

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞAATINDA BLOK FAZLALIKLARININ 3D ÖLÇME
YÖNTEMİ İLE YERİNDE KESME METODOLOJİSİ

Berk AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Eda TURAN

Ocak, 2024

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞAATINDA BLOK FAZLALIKLARININ 3D ÖLÇME
YÖNTEMİ İLE YERİNDE KESME METODOLOJİSİ

Berk AYDIN tarafından hazırlanan tez çalışması 05.02.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Eda TURAN

Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Eda TURAN

Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan Bora USLUER

Üye

Galatasaray Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Eda TURAN sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Gemi inşaatında blok fazlalıklarının 3D ölçme yöntemi ile yerinde kesme metodolojisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Berk AYDIN

İmza





Bu çalışma, Sedef Tersanesi Arge Merkezi'nin ARGE19-P4 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

TEŐEKKÜR

Yüksek lisansıma ilk başladığım andan itibaren hep yanımda olan aileme, dostlarıma, hocalarıma teőekkür ederim. Bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Doç Dr. Eda TURAN'a sonsuz teőekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışma için ölçüm cihazlarını ve elde edilen tarama verilerinin analizi için gerekli yazılımı sağlayan Sedef Tersanesi'ne ve Sedef Tersanesi Ar-Ge Merkezi'ne teőekkür ederim.

Ayrıca tez aőamamda bana verdiği desteklerden ötürü Zeynep ÖZDEMİR'e teőekkür ederim.

Berk AYDIN

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotez.....	2
2 GEMİ İNŞA BLOK İMALAT SÜRECİNİN VE ÖLÇÜM METOTLARININ İNCELENMESİ	3
2.1 Gemi İnşa Blok İmalatı	3
2.2 Gemi İnşaatında Yalın Üretim Uygulamaları	6
2.3 Ölçüm Yöntemleri ve 3D Taramalar	9
2.3.1 Ölçüm Yöntemlerinde Nokta Bulutu Verisi	12
3 BLOK FAZLALIKLARININ 3D ÖLÇME YÖNTEMİ İLE YERİNDE KESME VERİLERİNİN İNCELENMESİ	15
3.1 Bloklarda 3D Tarama İşlemi.....	15
3.1.1 Modelleme Çalışmaları	17
3.1.2 Blok Fazlalık Kes Tayini İşlemlerinin İncelenmesi.....	21
4 SONUÇ VE ÖNERİLER	28
4.1 Fazlalık Kesim Verilerinin Yorumlanması	28
KAYNAKÇA	31
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	33

KISALTMA LİSTESİ

BAMS	Block Assembly Monitoring System
BMP	Block Manufacturing Process
HLA	Hetero Layered Approach
RPMS	Real Time Progress Management System
SDB	Strain as Directed Boundary
3D	Three Dimension
TPS	Toyota Production System



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Gemi yapımı ve blok imalatının genel süreci.....	5
Şekil 2.2 Ürün tedarik süresi unsurları	9
Şekil 2.3 Geleneksel ve yalın yaklaşımlar	10
Şekil 2.4 Lazer tarama işleminin yapılacağı alan ve uygulanan hedefleme sisteminin görünümü	12
Şekil 2.5 Görüntü tabanlı üç boyutlu modelleme teknolojisinin akış şeması.....	16
Şekil 3.1 Bloklarda yapılan tarama işlemi sonucu ortaya çıkan deformasyon analizi....	17
Şekil 3.2 Tarama sonucu işlenen nokta bulutu verisi.....	18
Şekil 3.3 Gemi bloğunda yapılan tarama çalışması.....	19
Şekil 3.4 Bir gemi bloğunun tarama verisi ile dizayn modelinin karşılaştırılması.....	20
Şekil 3.5 Bir gemi bloğunun tarama verisi işlenerek katı model oluşturulması.....	20
Şekil 3.6 Bir gemi bloğunda yapılan tarama çalışmasında cihazın koordinat düzlemi ..	21
Şekil 3.7 Bir gemi bloğunda yapılan tarama çalışmasında gereksiz verilerin silinmesi..	22
Şekil 3.8 A Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	23
Şekil 3.9 B Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	24
Şekil 3.10 C Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	25
Şekil 3.11 D Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	26
Şekil 3.12 E Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	27
Şekil 3.13 F Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	28
Şekil 3.14 G Blok ekinin fazlalık kesim miktarı.....	29

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Blokların fazlalık kesim miktarının sanal ve gerçek karşılaştırması 28



Gemi İnşaatında Blok Fazlalıklarının 3D Ölçme Yöntemi İle Yerinde Kesme Metodolojisi

Berk AYDIN

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Eda TURAN

Gemi inşası süreç sırasına göre iş istasyonlarında gerçekleşmektedir. Bu istasyonlara çelik saclar levha halinde girmekte ve blok adını verdığımız dilimler haline dönüşmektedir. Bloklar ayrı ayrı inşa edilmekte ve bu istasyonların sonuncusu olan blok birleştirme istasyonunda birleştirilmektedir. Blok imalatı tamamlandıktan sonra saclar bloklara dönüştürülürken uygulanan ısı girdilerin bloklar üzerinde oluşturduğu deformasyonlara karşı saclarda tolerans miktarı bırakılmakta ve blok birleştirme işlemi sırasında ise deformasyonlardan arta kalan tolerans miktarlarının kesimi gerçekleşmektedir. Bloklar birleştirileceği mahale alınır ve bu mahalde görüşürme yapıldıktan sonra kesim işlemi gerçekleşmektedir. Mahaldeki görüşürme işlemi; birleştirilecek olan blokların referans noktalarının aynı eksen üzerine oturtulması ile fazlalık ve deformasyonların belirlenmesidir. Bloklar birbiri ile görüşürülerek üç boyutlu ölçüm cihazı veya manuel olarak gerekli ölçüler alınması sonucu fazlalık miktarının belirlenmesidir. Blok görüşürme sürecinde kızakta geçen zamandan ve kızakta bu işlem için kullanılan makine kullanım sürelerinden tasarruf sağlanması amacıyla blok fazlalık kesimlerinin tayin edilmesi, kızakta yapılan görüşürme operasyonunun lazer tarama tekniği ile sanal ortamda gerçekleştirilmesini ve mevcutta kızak üzerinde yapılan kesimlerin kızığa alınmadan önce gerçekleşmesini sağlayacak bir metodoloji geliştirilmesidir. Geliştirilecek olan bu yöntem ile; bloklar kızığa alınmadan

önce üç boyutlu tarama teknolojisi ile taranacaktır. Taranan blokların katı modelleri sanal ortamda oluşturulacaktır. Daha önce tonlarca ağırlığı olan blokların, mahalde fiziki olarak referans blokla karşılaştırılması işlemi sanal ortamda gerçekleştirilmiş olacaktır. Oluşturulan katı modellerin dijital ortamda deformasyon analizi gerçekleştirilecektir. Bu analiz sonucunda bloklar üzerinde kesimi gerçekleşecek fazlalıklar belirlenecektir. Nihayetinde bu fazlalıklar, blokların birleştirme yapılacağı mahale taşınmasından önce gerçekleşecektir. Bu yöntem ile blokların ilgili mahalde bekleme süreleri kısalmış ve bu durumun sebep olduğu mali yükten tasarruf sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Fazlalık, blok birleştirme, deformasyon, 3 boyutlu lazer tarayıcı



In-Situ Cutting Methodology with 3D Measurement of Block Excesses in Shipbuilding

Berk AYDIN

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

Master Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Eda TURAN

Shipbuilding takes place at workstations in the order of the process. Steel sheets enter these stations as sheets and turn into slices, which we call blocks. The blocks are built separately and combined at the last of these stations, the block combining station. After the block production is completed, a tolerance amount is left on the sheets against the deformations caused by the thermal inputs applied on the blocks while the sheets are converted into blocks, and during the block assembly process, the tolerance amounts remaining from the deformations are cut. The blocks are taken to the place where they will be combined and after the meeting is made at this location, the cutting process takes place. The interview process at the site; is to determine the excess and deformations by placing the reference points of the blocks to be joined on the same axis. It is the determination of the amount of excess as a result of taking the necessary measurements with a three-dimensional measuring device or manually by bringing the blocks into contact with each other. In order to save the time spent on the sled in the block negotiation process and the machine usage times used for this process in the sled, the block surplus cuts are determined, the negotiation operation on the sled is carried out in a virtual environment with laser scanning technique, and a methodology is developed that will enable the cuts made on the sled before it is put on the sled. With this method to be

developed; The blocks will be scanned with three-dimensional scanning technology before they are placed on the skid. Solid models of the scanned blocks will be created in the virtual environment. The physical contact of blocks with tons of weight with the reference block will be carried out in a virtual environment. Deformation analysis of the created solid models will be performed in digital environment. As a result of this analysis, the surpluses that will be cut on the blocks will be determined. Ultimately, these redundancies will occur before the blocks are moved to the merging location. With this method, the waiting times of the blocks in the relevant area will be shortened and the financial burden caused by this situation will be saved.

Keywords: Excess, block erection, deformation, 3D laser scanner.



1.1 Literatür Özeti

Gemi inşaatı ana süreçler olarak dizayn, planlama, kesim, ön imalat, blok imalat, boya, blok erection ve donatım aşamalarından oluşmaktadır. Gemi inşaatında etkin bir üretim yapmak için gemi, dizayn aşamasında birçok uygun boyutlu bloklara bölünmektedir. Her blok için farklı imalat metotları bulunmaktadır. Blok imalatı süreç performans değerlendirmesi sektörde önemli bir yer tutmaktadır [1]. Gemi inşaatı montaj aşamasında, yapılacak işlemlerin belirli bir düzene göre yapılması, yapılan işin maliyeti, zamanı ve işin değer katacak kalitede olması açısından önemli bir yere sahiptir. Gemilerin ve açık deniz tesislerinin üretiminde, optimum montaj sırasının belirlenmesinde verimlilik faktörlerinin ve kaynak deformasyonunun dikkate alınması çok önemlidir. Özellikle gemi inşasında kullanılan metotlarda, gelişmiş lazer teknolojilerinin uygulanması, geleneksel kaynak yöntemlerine göre tekne imalat maliyetini azaltmak, üretim kapasitesini arttırmak ve oluşan deformasyonları azaltmaktadır. Gemi inşa ve açık deniz endüstrilerinde, montaj sırası planlaması, mühendislerin kapsamlı deneyime dayalı kararlarına göre yapılmaktadır[2].

Yalın üretim bakış açısı ile imalatın her aşamasında malzeme ve süre israflarından kaçınılması hedeflenmektedir[3]. Gemi inşa ortamında yalın ilkeler, kavramın yeniliği nedeniyle oldukça kısıtlıdır. Gemi inşaatında, yalın üretim uygulamaları çok fazla ilerleme kaydetmemiştir. Yalın Gemi İnşa, müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesi için israfın, değer katmayan süreçlerin ve envanterlerin ortadan kaldırılması yoluyla maliyetlerin düşürülmesini ifade etmektedir[4].

3D lazer tarayıcı, şekil ve görünüm hakkında veri toplamak için gerçek dünyadaki bir ortamı analiz edip ortaya verisini çıkaran cihazlardır. Tarayıcının aldığı veriler çeşitli aşamalardan geçerek taranan bölgenin modelini oluşturmak için kullanılmaktadır. 3D lazer tarama, 20. Yüzyılın son yarısında geliştirilmiştir. Buradaki amaç malzemelerin yüzeylerini doğru bir şekilde analiz edebilmektir. Yapılan tarama verilerinden ortaya çıkan nokta bulutu dosyası çeşitli şekillerde işlenebilmektedir. Gemi inşa endüstrisinde, bir gemi bloğu, birkaç metreden onlarca metreye kadar değişen çok sayıda metal levha

parçasının birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır[5]. Tersane için, kurallara göre blok deformasyonlarının izin verilen tolerans aralığı ve blok birleştirme aşamasında daha fazla düzeltme gerekmeyeceğinden emin olunması çok önemlidir. Çünkü bu aşamada yapılacak olan işin mahal erişimi zor, alanı ve süresi dar olması gibi faktörler nedeniyle çalışma koşulları önceki aşamalar göre zorluk göstermektedir[6].

1.2 Tezin Amacı

Saclar bloklara dönüştürülürken uygulanan ısı girdilerin bloklar üzerinde oluşturduğu deformasyonlara karşı saclarda tolerans miktarı bırakılmakta ve blok birleştirme işlemi sırasında ise deformasyonlardan arta kalan tolerans miktarlarının kesimi gerçekleştirilmektedir. Bloklar genellikle kızığa alınmakta ve kızık üzerinde görüştürme yapıldıktan sonra kesim işlemi gerçekleştirilmektedir. Kızık üzerindeki görüştürme işleminde; birleştirilecek olan blokların referans kabul edilen noktalarının aynı eksen üzerine oturtulması ile fazlalık ve deformasyonlar belirlenmektedir. Gemi inşa blok görüştürme sürecinde kızıkta geçen zamandan ve kızıkta bu işlem için kullanılan makine kullanım sürelerinden tasarruf sağlanması için blok fazlalık kesimlerinin tayin edilmesi amacı ile kızıkta yapılan görüştürme operasyonunun, bloklar kızığa taşınmadan lazer tarama tekniğı ile sanal ortamda gerçekleştirilmesini ve mevcutta kızık üzerinde yapılan kesimlerin kızığa alınmadan önce gerçekleşmesini sağlayacak bir metodoloji geliştirilmesidir.

1.3 Hipotez

Bu tez kapsamında, 3D lazer tarayıcı cihaz kullanarak blok birleştirme sürecinde, iki bloğun birbiri ile görüştürülmeden daha önceki blok imalat aşamasında gerekli ölçülerinin alınıp yorumlanarak fazlalık kesim miktarının önceden tayin edilmesi, bununla birlikte blok birleştirme sürecinin ve kullanılan makine bazlı sürenin kısaltılması amaçlanmaktadır. Oluşturulan bu metodolojinin, yeni çalışmalarda model olabileceğı düşünölmüştür.

GEMİ İNŞA BLOK İMALAT SÜRECİNİN VE ÖLÇÜM METOTLARININ İNCELENMESİ

2.1 Gemi İnşa Blok İmalatı

Günümüzde tersanecilik sektörü rekabet koşullarında, gemi üretimini doğrudan ve büyük önemde etkileyen blok imalat süresini, minimum süreye indirerek rakiplere karşı avantaj elde etmek istenmektedir. Gemi oluşumunda, üretimi en çok etkileyen, elleçlenmesi en mümkün süreç blok imalat aşaması olarak görülmektedir [7]. Üretim sisteminin ve sürelerinin iyileştirilmesi için tersanelerin sistemlerinin detaylı şekilde incelenmesi ve iş istasyonlarının çalışma kabiliyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Araştırmalar sonucu elde edilen verilere göre imalat süreleri hesaplanabilmektedir. Yapılan proses analizlerine göre süreler öngörülerek bir termin tarihi belirlenmektedir. İmalatta gerçekleşecek olan iş adımlarında sürekli iyileştirme ilkesi benimsenerek yapılan geliştirme çalışmaları sonucunda sürelerin daha azalması hedeflenmektedir [8].

