



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOBİ DERECESİNDE PLM İHTİYAÇLARININ
ANALİZİ VE ÖRNEK BİR PLM UYGULAMASI**

Ayşegül SAKALLI

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Semih Ötleş

Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi Anabilim Dalı

Sunum Tarihi: 14.02.2020

Bornova-İZMİR

2020

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KOBİ DERECESİNDE PLM İHTİYAÇLARININ
ANALİZİ VE ÖRNEK BİR PLM UYGULAMASI**

Ayşegül SAKALLI

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Semih Ötleş

Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi Anabilim Dalı

Sunum Tarihi: 14.02.2020

Bornova-İZMİR

2020

Ayşegül SAKALLI tarafından **yüksek lisans** tezi olarak sunulan “**KOBİ DERECESİNDE PLM İHTİYAÇLARININ ANALİZİ VE ÖRNEK BİR PLM UYGULAMASI**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve **14/02/2020** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/~~oyçokluğu~~ ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı
Üye
Raportör Üye

Prof. Dr. Semih Ötles
Prof. Dr. M. Özgür SEYDİBEYOĞLU
Doç.Dr. Barış YEŞİLAY

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Dönem Tezi olarak sunduğum “KOBİ Derecesinde PLM İhtiyaçlarının Analizi ve Örnek Bir PLM Uygulaması” başlıklı bu tez kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu dönem projesi çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, dönem projesi çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tez herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu dönem projesinin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

14 / 02 / 2020

İmzası

Adı-Soyadı

Ayşegül SAKALLI

ÖZET

KOBİ VE BÜYÜK ÖLÇEKLİ FİRMALARDA PLMA GEÇİŞ SÜRECİ VE ÖRNEK ÇALIŞMALAR

SAKALLI, Ayşegül

Yüksek Lisans Tezi, Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semih Ötleş

Şubat 2020,61 Sayfa

Bu çalışmada bir ürünün tasarım aşamasından, hurdaya geçene kadar tüm aşamalarına ve sürecinin kontrolünü sağlayan PLM sürecinin firmalarda devreye alınma süreçlerinin analizi yapılmıştır. İki farklı ölçekli firmalar için yaşanan süreç değerlendirilmiştir ve PLM ile firmaların iyileştirdiği süreç örnekleri verilmiştir.

PLM analiz edildiği iki üretim firmasının tasarım süreçlerinin organize edilmesi ve bu sayede kullanıcılara ve firmaya olan iyileştirmelere yer verilmiştir.

Firmalarda yer alan ortak sorunlar için yalın üretim tekniklerinden de faydalanılmıştır. Firmalara yol göstermesi amacı ile atılması gereken adımlar tariflenmiştir. KOBİ büyüklüğünde bir firma için PLM' in ortalama bir maliyeti hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *PLM, Yalın Üretim Teknikleri, PLM yazılımları, PDM, Ürün ağacı yönetimi, KOBİ*

ABSTRACT

THE PROCESS OF TRANSITION TO PRODUCT LIFE CYCLE MANAGEMENT IN SME AND A CASE STUDIES

SAKALLI, Ayşegül

MSc in Product Lifecycle Management

Supervisor: Prof. Dr. Semih Ötleş

February 2020,61 page

This study analyzed the processes of commissioning the PLM process in companies, which provides control of all stages and processes of a product from the design stage to the scrapping.

PLM process has been observed in companies of two different sizes and these observations have been explained.

Lean production techniques are also used for common problems in these companies. The steps to be taken to guide the companies have been described. An average cost of PLM has been calculated for a SME-sized company.

Keywords: *PLM, Lean Manufacturing Techniques, PLM software, PDM, BOM, SME*

ÖNSÖZ

KOBİ derecesinde firmalarda PLM geçiş süreci iki farklı firmada, iki büyük PLM yazılımları ile süreç optimizasyonları ele alınmıştır. Bu süreçte iki firmanın ürünleri farklı, firma büyüklükleri farklı fakat üretimdeki sorunlar ortaktır. Probleme bakış açısı konusunda ortak teknikler kullanılmaktadır. Bu süreçleri farklı kılan ise hem beşerî hem teknik konulardır.

Bir işletmenin varlığını sürdürebilmesi ürettiği mal veya hizmeti uygun fiyatta satarak kar edebilmesine bağlıdır. Firmaların ortak amacı budur. Bu amaç doğrultusunda dünyada birçok teknik kullanılmaktadır. Son dönemde de ise ürün yaşam döngüsü yönetimi yazılımları ile kullanıcıların tasarım sorunlarının minimize edilmektedir.

Bu tezde, PLM süreçleri, PLM temelleri firmalarda yaşanan durumlar analiz edilmiştir.

İZMİR

14/02/2020

Ayşegül SAKALLI

İçindekiler

İÇ KAPAK.....	ii
KABUL ONAY SAYFASI.....	I
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	- 1 -
2.LİTERATÜR ÖZETİ.....	- 4 -
2.1 Bilimsel yönetiminin temeli	- 4 -
2.2 PLM kavramı.....	- 5 -
2.1.1. PLM'in temelleri.....	- 6 -
2.1.1.1 Ürün-Süreç-Kaynak (PPR) yöntemi	- 6 -
2.1.1.2 Mevcut mimariler.....	- 7 -
2.1.1.3 Modelleme	- 12 -
2.1.2 PLM'in Faaliyetleri.....	- 13 -
2.1.3 PLM Sistemi	- 15 -
2.1.4 Sistem Mimarisi	- 17 -
2.1.4.1. Bilgi Modellemesi ve Ürün Yapıları.....	- 20 -
2.1.4.2. PLM Sistemlerinin Yaygınlaşmasının Nedeni	- 21 -
2.4 PLM Yazılımlarına Genel Bakış	- 23 -
2.4.1. PTC Windchill	- 23 -
2.4.2. Dassault Systemes Enovia.....	- 23 -

2.4.2. SIEMENS Teamcenter	- 24 -
3. MATERYAL VE METOT.....	- 27 -
3.1 Materyal	- 27 -
3.1.1 PLM Programları	- 27 -
3.1.1.1.ENOVIA.....	- 27 -
3.1.1.2 CIM DATA.....	- 29 -
3.1.2 Tasarım Programı.....	- 33 -
3.1.2.1 CATIA.....	- 33 -
3.1.3 Maliyet Unsurları	- 35 -
3.1.4 PLM Programı Kullanan İki Büyüklükte Firma	- 36 -
3.1.3.1.Küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ).....	- 36 -
3.1.3.2.Büyük Ölçekli Firma.....	- 37 -
3.2.Metot	- 37 -
3.2.1 PLM'e Geçiş Sürecinin Planlanması	- 37 -
3.2.1.1 Süreç Adımları.....	- 38 -
3.2.2 PLM Projesinde Kullanılan Yöntemler.....	- 45 -
3.2.2.1. Altı Sigma.....	- 45 -
3.2.2.2. 5 Neden?.....	- 47 -
3.2.2.3. SWOT Analizi	- 47 -
4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	- 48 -
4.1.Firmalarda Örnek Uygulamalar	- 48 -
4.1.1. Bir Firmada EBOM 'un Yönetiminin PLM Geçiş Süreci.....	- 48 -
4.1.2. Bir Firmada Değişiklik Yönetiminin PLM Geçirilmesi.....	- 55 -
4.1.3. MBOM Geçiş Süreci.....	- 57 -
4.2. İki Firmanın PLM Geçiş Süreci Değerlendirilmesi	- 58 -
4.3.PLM Geçiş Süreci için Ortalama Bir Maliyet Analizi	- 60 -
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	- 61 -
KAYNAKLAR.....	- 62 -

