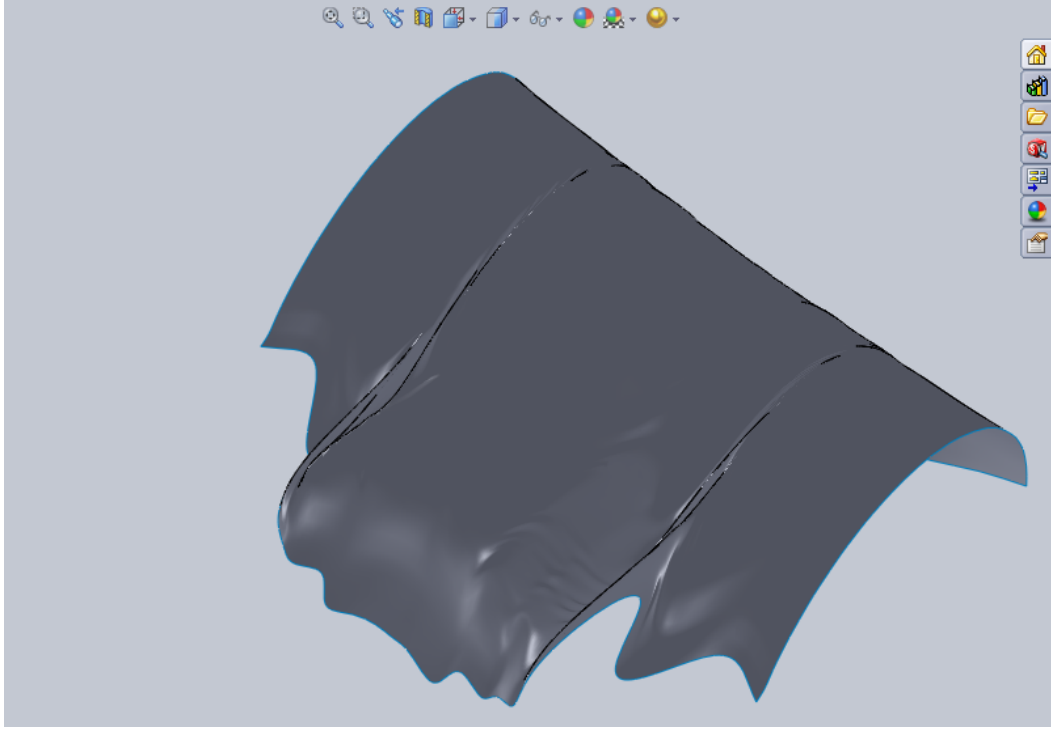
Şekil 4.4. Solidworks içine atılmış eğrinin görseli

Bu işlem her bir eğri için tek tek yapılır. Eğrilerin kendileriyle kesişmediğine başlangıç ve bitiş noktalarındaki konturların düzgünlüğüne ön izleme sırasında dikkat edilmelidir (Şekil 4.5.). Sorunlu eğriler var ise katı model oluşturmada meydana gelecek problemlerin önüne geçmek için bu aşamada bu eğriler silinmeli ya da probleme neden olan noktalar eğri içinden çıkartılmalıdır. Bu tür problemlerin oluşmaması için tarama sırasında tek eksenini sabit tutmak, parçanın sabit tutulan ekseninde hep aynı değerde taramaya başlamasını ve bitirmesini sağlamak yeterlidir.



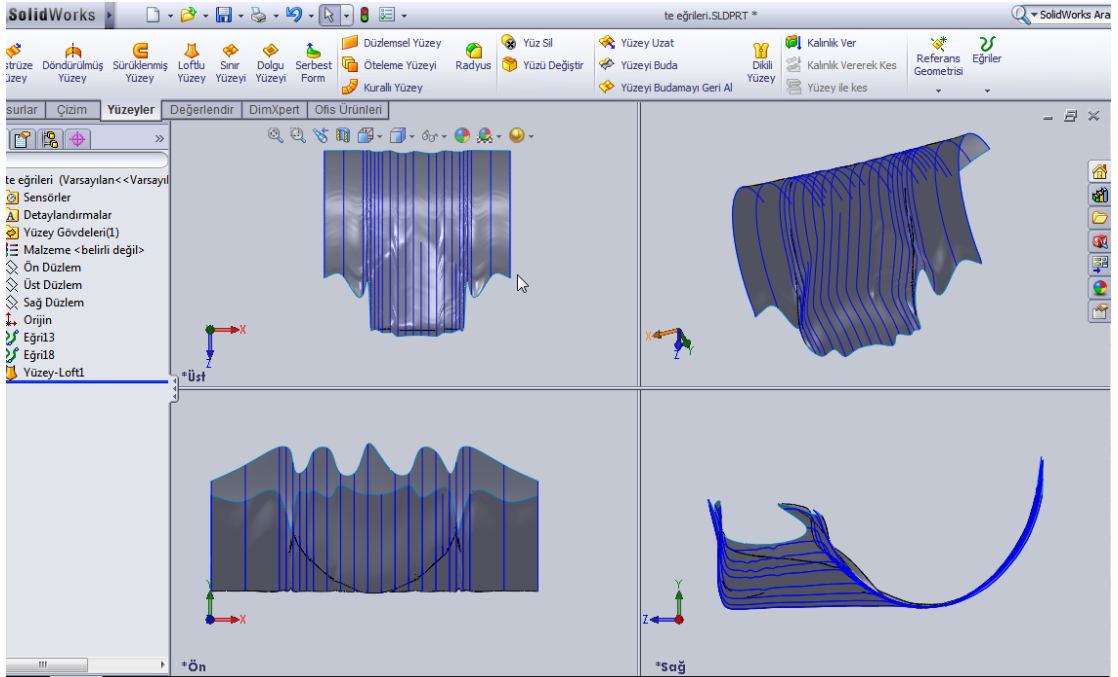
Şekil 4.5. Solidworks içindeki eğrilerin izomerik ve üç görünüşü