Etkili gemi üretimi için, gemi dizayn bölümünde uygun boyutlu bloklara bölünür. Her blok kendi üretim sürecinde imal edilir ve ardından bloklar birbiri ile birleştirilerek gemi omurgasını oluşturmaktadır. Blok üretim sürecinin (BMP) performans değerlendirmesi, gemi inşa endüstrisinde önemli bir sorun olmuştur. Ayrıca blok imalat süreci performans değerlendirmesi birçok blok tipi olması nedeniyle bazı zorluklara sahiptir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için süreç madenciliği ve veri değerlendirme analizi yöntemleriyle sistematik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda değerlendirmeler fiili çalışmaya göre değerlendirilmektedir. Üretim bilgi sistemlerinin veri tabanına kaydedilen süreçlerde düşük performans gösteren blok imalat sistemlerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır [1].

Gemi inşaatında daha rekabetçi bir yaklaşım için müşteri ihtiyaçlarını karşılayan yüksek kalite yüksek önem arz etmektedir. Gemi inşaatında projeleri birçok parça sac plakadan oluşan çok sayıda bloğun birleştirilmesiyle üretilmektedir. Verimlilik ve kalitenin artırılması için araştırmacılar verimli kaynak bükülme tahmin yöntemine, optimal kaynak sırası problemlerine ve bunların üretim programı üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Basitleştirilmiş kaynak distorsiyonu tahmin yöntemleri birçok

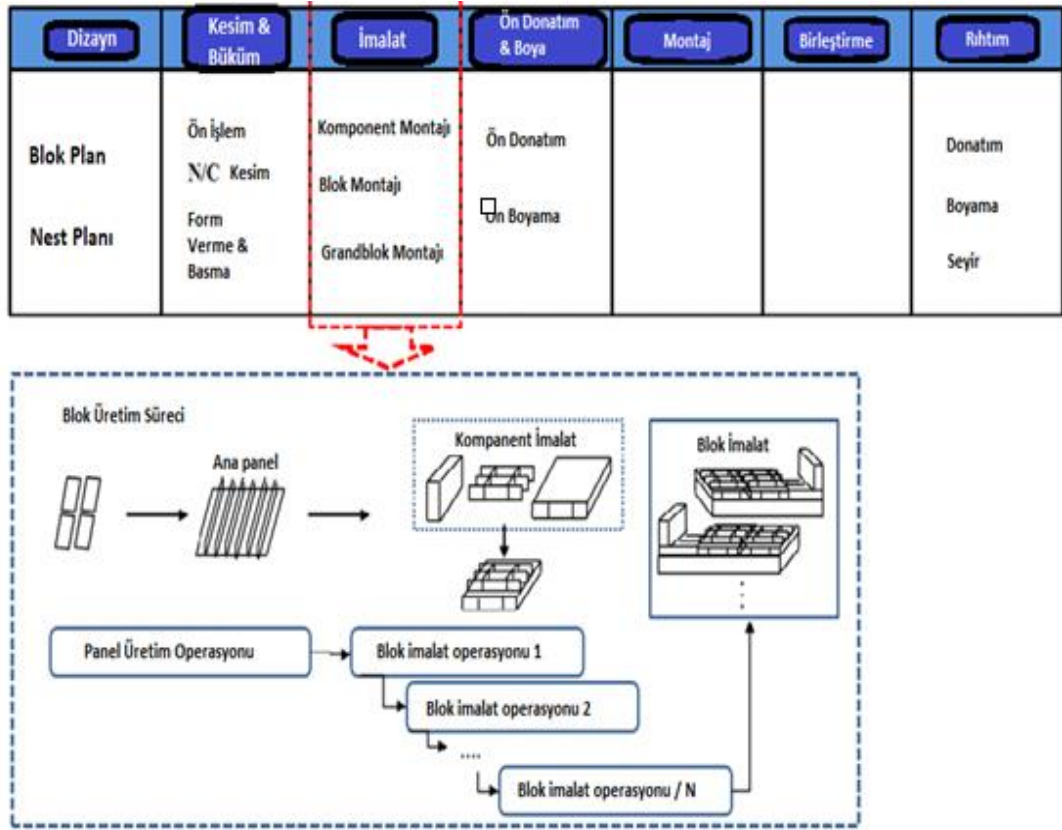
araştırmacı tarafından geliştirilmektedir. Bazı yöntemler olarak Hetero Katmanlı Yaklaşım (HLA), örnek bir ısıl işlem metodu olarak görölmektedir. Kaynaklanacak parçaların birleşim şeklini göstermek amaçlanmıştır. Sac levhaya verilen ısıl girdinin ortaya çıkardığı deformasyonu, kaynak yapılan bölgedeki soğutma işlemi ile deformasyonun önüne geçmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Ayrıca yapılarda iki parçanın birbirine alın eki olarak birleştiği kısımda Strain as Directed Boundary yöntemi önerilmektedir. Dolgu eklemesinde hem flanş hem de gövde deformasyonunu dikkate almak için, geleneksel SDB'de kompozit katmanlı bir kabuk uygulanmaktadır. Yapılan gemi inşaatı proje planlaması formölyasyonlarındaki en kritik kısıtlamalardan biri olarak montaj sırasının (öncelik kısıtlaması) etkisini vurgulamaktadır.

Montaj sırası planlaması, imalat yapılarında kalite ve verimlilik açısından en önemli süreçlerden biri olarak görölmektedir. Yapı tasarımı, vinç ve rihtim programı vb. dahil olmak üzere birçok yönü etkilemektedir. Doğru montaj sırası planlaması, iyi bir montaj kalitesi sağlamakta ve üretim maliyetini, üretim süresini azaltmaktadır. Montaj planlaması aşamasında uygulanan olumsuz bir metot, bu süreçteki müdehale etme ihtimalini azaltmakta ve yapıları izin verilen toleranslar dahilinde imal etmek için önemli ölçüde geri dönüşlerle karşılaşılmasına yol açmaktadır. Uygulanabilir bir montaj sırasını belirlemek için, bir bloktaki parçalar arasındaki kısıtlamalar ve çalışma alanındaki çeşitli üretim süreçleri temel düzeyde dikkatlice düşünölmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle montaj sırası planlaması için çeşitli yazılımsal yöntemler önerilmektedir.

Gemi inşaatı proje inşa aşamasında, sac plakalar genellikle ısıl işlem uygulanarak birbirine kaynatılmaktadır. Uygulanan ısıl işlem sonucu malzemede ortaya deformasyon çıktıkları görölmektedir. Deformasyon sonucu olarak alınan sonuç istenen kaliteyi karşılamadığından geri dönüşler yapılarak işlemler tekrarlanamaktadır. Sac plakaların moleküler özelliği yapılan ısıl işlem sonucu değişmektedir. Deformasyon miktarı projenin gidişatını etkileyecek ana faktörlerden olması, müşterinin isterlerini karşılayacak toleransların dışında olması sonucu geri dönüşlerin çok fazla yaşanacağı bir kıstas olduğundan önem verilmesi gereken bir konudur. Bu nedenle, projelerdeki yapıların kaynaklanması aşamasında uygulanan kaynak sıralarının sonuçlarını ele alıp, faydalı veriler ortaya koyabilmek amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır. Ek olarak, kaynak deformasyon etkilerinin analizi için bazen doğal gerilime dayalı basitleştirilmiş bir analiz yöntemi uygulanmaktadır. Montaj işleminde kaynak deformasyonunu daha pratik bir şekilde ele almak için kaynak deformasyonu açısından en etkili bağlantı kaynağını son

sıraya yerleştiren ardışık yöntem, kaynak sıra planlamasında kaynak deformasyonunu dikkate almak üzere uygulanmaktadır. Ayrıca farklı montaj sıralarına göre farklı büyüklüklerdeki kaynak deformasyonları da dikkate alınmaktadır [2].

Gemi inşasının ana süreci dizayn, kesme ve şekillendirme, blok imalatı, ön donatım, boyama, blok erectionu ve yüzdürme süreçlerinden oluşur. Genellikle bir gemi dizayn aşamasında uygun boyutta bloklara bölünmektedir. Her bloğun özel üretim süreçleri vardır ve imal edildikten sonra gemi gövdesini oluşturmak üzere bloklar birbirine eklenmektedir. Şekil2.1’de genel gemi inşa süreci gösterilir.



Şekil 2.2 Gemi yapımı ve blok imalatının genel süreci [1]

Bir gemi, tipine ve boyutuna göre farklılıklar göstermektedir. Büyük bir gemi genellikle 100’den fazla bloğa ihtiyaç duyar ve her biri farklı metotlar ile üretilmektedir. Bu nedenle blok imalat sistemi yönetimi gemi inşa endüstrisindeki en önemli konulardan biri olarak görülmektedir. Etkili bir blok imalat sistemi yönetimi ve performans değerlendirmesi için birçok şirket BAMS (Block assembly monitoring system) yada RPMS (Real Time Progress Management System) sistemlerini uygulamaktadır. Bu sistemler iş planlama, süreç izleme, ve yapılan işe odaklanmaktadır. Etkili bir blok imalat

süreç performansı gemi inşa süresinin kısalmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla maliyet olarak yararlıdır. Projelerde işlem adımlarında yaşanan süreç farklılıkları sonucu sözleşmede yaptırımlar yer almaktadır. Sözleşmelerde genellikle yer alan bu maddeye göre belirli ceza ödemeleri gündeme gelmektedir. Blok imalat süreci performansı ile projenin ilerlemesi arasında verim açısından aynı yönde bir ilerleme vardır. Blok imalat süreci performans değerlendirmesi sayesinde şirketler, düşük performans gösteren blokların nedenlerini analiz etmekte ve performansı arttırabilmek için çözümler bulmaktadır. Blok imalat sürecini değerlendirmede iki pratik zorluk vardır. Bunlardan birincisi birçok blok tipi olması nedeniyle veri analizlerinde sınıflandırma yaparken yaşanan zorluktur. İkincisi ise fiili ve planlı çalışma arasında zaman farkları olmasıdır [1].

Gemi bloğu montaj planlaması, gemi üretiminin çeşitli faaliyetleri ve özellikleri nedeniyle çok karmaşıktır. Bu nedenle, gemi inşa endüstrisindeki rekabet gücü, bir şirketin gemi bloğu montaj planını ne kadar iyi uyguladığına bağlı olarak değişebilmektedir. Birçok gemi inşa şirketi, özellikle modelleme ve simülasyon gibi teknoloji kullanımı ile ilgili olarak, gemi bloğu montaj planlamasında rekabet güçlerini arttırmak için çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Bu teknolojiler bazı üretim planlama sistemlerinde başarıyla uygulanırsa da, beklenmeyen durumlar nedeniyle gemi üretim planlama sistemlerini esnek bir şekilde uyarlamak zordur. Bu üretim planlama sistemleri için esnek bir plan sağlamak, gemi üretim süreçlerinin organik ilişkilerini tanımlamanın ve gözden geçirmenin bir yolunu gerektirir[9].

2.2 Gemi İnşaatında Yalın Üretim Uygulamaları

Gemi inşa ortamında yalın ilkeler, kavramın yeniliği nedeniyle oldukça kısıtlıdır. Gemi inşaatında yalın üretim teknikleri süreç olarak çok fazla ilerleme kaydetmemiştir. Buna bağlı olarak yalın üretim uygulamaya çalışan işletme sayıları günümüzde artış göstermekte olup, çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yalın gemi inşaatında uygulanması, müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesi için israfın, değer katmayan süreçlerin ve envanterlerin ortadan kaldırılması yoluyla maliyetlerin düşürülmesini ifade etmektedir. Yalın üretim ilkelerinin gemi inşasında uygulanmasıyla verimliliğin en az %45 ve inşa süresinin %85 oranında artması beklenmektedir. İstatistikler, 1965'ten 1995'e kadar olan

dönem için Japon gemi inşa endüstrisinin, Toyota Üretim Sistemi ile aynı zamanda bazı yalın ilkelerin geliştirilmesinden dolayı üretkenliğini %150 artırdığını göstermektedir.

Kökene otomotiv endüstrisinden ve özellikle Toyota Üretim Sisteminden (TPS) gelmektedir. Yalın üretimin amacı israfı ortadan kaldırmak, üretkenliği ve verimliliği artırmak, değer katmak, maliyetleri düşürmek ve rekabet performansını artırmaktır. Tüm bunlar müşteri memnuniyetini sağlamayı amaçlamaktadır. Süreci beş aşamada tanımlamaktadır.

Değeri tanımlamak: Süreçleri müşteri perspektifinden araştırarak, müşterilerin ihtiyaçlarını tanımlamaktır. Değer yönetimi, fonksiyon konuşlandırma ve simülasyon gibi araçlarla yapılabilmektedir.

Değer akışının haritasını çıkarmak: İşlem adımında gerçekleşen sürelerin ve verimsizliğin ortaya koyulması ve bu adımların sıralanması, müşterinin istediği ürün ortaya çıkarılırken geçen verimli aşamaların ve verimsizliklerin ortaya koyulmasını sağlamaktadır.

Süreçlerin akışını yaratmak: Değer akış haritasında yer alan adımların herbiri içerisinde israfa neden olan etkenlerin ortadan kaldırılarak, herhangi bir aşamada fazlalık oluşmasının önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

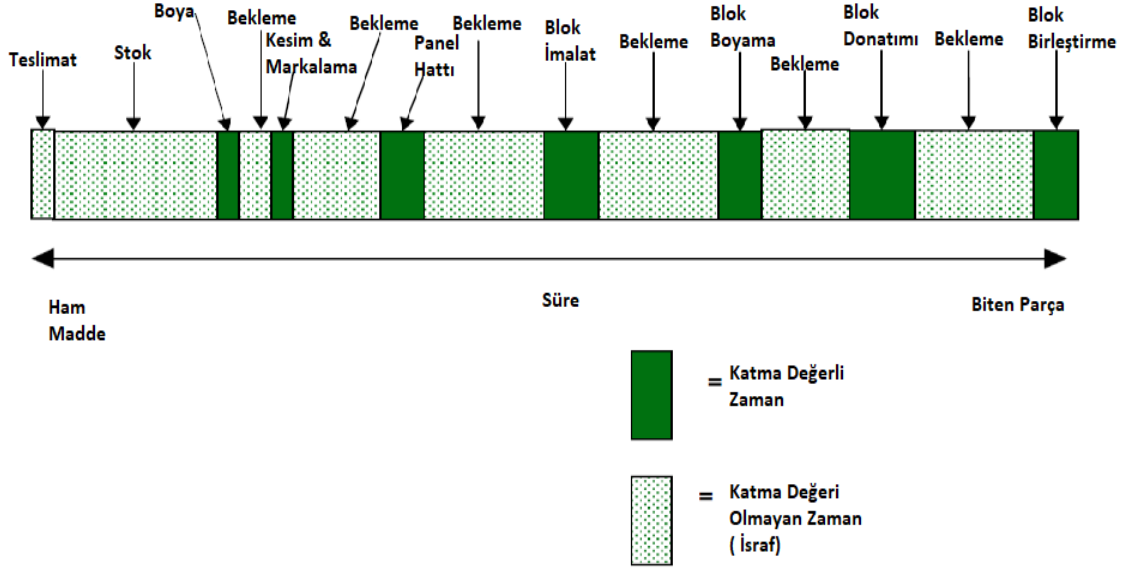
Çekme Sistemi: Üretimin müşterilerin ihtiyaç ve gereksinimlerine göre ayarlanması, yani ürünü müşterilerin istediği zaman ve istediğini kalitede üretmektir.