Şekil Dizini

Şekil 1.PLM yetkinlikleri	- 3 -
Şekil 2.Genel Ürün Yaşam Döngüsü Aşamaları.....	- 5 -
Şekil 3.Konfigürasyon ve Değişiklik Yönetimi Akış Diyagramı	- 9 -
Şekil 4. Değişiklik yönetimin kapsamı.....	- 10 -
Şekil 5. Sanal Ürün Geliştirme Modelinin Kapsamı	- 11 -
Şekil 6. Sanal Ürün Geliştirme.....	- 11 -
Şekil 7. 3D Modelleme Görseli.....	- 12 -
Şekil 8.Bir Sanayi Kuruluşunun Temel Süreçleri ve Fonksiyonel Dikeyleri ...	- 16 -
Şekil 9. Projede Yönetiminde Paydaşlar ve İç Süreçleri Arasındaki İlişkisi	- 16 -
Şekil 10.PLM Sistem Mimarının Bir Örneği	- 18 -
Şekil 11. Bilgi Modeli, Ürün Bilgi Modeli Arasındaki İlişki	- 20 -
Şekil 12.Windchill PLM Arayüz Görseli	- 23 -
Şekil 13.Enovia Kullanıcı Arayüz Görseli	- 24 -
Şekil 14.Teamcenter Kullanıcı Arayüz Görseli	- 25 -
Şekil 15.Enovia PLM	- 27 -
Şekil 16.Enovia Ara yüz Fonksiyonları.....	- 28 -
Şekil 17.Enovia'da Veri Arama.....	- 28 -
Şekil 18.Enovia Arayüz Fonksiyonları.....	- 29 -
Şekil 19.CONTACT Müşterileri	- 30 -
Şekil 20.CONTACT Bom Yapısı.....	- 30 -
Şekil 21.CATIA Tercih Eden Sektörler.....	- 33 -
Şekil 22.Havacılık Sektöründe bir Uygulama.....	- 34 -
Şekil 23.CATIA ile Yapısal Analiz.....	- 35 -
Şekil 24.Proje Ekibinin Oluşturulması	- 38 -
Şekil 25.İnsan Kaynakları Yönetim Aşaması	- 38 -
Şekil 26.ECO akış diyagramı.....	- 40 -
Şekil 27.Enovia ile Catia 2D ve 3D resimleri.....	- 42 -
Şekil 28.Ürün Ağacı Yönetimi.....	- 44 -
Şekil 29.Dış Kaynak ile PLM Entegrasyonu	- 45 -
Şekil 30.5 Neden Tekniği	- 47 -
Şekil 31.SWOT analizi	- 47 -
Şekil 32.Problemin 5 Neden yönetimi ile belirlenmesi	- 48 -
Şekil 33.Mevcut EBOM Sürecinin Akış Diyagramı	- 49 -
Şekil 34.Firmanın SIPOC ve Süreç Şeması.....	- 51 -
Şekil 35. EBOM projesi için VOC çalışması.....	- 51 -
Şekil 36.PLM ürün ağacı görünümü	- 52 -
Şekil 37.Part'a Bağlı Product ve Drawing Görünümü	- 53 -
Şekil 38.Değişikliklerin EBOM olarak aktarılması	- 53 -
Şekil 39.EBOM excel görseli.....	- 54 -
Şekil 40.EBOM görünümü Enovia	- 54 -
Şekil 41.İhtiyaçların EBOM ve MBOM Etkisi.....	- 56 -
Şekil 42.ECR-ECO Süreci CIMDATA	- 56 -

Şekil 43. PLM Genel olarak ECR-ECO İlişkisi.....	- 57 -
Şekil 44. PLM Geçiş Fazlarının Belirlenmesi	- 57 -
Şekil 45. Firmanın PLM mevcut ve hedef durumu.....	- 58 -



Tablo Dizini

Tablo 1. Forrester'ın PLM Yazılım Değerlendirmesi.....	- 26 -
Tablo 2. Firmanın CTQ Ağaç diyagramı Uygulaması.....	- 50 -
Tablo 3. Büyük ölçekli firma için SWOT analizi.....	- 58 -
Tablo 4. Orta Ölçekli Firma için SWOT analizi.....	- 59 -
Tablo 5. Firmalar için PLM Ortalama Maliyet Kalemleri	- 60 -



Kısaltmalar Dizini

PLM: Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi

EBOM: Mühendislik Ürün Ağacı

MBOM: Üretim Ürün Ağacı

KOBI: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler

PPR: Ürün- Süreç- Kaynak

PDM: Ürün Veri Yönetimi

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım

VM: Sanal Gerçeklik Yönetimi

ERP: Kurumsal Kaynak Planlaması

VPDM: Sanal Ürün Veri Yönetimi

CM: Konfigürasyon Yönetimi

ECM: Mühendislik Değişiklik Yönetimi

DMU: Dijital Modelleme

LAN: Yerel Alan Ağı

WAN: Geniş Alan Ağı

3D: Üç Boyutlu

BT: Bilgi Teknolojileri

XML: Genişletilebilir İşaretleme Dili

ECO: Mühendislik Değişiklik Talimatı

ECR: Mühendislik Değişiklik Talebi

BOM: Ürün Ağacı

QFD: Kalite Fonksiyon Dağıtımı

CRM: Müşteri İlişkiler Yönetimi

Kısaltmalar Dizini Devamı

CE: Eş Zamanlı Mühendislik

MRP: Malzeme İhtiyaç Planlaması

CATIA: Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu İnteraktif Uygulama

OEM: Orijinal Ekipman Üreticisi

FDA: Gıda ve İlaç İdaresi

2D: 2 Boyutlu

FEA: Sonlu Elemanlar Analizi

CNC: Bilgisayar Sayısal Kontrol

CTQ: Kalite için Kritik

SIPOC: Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri

SWOT: Güçlü, Zayıf, Fırsat, Tehdit

VOC: Müşterinin Sesi

1. GİRİŞ

Deneyimli yöneticiler faaliyet ortamında hiçbir şeyin durağan olmadığını bilirler; zaman, içinde değişimi barındırır. Değişimin hızı ağır olabilir. Telaşa düşürecek kadar hızlı olabilir (Wagner ve Ark., 2017). Fakat piyasalarda, teknolojiye, yöntemlerde, süreçlerde, becerilerde, düzenlemelerde ve başka her şeyde hiç durmamacasına değişim yaşanmaktadır. Sonu gelmeyen değişimle başa çıkmak için elbette en fazla çıkarımı elde etmek için etkili yönetici, örgütün uzun soluklu başarısının süregiden, ilerlemeci, sürekli iyileşmeye bağlı olduğunu anlar (Kobu, 2010).

1980'lere ve daha öncesine geri gidildiğinde, sürekli iyileşmenin gerçekleşmesini amaçlayan metotlar gelişti. Toyota üretim sistemi, Toyota kalite yönetimi, istatistiki süreç yönetimi, 6 sigma, tam zamanlı üretim gibi yönetim metotları gelişmiştir (Dilworth,2000). Tüm bunlar, hatta rafa kaldırılmış veya başka disiplinler içine çekilmiş olan bazıları, önemli kavramları ve faydalı araç ve metotlarıyla, bir değer unsuruydular. Ne yazık ki, bu çalışmaların uygulamasına giren düşüncede ve tam da dayandıkları varsayımlarda hatalar da vardı. Sonuç olarak, bu programlardan ve disiplinlerden öğrenmiş olmakla birlikte, çoğu örgüt umdukları sürdürülebilir performans derecesini asla gerçekleştiremedi (Cox ve Ark., 2019).

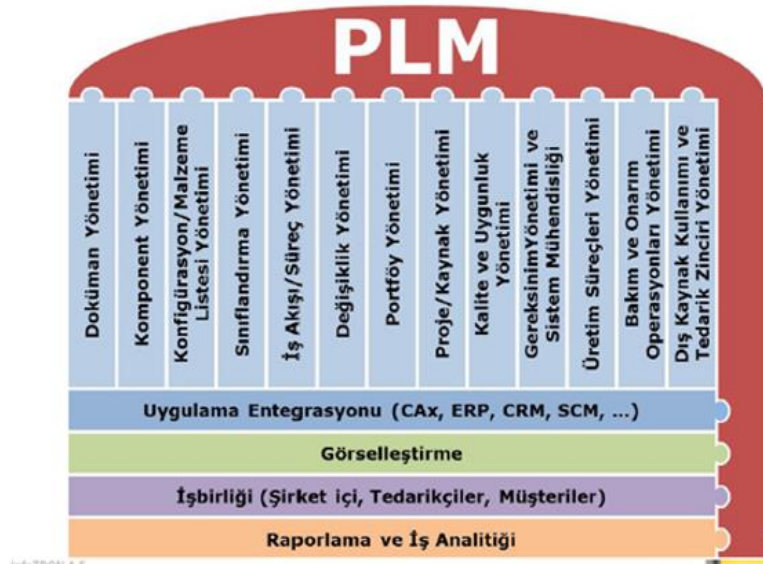
Bugünün üreticileri öncekilerden farklı bir tutumda değildir, pazara rakiplerinde daha hızlı giriş yapma ve maliyeti düşürme niyetindedirler. Bu durum sadece büyük işletmeler için geçerli değildir (Parker, 2002). Giderek artan bir şekilde, küçük ve orta ölçekli işletmeler de yeni ürün ve lansman sürecinde benzer hız ve kontrollerle karmaşık tasarımlar üstlenmektedir. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) çözümleri günümüzde sürekli bir yenilik ve gelişmiş endüstriyel performans kaynağıdır. Bu dönüşümü mümkün kılan araçlar, katma değeri yüksek ürünlerle sonuçlanır ve hem şirket içinde hem de üretkenliği optimize eden ve kontrol eden kurumsal ekosistemde ortak iş süreçleri oluşturur (Starr, 2007).