Tarama işlemi esnasında elde edilmiş eğri verilerinin hepsi Solidworks içine atıldıktan sonra unsurlar menüsünden yüzeyler menüsüne geçilir yüzeyler menüsünden loftlu yüzey seçilir . Program bu aşamada oluşturacağı yüzeyin geçeceği eğrileri tek tek girilmesini ister. Klavyeden yada fare yardımıyla basitçe girilmiş eğriler tek tek seçilir. Loft komutu eğrilerin paralel koordinatlarını birleştirerek yüzey geometrisi oluşturur (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Loftlu yüzey oluşması

Aynı zamanda çoklu görünüşte elde edilebilir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Loftlu yüzeyin üç görünüşü

4.2. Pinpon topunun Taranması

Tümüyle dairesel bir şekil, hemen her noktasında 3 eksen değeri de farklı olduğundan tarama sırasında senkronizasyonun sonucu oldukça etkileyeceği ve senkronizasyon hatalarını kolayca göstereceği için pinpon topu taraması yapılmıştır. Dakikada 60 cm ilerleme hızı 1 mm öteleme ve her 2 saniyede bir veri kaydedilerek Şekil 4.8.'deki pinpon topu taranmıştır.



Şekil 4.8. Pinpon topu taraması

Tarama ile elde edilen nokta koordinatlarından bir önceki tarama örneğindeki gibi eğriler, daha sonra eğrilerden katı model elde edilmiştir. Daha sonra uygun programlar kullanılarak bu katı modellerden CNC de kullanılmak üzere G kodları pratik bir şekilde elde edilebilir. Tarama sonucu elde edilen nokta koordinatları Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Pinpon topu eğrilerine ait koordinatlar

Eğri 1			Eğri 2			Eğri 3		
0	35.6	8.013889	2	35.6	2.986111	4	35.6	-0.06944
0	32.95	8.625	2	22.79	3.944444	4	21.94	0.986111
0	28.45	8.916667	2	20.63	4.916667	4	19.43	1.944444
0	25.38	9.555556	2	19.31	5.805556	4	17.82	2.819444
0	24.41	10.11111	2	18.41	6.666667	4	16.53	3.763889
0	23.82	10.75	2	17.61	7.513889	4	15.49	4.722222
0	23.57	11.04167	2	17.04	8.388889	4	14.45	5.930556
0	23.42	11.375	2	16.63	9.263889	4	13.84	6.805556
0	23.21	12.01389	2	16.35	10.25	4	13.28	7.611111
0	23.27	12.54167	2	16.14	11.51389	4	12.86	8.736111
0	23.6	13.09722	2	16.09	12.45833	4	12.63	9.708333
0	24.11	13.63889	2	16.19	13.30556	4	12.45	10.68056
0	24.44	13.91667	2	16.47	14.19444	4	12.35	11.56944
0	25.68	14.51389	2	16.96	15.38889	4	12.31	12.45833
0	26.55	14.84722	2	17.43	16.26389	4	12.5	13.59722
0	28.81	15.15278	2	17.95	17.09722	4	12.72	14.52778
0	35.62	15.77778	2	19.01	18.15278	4	13.03	15.55556
			2	20.54	19.125	4	13.41	16.52778
			2	22.55	19.98611	4	13.89	17.47222
			2	32.34	21.13889	4	14.64	18.44444
			2	35.61	22.02778	4	15.57	19.43056
						4	16.63	20.375
						4	17.66	21.20833
						4	19.06	22.06944
						4	22.45	23.29167
						4	35.44	24.22222

Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 4			Eğri 5			Eğri 6		
6	35.6	-2.25	8	35.6	-4.11111	10	35.6	-5.08333
6	21.27	-1.05556	8	23.88	-3.22222	10	21.87	-4.18056
6	18.65	-0.13889	8	19.76	-2.27778	10	18.59	-3.22222
6	17.04	0.694444	8	17.13	-1.25	10	16.45	-2.31944
6	15.66	1.625	8	15.01	-0.11111	10	14.58	-1.34722
6	14.15	2.777778	8	13.8	0.791667	10	13.07	-0.375
6	13.24	3.666667	8	12.79	1.638889	10	11.78	0.708333
6	12.46	4.555556	8	11.56	2.805556	10	10.87	1.638889
6	11.78	5.444444	8	10.83	3.652778	10	9.97	2.555556
6	11.12	6.555556	8	10.1	4.569444	10	9.19	3.486111
6	10.59	7.541667	8	9.39	5.736111	10	8.54	4.388889
6	10.26	8.444444	8	8.93	6.652778	10	7.9	5.513889
6	10.04	9.305556	8	8.53	7.583333	10	7.5	6.361111
6	9.86	10.23611	8	8.22	8.430556	10	7.15	7.236111
6	9.77	11.20833	8	7.99	9.5	10	6.79	8.236111
6	9.73	12.18056	8	7.84	10.45833	10	6.54	9.166667
6	9.79	13.06944	8	7.77	11.36111	10	6.35	10.375
6	9.96	14.11111	8	7.73	12.30556	10	6.28	11.19444
6	10.2	15.125	8	7.81	13.22222	10	6.25	12.04167
6	10.46	16.04167	8	7.94	14.13889	10	6.27	13.25
6	10.88	17.22222	8	8.21	15.29167	10	6.4	14.13889
6	11.39	18.13889	8	8.45	16.25	10	6.59	15.08333
6	12.08	19.04167	8	8.78	17.19444	10	6.82	15.94444
6	12.85	19.98611	8	9.16	18.01389	10	7.2	17.125
6	13.7	20.91667	8	9.7	18.93056	10	7.57	17.94444
6	14.72	21.875	8	10.5	19.94444	10	8.17	19.05556
6	16.22	22.98611	8	11.24	20.875	10	8.78	20
6	17.8	23.84722	8	12.29	22.02778	10	9.42	20.91667
6	20.63	24.94444	8	13.25	22.88889	10	10.27	21.86111
6	25.03	25.77778	8	14.46	23.79167	10	11.13	22.73611
6	35.44	26.93056	8	15.98	24.66667	10	11.78	23.29167
			8	18.26	25.79167	10	16.69	26.48611
			8	20.85	26.68056	10	20.19	27.72222
			8	35.44	27.66667	10	35.44	28.59722

Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 7			Eğri 8			Eğri 9		
12	35.61	-5.68056	14	35.62	-6.63889	16	35.61	-6.70833
12	20.75	-4.81944	14	21.93	-5.75	16	20.32	-5.76389
12	17.74	-3.83333	14	18.62	-4.90278	16	17.39	-4.875
12	15.69	-2.94444	14	16.33	-3.98611	16	15.41	-4
12	13.87	-1.88889	14	14.1	-2.86111	16	13.34	-2.90278
12	12.34	-0.93056	14	12.67	-2	16	11.98	-2.01389
12	11.08	0.041667	14	11.36	-1.09722	16	10.73	-1.11111
12	10.1	0.944444	14	9.94	0.083333	16	9.44	0.027778
12	9.26	1.847222	14	9.11	0.916667	16	8.61	0.888889
12	8.51	2.763889	14	8.09	2.083333	16	7.79	1.875
12	7.81	3.680556	14	7.35	3.027778	16	7.15	2.722222
12	7.04	4.944444	14	6.77	3.916667	16	6.52	3.597222
12	6.61	5.805556	14	6.26	4.833333	16	5.82	4.791667
12	6.28	6.652778	14	5.86	5.652778	16	5.43	5.625
12	5.89	7.833333	14	5.42	6.805556	16	5.05	6.513889
12	5.63	8.680556	14	5.1	7.694444	16	4.63	7.652778
12	5.39	9.777778	14	4.74	8.875	16	4.37	8.555556
12	5.25	10.65278	14	4.6	9.694444	16	4.18	9.513889
12	5.22	11.54167	14	4.47	10.66667	16	4.06	10.40278
12	5.22	12.5	14	4.41	11.58333	16	3.99	11.29167
12	5.28	13.59722	14	4.43	12.44444	16	3.97	12.45833
12	5.39	14.45833	14	4.49	13.56944	16	4.03	13.33333
12	5.59	15.38889	14	4.62	14.41667	16	4.12	14.20833
12	5.89	16.47222	14	4.78	15.31944	16	4.35	15.38889
12	6.15	17.30556	14	5.08	16.48611	16	4.58	16.33333
12	6.51	18.19444	14	5.42	17.48611	16	4.85	17.20833
12	7.16	19.41667	14	5.76	18.31944	16	5.19	18.09722
12	7.71	20.27778	14	6.21	19.18056	16	5.62	18.98611
12	8.36	21.20833	14	6.84	20.29167	16	6.31	20.23611
12	9.05	22.09722	14	7.49	21.23611	16	6.8	21.04167
12	10.14	23.19444	14	8.13	22.09722	16	7.45	21.95833
12	11.11	24.02778	14	9.22	23.23611	16	8.17	22.84722
12	12.67	25.18056	14	10.22	24.11111	16	9.23	23.83333
12	14.01	26.08333	14	11.4	25.06944	16	10.6	25.01389
12	15.57	26.98611	14	12.53	25.88889	16	11.71	25.86111
12	17.6	27.88889	14	14.35	27.05556	16	12.99	26.73611
12	23.06	29.02778	14	16.18	27.97222	16	14.52	27.63889
12	35.44	29.90278	14	18.64	28.80556	16	17.43	28.84722
			14	24.05	29.69444	16	21.3	29.72222
			14	35.44	30.875	16	35.44	30.65278

Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 10			Eğri 11			Eğri 12		
18	35.62	-7.06944	20	35.62	-6.91667	22	35.62	-7.06944
18	21.1	-6.08333	20	20.77	-6.05556	22	21.1	-6.08333
18	17.61	-5.11111	20	17.76	-5.18056	22	17.61	-5.11111
18	15.34	-4.13889	20	15.72	-4.33333	22	15.34	-4.13889
18	13.48	-3.18056	20	13.5	-3.13889	22	13.48	-3.18056
18	12.08	-2.26389	20	12.12	-2.25	22	12.08	-2.26389
18	10.63	-1.23611	20	10.97	-1.44444	22	10.63	-1.23611
18	9.49	-0.26389	20	9.71	-0.40278	22	9.49	-0.26389
18	8.6	0.652778	20	8.53	0.763889	22	8.6	0.652778
18	7.8	1.583333	20	7.9	1.541667	22	7.8	1.583333
18	7.12	2.444444	20	7.19	2.430556	22	7.12	2.444444
18	6.29	3.611111	20	6.54	3.347222	22	6.29	3.611111
18	5.77	4.444444	20	5.79	4.541667	22	5.77	4.444444
18	5.34	5.319444	20	5.36	5.444444	22	5.34	5.319444
18	4.93	6.277778	20	4.98	6.333333	22	4.93	6.277778
18	4.42	7.666667	20	4.64	7.277778	22	4.42	7.666667
18	4.18	8.527778	20	4.35	8.180556	22	4.18	8.527778
18	3.97	9.375	20	4.07	9.333333	22	3.97	9.375
18	3.82	10.26389	20	3.99	10.25	22	3.82	10.26389
18	3.76	11.36111	20	3.95	11.09722	22	3.76	11.36111
18	3.76	12.20833	20	3.92	12.25	22	3.76	12.20833
18	3.8	13.01389	20	3.92	13.08333	22	3.8	13.01389
18	3.92	14.19444	20	4.05	14.23611	22	3.92	14.19444
18	4.09	15.05556	20	4.17	15.09722	22	4.09	15.05556
18	4.29	16	20	4.46	16.22222	22	4.29	16
18	4.55	16.875	20	4.73	17.08333	22	4.55	16.875
18	4.95	18.08333	20	5.06	17.98611	22	4.95	18.08333
18	5.39	19.02778	20	5.49	18.91667	22	5.39	19.02778
18	5.89	19.90278	20	6.05	19.88889	22	5.89	19.90278
18	6.47	20.88889	20	6.6	20.80556	22	6.47	20.88889
18	7.12	21.80556	20	7.21	21.70833	22	7.12	21.80556
18	7.81	22.66667	20	7.93	22.59722	22	7.81	22.66667
18	8.62	23.59722	20	9.1	23.79167	22	8.62	23.59722
18	10.04	24.77778	20	10.17	24.75	22	10.04	24.77778
18	11.06	25.625	20	11.26	25.61111	22	11.06	25.625
18	12.64	26.76389	20	12.82	26.75	22	12.64	26.76389
18	14.17	27.69444	20	14.3	27.61111	22	14.17	27.69444
18	16.01	28.52778	20	16.14	28.48611	22	16.01	28.52778
18	18.7	29.41667	20	19.79	29.58333	22	18.7	29.41667
18	24.35	30.40278	20	22	30.47222	22	24.35	30.40278
18	35.45	31.55556	20	35.46	31.31944	22	35.45	31.55556

Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 13			Eğri 14			Eğri 15		
24	35.61	-6.70833	26	35.62	-6.63889	28	35.61	-5.68056
24	20.32	-5.76389	26	21.93	-5.75	28	20.75	-4.81944
24	17.39	-4.875	26	18.62	-4.90278	28	17.74	-3.83333
24	15.41	-4	26	16.33	-3.98611	28	15.69	-2.94444
24	13.34	-2.90278	26	14.1	-2.86111	28	13.87	-1.88889
24	11.98	-2.01389	26	12.67	-2	28	12.34	-0.93056
24	10.73	-1.11111	26	11.36	-1.09722	28	11.08	0.041667
24	9.44	0.027778	26	9.94	0.083333	28	10.1	0.944444
24	8.61	0.888889	26	9.11	0.916667	28	9.26	1.847222
24	7.79	1.875	26	8.09	2.083333	28	8.51	2.763889
24	7.15	2.722222	26	7.35	3.027778	28	7.81	3.680556
24	6.52	3.597222	26	6.77	3.916667	28	7.04	4.944444
24	5.82	4.791667	26	6.26	4.833333	28	6.61	5.805556
24	5.43	5.625	26	5.86	5.652778	28	6.28	6.652778
24	5.05	6.513889	26	5.42	6.805556	28	5.89	7.833333
24	4.63	7.652778	26	5.1	7.694444	28	5.63	8.680556
24	4.37	8.555556	26	4.74	8.875	28	5.39	9.777778
24	4.18	9.513889	26	4.6	9.694444	28	5.25	10.65278
24	4.06	10.40278	26	4.47	10.66667	28	5.22	11.54167
24	3.99	11.29167	26	4.41	11.58333	28	5.22	12.5
24	3.97	12.45833	26	4.43	12.44444	28	5.28	13.59722
24	4.03	13.33333	26	4.49	13.56944	28	5.39	14.45833
24	4.12	14.20833	26	4.62	14.41667	28	5.59	15.38889
24	4.35	15.38889	26	4.78	15.31944	28	5.89	16.47222
24	4.58	16.33333	26	5.08	16.48611	28	6.15	17.30556
24	4.85	17.20833	26	5.42	17.48611	28	6.51	18.19444
24	5.19	18.09722	26	5.76	18.31944	28	7.16	19.41667
24	5.62	18.98611	26	6.21	19.18056	28	7.71	20.27778
24	6.31	20.23611	26	6.84	20.29167	28	8.36	21.20833
24	6.8	21.04167	26	7.49	21.23611	28	9.05	22.09722
24	7.45	21.95833	26	8.13	22.09722	28	10.14	23.19444
24	8.17	22.84722	26	9.22	23.23611	28	11.11	24.02778
24	9.23	23.83333	26	10.22	24.11111	28	12.67	25.18056
24	10.6	25.01389	26	11.4	25.06944	28	14.01	26.08333
24	11.71	25.86111	26	12.53	25.88889	28	15.57	26.98611
24	12.99	26.73611	26	14.35	27.05556	28	17.6	27.88889
24	14.52	27.63889	26	16.18	27.97222	28	23.06	29.02778
24	17.43	28.84722	26	18.64	28.80556	28	35.44	29.90278
24	21.3	29.72222	26	24.05	29.69444			