Mükemmeli aramak: Yukarıda sıralanan eylemler gerçekleştirildikten sonra, sürekli iyileştirme, değişen süreçlerin değerlendirilmesi ve değişen süreçleri pekiştirmek için tekrarlayan bir şekilde atıkların ortadan kaldırılması ile desteklenmesi olarak düşünülmektedir.

TPS araçlarının ve tekniklerinin temeli yalın üretimin temelini atmaktadır. Yalının orijinal konseptinde olduğu gibi, Yalın Üretim'in arkasındaki ilkeler, kaynakların en aza indirilmesini ve bu sayede seri üretim bağlamında israfın en aza indirilmesiyle, yani daha az işçilik, daha az üretim alanı, daha az envanter, daha az hata hedeflenmektedir. Yalın üretim, üretimin istenen düzeyde optimum seviyede işlem aşaması ile gerçekleştirerek değer yaratma hedefinde olmaktadır.

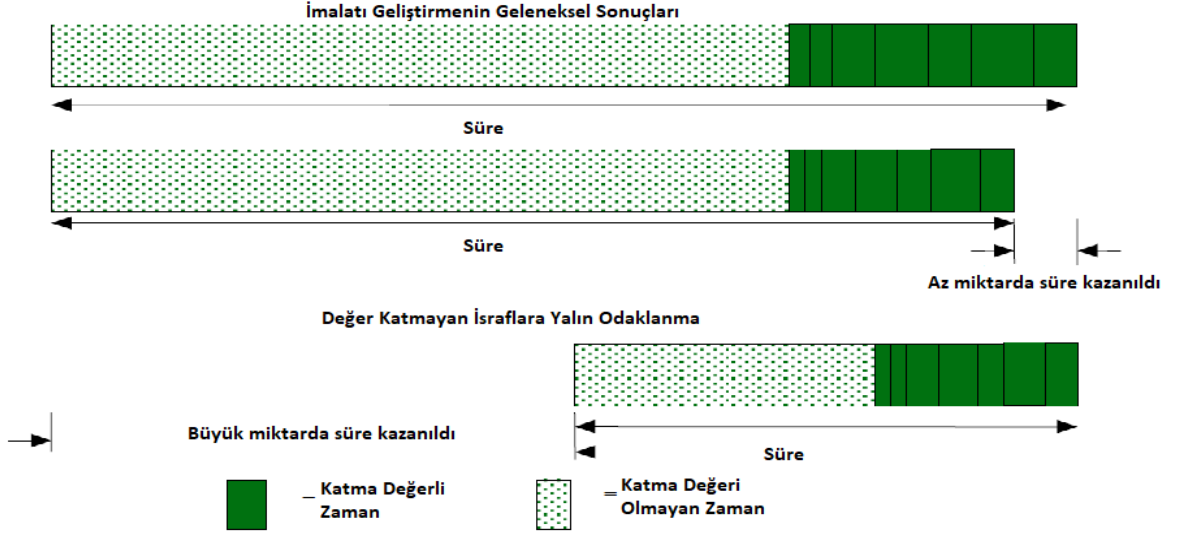
Yalın üretimde israf, bir ürünü üretmenin zamanına ve maliyetine katkıda bulunan ancak müşteri açısından ürüne değer katmayan her şeydir. Katma değerli faaliyetler,

ürünü müşterinin istediği hale dönüştürmektir. İmalatta bu genellikle ürünün müşteri beklentilerine uygun hale getirilmesi için fiziksel bir dönüşüm olarak görülmektedir. Şekil 2.2, bir blok imalat ve montaj yapmak için gereken adımların basitleştirilmiş bir versiyonunu göstermektedir. Yalnızca koyu renk ile gösterilen faaliyetler değer katmaktadır. Koyu renklerin dışında yer alan süreler yalnız üretime göre israftır. Müşterinin bakış açısından değer katmamaktadır.



Şekil 2.2 Ürün tedarik süresi unsurları [3]

Yalın düşünce, katma değerli akışa ve genel sistemin verimliliğine odaklanmaktadır. Envanter yığnında duran bir parka, israf olarak nitelendirilmektedir. Amaç ürün akışını sürdürmek ve mümkün olduğunca değer katmaktır. Yalın üretim, israf kaynaklarını ortadan kaldırarak müşteri siparişi ile ürün oluşturma/sevkiyat arasındaki süreyi kısaltan bir üretim felsefesidir. Atık, bir parçanın müşterinin ihtiyaçlarına dönüştürülmesine katkıda bulunmayan herhangi bir şeydir. Yalın yaklaşımın sonuçları Şekil 2.3'te gösterilmektedir. Yalın üretim, katma değerli faaliyetten bir miktar israfı alacak ve seri üretim yaklaşımında olduğu gibi bu israf üzerine odaklanarak çalışmalar yapılacak, ancak daha da önemlisi, katma değeri olmayan saf katma faaliyetleri azaltmaktır[3].



Şekil 2.3 Geleneksel ve yalın yaklaşımlar [3]

2.3 Ölçüm Yöntemleri ve 3D Taramalar

Gemi inşa sürecindeki her üretim aşamasında, imalatların boyutları ölçülmektedir. Bir geminin tüm yapısını yönetmek ve üretim sonrası aşamada yeniden işleme maliyetini azaltmak için doğruluk değerlendirilmektedir. Geleneksel ölçüm aletleri yalnızca montajdan çıkarılan belirli noktaları ölçmekte kullanılabilir. Bu nedenle bu enstrümanlar tüm şeklin doğruluk değerlendirmesi için yeterli olamamaktadır. Ölçü aletleri üretim aşamasında farklılık gösterdiğinden değerlendirme sürecinin normleştirilmesi devam etmemektedir. Genellikle imalatların doğruluk kontrolü için total station cihazı kullanılmaktadır. Ancak değerlendirme, ölçülen noktaların aralığına bağlıdır. Son zamanlarda, lazer tarayıcıdan elde edilen, montajların ölçülen verilerini kullanan bazı doğruluk değerlendirme sistemleri önerilmektedir. Lazer tarayıcı, ölçülmek istenen imalatların tüm yüzeyini nokta bulutu verisi olarak ölçmektedir. Ölçülen veriler, dış kaplama saclarının yüzeylerinin veya gemi yapı bloklarının kaynak yüzeylerinin değerlendirilmesi için kullanılabilir. Ölçülen veriler ve değerlendirme sonucu çok fazla bilgi içeriğine sahiptir. Bu nedenle, verilerin üretim süreci hakkında bilgi keşfine yardımcı olması beklenmektedir. Bununla birlikte, çoğu tersanede, yeterli veri yönetimi olmadan büyük miktarda doğruluk bilgisi depolandığından, değerlendirme sonucunun aranması ve yeniden kullanılması oldukça zordur[10].

İmalatların doğruluk değerlendirme sisteminde, lazer tarayıcı ile elde edilen ölçüm verileri ile tasarım verileri karşılaştırılarak montajların doğruluğu görülebilmektedir. Doğruluk değerlendirme metodolojileri montajlara göre farklılık göstermektedir. Doğruluk veri toplama sisteminde, ölçülen veriler, tasarım verileri ve değerlendirme sonuçları veritabanında toplanmaktadır[11].

3D lazer tarama, yapıların modellemesinde, farklı alan ve sektörlerde işlem görmektedir. 3D lazer tarayıcının kaliteli ve hassas bir sonuç vermesi için, taranılacak olan yapıyı birden fazla kez cihazın yer değiştirilmesi ile farklı açılardan taranarak tüm bölgenin ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle veriler, bireysel taramaları tek bir ortak koordinat sistemine dönüştürmek için temel adımlardan biri haline getirmektedir. Gemi inşa endüstrisinde, bir gemi inşa bloğu, birkaç metreden onlarca metreye kadar değişen çok sayıda metal levha parçası içerebilmektedir. Yapılan işleme göre, projenin inşası aşamasında çeşitli sıralama metotları uygulanmakta üretim süreçleri belirlenmektedir. Bu nedenle, tarama işlemlerinden ortaya çıkan verilerinin hassasiyet toleransları belirtilmelidir. Daha doğru sonuçlar elde etmek için artan tarama çözünürlükleri ve veri boyutları ile birlikte, hesaplama maliyetlerinin azaltılmasına da ihtiyaç vardır. Günümüzde tarama teknolojinde göre veriler, ince ve kaba kayıtlar olmak üzere değerlendirilmektedir.[12].



Şekil 2.4 Lazer tarama işleminin yapılacağı alan ve uygulanan hedefleme sisteminin görünümü[5]

Çalışmada işaretleyici tabanlı kayıt sistemi önerilmektedir. Bölge büyütme yöntemi veya küre yüzeyinin manuel olarak çıkarılması yöntemi uygulanmaktadır. Daha sonra küre merkezlerini çıkarmak için küresel algoritmalar kullanılabilir. Tahmini yarı çap kabul edilip aralık içinde kalana kadar küre merkezlerinin tahmini konumlarını iyileştirmek ve yinelemeli aykırı değer kaldırma işlemleri gerekmektedir. Temel bileşenler, her lazer tarayıcı koordinat sistemi için hesaplanmaktadır. Son olarak, tarama verilerini koordinat sistemine kaydetmek için matris işlemleri gerçekleştirilmektedir[5].

3D tarayıcılar kameralara çok benzemektedir. Kameralar gibi, koni benzeri bir görüş alanına sahiptirler ve kameralar gibi, yalnızca belirsiz olmayan yüzeyler hakkında bilgi toplayabilmektedirler. Üç boyutlu tarayıcıları, taradığı nesne ile uzaklığını lazer ışınları sayesinde ortaya koymaktadır. Renkli ve renksiz modları bulunmaktadır. Kamera özelliği sayesinde etrafındaki nesnelere renkli olarak tarayabilmektedir. Her tarama işleminde ortaya çıkan verilerin işlenmesi istenen hassasiyette olmamaktadır. Bunun önüne geçmek için birden fazla tarama yapılmaktadır. Yapılan bu taramalar sonucunda model ortaya koyulmaktadır. Malzemenin tüm yönleri hakkında bilgi elde etmek için genellikle birçok farklı yönden tarama yapılması gerekmektedir. Cihazdan alınan veriler kendini koordinat düzlemine göre noktasal olarak ortaya koymaktadır. Referans noktaların doğru kabul edilerek taramaların birbirine birleştirilmesi ortaya hassas bir model ortaya çıkarmaktadır. [13]. 3D lazer tarama, 20. Yüzyılın son yarısında çeşitli nesnelerin ve yerlerin yüzeylerini doğru bir şekilde yeniden oluşturma girişiminde geliştirilmiştir. Teknoloji özellikle araştırma ve tasarım alanlarında faydalıdır. İlk 3D tarama teknolojisi 1960'larda yaratılmıştır. İlk tarayıcılarda bu görevi gerçekleştirmek için ışıklar, kameralar ve projektörler kullanılmaktadır. Ekipmanın sınırlamaları nedeniyle, nesnelere doğru bir şekilde taramak genellikle çok zaman ve çaba gerektirmiştir. 1985'ten sonra, belirli bir yüzeyi yakalamak için beyaz ışık, lazerler ve gölgeleme kullanabilen tarayıcılarla değiştirilmiştir[14].

Genellikle sabit bir platform üzerinde çalışacak şekilde kalibre edilen 3D temaslı tarayıcılar, genellikle mafsallı bir mekanik kolun ucunda bulunan bir sonda içermektedir. Kol, parça yüzeyi üzerinde robotik veya manuel olarak hareket ettirilebilmektedir. Nesnenin yüzeyine temas ettiğinde tarayıcı malzemenin konumsal ölçümlerini alarak noktaların X,Y,Z koordinatlarını kaydetmektedir. Koordinat düzlemine göre, tarama verileri işlenerek nokta bulutu verisi elde edilmektedir. Üç boyutlu tarayıcılar oldukça yüksek doğruluk oranına sahiptir. Bu tarayıcıların iki farklı yöntemi vardır. Bunlardan

biri temaslı tarayıcılar olarak adlandırılmaktadır. Taranacak olan nesneye temas ettiğinden işlem yavaş ve dikkatli olarak yapılmaktadır. Bu şekilde herhangi bir deforme, zarar verme durumunun önüne geçilmeye çalışılmaktadır [15].

3D cihazlarda temassız aktif teknikler, bir nesneyi veya ortamı araştırmak için bir tür radyasyon veya ışık yayarak, yansımaları algılamaktadır. Filtrelemeler ışık, sıcaklık vb verilerin tarama kalitesini etkilediğini göstermektedir. Lazer tarama teknikleri genellikle tek tarama işleminde sonuç verme üzerine düşünülmekte olup, çok kapsamlı bir tarama verisi oluşturabilmek için çoklu tarama işlemini birleştirmeye odaklanmaktadır. 3D lazer tarayıcı, nesneyi araştırmak için lazer ışığı kullanan aktif bir tarayıcıdır. Bu tür tarayıcılarda, lazer atış süresini ölçen lazer telemetre bulunmaktadır. Lazer yöntemi taranan nesneye atılan lazerlerin mercekle arası gidiş geliş süresini hesaplayarak mesafeyi belirlemektedir[11].

2.3.1 Ölçüm Yöntemlerinde Nokta Bulutu Verisi

Günümüzde üç boyutlu tarayıcıların ve ortaya çıkan nokta bulutu verilerinin çok etkili metot olmasına rağmen, gemi inşa projelerinde uygulandığında hala birçok zorluk gözlemlenmektedir. Bu zorluklar yoğun nokta bulutlarının azaltılması, nokta bulutundaki gereksiz yapıların kaldırılması, gemi tarama bulutu segmentasyonu ve tanınması, büyük orijinal nokta bulutunun basitleştirilmesi olarak sıralanmaktadır. Bu zorluklar arasında, nokta bulutunun ve tasarım modelinin kaydı, etkin proje kontrolü için kritik öneme sahiptir. Bir blok taramasında milyonlarca nokta yer almaktadır. Buna bağlı olarak bu noktaların elleçlenmesi, gereksiz olan noktaların silinmesi işlemi çok fazla zaman almaktadır. [16].