Dijital çağda, riskler daha yüksektir. Şirketler, farklı ekiplerin konumlarından bağımsız olarak kesintisiz bir uçtan uca işlem uygulayarak bir ürünün konseptten üretime geçme süresini kısaltmalıdır. Örneğin, bir ekibin konumundan bağımsız olarak veri alışverişinde bulunabilmeli ve ürün tasarlayabilmelidirler (Stark, 2011).

Diğer bir önemli amaç, veri izlenebilirliğini artıran ve ürün geliştirme aşamalarında süreksizliği en aza indiren etkili bilgi alışverişleri kurarak tüm ürün tasarım döngüsünü oluşturmaktır. Gerçekten de üretim ve bakım safhalarına yol açan tüm endüstriyel işlemlerin, gerçekleştirilen herhangi bir işlemin hesap verebilirliğini sağlamak için şeffaf olması gerekir. Bunun önemli ve hızlı bir etkileştirici, çeşitli PLM aşamalarının zaman ve alan gereksinimlerini azaltmak için PLM işleminin tamamen sanallaştırılmasıdır (Anonim, 2019a). Organizasyonlar için yeni ürün geliştirme kritik bir başarı unsurudur. Özellikle yeni ürün geliştirme ile ilgili olanlar (YUG), geliştirme süreçlerinde temel bir unsur olan tasarım süreçlerinin yönetimini iyileştirmek için yöntem ve araçların geliştirilmesine önemli çaba sarf edilmiştir. PLM, kurumların günümüzün mühendislik zorluklarının artan karmaşıklığıyla başa çıkmasına yardımcı olan bir dizi uygulama, yöntem ve araç bütünüdür (Anonim, 2019c).

Geleneksel metotlarda yeni ürün devreye alınırken, geliştirme sürecini ve tasarım süreçlerini önceden yapıp (prototip) daha sonra dikkatli bir şekilde yöneterek takip edilmektedir (Sauza ve Ark., 2013). Buna rağmen, piyasaya yeni ürün sunmada, projelerin %44'ü başarısızlıkla sonuçlanmaktadır (Kumar ve Suresh, 2008). Yeni ürün geliştirmenin planlaması ve yönetimine uygulanan yönetim stratejileri mevcut araçlar ve yöntemler, süreci destekleyemediği için birçok kez başarısızlıkla sonuçlanmaktadır (Roentgen, 2020).

Temel sonuç, devam eden sürecin bir parçası olarak daha fazla bilginin yakalanması gerekmesine rağmen, ürün tasarlama süreçlerinin dinamik çalışma araçlarıyla yönetilebileceğidir. Bu tür bilgi güncellemeleri, mevcut PLM araçlarıyla yakalanabilir ve yönetilebilir.



Şekil 1.PLM yetkinlikleri

Şekil 1’de PLM yetkinlikleri belirtilmiştir (Çamoğlu, 2019). Bütünleşmiş yaklaşımın (ürün tabanlı planlama, süreç modelleme, yürütme ve simülasyon) kullanarak süreç karmaşıklığına uygun PLM yeteneklerinin geliştirilmesi, süreçlerin daha iyi yönetilmesine yardımcı olabilir (Anonim, 2019b).

Bilgisayar destekli araçlar ve PLM araçlarının kullanımı ile dinamik bir akış şeması yönetiminin yaygınlaşmasıyla etkili bir yönetim sağlamaktadır. Yeni bir PLM paradigması oluşturan ürünler ve süreçler için tutarlı bir bilgi tabanı oluşturur (Anonim, 2019c).

Bu çalışma ile PLM’in temellerinin anlatılması ve PLM sürecini devreye alma aşamasında olan firmanın yaşadığı süreçlerin değerlendirilmesi, PLM programlarının kendi aralarında değerlendirilmesi ve KOBİ düzeyinde olan bir firma için PLM’in ortalama maliyetinin analizi yapılmıştır ve PLM ile ilgili yapılması gereken aşamalar anlatılmıştır.

2.LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, üretimin temeli ve PLM kavramı anlatılmıştır. Üretimin aşamaları ve PLM'in üretime olan etkilerinden bahsedilmiştir.

2.1 Bilimsel yönetiminin temeli

Yönetimin iki ana hedefi, çalışanın maksimum refahı ve buna bağlı olarak işverenin de maksimum refaha ulaşmasını sağlamak tartışma götürmeyen bir gerçektir. Burada “maksimum” ve “refah” kelimeleri, yaygın anlamlarda sadece işletme veya sahipleri için büyük kar payları olarak değil, işletmenin tüm birimlerinin refahının sürekliliğini sağlanması için her yönden en mükemmel düzeye çıkarılması anlamında kullanılmaktadır (Taylor, 2013).

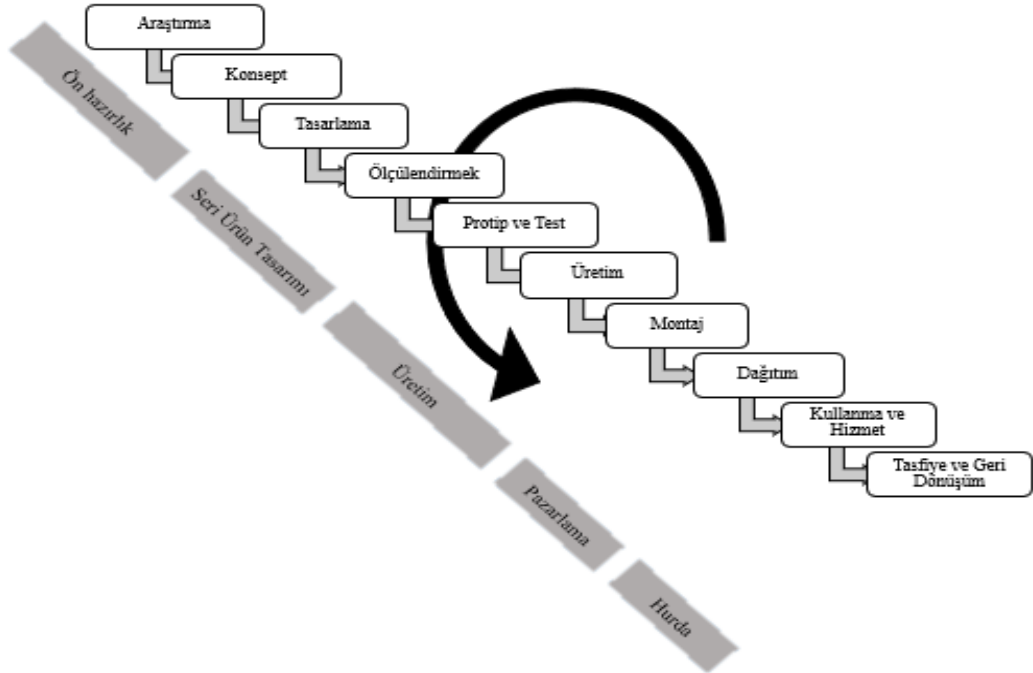
Karmaşık üretim tesisinde işveren ve işçinin birbirine bağlı olarak maksimum refahının sağlanması, ancak insan gücü, doğal kaynaklar ve makina, bina vs. anlamındaki sermayenin maliyetinin en az giderle oluşturulması ile mümkün olacaktır. (Saaksvuori ve Ark., 2008). Başka bir deyişle ifade etmek gerekirse, maksimum refah, bütün makina ve çalışanların tek tek en fazla üretimi sağlama anlamındaki makina ve işgücü verimliliğinin mümkün olan en üst düzeye çıkarılmasıyla sağlanabilir (Liker ve Ark., 2012). Çünkü bir firmanın çalışanları ve makineleri, firmanın rakiplerinin günlük üretiminden fazla üretim yapmadıkça, rakip firmanın çalışanlarından daha düşük ücret alacağı su götürmez bir gerçektir. Bu durum, birbiriyle yakın rekabette olan iki firmanın ücret düzeylerinde olduğu gibi, ülke içinde çeşitli bölgelerde ve rekabet halindeki ülkeler arasında da geçerlidir. Bir cümleyle, maksimum refaha, ancak maksimum verimlilikle ulaşılabilir (Taylor, 2013).

Yani, üretimin yegâne amacı; az kaynak kullanarak maksimum verimin sağlanmasıdır. Ürün oluşurken en kısa zamanda doğru veriye ulaşmak, en optimum stratejik kararı vermek, israfları minimuma indirmek ve verimliliği maksimuma ulaştırmak. Bu amaç bütün işletmelerin ortak gayesidir (Kobu, 2010).