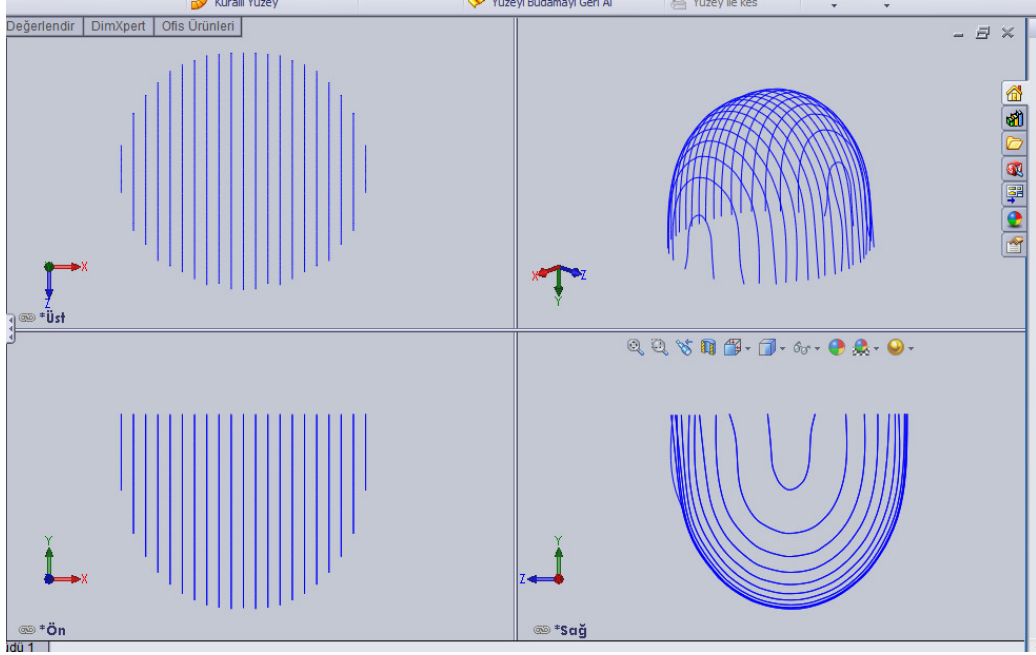
Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 16			Eğri 17			Eğri 18		
30	35.6	-5.08333	32	35.6	-4.11111	34	35.6	-2.25
30	21.87	-4.18056	32	23.88	-3.22222	34	21.27	-1.05556
30	18.59	-3.22222	32	19.76	-2.27778	34	18.65	-0.13889
30	16.45	-2.31944	32	17.13	-1.25	34	17.04	0.694444
30	14.58	-1.34722	32	15.01	-0.11111	34	15.66	1.625
30	13.07	-0.375	32	13.8	0.791667	34	14.15	2.777778
30	11.78	0.708333	32	12.79	1.638889	34	13.24	3.666667
30	10.87	1.638889	32	11.56	2.805556	34	12.46	4.555556
30	9.97	2.555556	32	10.83	3.652778	34	11.78	5.444444
30	9.19	3.486111	32	10.1	4.569444	34	11.12	6.555556
30	8.54	4.388889	32	9.39	5.736111	34	10.59	7.541667
30	7.9	5.513889	32	8.93	6.652778	34	10.26	8.444444
30	7.5	6.361111	32	8.53	7.583333	34	10.04	9.305556
30	7.15	7.236111	32	8.22	8.430556	34	9.86	10.23611
30	6.79	8.236111	32	7.99	9.5	34	9.77	11.20833
30	6.54	9.166667	32	7.84	10.45833	34	9.73	12.18056
30	6.35	10.375	32	7.77	11.36111	34	9.79	13.06944
30	6.28	11.19444	32	7.73	12.30556	34	9.96	14.11111
30	6.25	12.04167	32	7.81	13.22222	34	10.2	15.125
30	6.27	13.25	32	7.94	14.13889	34	10.46	16.04167
30	6.4	14.13889	32	8.21	15.29167	34	10.88	17.22222
30	6.59	15.08333	32	8.45	16.25	34	11.39	18.13889
30	6.82	15.94444	32	8.78	17.19444	34	12.08	19.04167
30	7.2	17.125	32	9.16	18.01389	34	12.85	19.98611
30	7.57	17.94444	32	9.7	18.93056	34	13.7	20.91667
30	8.17	19.05556	32	10.5	19.94444	34	14.72	21.875
30	8.78	20	32	11.24	20.875	34	16.22	22.98611
30	9.42	20.91667	32	12.29	22.02778	34	17.8	23.84722
30	10.27	21.86111	32	13.25	22.88889	34	20.63	24.94444
30	11.13	22.73611	32	14.46	23.79167	34	25.03	25.77778
30	11.78	23.29167	32	15.98	24.66667	34	35.44	26.93056
30	16.69	26.48611	32	18.26	25.79167			
30	20.19	27.72222	32	20.85	26.68056			
30	35.44	28.59722	32	35.44	27.66667			