Bir nokta bulut modelinde verinin işlenmesi, nokta bulutu ve tasarım modelinin aynı koordinat sisteminde hizalanması ve ardından bunların karşılaştırılması anlamına gelmektedir. Kayıtlar genellikle kaba tescil ve ince tescil olarak ikiye ayrılmaktadır. Kaba kayıt, sonraki hassas kayıt için iyi bir başlangıç sağlamaktadır[17]. Hassas kayıt, optimal çözümün aranması için kaba olanın başlangıç koşullarını takip etmektedir. Hassas kayıt algoritmaları genellikle yerel yakınsama ikilemine düştüğünden, iyi bir kaba kayıt yöntemi önceki birçok araştırmanın odak noktası haline gelmektedir.

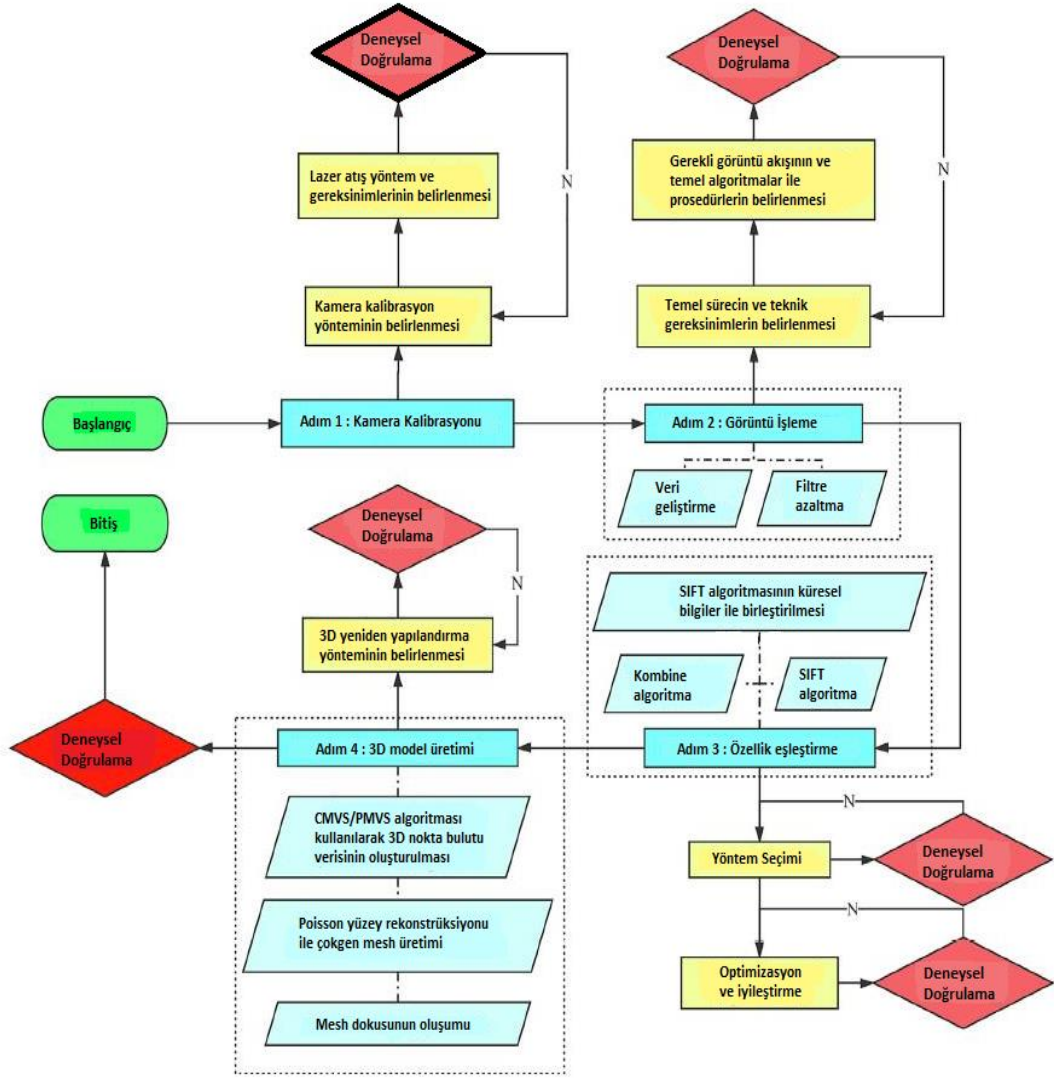
Verilerin toplanması aşamasında en yaygın iki metot, tanımlama tabanlı yöntemler ve endüstriyel düzlem tabanlı yöntemlerdir. Bir tanımlayıcı yönteminin temel

akışı, ilk olarak önceden tasarlanmış belirli tanımlayıcılar tarafından nokta bulutundaki her noktanın özellik değerlerinin hesaplanmasından oluşmaktadır. Daha sonra, bu verilerden, dönüşüm parametrelerinin hesaplanmasıyla nokta karşılıkları elde edilmektedir. Kayıt hataları daha sonra tüm olası nokta karşılıklarından türetilmektedir. Son olarak, minimum kayıt hatasına karşılık gelen parametreler, kaba kayıt algoritmasının çözümünü sağlamaktadır.

Tarama cihazlarının tekne bloklarının yapım hata analizindeki uygulaması, 3D tarayıcılar tarafından üretilen nokta bulutları, mimari ve inşaat dünyasında doğrudan ölçüm ve görselleştirme için kullanılabilir. Ancak çoğu uygulama bunun yerine çokgen modeller, yüzey modelleri veya düzenlenebilir özellik tabanlı CAD modelleri kullanılmaktadır. Bir şeklin çokgen gösteriminde, kavisli bir yüzey birçok küçük yönlü düz yüzey olarak modellenmektedir. Mesh modelleri olarak da adlandırılan çokgen modeli, bazı işleme yöntemlerinde görselleştirme için yararlıdır. Çokgen modelde yeniden yapılandırma, sürekli bir yüzey oluşturmak için bitişik noktaları bulmayı ve düz çizgilerle birleştirmeyi içermektedir. Bu amaç için birçok uygulama (MeshLab, kubitPointCloud for AutoCAD, JRC 3D Reconstructor, imagemodel, PolyWorks, Rapidform, Geomagic, Imageware, Rhino vb.) mevcuttur. Yüzey modelleyicileri nesneyi modellemek için bir kavisli yüzey meshlerini kullanmayı içermektedir. Bazı uygulamalar parametreleri girerek manuel meshleme opsiyonunu sunmaktadır. Ancak bu programlarda en iyisi hem otomatik hem de manuel opsiyonu sunmaktadır. Tarama işlemi sonucu ortaya çıkan sonuçlar farklı yazılımlarda işlenmektedir. CAD tabanlı yazılımlarda yapılacak işlemlerin uygulanma süresi diğer uygulamalara göre daha makuldür. [18].

Paralal gövde blokları nokta bulutları, üç boyutlu cihazlar tarafından doğru bir şekilde ölçülebilmektedir. Ancak bloklar imalat sırasında farklı bölgelerde konumlandırıldığından, ölçüm noktaları ile tasarım noktaları aynı koordinat sisteminde değildir. Bu yüzden tarama yapılan veriyi aynı koordinat düzlemine oturtmadan doğrudan karşılaştırılmazlar. Üç boyutlu nokta bulutlarının kaydı hem bilgisayar görüşü hem de fotogrametride, özellikle uydu ve hava fotoğrafçılığında veya tıp alanında önemli bir yer kaplamaktadır. Bu endüstrilerde lazer tarayıcı ile ölçülen nokta bulutları ile karşılaştırıldığında, gövde blokları nokta bulutları daha az noktaya sahiptir[19].

Görüntü tabanlı 3D rekonstrüksiyon teknolojisi kullanılarak gemi bloğunu ölçmek için temassız ölçüme genel bir bakış sunulmaktadır.



Şekil 2.5 Görüntü tabanlı üç boyutlu modelleme teknolojisinin akış şeması [6]

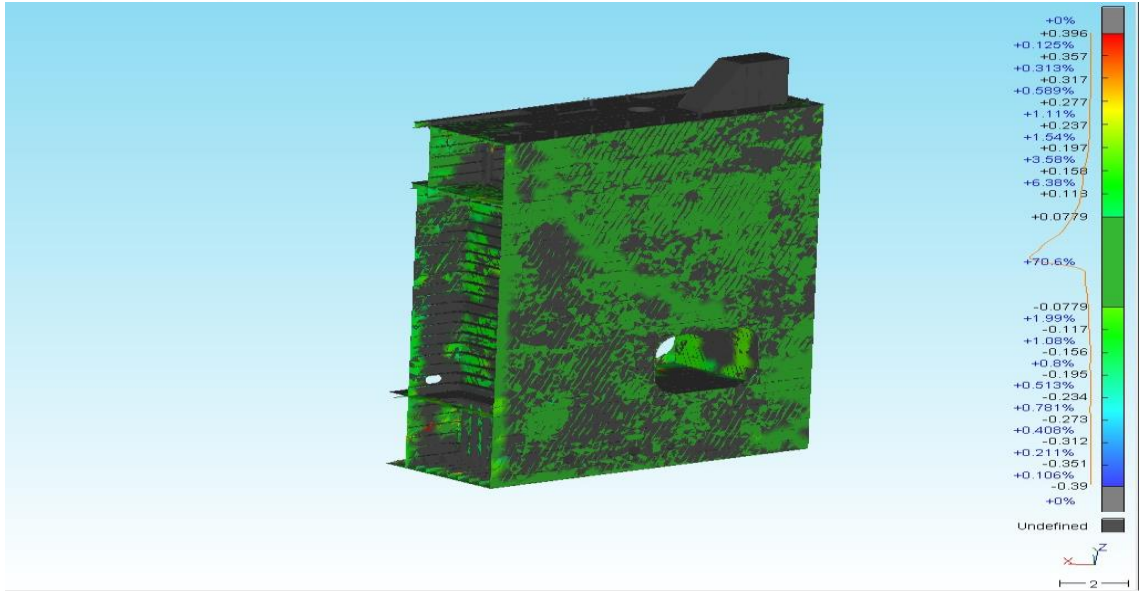
Akış şeması gösterildiği gibi, koyu mavi ile işaretlenmiş dört ana adımdan oluşmaktadır. Bunlar, kamera kalibrasyonu, görüntü işleme, noktaları eşleştirme ve 3D model oluşturma aşamalarıdır. Her adım için, görevleri sarı kutu ile detaylandırılmıştır. Deneysel doğrulama adımı listelenmiş olup açık kırmızı ile renklendirilmiştir. Anahtar algoritmalarından bahsedilmiş ve açık mavi ile işaretlenmiştir. Sonuç olarak, yeniden oluşturulan model ile karşılık gelen tasarlanan model karşılaştırılarak ölçüm verilerinin elde edilmesi ve böylece hedef gemi bloğunun doğruluğunun hesaplanabilmesi beklenmektedir[6].

BLOK FAZLALIKLARININ 3D ÖLÇME YÖNTEMİ İLE YERİNDE KESME VERİLERİNİN İNCELENMESİ

3.1 Bloklarda 3D Tarama İşlemi

Gemi bloklarında 3D tarama işlemi, blokların dış ya da iç yüzeyinin lazer veya diğer tarama cihazları kullanılarak taranması işlemidir. Bu tarayıcılar, istenilen bölgenin tüm yüzeyini tarayarak nokta bulutu adı verilen 3D veri setleri oluşturmaktadırlar. Bu nokta bulutu verileri, gemi bloğunun gerçek dünya koordinatlarındaki üç boyutlu görüntüsünü oluşturmaktadır.

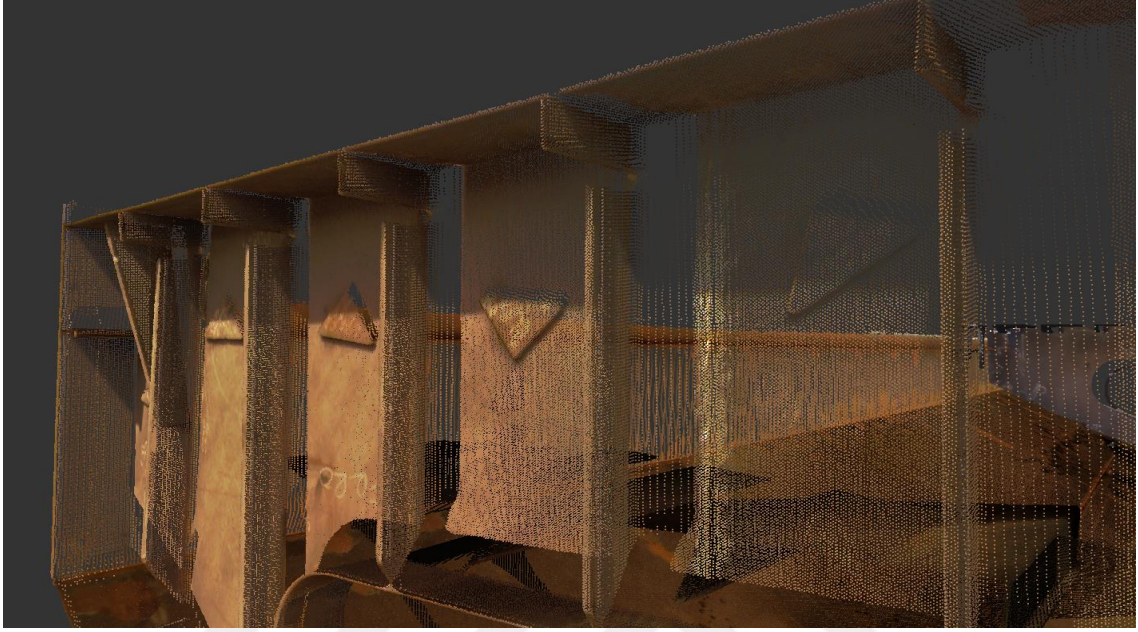
Nokta bulutu verileri, geminin yüzeyinin her noktasının koordinatları, renk bilgisi, yüzeyin eğrilikleri ve diğer detaylarını içermektedir. Bu veriler daha sonra bir yazılım programı ile işlenerek ve gemi bloğunun üç boyutlu bir modeli oluşturulmaktadır. Bu model, geminin tasarımını, yüzey özelliklerini ve diğer detayları görsel olarak göstermek için kullanılmaktadır. Nokta bulutu verileri, gemi bloğunun yüzeyindeki herhangi bir hasarın veya bozulmanın tespit edilmesine de yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.1 Bloklarda yapılan tarama işlemi sonucu ortaya çıkan deformasyon analizi

Bu projede gemi bloklarında 3D tarama işlemi yapıldı, nokta bulutu verileri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veriler çeşitli yazılım programlarında tekrar işlem uygulanarak gemi bloklarının fazlalıkları, bloklar birbiri ile karşılaştırılmadan sanal

ortamda belirlenmiş ve sürecin devamında doğruluğu analiz edilmiştir. Bu verilerin ortaya koyduğu fazlalık miktarına göre blok eklerinde gerekli soğuk markalama işlemleri yapıp, kesim işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.2 Tarama sonucu işlenen nokta bulutu verisi

Tarama işlemlerinde Faro Focus model lazer tarama cihazı kullanılmıştır. Toplamda 7 adet blok ekinde tarama işlemi uygulanmıştır. Tarama işlemi yapılan bu blok eki iki farklı projede uygulanmıştır. Bu blokların Çeşitli hedefler kullanarak ve düzlemsel birleştirme yöntemi kullanılarak, blokta yapılan birden fazla tarama işlemi tek bir nokta bulutu verisine dönüştürülmüştür. Taramalar yapılırken hedef olarak cihazın sunduğu çözümler dikkate alınmış olup, kağıt hedefleme yöntemi ve küresel ekipman ile hedefleme yöntemleri kullanılmıştır. Gemi inşaatı blokları için küresel hedefler kullanıldığında toleransı daha hassas veriler ortaya koyulabilmiştir. Tarama çalışması sonucunda ortaya çıkarılan nokta bulutu verisi Şekil3.2 ve Şekil 3.3'te görülmektedir.