2.2 PLM kavramı

Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM), ürünün kavramsallaşmasından hurda sürecine kadar ürün yaşam döngüsü süreçlerinin yönetimini ve otomasyonunu destekleyen temel bir sistemdir. Şekil.2’de Hirz’e göre ürün yaşam döngüsünün evreleri gösterilmiştir.

Bu sistem sayesinde paydaşlar (müşteri, tedarikçi, çalışan vb.) ürünün gelişimini, revizyon süreçlerini otomatik olarak izleyebilir. Müşteriye göre üretimin, ürün ile ilgili global yasal düzenlemelerin, artan dış kaynak kullanımının günbegün arttığı bu zamanlarda ürün sorumluluğunun baskılarını yönetmek için PLM önemli bir araçtır. Genellikle ERP sistemlerine entegre olan PLM uygulamaları, kritik ürün bilgilerini izlenebilirliğini sunmakta ve mühendislik ve IT departmanlarının dışındaki değer zincirinin birden fazla süreçlerine etki etmektedir. (Anonim, 2019a). PLM’in firmalar tarafından kullanılmasının nedeni firmaların süreçlerindeki darboğazları çözümlenektir, en doğru veriye en kısa zamanda ulaştırmaktır. PLM, 21.yüzyılda üretim firmaları için ortaya çıkan bir paradigmadır. En önemli faaliyeti her firma için ürünlerin gelişimi ve sürekliliğinin sağlanmasıdır (Saaksvuori ve Immonen, 2008).



Şekil 2. Genel Ürün Yaşam Döngüsü Aşamaları

PLM, firmalara ürünlerinin yaşam döngülerinin kontrol etme imkânı verdiği için önemlidir. Ürün gelişim evresindeyken kontrolün kaybedilmesi durumunda, ürün pazara geç kalabilir ya da hedeflenen maliyet aşılabılır.

Bu durum, müşteri beklentilerinde olumsuz etki yaratabilir ya da daha fazlası üründen zarar edilebilir ve akabinde ürün evresi son bulabilir (Murphy, 1997).

2.1.1. PLM'in temelleri

PLM, ürün veri yönetiminden (PDM) ve bilgisayar destekli tasarımdan (CAD) daha fazlasıdır. PDM ve CAD veri deposuna hızlı erişim sağlarken, PLM aslında ürünün tüm yaşam süresi boyunca kılavuzluk eder (Saaksvuori ve Ark., 2008).

Tedarik zinciri avantajlarına ek olarak, PLM, ürün mühendisliği, imalat mühendisliği ve tesis kaynaklarına entegre bir görünüm sağlayarak tasarım ortamını iyileştirmeyi vaat ediyor. İşbirlikçi oluşuma, yönetim ve ürün tanımı bilgilerinin kullanılmasını destekleyen tutarlı bir dizi iş çözümü uygulamaktadır (Anonim, 2019a). Aşağıdaki bölümlerde, PLM'nin başarılı bir operasyonel ekosistem oluşturmak için birlikte çalışan üç ana bileşenine değinilmiştir.

2.1.1.1 Ürün-Süreç-Kaynak (PPR) yöntemi

Birçok başarılı PLM projeleri, ürünün farklı aşamaları arasında ara yüzleri arasında sorunları çözer. PLM sadece bir program değil aynı zamanda iş süreçlerinin optimizasyonu için de vardır. Bu projeler sanallaştırma sürecini modellemesi ve tüm fonksiyonların dijitalleşmesi için kullanılabilir (Anonim, 2019a; 2019b).

Ürünlerin tasarımı, süreçler, kaynaklar ile işletme bilgilerini müşteri perspektifiyle açıkça eşleştirmelidir. Ürün yaşam döngüsü boyunca kesintisiz bilgi alışverişini yönetme yeteneği, "tasarım odaklı" faaliyetler ile "süreç merkezli" faaliyetler arasında doğrudan bağlantılı olmalıdır.

Ürünler, süreçler (bu ürünleri kullanarak) ve bu ürünleri süreç içinde modelleyen kaynaklar veya varlıklar arasında iş birliğine olanak sağlayan temel modelleme bileşenlerini uygulama kapasitesiyle doğrudan bağlantılıdır. Gerçek hayatta, bu tür bağlantılar belirli bir süreç için ürünün çeşitli alternatifleri dikkate alınarak yapılandırma ile yönetilmelidir (Saaksvuori ve Ark., 2008).

2.1.1.2 Mevcut mimariler

PPR modelinin katma değerini belirlemek için, bugün üretimde kullanılan mimarileri de göz önüne almak gerekir. 1990'lı yıllarda tasarlanan bu sistemler, değişikliklerin etkisini yönetmek ve maliyetleri düşürmek için verileri yönetir. Bu tür sistemleri uygulayan üreticiler, spesifik operasyonel ihtiyaçlarını karşılamak için bir dizi karmaşık bileşen kullanırlar.

Şimdi bu araçlar, mevcut verimlilik zorluklarını karşılamak için birlikte çalışabilirlik gerektiriyor. Ek olarak, önde gelen üreticiler genel olarak entegre edilmesi gereken birkaç farklı yazılım ürününe sahiptir.

Genellikle, bu mimari türü aşağıdaki sistemleri içerir:

- Konfigürasyon Yönetimi
- PDM Sistemi
- VPDM Sistemi

Günümüzde, bu sistemlerin önemli bir maliyeti mevcuttur: PPR modelinin değer katma potansiyeli yüksektir (Paavel ve Ark., 2017). Mimariler ne kadar karmaşık ve heterojen hale gelirse, kavramsal modelleri ve müşteri iş süreçlerinde riskleri de o kadar fazla olur. Birkaç yıl önce tasarlanan sistemlerin sınırlamaları arasında:

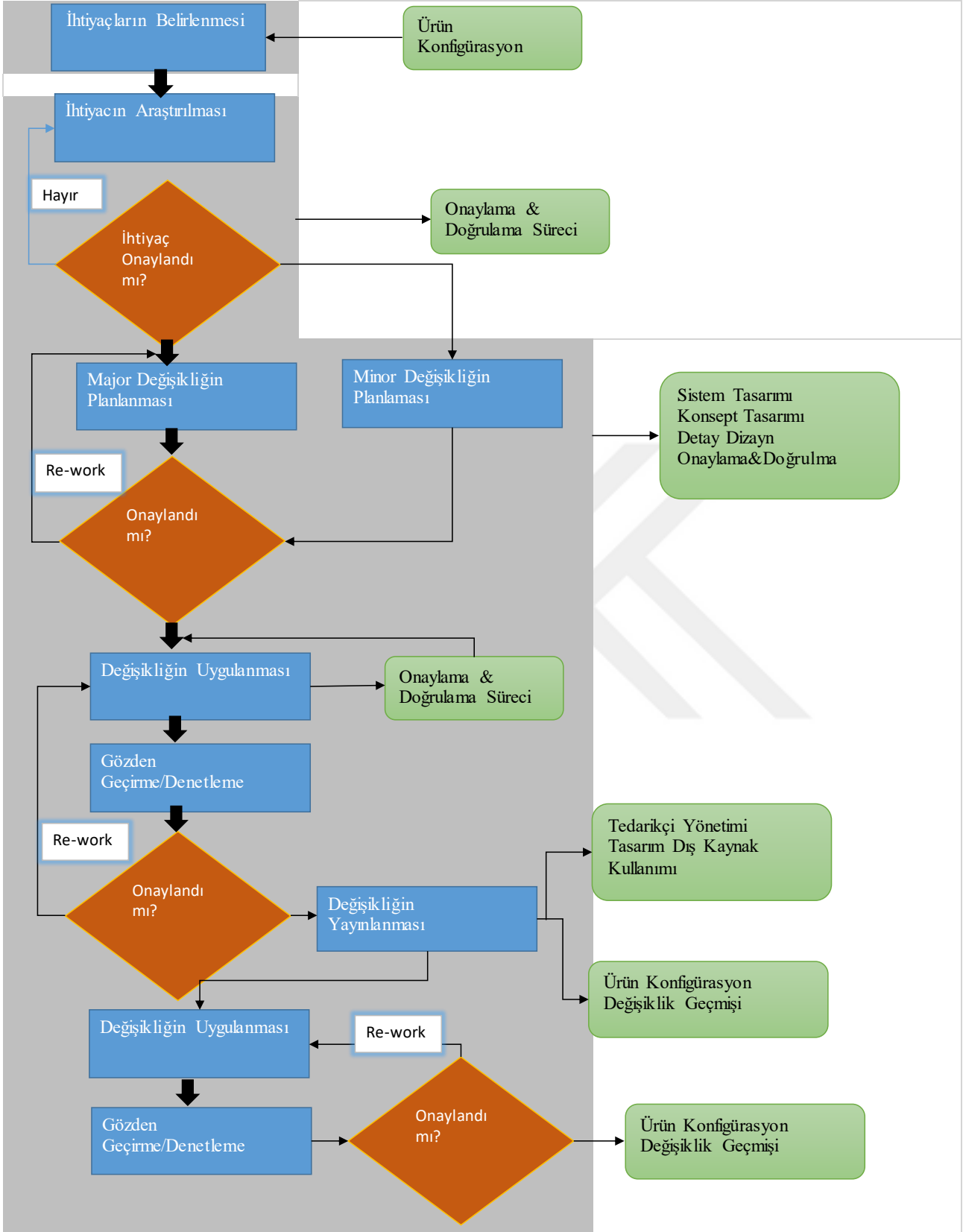
- Birbirinden bağımsız çalışan bilgi sistemleri olmasıdır.
- Hedefe ulaşmak için gerekli veri ilişkilendirmelerinin eksikliğine neden olan model güdümlü yaklaşımların olmamasıdır.
- Bu modeller arasında entegrasyon eksikliği, yeni tasarım ihtiyaçlarına göre güncellemelerin kısıtlanmasına neden olmaktadır.