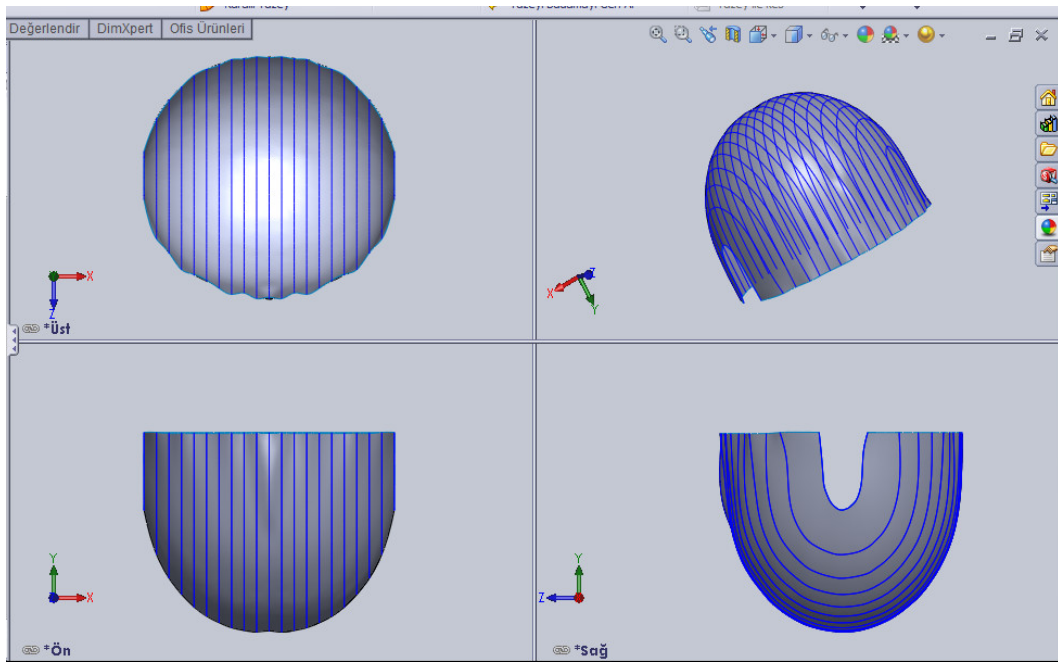
Çizelge 4.2. (Devam)

Eğri 19			Eğri 20			Eğri 21		
36	35.6	-0.06944	38	35.6	2.986111	40	35.6	8.013889
36	21.94	0.986111	38	22.79	3.944444	40	32.95	8.625
36	19.43	1.944444	38	20.63	4.916667	40	28.45	8.916667
36	17.82	2.819444	38	19.31	5.805556	40	25.38	9.555556
36	16.53	3.763889	38	18.41	6.666667	40	24.41	10.11111
36	15.49	4.722222	38	17.61	7.513889	40	23.82	10.75
36	14.45	5.930556	38	17.04	8.388889	40	23.57	11.04167
36	13.84	6.805556	38	16.63	9.263889	40	23.42	11.375
36	13.28	7.611111	38	16.35	10.25	40	23.21	12.01389
36	12.86	8.736111	38	16.14	11.51389	40	23.27	12.54167
36	12.63	9.708333	38	16.09	12.45833	40	23.6	13.09722
36	12.45	10.68056	38	16.19	13.30556	40	24.11	13.63889
36	12.35	11.56944	38	16.47	14.19444	40	24.44	13.91667
36	12.31	12.45833	38	16.96	15.38889	40	25.68	14.51389
36	12.5	13.59722	38	17.43	16.26389	40	26.55	14.84722
36	12.72	14.52778	38	17.95	17.09722	40	28.81	15.15278
36	13.03	15.55556	38	19.01	18.15278	40	35.62	15.77778
36	13.41	16.52778	38	20.54	19.125			
36	13.89	17.47222	38	22.55	19.98611			
36	14.64	18.44444	38	32.34	21.13889			
36	15.57	19.43056	38	35.61	22.02778			
36	16.63	20.375						
36	17.66	21.20833						
36	19.06	22.06944						
36	22.45	23.29167						
36	35.44	24.22222						

Noktalar elde dildikten sonra Şekil 4.9.'da görülen eğriler oluşturulmuştur. Eğriler Solidworks programı marifetiyle Şekil 4.10.'daki yüzeyin kılavuz çizgileri olarak tanımlanmış ve katı yüzey elde edilmiştir. Yüzey hassasiyetini eğriler arasındaki mesafe daraltarak artırmak mümkündür. Ancak eğriler arasındaki mesafeyi daraltmak taranan cisimden daha çok nokta koordinat almayı gerektirir; buda tarama süresini oldukça artırır . Bu durumda taranan cismin yüzeyindeki girinti çıkıntı ve benzeri detayların en küçüğü tarama öteleme adımı olarak seçilirse ideal zaman hassasiyet oranı yakalanır.