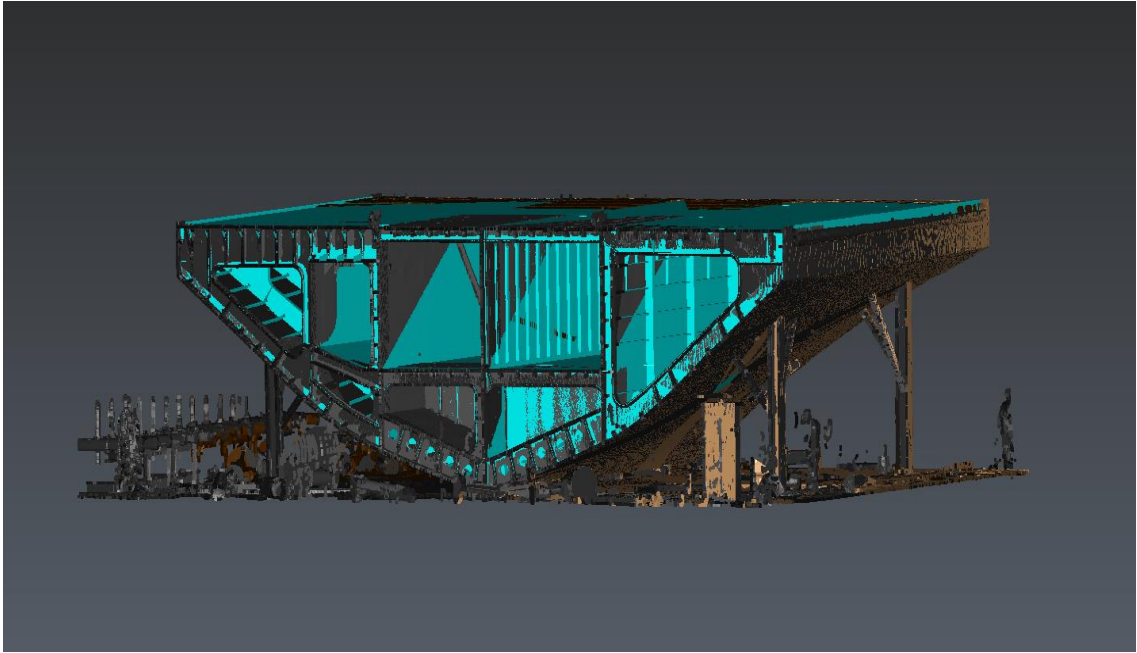
Şekil 3.3 Gemi bloğunda yapılan tarama çalışması

3.1.1 Modelleme Çalışmaları

Tarama cihazı ile yapılan işlemlerden sonra alınan taramalar dijital ortamda Scene yazılımı ile işlenip nokta bulutu verilerine dönüştürülmüştür. İlk olarak kaba bir çalışma olarak düşünülüp nokta verisi olarak çok kalabalık bir veri ortaya çıkmaktadır. Çalışma yapılacak olan bölgedeki nokta bulutu verilerinin diğer nokta bulutu verilerinden ayıklanması çalışmanın daha hassas ve zamansal olarak daha hızlı olmasına imkan tanımaktadır. Bu sebeple nokta bulutu verilerinde yine Scene yazılımı ile temizleme, gereksiz verilerin silinmesi işlemleri uygulanmıştır. Temizlenen nokta bulutu verileri 3D modelleme yazılımında meshlenerek gemi bloğunun katı modelini oluşturmuştur. Nokta bulutu verilerinden katı model oluşturma işlemi, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı kullanılmıştır. Katı model çalışması verilerin ön işleme adımıdır, nokta bulutu dosyasındaki gereksiz verilerin silinmesiyle başlamıştır. Sonrasında yüzeyi taranan ve nokta bulutu dosyası elde edilen bu çalışmada yazılım programları yardımı ile noktalar arası mesafelerin hesaplatılmış, oluşmuş olan deformasyon çıktıları sanal ortamda ortaya koyulmuştur.

Modelleme kısmında son olarak alınan veriler üç boyutlu bir katı model çalışmasına dönüştürülmüştür. Gemi bloklarının dizayn modeli ile sahada taranan bloğun

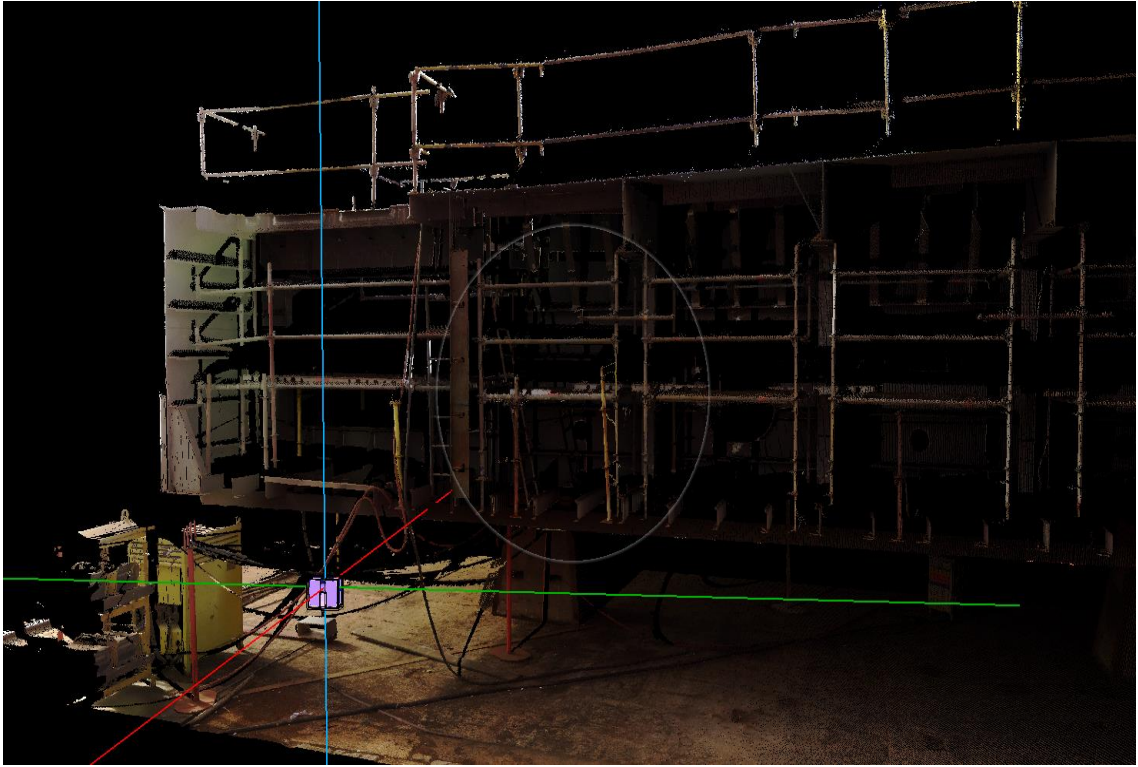
katı modeli birbiri ile çakıştırma metodu kullanılarak sapmalar ortaya koyulmuştur. Katı modelleme işlemi sonrasında, proje bloklarının dizayn modelleri ile çeşitli CAD yazılımları ile birbirine eşleştirilerek blokta yapılan ısıl işlem sonucu oluşan deformasyonlar belirlenmiştir. Dizayn modellerinde fazlalıksız halde bloklar kullanılarak, taranan bloktaki fazlalık kısımları bu eşleşme sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Taranan bloğun katı modeli ile dizayn modelinin birbirine eşlenmesi Şekil 3.4'te görülebilmektedir.



Şekil 3.4 Bir gemi bloğunun tarama verisi ile dizayn modelinin akıştırılması

Bu çalışmada iki farklı projenin toplamda on dört bloğunda tarama işlemi uygulanmıştır. Bu bloklar toplamda yedi tane blok eki sonucu ortaya koymuş ve buradan gelen değerler yorumlanmıştır. Sahada birbirinden bağımsız iki farklı bölgede bulunan bloklar yerinde tarama yapılmış olup, nokta bulutu verisi ortaya koyma, ortaya çıkan bu veriyi gerekli kısımları içerecek kadar süzme, szlen verinin katı model oluşumu, katı modelin dizayn modeli ile karşılaştırılarak deformasyon ve fazlalık miktarının tayin edilmesi işlem süreci izlenmiştir. Bu işlemler ile birlikte blokların birletirilecek olan mahale taşınıp birbiri ile grştrlmesi ve orada çeşitli ölçüm yöntemleri ile fazlalık miktarının tayin edilmesi işlemi ortadan kaldırılmıştır.

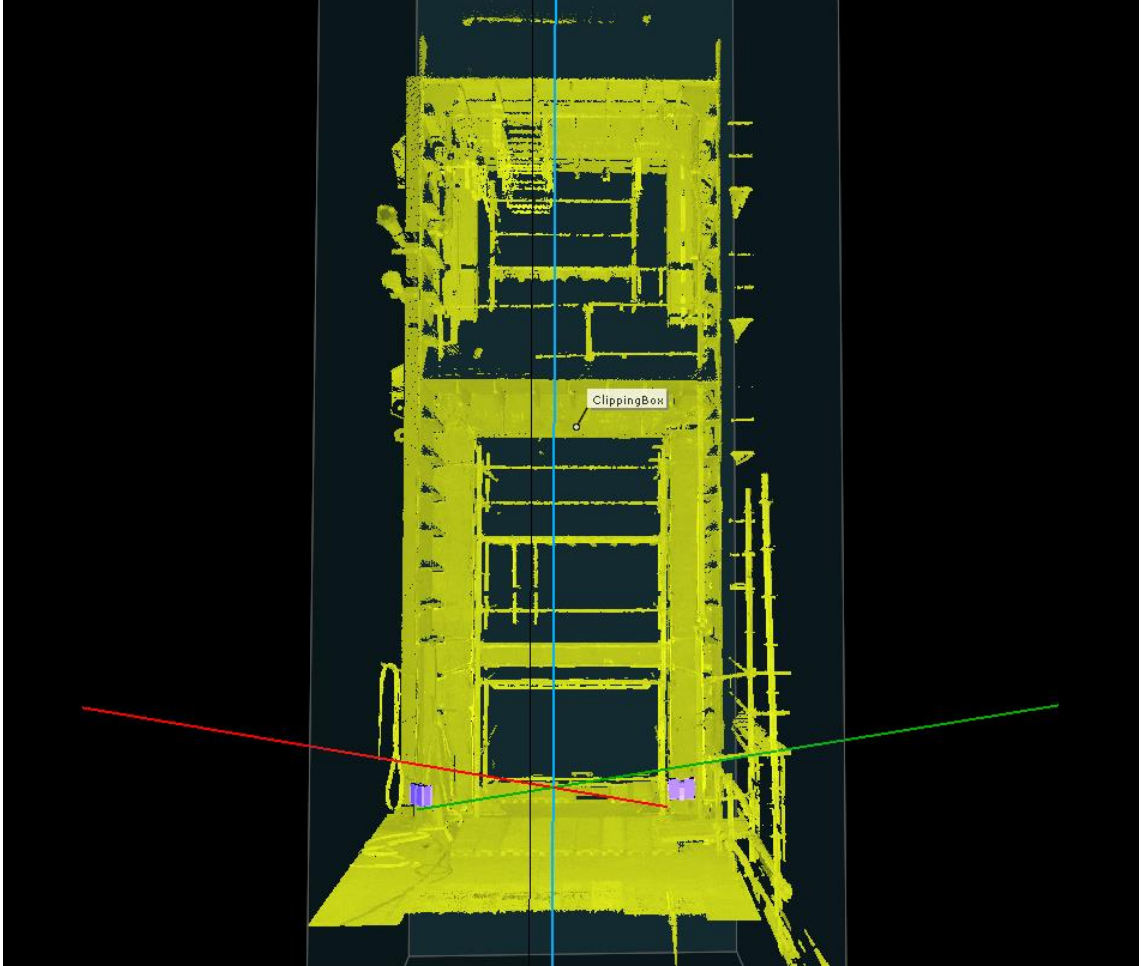
Tarama cihazından çıkan koordinat düzleminde tüm noktalar birbirine bağı olarak taranan bloğun yüzeyini ortaya çıkarmıştır. Örnek bir blokta toplamda aynı yüzey bölgesine dört adet tarama yapılıp, bu taramaların birbiriyle eşleştirilmesi sonucu tek bir tarama nokta bulutu verisi ortaya koyulmuştur. Bu eşleştirme işlemi manuel yada otomatik olarak yapılabilir. Öncelikli olarak otomatik birleştirme yöntemi denenmiştir. Bu denemeler sonucunda taramaların bir mm'den fazla sapma gösterdiği durumlarda manuel olarak birleştirme yöntemi tercih edilmiştir. Yapılan bu işlem adımında cihazın ana yazılımı olan Scene uygulaması kullanılmıştır. Tarama yapılan noktayı seçerek gereksiz veriler kordinat sistemi üzerinde silinmiştir. Cihazda yapılan tarama işleminin seçilmesi işlemi Şekil 3.5'te görülmektedir.