Biraz daha iyi bir alternatif ise; ilişkilendirilebilir bir kopya oluşturulması ve kullanıcılar bazında yeni tasarıma göre ayarlayabilmeleri için ek açıklamalar oluşturmalarına olanak tanınması. (Anonim, 2019a).

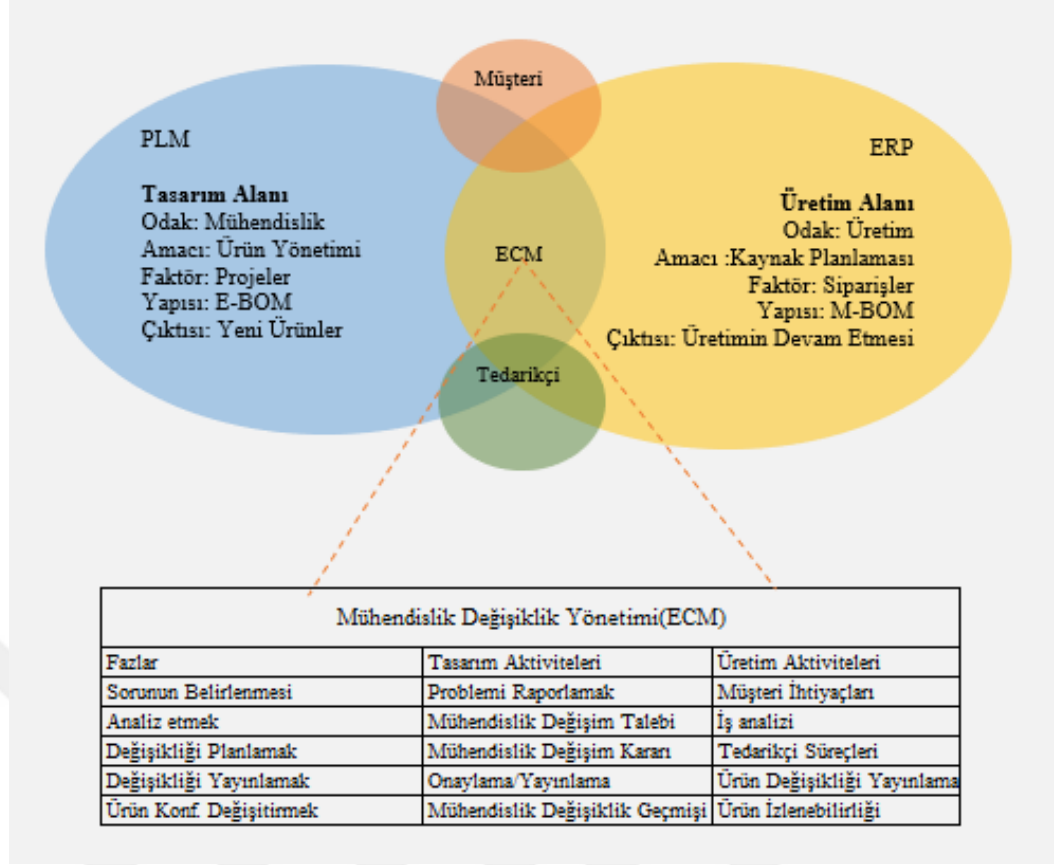
Bununla birlikte, bu eklemeler orijinal verilerle çelişebilir (Lentes ve Ark., 2012). Kaynak değişiklikleri ayrıca güncellenen kopyanın bu uzantılarla yeniden yorumlanmasını ve değiştirilmesini gerektirir

Yukarıdaki zorluklar, her mimari bileşen içindeki birimin bütünlüğünü sağlamak için çeşitli modelleri yeniden senkronize etmek için döngü süresinin optimal olmaktan uzak olduğunu vurgulamaktadır. Bu, senaryoların etkilerin yayılmasına ve yönetilmesine dayalı olarak uygulanmasını otomatik olarak sınırlar, ancak bu senaryolar maliyetleri azaltmak için bir yöntemdir (Kagermann ve Ark., 2015). Bu mimarilerin bileşenlerinin, modele dayalı bir yaklaşımla birlikte, ilişkilendirilebilir veri yönetiminden ziyade yalnızca veri alışverişine izin verdiği sonucuna ulaşılmaktadır (Anonim, 2019d).

Konfigürasyon Yönetimi (CM): Konfigürasyon yönetimi, ürünün konfigürasyonunu belgeler. Tanımlama ve izlenebilirlik, fiziksel ve fonksiyonel şartların elde edilme durumu ve ömür döngüsünün bütün safhalarında doğru bilgilere ulaşılma imkânı sağlar. Konfigürasyon yönetimi kuruluşun büyüklüğüne, karmaşıklığına ve ürünün özelliklerine bağlı olarak belirlenebilir. Konfigürasyon parçalarının üretim ve bakımı, yönetim ve geliştirilmesi için teknik ve idari çerçeve sunan bir metodolojidir. CM, ürün yaşam döngüsü yönetiminin entegre bir parçasıdır. Ürün tasarım ve operasyon gereksinimleri ile karşılaştırıldığında, bir ürünün performans parametrelerinin, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin tutarlı bir kaydı oluşturmak ve sürdürmek için yapılan faaliyettir. Bu disiplin, yazılım, donanım, işlem gören malzemeler, servisler ve ilgili teknik belgelendirmeleri olmak üzere ürünün tüm yaşam döngüsüne uygulanabilir (Bozkurt, 2019; Watts, 2012).



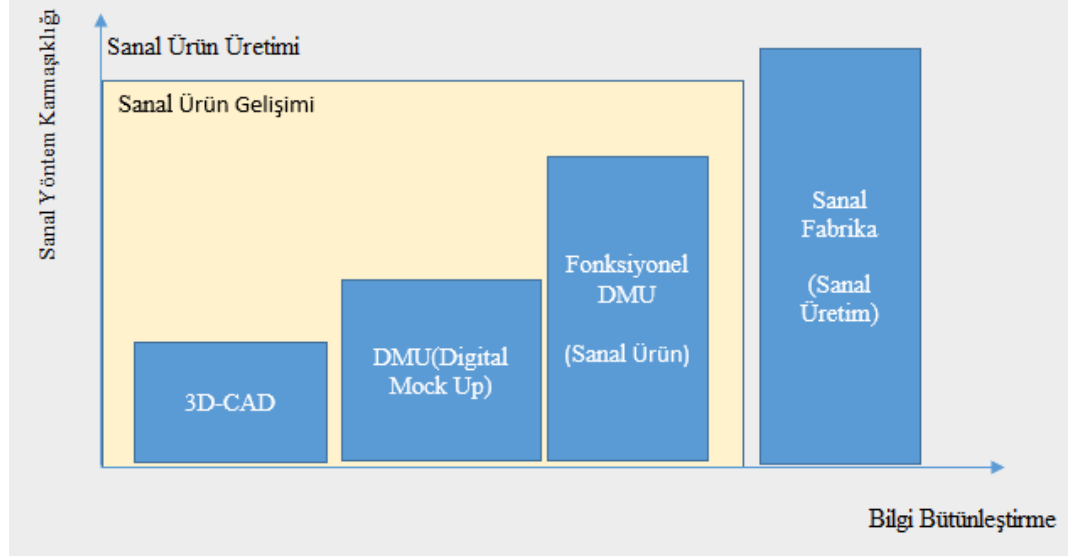
Şekil 3.Konfigürasyon ve Değişiklik Yönetimi Akış Diyagramı



Şekil 4. Değişiklik yönetimin kapsamı

PDM (Ürün Veri Yönetimi): PDM, endüstriyel olarak üretilen bir ürünü yönetmek ve geliştirmek için kullanılan sistematik, yönlendirilmiş bir yöntemdir. PDM yardımı ile ürün süreci, tüm atölye verileri sistematik bir şekilde ele alınarak, fikir atölyesinden hurda alanına kadar iyi bir şekilde yönetilebilir. PDM, tedarik zincirinde ve sipariş teslim sürecinde de kullanılabilir. Hemen hemen istisnasız olarak PDM terimi, ürün verilerinin yönetimi için geliştirilen bir bilgi işleme sistemini de ifade eder. (Saaksvuori ve Ark., 2008).