Şekil 4.9. Pinpon topu eğrileri



Şekil 4.10. Pinpon topu katı yüzey

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada sonuç olarak üç boyutlu lazer tarayıcı imal edildi ve bu tarayıcı kullanılarak çeşitli nesnelere taranıp üç boyutlu verileri bilgisayar ortamına aktarılıp görselleştirildi. Tarayıcının tasarımı, imalatı ve kullanımı sırasında aşağıda verilmiş olan sonuçlar ve önerilere ulaşıldı.

- Tarayıcının hareketleri sırasında mekanik elemanların oldukça kararlı hareket etmelidir
- Stabilizinin temini için bileşenlerin montajında oldukça dikkatli ve hassas toleranslarla yataklama ve kaynaklar yapılması gerektiği, aksi takdirde eksantrik yataklamadan kaynaklanan kasılmalar ve hareket esnasında aksenel kaymalar görülme ihtimalinin arttığı, bu durum tarama verilerini doğrudan ve kötü bir şekilde etkilemektedir.
- Sistemin tasarımında dinamik bir yapı imal edileceği göz önünde bulundurulması, hareketli elemanların mesnetlere maksimum gücü ileteceği noktalardaki yer değiştirmeleri karşılayacak kalınlıkta ve güçte malzeme seçilmelidir.
- Tarayıcının kullanılacağı alan dikkate alınarak bir lazer prob seçilmelidir. Lazer problemlerin ölçüm aralığı genişledikçe hassasiyetleri azalır. Taranacak nesnenin büyüklüğü ve taranmış verinin asgari çözünürlüğü ve maliyet göz önüne alınarak hangi lazer probun kullanılacağı seçilmelidir.
- Tarama işlemi sırasında hangi sıklıkta veri alınacağı tarama sonuçlarının doğrudan etkiler, ancak alınana verinin artması tarama süresini uzatır.
- Tarama hassasiyeti seçilirken taranan nesnenin ne kadar detaylı olduğu oldukça önemlidir. Tarama adımı 2 mm olarak seçilmişse bunun altında kalan detayların tarama sonucunda görülmesi zorlaşır.
- Taramanın homojen ışık dağılımı olan mümkünse suni ve çok kaynaklı ışıklandırılmış bir yerde yapmak hassasiyeti artırır.
- Tarama eğrilerinin bir birine paralel olacak şekilde seçmek, üç boyutlu katı model oluşturulurken kolaylık, zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlar.

- Taranacak nesne yerleştirilirken detayların daha yoğun olduğu eksen tarama eksenine dik seçilirse aynı detaydan birçok eğri geçeceği için tarama başarısı artar.
- Tarama işlemine başlamadan elde edilmesi gereken minimum çözünürlük ve tarama zamanı için ayrılacak maksimum zamanın, optimum bir nokta keştilirip, tarama işlemine başlamak tekrar tarama gerekliliğini azaltacaktır.
- Sistemde kullanılan yazılımları seçerken yaygın kullanılabilen programlara öncelik verilirse tasarlanan tarayıcıyı herkesin kullanması mümkün olur.

KAYNAKLAR

- ABA, K., 2006. Düşük Maliyetli Üç Boyutlu Tarayıcı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Kayseri, 87s.
- ANONİM, 2012. Lazer Işınının Özellikleri. <http://mimoza.marmara.edu.tr/hseker/kavram%20inceleme//konu.html>
- AŞKIN, F. H., 2009. Lazer Tarama Verileriyle 3B Obje Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 111s.
- BALTA, C., ve ÖZTÜRK, S., 2009. Tersine Mühendislikte Lazer Tarama Nokta Bulutundan Örme Yüzey Elde Edilmesi. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongre.
- BERBERCUMA, G., 2006. Üç Boyutlu Tarayıcılar İle Veri Toplanması ve Cad Ortamına Değişik Formatlarda Aktarılması. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Gebze, 240s.
- BOEHLER, W., and BORDAS, 2003. Investigating laser scanner accuracy. XIXth CIPA Symposium, 30 September–4 October 2003, Antalya
- BOLTON, W. 2009. Programmable Logic Control. Elsevier Science and Technology, USA, 389p.
- CHEN, Y., 2005. Integrated Laser 2-D Surface Imaging System for Thickness Measurement of Thermoplastic Pavement Marking Materials. UMI Microform, University of Houston, 256p.
- DELİKANLI, K., SOFU, M. M., ve BEKÇİ, U., 2005. Üretim Sektöründe Hızlı Direkt İmalat Sistemlerinin Yeri Ve Önemi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1(4): 33-39.
- KASAP, B., 2006. 3d Nesne Modellemeye Yönelik Lazerli Bir Tarayıcı Sistemin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Kayseri, 68 s.
- KOYUNUCU, B., KÜLLÜ, K., TUĞRUL, B., NUMANOĞLU, M., ve AR, Y., 2006. Üç Boyutlu Lazer Tarayıcı ve Bilgisayar Teknikleri ile Cisimlerin Sanal Ortama Aktarılması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara, 58s.
- KUMBAY, E., 2010. Lazerli Üçgenleme Yöntem Tabanlı Mesafe Ölçüm Sensörlerinin Doğrusallaştırma Yöntemlerinin Geliştirilmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Bursa, 112s.
- KÜLLÜ, K., 2010. Construction Of A 3-Dimensional Laser Scanner And Object Modelling By Using Image Processing Techniques. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ankara, 78p.
- MOENNING, C., and DODGSON, N. A., 2004. Intrinsic Point Cloud Simplification. International Conference Graphicon, 6-10 Eylül, Cilt I, Moscow, s. 163-171.
- PEKTUR, Ö., ve CANDAN, C., 2010. Bilgisayar Destekli Tasarım Ve İmalat Yöntemleri Kullanılarak Turbo Şarj Salyangozu Üretimi. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 11-12 Kasım, Balıkesir.
- RABBANİ, T. R., 2006. Automatic Reconstruction of Industrial Installations Using Point Clouds and Images. Netherladse Commissie Voor Geodesia, 175p. Rotterdam.