Şekil 3.5 Bir gemi bloğunda yapılan tarama çalışmasında cihazın koordinat düzlemi

Tarama verileri birleştirme işlemi tamamlandıktan sonra iki farklı programda işlenmiştir. Programların ilki gelen dosyadaki nokta bulutu verisini mesh uygulaması ile katı modele dönüştürmek için kullanılmıştır. Bu adımda en uygun parametreleri bulabilmek için birçok defa işlem tekrarlanmış ve uygun katı modele ulaşılması hedeflenmiştir. Katı model oluşturulan bu dosya diğer programda açılarak, dizayn modeli ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bloğun genel deformasyonunu ve özellikle istenen

bölgenin analizi yapılarak fazlalık kesim miktarının tayin edilmesi sürecinde gerekli ölçülerin alınabilmesinde kullanılmıştır.



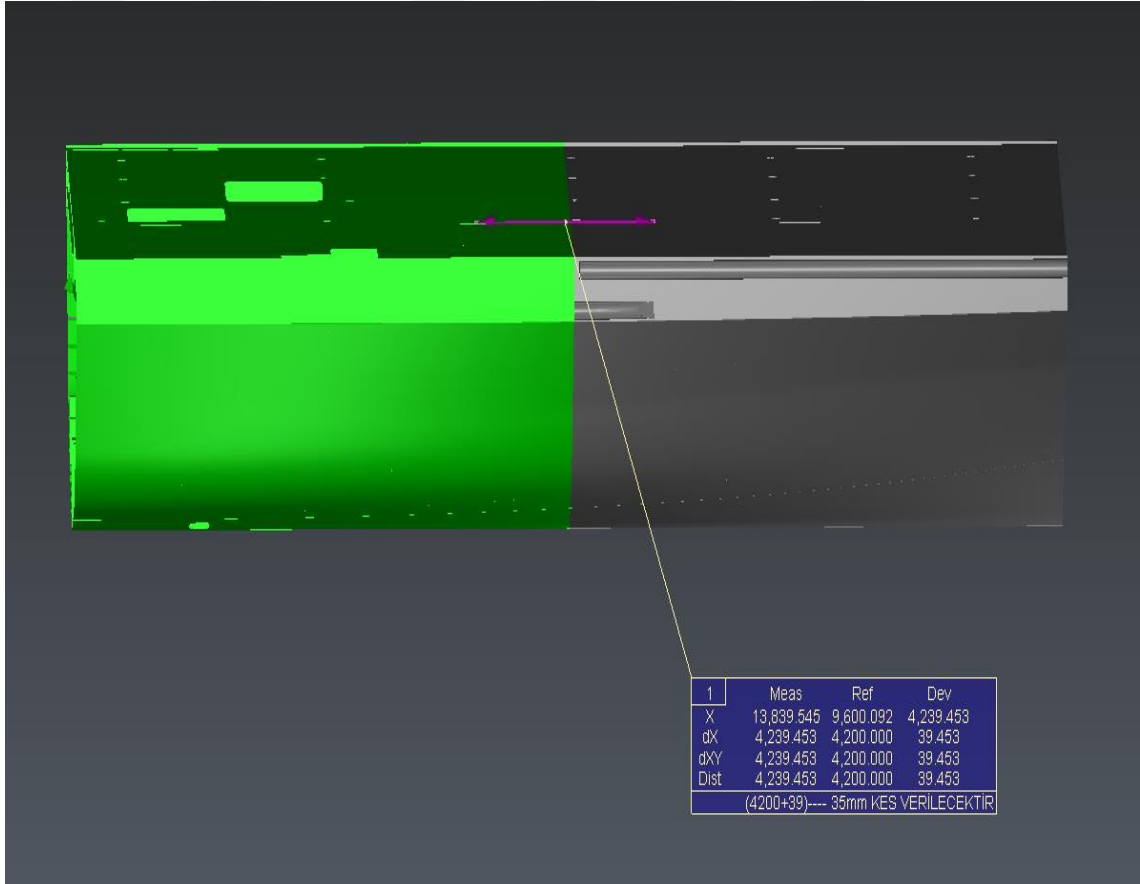
Şekil 3.7 Bir gemi bloğunda yapılan tarama çalışmasında gereksiz verilerin silinmesi

Üretim aşamasında, belirli bir blok üzerindeki kaynak işleminin tamamlanmasının ardından, deneyimli bir operatör, bloğun boyutuna bağlı olarak yaklaşık 2 saat içinde tarama işlemini gerçekleştirebilir. Ardından, tarama verilerinin bilgisayar ortamına aktarılması ve yazılım aracılığıyla analiz edilmesi 4-5 saat daha sürmektedir. Bu tarama faaliyetlerinin devam eden blok üretim süreçlerine sorunsuz bir şekilde entegre edildiğini ve herhangi bir gecikme veya zaman kaybı yaşanmadığını belirtmek önemlidir. Sonuç olarak, tek bir bloğun taranması ve analizi ortalama olarak yaklaşık bir iş günü sürmektedir.

3.1.2 Blok Fazlalık Kes Tayini İşlemlerinin İncelenmesi

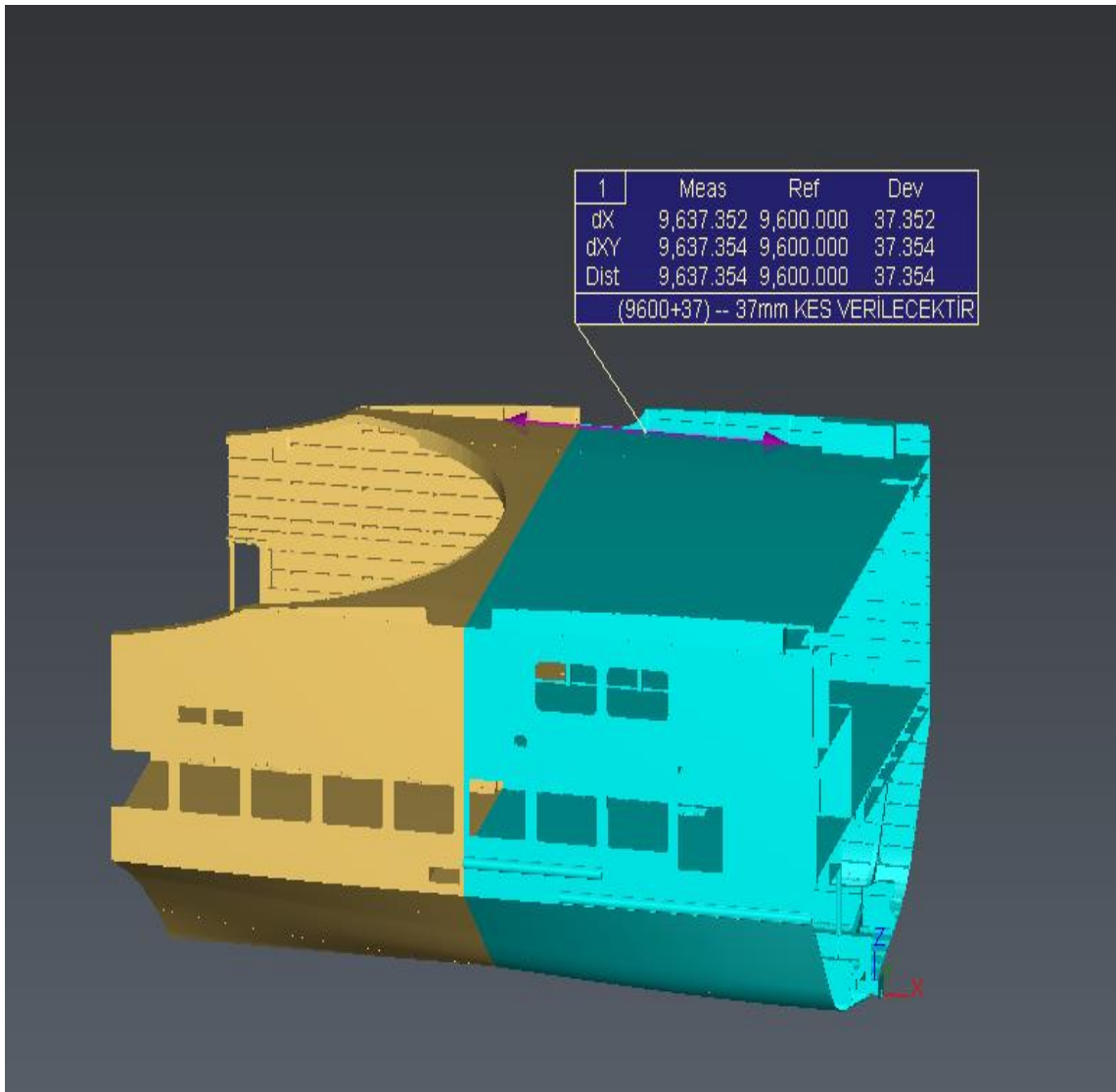
Toplamda 14 adet olan ve 7 adet blok eki oluşturan, 2 farklı projenin blokları A, B, C, D, E, F, G blokları olarak isimlendirilmiştir. Dizayn aşamasında tüm ekler için +50mm fazlalık payı verilmiştir.

A blok eki bir feribot projesi bloklarından oluşmaktadır. Dış kaplaması eğimli sacdan oluşmaktadır. İlgili projenin posta arası ölçülerine göre oluşan deformasyonlar değerlendirilmiştir. Yapılan tarama ve modelleme çalışmaları sonucu fazlalık kesim değerinin 35mm olduğu görülmüştür. Bloklar iki farklı renkte gösterilmiş olup Şekil 3.7’de görülmektedir. Bu çalışma sırasında iki blokta toplamda 10 adet tarama işlemi yapılmıştır.



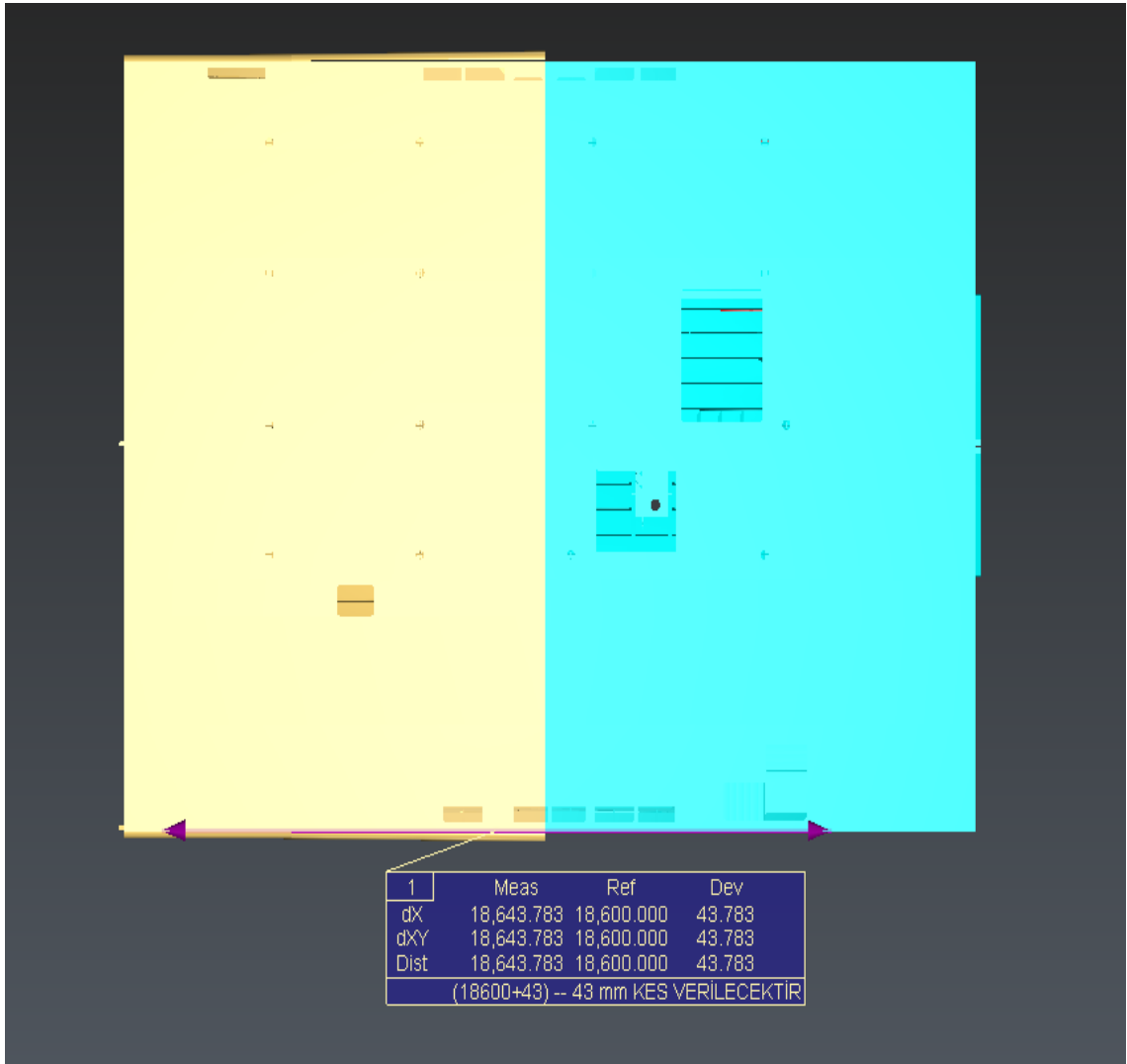
Şekil 3.7 A Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

B blok eki, A blok ekinde olduğu gibi bir feribot projesinin ana güverte üzeri bloklarının taranması işlemi sonucunda değerlendirilmiştir. Dış kaplama ve güverte saclarında eğim olmadığından dolayı yapılan tarama işlemlerinin işlenmesi, nokta bulutu verisine dönüştürülmesi ve modellenmesi işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Sonrasında oluşan katı model ve dizayn modeli birbiri ile eşleştirilmiştir. İlgili blokların taranması ve modellenmesi sonucunda fazlalık miktarı 37mm olarak görülmüştür. Bloklarda posta arası mesafeler hesaplanarak ortaya koyulan fazlalık miktarı verisi ve alınan ölçüler Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