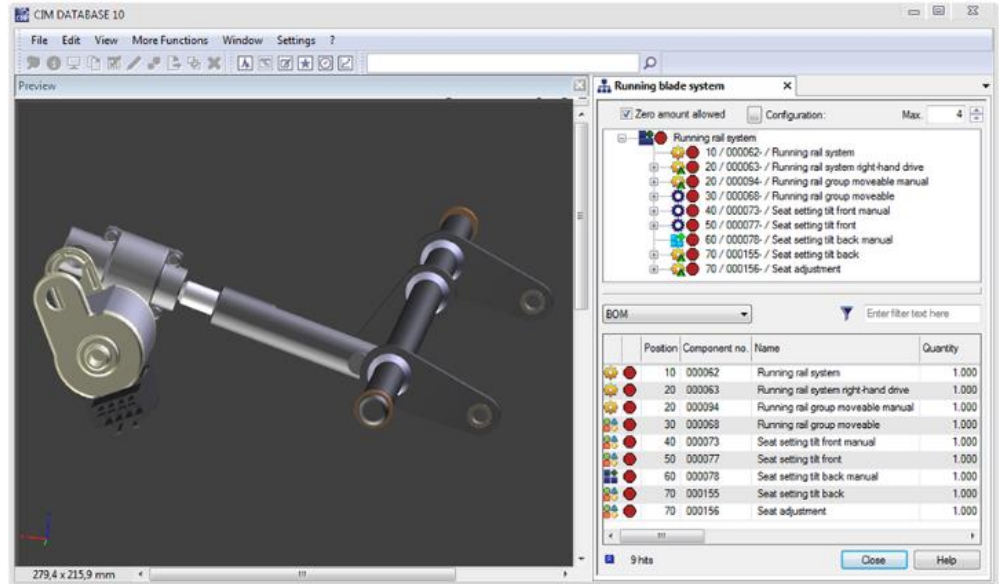
Sanal Ürün Geliştirme Yöntemi: Bilgi teknolojisi (BT) ve üretim teknolojisinin birleşimi, geleneksel üretim endüstrilerini büyük ölçüde değiştirmiştir. Birçok imalat görevi bilgisayarlarda bilgi işlem olarak kabul edilmiştir. Örneğin, makine mühendisleri gerçek bir prototip oluşturmadan 3D CAD sisteminde yeni bir parça tasarlayıp değerlendirebilirler. İmalat sistemlerindeki pek çok yeterlilik bilgisayar sistemleri kullanılarak gerçekleştirilebileceğinden, sanal üretim (VM) kavramı şimdi gelişmiştir (Ong ve Ark., 2004).



Şekil 5. Sanal Ürün Geliştirme Modelinin Kapsamı

Virtual Manufacturing (VM), bir üretim sistemindeki tüm karar ve kontrol seviyelerini geliştirmek için bütünleşmiş bir sanal üretim ortamı olarak tanımlanmaktadır (Hirz, 2013).

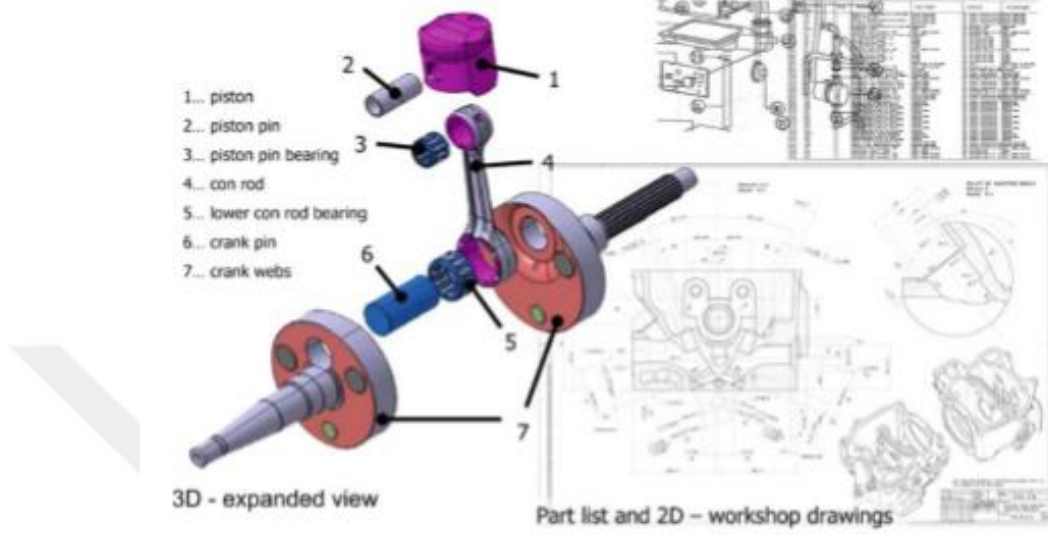
VM'nin kapsamı, tasarım alt fonksiyonlarının entegrasyonundan (taslak hazırlama, sonlu eleman analizi ve prototipleme gibi) bir üretim işletmesindeki planlama, operasyon ve kontrol gibi tüm fonksiyonlara kadar değişebilir (Nee ve Ong, 2004; Biçici ve Ark., 2012).



Şekil 6. Sanal Ürün Geliştirme

2.1.1.3 Modelleme

Kusursuz modellenmiş bir PLM yaklaşımı, bir şirketin ürün yaşam döngüsü hakkında kapsamlı bilgi sağlar. Süreç modellemesi karmaşık ve titiz olabilir, ancak sonuçları da başarılı olacaktır (Fischer ve Ark., 2006).



Şekil 7. 3D Modelleme Görseli

Buna paralel olarak, bir şirketin fikri mülkiyet (IP) haklarının korunması için verilerin yönetilebilmesi gerekir. PLM modelinde, endüstriyel gerçeklikten ödün vermeden süreçleri sanallaştırma firmaların kapasitelerinin artmasını belirli araçların kullanılabilirliği sağlar. Sağlam bir simülasyon ortamı, bu endüstriyel gerçekliğin tüm tasarım aşamaları için korunmasını sağlar. Bir ürün referansını simüle etmek için 3D modellemenin kullanılması, PLM çerçevesi içinde hem mühendislik hem üretim hem de BT için en uygun araçlardan biridir. 3D modelleme aynı zamanda dijital üretimin en temel etkili gücüdür (Hirz, 2013).

İşbirlikçi mühendislik anlayışı, başarılı PLM çözümünün ayrılmaz bir ögesidir. Tasarım ekiplerinin bir ürünün sanal modeli üzerinde çalışmasını ve dijital iletişim ağı kullanarak bağlantı kurması gereklidir:

- Yapılandırılmış ürün yapısı
- Çalışma Paketleri verileri arasındaki ara yüzler
- 3D parça tanımları

- Mekanizmalar, simülasyon vb.
- Aksiyonlar / Değişiklikler
- Uyumsuzluklar/ Çalışmalar

2.1.2 PLM'in Faaliyetleri

PLM üst düzey bir ticari faaliyettir. Bir şirketin ürünle ilgili alt düzey faaliyetlerinin tümü PLM havuzu altında birleştirilir. Bu faaliyetlerin bazılarını aşağıda gösterilmektedir.