- RESHETYUK, Y., 2005. Investigation And Calibration Of Pulsed Time-Of-Flight Terrestrial Laser Scanners. Royal Institute of Technology, Doktora Tezi, Stockholm, 152p.
- TOKLU, N. E., 2009 Bilgisayarlı Görüntü İşleme İle 3-Boyutlu Nesne Tarama ve Modelleme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İzmir, 56s.

ÖZGEÇMİŞ

Şanlıurfa'da 1980 yılında doğdu. İlk öğretimini burada tamamladıktan sonra lise eğitimini Balıkesir Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesinde tamamladı. 1998 yılında Uludağ Üniversitesi S.H.M.Y.O. Radyoloji programını kazandı. 2000 yılında mezun oldu. 2000 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı, 2005 yılında mezun oldu. 2001 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümünü kazandı 2005 yılında mezun oldu. 2005-2008 yılları arasında Şanlıurfa'da Doğalgaz dönüşümü alanında Makine Mühendisliği yaptı. 2008 yılından beri T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığında Denetmen olarak çalışmaktadır.

ÖZET

Bu tezde üç boyutlu tarayıcı tasarımı ve imali yapılmıştır. Tarayıcının tasarımında kolay imal edilebilirlik, rijitlik, düşük titreşim, hassas kontrol, düşük sürtünme, gibi faktörler dikkate alınmıştır. Tarayıcının mekanik aksamı tamamen metalden imal edilmiştir ve rijit bir yapı temin edebilmek için kaynakla birleştirilmiştir. Hareketli parçalar, düşük sürtünme ve titreşim sağlamak için rulmanlar ve miller kullanılarak üretilmiştir. Üç temel bileşenden oluşan tarayıcı kolaylıkla sökülüp takılabilmekte böylelikle modüler ve portatif bir yapı elde edilmektedir.

Tarayıcının elektronik kısmını lazer prob, encoder, PLC ve bir kişisel bilgisayar oluşturmaktadır. Lazer prob tarama için gereken ölçümlerin elde edilmesini sağlar. Encoderler probun pozisyonu hakkında konum bilgisi sağlar. PLC probdan ve encoderdan gelen verileri okuyup, bilgisayara aktarmaya yarar.

Tarayıcıyı sisteminde Autodesk Solidworks, Microsoft Excel, Panasonic PCway ve FPWIN GR programları kullanılmıştır. Bu programlara çıktı verilerini düzenleyen ve kaydeden yardımcı modüller eklenmiştir.

Tarayıcı ile PVC den mamul bir TE parçası ve bir pinpon topu taranmıştır. TE parçası homojen ve değişken eğrilerden oluştuğu için seçilmiştir. Pinpon topu ise düzgün dairesel bir eleman olduğu için seçilmiştir. Bu parçalarla birçok tarama yapılmıştır. Tarama sırasında parçadan alınan eğriler sık ve seyrek olarak değiştirilmiştir. Sık alınan eğrilerde hassasiyetin arttığı görülmüştür. Sık alınan eğrilerde tarama zamanı alınan eğri sayısı ile doğru orantılı olarak artmıştır. Eğrileri oluşturan nokta sayısının etkileri incelenmiş daha çok noktadan oluşan eğrilerin daha hassas yüzeyler oluşturduğu görülmüştür. Sistemde kullanılan bileşenlerin hassasiyet miktarları taramanın toplam hassasiyetini belirlediğinden; kullanılan bileşenlerin her birinin hassas seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

SUMMARY

This thesis a three dimensional scanner is designed and manufactured. At the design process, some factors such as easy-producibility, rigidity, low vibration, accurate control, low friction are taken into account. The mechanical component of the scanner is completely made of metal and welded to have a rigid structure. Active components were manufactured using bearing and shaft in order to have a low friction and vibration. The scanner which is made up of three components can be taken down and montage easily and thus a modular and portable structure can be derived.

The electronic components of the scanner are laser probe, encoder, PLC and a personal computer. Laser probe gets the required measures. Encoders get the information about the position of the prob. PLC reads the input data from the probe and encoder and transfer this data to the personal computer.

At the scanner system, Autodesk Solidworks, Microsoft Excel and Panasonic PCway programs are used. And some utility modules which manage and record the output are added on these programs.

A Te piece which is made of polyvinyl chloride (PVC) and a ping pong ball are scanned with the scanner. Te piece is chosen because it consists of homogeneous and uncertain curves. And the ping pong ball is used because it is an orderly circular component. Many scanning are made with these components. While scanning, the curves which are taken from piece are changed as infrequent and frequent. At the frequent curves it is observed that the sensitiveness increased. At the frequent curves, scanning time increases as the number of curves increased. The effects of point's counts that compose curves are investigated, it is observed that the curves compose from more points can compose more smooth surfaces. Because each components' sensitivity used at the system sets the total sensitivity; conclusion that it is necessary choosing each component which are used at the system sensitive is reached.