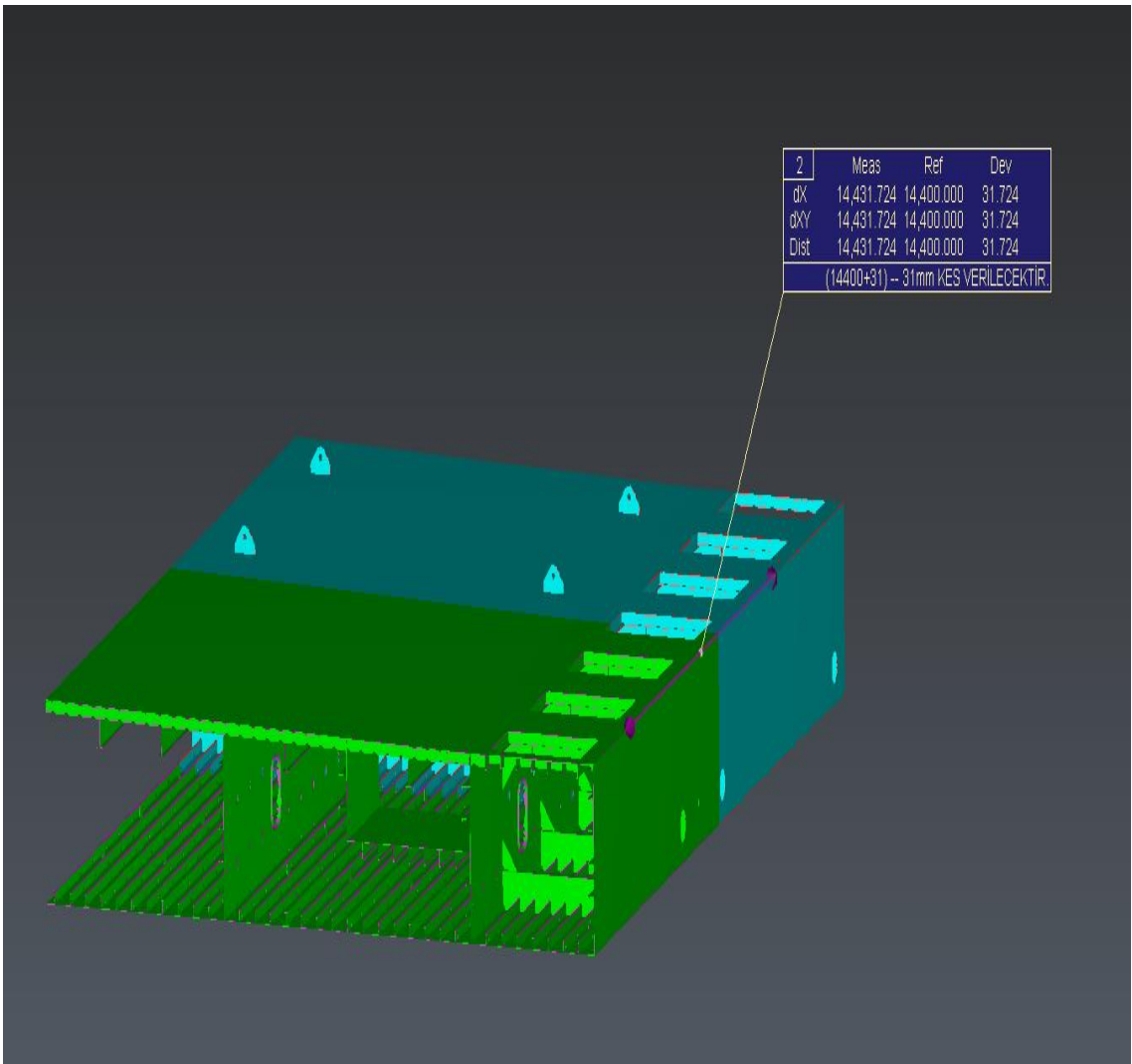
Şekil 3.8 B Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

C blok eki, A ve B blok eklerinde olduğu gibi feribot projesinin blokları taranarak değerlendirilmiştir. Merkez blok ile merkezden baş taraftaki ilk bloğun ek çalışması yapılmıştır. Gemi inşa blok fazlalık miktarları dizayn aşamasında belirlenirken genellikle merkez blokta fazlalık bırakılmamaktadır. Bu bloklarda da bir tarafta sıfır fazlalık olup diğer blokta fazlalık miktarı gözlemlenmiştir. İki blokta yapılan tarama ve modelleme çalışmaları sonucu tüm değerlendirmeler yapılmış ve fazlalık kesim değerinin 43mm olduğu görülmüştür. Dizayn modeli ile karşılaştırılması sonucu çıkan verilere göre posta arası ölçüler baz alınıp yapılan hesaplama, alınan ölçülerin gösterimi Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bu gösterim seçilirken blokların üstten bakış görüntüsü tercih edilmiştir.



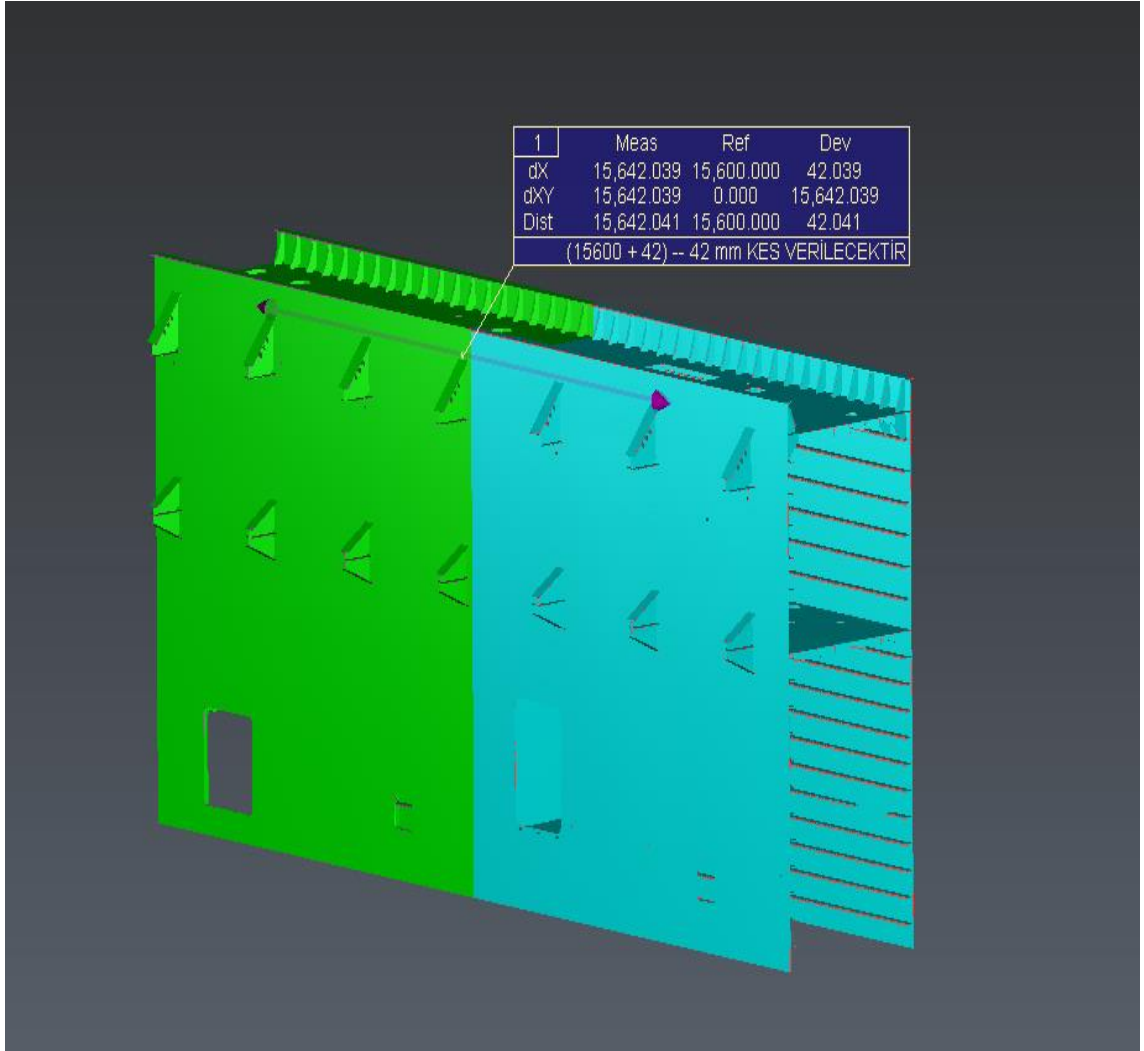
Şekil 3.9 C Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

D blok eki, önceki blok eki çalışmalarının aksine bir yüzer havuz projesi bloklarından oluşmaktadır. 47 metre genişliğindeki bir tank top bloğunun iki parça imal edilmesi sonucu, sancak taraf bloklarının birbirine eklenmesi operasyonu sırasında tarama çalışmaları yapılmıştır. Bu proje özelinde gemi tam boyu toleransında müşteri tarafının özel isteri olması dolayısı ile standart kurallara göre çok daha sıkı bir tolerans değeri izlenmiştir. Havuz projesi bloklarında yapılan tarama çalışması sonucunda 31 mm fazlalık miktarı belirlenmiştir. Belirlenen değer sonucunda gerekli markalama işlemleri yapılmış olup tüm değerler ve blok tipleri Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



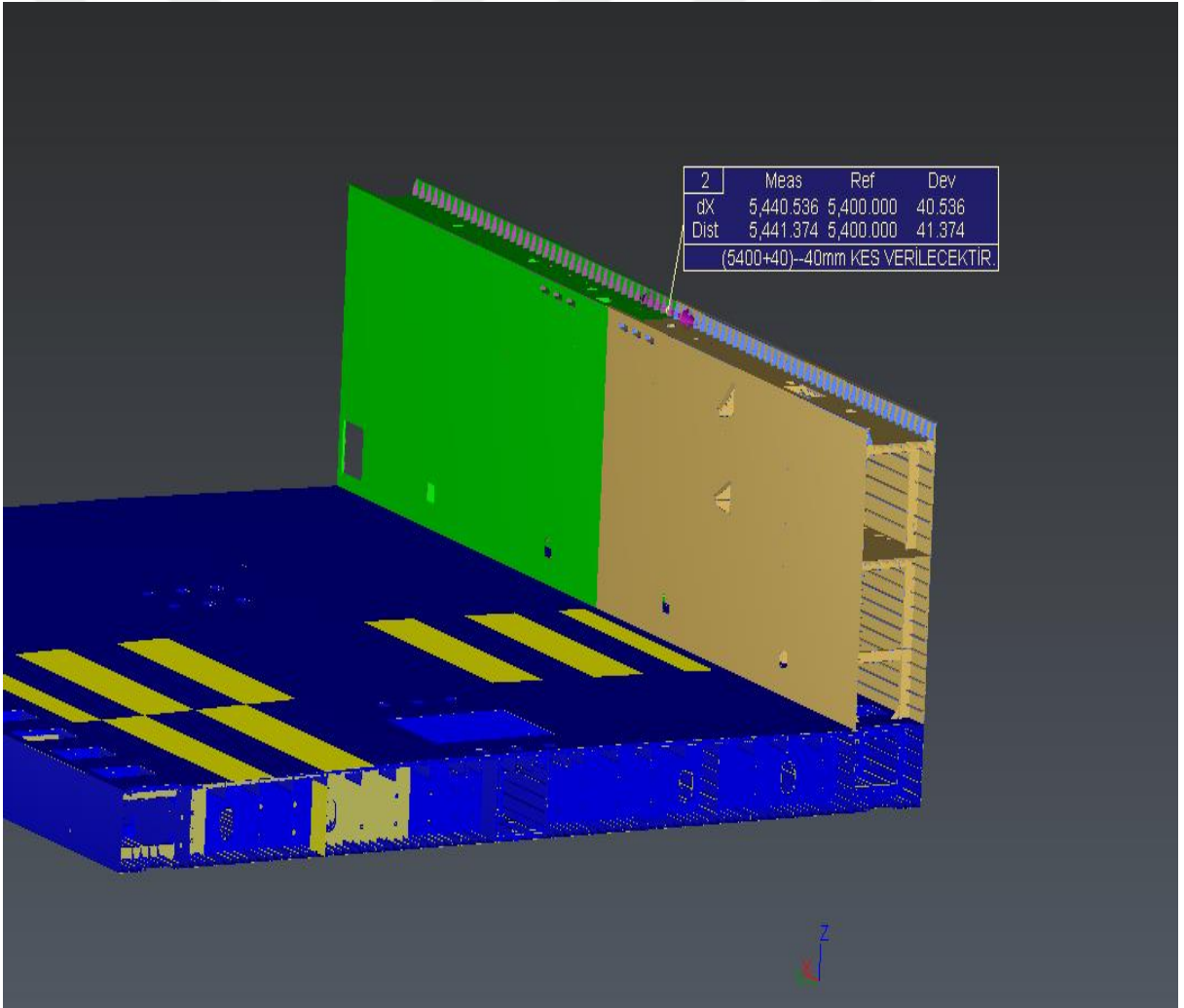
Şekil 3.10 D Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

E blok eki, D blok ekinde olduğu ile aynı yüzer havuz projesi bloklarından oluşmaktadır. İki adet yan duvar bloğunun proje planlama aşamasında birbiri ile eklenmesi kararı alınmıştır. Alınan karara göre ilgili adımda tarama çalışması yapılmıştır. Yapılan tarama çalışmaları sonucu alınan veriler nokta bulutu verilerine dönüştürülüp, diğer blok eklerinde olduğu gibi işlemlerden geçirilmiştir. Tarama yapılan bloklar Şekil 3.11’de görülen çekme arabası braketleri ara ölçü hassasiyetinden dolayı, ilgili bölgenin ölçülerine ayrıca önem verilmiştir. Yapılan taramalar ve sonrasında yapılan değerlendirme çalışmaları sonucunda 42mm fazlalık miktarı belirlenmiştir. Belirlenen fazlalık miktarı sonrasında soğuk markalama ve kesim işlemlerine geçilmiştir.