- **Alan durumu kontrolü:** PLM sisteminin, sistem üzerindeki tüm belgelerin durumunu ve yaşam döngüsündeki evrelerini otomatik olarak izleyebilmesidir.
- **Nesnelerin oluşturulması:** Yeni bir belgenin, bir tasarım parçasının veya bir tasarımın onay iş akışının oluşturulmasıdır.
- **Dağıtım yönetimi:** PLM sistemi, belirli bir doküman gerekli olan tüm bilgileri ile birlikte belirli bir iş akışı adımlarına ve yazılımda tanımlanan ilkelere göre sistematik olarak dağıtabilir. Bu, PLM sistemlerinin kullanıcılarının birçok bilgiyi basit bir şekilde yönetmelerini sağlar (Ötüş ve Ark., 2019).
- **Bilgi arama ve toplama:** PLM sistemlerinin temel ve en önemli işlevlerinden birisi de bilgi yönetimidir. Kenneth McIntosh 'a göre, üretim endüstrilerinde mühendisler günlerinin %15 ile %40'ı arasında bağımsız bilgi sistemlerinden doğru bilgiyi araştırıp kurtarmaya harcıyorlar. Her bir verinin tüm geçmiş versiyonlarını, o versiyona ait tüm bilgilerle (kim ne zaman ne amaçla değiştirmiş vb.) tutan ve geçmiş revizyonları kıyaslama imkânı sağlayan, her zaman kullanıcıya en güncel halini sunan PLM sistemlerinin amacı tek ve doğru bilgiyi kullanıcıya sağlamaktır (Miller, 1982).
- **Ürün yapısı yönetimi:** PLM sistemindeki en önemli özelliklerden biridir, çünkü diğer çekirdek fonksiyonların temelini oluşturur. Bir montajın içerisinde yer alan parça ile montaj arasındaki ilişki, ya da bir tasarım ile teknik resim arasındaki ilişki veya birbirine bağlanmış iki belge arasındaki ilişki ürün yapısı yönetimi sayesinde incelenir.

Versiyon yönetiminin bazı özellikleri, bilginin yapısal sunumu ve değişim yönetimi ile yapılandırma yönetimi genellikle ürün yapısının yönetimine dayanır.

- **Dosya transferi ve dönüşümü:** Sistem uygulamaları arasında dosya transferi ve dönüşümü, geliştirici, kullanıcı veya okuyucunun geçerli konumu bilmesi gerekmeyecek şekilde düzenlenmiştir, Kullanım ortamı bir LAN (Yerel Alan Ağı), WAN olabilir (Geniş Alan Ağı) ağı veya İnternet olabilir. Hangi ortamda olursa olsun dosya alınır, otomatik olarak dönüştürülür ve uygun uygulamada açılır.
- **İletişim, mesajlar ve görev yönetimi:** Eş zamanlı mühendislik, PLM sistemlerinin desteklemesi gereken temel bir yapıyaşdır. Sistem tüm mesajları yönetir, böylece çalışmalarını etkileyebilecek ilgili bilgiler, bir işlem yapılması gerektiğinde tüm kullanıcılara ulaşabilir. Ayrıca, sistem günlük çalışma için bir iletişim forumu sağlar (Ötleş ve Ark., 2019).
- **Fiziksel belgelendirme yönetimi:** Dokümanları tarama yoluyla dijital hale getirme yeteneğini içerir, böylece sistem tarafından ele alınabilir (Çolak ve Ark., 2018).

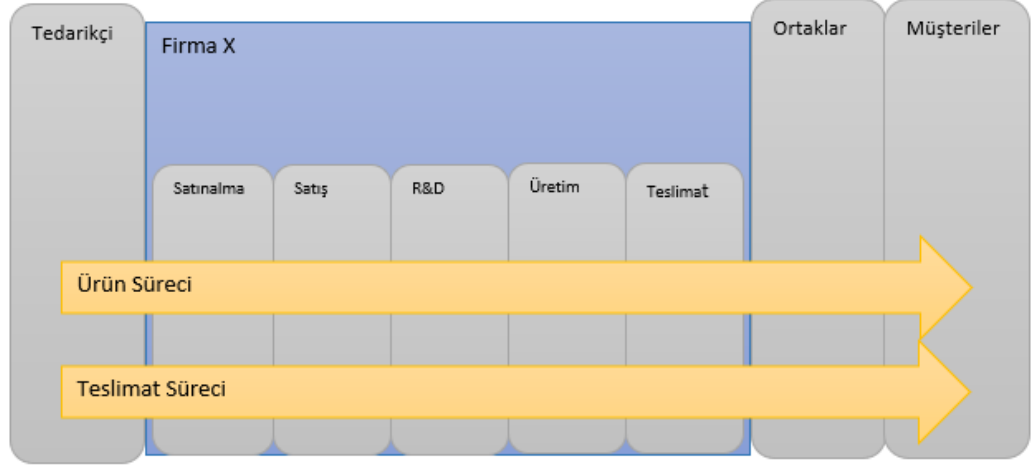
2.1.3 PLM Sistemi

Yeni ürünler için fikir belirleme yöntemlerinden organizasyon yapısına ve kullanım ömrü sonu geri dönüşüm ekipmanlarına kadar birçok konu ele alınmıştır. Birçok öge ve ayrıntı, ürün ortamının karmaşık ve yönetilmesi zor olduğunun bir kanıtı olarak görülebilir. PLM sisteminde, ürün yönetiminin görünür karmaşıklığının tek bir diyagramda özetlenebildiğini görmek, süreçteki zorlukları görülmesi ve yönetilebilmesi açısından önemlidir. Ürünle ilgili kaynaklarının durumunu görselleştirmelerine, ölçmelerine ve iletmelerine, mevcut durumlarını açıklamalarına ve gelecekteki PLM Stratejilerini geliştirmelerine yardımcı olur.

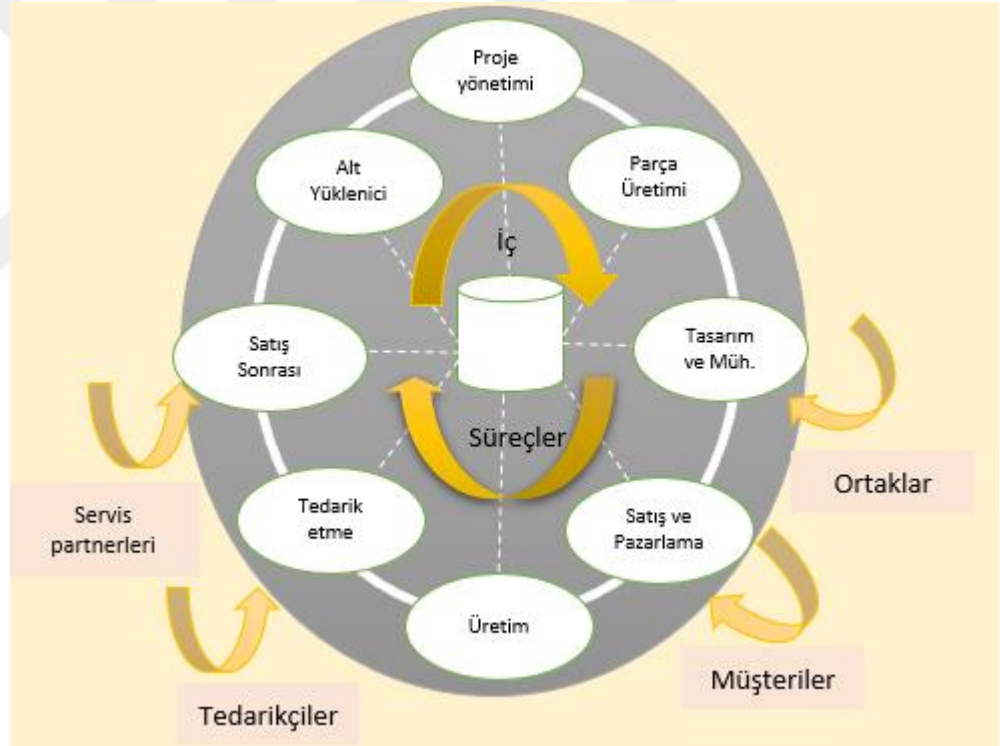
Pratik düzeyde, PLM'nin benimsenmesi hala çoğu zaman ürün tasarımı ve geliştirme gibi belirli iş süreçlerinin sadece belirli alanlarıyla sınırlıdır. Kenneth McIntosh PLM'nin endüstriyel iş dünyasından biri olan CIM'in (Bilgisayar Entegre Üretim) operasyonel çerçevesi olabileceğini önerdi. Başka bir deyişle, tüm şirketin işlevlerini bilgi teknolojisi yardımıyla birleştiren bir sistem veya sistem kümesidir. PLM her şeyden önce bir bağlantı teknolojisidir, tek bir teknoloji adacağı veya CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) sistemi gibi bilgi işleme sistemi değildir. Özel bir IT sistemi kendi alanında çok verimli olabilir, ancak bu tür sistemler genellikle şirketin veri akışlarının başka bir yerinde ve kurumsal IT sistemlerinde pratik uygulama düzeyinde darboğazlara neden olur. İmalat sanayinde en önemli iş süreçleri, ürün süreci ve sipariş teslim süreci çapraz fonksiyonel ve organizasyonlar arasındadır (Stark, 2016).

PLM'nin görevi, bir anlamda, ayrı bilgi veri sistemlerini, süreçlerini koordinasyonu için gerekli koşulları sağlamaktır. Buna ek olarak, PLM çok çeşitli bilgi sistemlerine komuta etmeli ve böylece entegre bütünlükleri doğurmalıdır. Çeşitli süreçlerin bütününe hâkim olmak, farklı bilgi işleme sistemleri kullanarak kuruluş çapında süreçlerden gelen bilgileri sorunsuz bir şekilde entegre ederek şirketlere önemli bir değer katar.