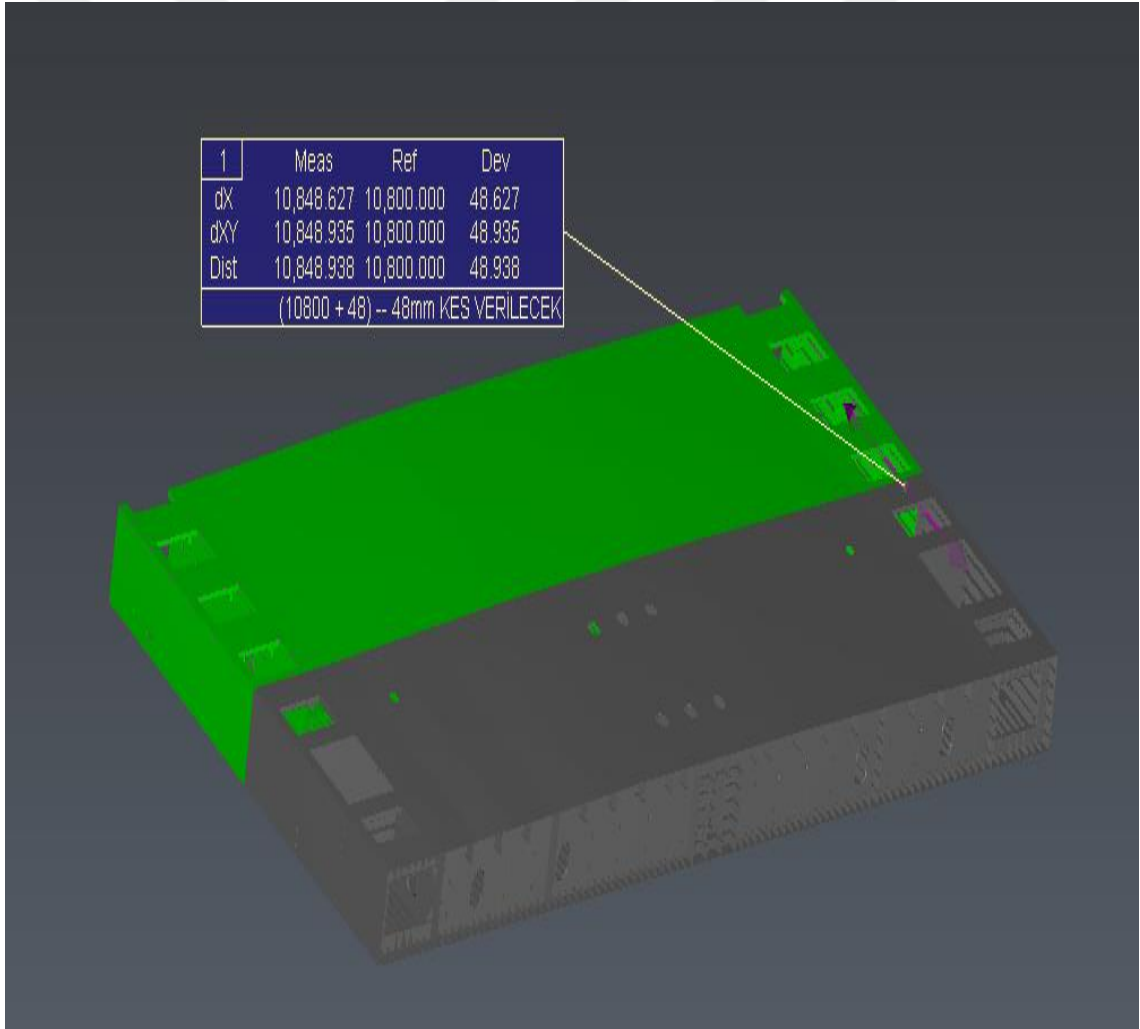
Şekil 3.11 E Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

F blok eki, D ve E blok eki çalışmalarında olduğu ile aynı yüzer havuz projesi bloklarından oluşmaktadır. E blok ekindeki çalışmadan farklı olarak iki adet yan duvarın birleşmesi ile oluşan mega bloğun sonraki işlem adımında tank top blokları ile birbirine eklenmesi adımında tarama çalışması yapılmıştır. İlgili bloklar taşınmadan önce iki farklı mahalde toplamda 14 tarama yapılmıştır. Yapılan tüm taramalar önceki blok eki adımlarında olduğu gibi nokta bulutu verisi oluşturma, katı model çalışması ve dizayn modeli ile eşleştirilmesi adımlarından geçirilmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda posta arası değerlere göre hesaplamalar yapılmış olup blok ekinde 40 mm fazlalık miktarı belirlenmiştir. Belirlenen fazlalık miktarına göre işlemler yapılmış olup, tüm değerlerin ve bloklar birleştiğinde oluşacak yapı Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 F Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

G blok eki, D, E ve F blok eklerinde olduğu ile aynı yüzer havuz projesi tank top bloklarından oluşmaktadır. Toplamda 47 metre genişliğindeki bir tank top bloğunun birbirine olan ekinin çalışması yapılmıştır. Bu bloklar için birleştirilecek olan bölgenin genişliğinden dolayı tarama verilerinin sağlıklı sonuç verebilmesi adına farklı mahallerde toplamda 18 tarama yapılmıştır. Yapılan fazla miktardaki tarama işlemi sonucunda verilerin işlenmesi ve çalışmalar yapılması kısmında en fazla süre harcanan blok eki olmuştur. Tüm işlemlerin tamamlanmasının ardından posta arası değerlerine göre ısıtma işlemi sonrasında deformasyonlar oluşması sonucu sonucunda 48 mm fazlalık miktarı belirlenmiştir. İşlemlerin yapıldığı ölçü değerlendirmelerinin yapıldığı bloklar Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13 G Blok ekinin fazlalık kesim miktarı

4.1 Fazlalık Kesim Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışma bağlamında Yalın Üretim kavramı, araştırmanın tematik temelinin önemli bir bileşeni olarak ön plana çıkmaktadır. Araştırmamız, Yalın Üretimin inceliklerini, Yalın ilkeleri benimsediğimiz, aktif olarak uzman danışmanlığı aldığımız ve operasyonel performansımızı sürekli olarak geliştirmeye çalıştığımız tersanemizin özel bağlamında incelemektedir. Yaklaşımımızın özünde, her zaman iyileştirme için yer olduğu temel felsefesi yatmaktadır. İşte bu çerçevede, iş sıralamamızdaki darboğazların ve sıkışık iş süreçlerinin farkına varılmasıyla bu projenin doğuşu gerçekleşmiştir.

Yapılan tarama ve analiz çalışmaları sonucunda toplam 7 adet blok ekindeki fazlalık miktarları sanal ortamda tespit edilmiş ve bunlardan 4 tanesi gerçek koşullarda test edilmiştir. 3mm ile +5mm arasında değişen sapma değerleri gözlemlenmiştir.

Blok Eki	Fazlalık Miktarı	Kesim Miktarı	Fark
A	35	-	-
B	37	-	-
C	43	-	-
D	31	34	-3
E	42	40	+2
F	40	35	+5
G	48	46	+2

Tablo 4.1 Blokların fazlalık kesim miktarının sanal ve gerçek karşılaştırması

Gerçekleştirilen bu yöntem ile bloklar, blok birleştirme işlemine alınmadan önce üç boyutlu tarama teknolojisi ile taranmıştır. Taranan blokların katı modelleri sanal ortamda oluşturulmuştur. Blok görüntüleme işlemi yapılması için gereken kaldırma operasyonunun azaltılması sağlanmıştır. Oluşturulan katı modellerin dijital ortamda deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu gerekli yerlerin ölçüleri alınıp değerlendirmeler yapılarak blok üzerinde kesimi gerçekleştirilecek olan fazlalıklar belirlenmiştir. Kaldırılan bloklar kesim aşamasını tamamlamış olup direkt olarak montaja girip, istasyon süresinde fayda sağlamıştır. Dijital görüntüleme bloklar birbirine ekleneceği mahale taşınma operasyonu gerçekleştirilmeden önce yapıldığı için operasyon sırasında yaşanabilecek olan herhangi bir deformasyon ön görülememektedir.

Yapılan tüm çalışmalar sonucunda sanal platformda blok imalatında deformasyonu gidermek için kullanılan fazlalık miktarının belirlenmesi ve kesimin yapılması bazı avantaj ve dezavantajları ortaya çıkarmıştır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

AVANTAJLAR

- Her projede blok birleştirme operasyonlarında her blok eki için 1 gün kazanılmaktadır.
- Kızağa kaldırılan her blok direkt montaja girmekte olup operasyonları rahatlamaktadır.
- Blok imalatlarını üstlenen taşeron aynı zamanda blok fazlalıklarını da kesilmektedir, böylece kızak AxS maliyetleri düşmektedir.
- Kızak operasyonları için öngörülen birleştirme süreleri kısalmaktadır, dolayısıyla kızak ve gemi teslim süreleri kısalmaktadır.
- Vinç kullanım operasyonları her blok için bir kez azalmaktadır. Buna bağlı olarak vinç kullanım yoğunluğu ve harcanan enerji maliyeti azalmaktadır.
- Bu operasyonel değişiklikler sonucunda blok başına yaklaşık 340 kilowatt (KW) enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

DEZAVANTAJLAR

- Dijital görüntüleme bloklar kızağa taşınmadan önce yapılacağı için, blok transferleri esnasında yaşanabilecek olası bir deformasyon öngörülememektedir. Dijital görüntüleme alının çıktılar, kızaktaki fiili durumla örtüşmemektedir.

Gemi inşa sektöründeki operasyonlar ve süreçler sırasında zaman tasarrufu büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle gemi inşa sektöründe çeşitli yalın üretim uygulamaları benimsenmektedir. Özellikle blokların montajı sırasında oluşabilecek deformasyonları en aza indirmek için bloklar birbirine takıldıktan sonra fazla malzeme kesilmektedir.

Bu makalenin amacı, blokların imalat alanını 3D tarama cihazları ile tarayarak nokta bulutu verisi oluşturmak suretiyle fazla malzeme kesme işleminin kaldırma ve vinç işlemlerine gerek kalmadan blokların montajından önce gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Oluşturulan nokta bulutu verileri çeşitli yazılımlar kullanılarak işlenmekte ve katı modele dönüştürülmektedir. Kesilmesi gereken fazla malzeme miktarını belirlemek için elde edilen katı model verilerinden ölçümler alınmaktadır. Performansı değerlendirmek için yedi blok üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler, bu yöntemin uygulanmasının zaman, işçilik ve enerji açısından önemli kazanımlar sağladığını ortaya koymuştur. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, blokların montajında ve fazla malzeme kesme işlemlerinde önemli ölçüde zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca, bu yöntem deformasyonların ve hataların önlenmesine yardımcı olarak kalitenin artmasını sağlamaktadır.

Önerilen süreç iyileştirmesinin doğrudan bir sonucu olarak vinç operasyonlarındaki azalmadan kaynaklanan önemli enerji tasarrufu boyutunu vurgulamak önemlidir. Bu operasyonel değişiklikler sonucunda blok başına yaklaşık 340 kilowatt (KW) enerji tasarrufu sağlandığı tahmin edilmektedir. Bu önemli enerji tasarrufu, sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumludur ve yenilikçi yaklaşımın maliyet etkinliğini güçlendirerek onu yalnızca operasyonel açıdan verimli değil aynı zamanda çevresel açıdan da sorumlu hale getirmektedir.

Bu metodoloji, zaman ve kaynak yönetimini geliştirmek isteyen gemi inşa sektöründeki şirketlere rehberlik etme potansiyeline sahiptir. Uygulamanın daha fazla bloğa ve farklı gemi tiplerine genişletilmesiyle değerlendirmeler yapılabilir, böylece gemi inşa süreçlerinde verimlilik artırılabilir ve sektörde rekabet avantajı elde edilebilmektedir.

- [1] J. Park, D. Lee, and J. Zhu, “An integrated approach for ship block manufacturing process performance evaluation: Case from a Korean shipbuilding company,” *Int J Prod Econ*, vol. 156, pp. 214–222, 2014, doi: 10.1016/j.ijpe.2014.06.012.
- [2] M. Kang, J. Seo, and H. Chung, “Ship block assembly sequence planning considering productivity and welding deformation,” *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 450–457, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2017.09.005.
- [3] A. Ghowel, J. Liker, and T. Lamb, “Lean Shipbuilding The Society Of Naval Architects And Marine Engineers,” 2001.
- [4] S. Phogat, “An introduction to applicability of lean in shipbuilding,” 2013. [Online]. Available: <http://www.mnkjournals.com/ijlrst.htm>
- [5] M. Zhang, “Accurate Sphere Marker-Based Registration System of 3D Point Cloud Data in Applications of Shipbuilding Blocks,” *Journal of Industrial and Intelligent Information*, vol. 3, no. 4, 2015, doi: 10.12720/jiii.3.4.318-323.
- [6] Y. Wei, Z. Ding, H. Huang, C. Yan, J. Huang, and J. Leng, “A non-contact measurement method of ship block using image-based 3D reconstruction technology,” *Ocean Engineering*, vol. 178, pp. 463–475, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.03.015.
- [7] A. C. Bookman, “Toward more-productive naval shipbuilding-results of an assessment by the national research council,” *Journal of Ship Production*, vol. 1, pp. 157–161, 1985.
- [8] J. , Sredni, “Design of experiments: A tool for continuous process improvement,” *IEEE/IRPS*, pp. 1–2, 1992.
- [9] D. Jeong, D. Kim, T. Choi, and Y. Seo, “A process-based modeling method for describing production processes of ship block assembly planning,” *Processes*, vol. 8, no. 7, Jul. 2020, doi: 10.3390/pr8070880.
- [10] K. Hiekata, H. Yamato, and S. Kimura, “Development of three dimensional measured data management system in shipbuilding manufacturing process,” in

20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, CE 2013 - Proceedings, 2013, pp. 147–154. doi: 10.3233/978-1-61499-302-5-147.

- [11] R. Rubeša, M. Hadjina, T. Matulja, and D. Bolf, “The shipyard technological level evaluation methodology,” *Brodogradnja*, vol. 74, no. 3, pp. 91–106, Jun. 2023, doi: 10.21278/brod74305.
- [12] B. Bohm, “Automatic marker-free registration of terrestrial laser scans using reflectance features,” *Proc. Optical 3D Measurement Techniques*, vol. 8, pp. 338–344, 2007.
- [13] Fausto Bernardini, Holly E, and Rushmeier, “The 3D Model Acquisition Pipeline,” *Comput. Graph. Forum 21*, pp. 149–172, 2002.
- [14] Weckenmann A., Peggs G., and Hoffmann J., “Probing systems for dimensional micro- and nano-metrology,” *Measurement Science Technology*, vol. 17, pp. 504–509, 2006.
- [15] Song Zhang and Peisen Huang, “High-resolution, real- time 3-D shape measurement,” *Optical Engineering*, 2006.
- [16] D. A. Maisano *et al.*, “Dimensional measurements in the shipbuilding industry: on-site comparison of a state-of-the-art laser tracker, total station and laser scanner,” *Production Engineering*, vol. 17, no. 3–4, pp. 625–642, Jun. 2023, doi: 10.1007/s11740-022-01170-7.
- [17] C. Zong and Z. Wan, “Container Ship Cell Guide Accuracy Check Technology Based On Improved 3D Point Cloud Instance Segmentation,” *Brodogradnja*, vol. 73, no. 1, pp. 23–35, 2022, doi: 10.21278/brod73102.
- [18] J. Wang, S. Huo, Y. Liu, R. Li, and Z. Liu, “Research of fast point cloud registration method in construction error analysis of hull blocks,” *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 12, pp. 605–616, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2020.06.006.
- [19] G. Guan, M. Shen, Y. Lin, and Z. Ji, “A method for the automatic registration of hull blocks point clouds,” in *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publications Ltd, 2012, pp. 3089–3093. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.472-475.3089.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makaleler

1. In Situ Cutting Methodology with 3D Measurement of Block Excesses in Shipbuilding in the Journal of Ship Production and Design.