Şekil 8, bir sanayi kuruluşunun temel süreçlerini göstermektedir. Ürün süreci ile teslimat süreci paralel süreçlerdir.



Şekil 8. Bir Sanayi Kuruluşunun Temel Süreçleri ve Fonksiyonel Dikeyleri



Şekil 9. Projede Yönetimde Paydaşlar ve İç Süreçleri Arasındaki İlişkisi

Şekil 9' de görüldüğü PLM sistemi genellikle bilginin yaratılması, kaydedilmesi, güncellenmesi, dağıtımı, kullanımı ve alınmasında yer alan farklı süreçleri desteklemek için geniş bir fonksiyon ve özellik toplamı oluşturur (Saaksuori ve Ark., 2008).

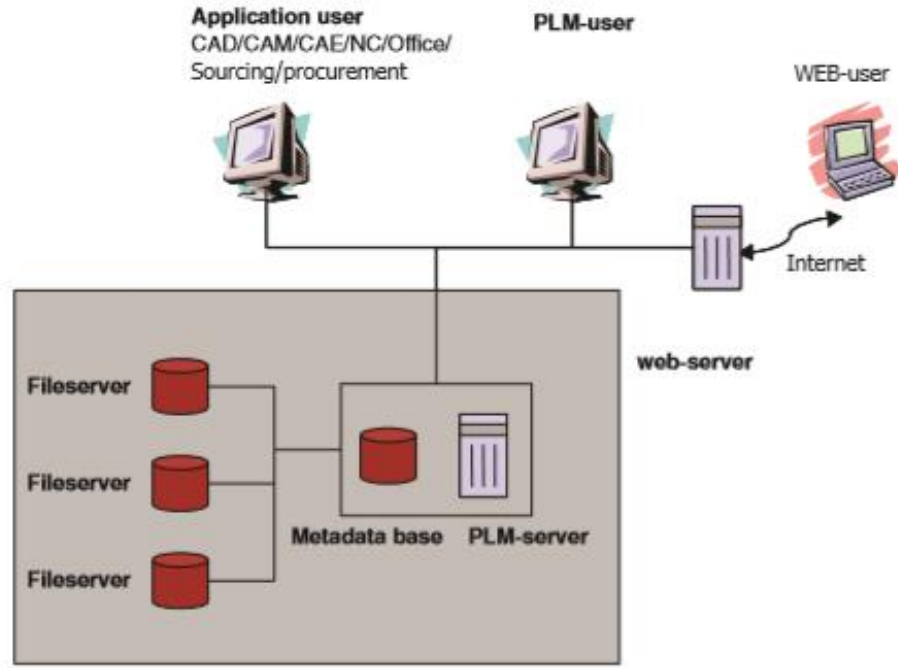
2.1.4 Sistem Mimarisi

PLM sistemleri için firmalarda olması gereken alt yapılara aşağıda yer verilmiştir.

Tüm sistemin yapısını korumak için meta veri tabanı gereklidir. Meta veri tabanının görevi: münferit ürün veri parçalarını, bilgilerin sistematik olarak kaydedilmesini sağlamak için gereken kural ve ilkeler arasındaki ilişkileri ele almaktır. Meta veri tabanı, PLM alanında çalışan farklı sistemler ve uygulamalar tarafından üretilen ürün verilerinin kaydını tutar (Saaksvuori ve Ark., 2008).

Uygulama, PLM bilgi fonksiyonları, meta veri tabanını yönetmek ve kullanıcılara göre farklı ara yüz olarak görünmesini sağlar. Yazılımın görevi, PLM ilkelerine uygun olarak tüm PLM işlevlerini, veri aktarımlarını ve dönüşümlerini mümkün kılmaktır. PLM uygulaması genellikle, alanındaki farklı uygulamalar ve sistemler arasında bir bağlantı görevi görür ve ayrı veri tabanları arasındaki bağlantıları mümkün kılar.

Bir PLM sisteminin temel sistem mimarisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Saaksvuori ve Ark., 2008). Sistemin fonksiyonel temel elemanlarının birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu gösterir. PLM uygulaması versiyon yönetimi yeteneğine sahiptir: sistem, aynı dosyanın farklı versiyonlarını yeni olmalarına veya istenen başka bir anahtara göre tanımlar. Ancak, PLM sistemi kontrol ettiği dosyaların içeriğini yorumlayamaz. Kullanıcı, dosyayı sistemde oluştururken gerekli bilgileri (ör. Dosya adı, içerik oluşturucunun adı, ürün yapısına bağlantı bilgileri) girilmelidir. Öte yandan, bunun için gerekli duruma özel fonksiyonlar oluşturulduysa, sistem söz konusu bilgileri otomatik olarak üretebilir ve tanımlayabilir. Bunun bir örneği CAD çiziminin başlık alanından bilgi çıkarmak olabilir (Saaksvuori ve Ark., 2008).



Şekil 10. PLM Sistem Mimarının Bir Örneği

Sistem, emri altındaki bilgilerin içeriğini doğrudan tanımlayamasa da bu gelecekte mümkün olabilir. Sistem kullanıcısı, sistem tarafından yönetilen belgelerin içeriğini arayarak sistemin yürüttüğü sistem aramaları talep edebilir. PLM uygulamalarının diğer ortak özellikleri, üretilen belgelerin kabul ve serbest bırakılmasını, değişiklik süreçlerinin yönetimini ve süreç iş akışları sırasında yapılan değişikliklerin kullanıcı bildirimlerini içerir (Lentes ve Ark., 2012).

Birçok PLM sisteminde, belgenin veya dosya türüne bağlı olarak, uygulamanın oluşturulması ve işlenmesi için kullanılması gereken işlemci gibi bir bağlantı veya ilişkilendirme oluşturulur. Bu, sistemin uygun bir uygulamayı başlatmasını ve istenen dosyayı gönderimini sağlar. PLM, sistemin kullanıcı tarafından görüntülenmesi için ikinci veya genel biçime dönüştürme ürün verilerine kullanılacak bazı bilgiler dönüşüm programları içerir. Neredeyse her PLM sistemi bir e-posta ara yüzü içerir veya şirketin mevcut e-posta sistemini kullanabilir. Tüm sistemlerde ortak olan bu genel özelliklere rağmen, çeşitli sistemler ve sistem mimarileri arasında önemli farklılıklar vardır.

Bu farklılıkların nedenleri:

- Sistemlerin kapsamı ve ölçeklenebilirliğindeki farklılıkların getirdiği özellikler ve gereksinimler.
- Farklı önceliklerden dolayı endüstrinin farklı kollarında ihtiyaç duyulan farklı işlev türleri.
- Sistem tedarikçileri tüm PLM konseptine farklı yönlerden yaklaşır.

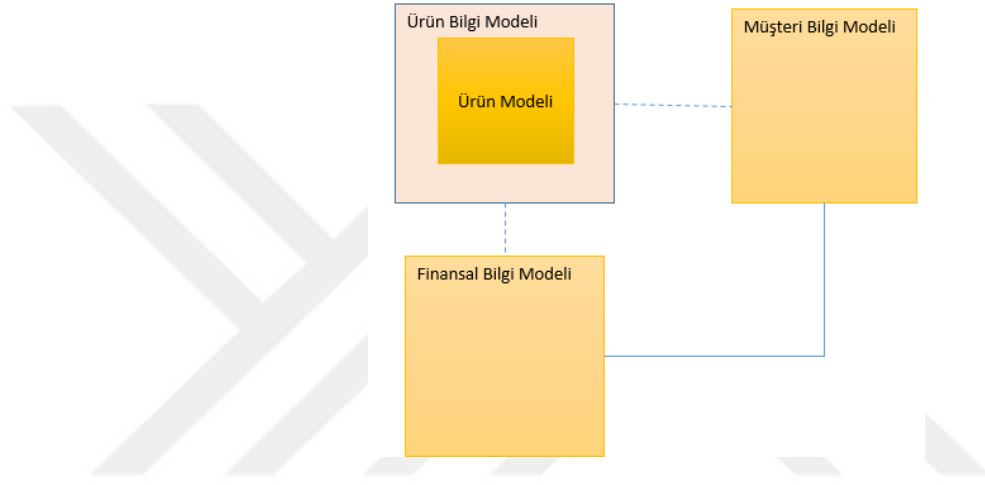
PLM uygulamaları için uygun işletim sistemi platformları genellikle Microsoft, UNIX ve Linux'tur. Bir ağ çözümü olarak, genellikle TCP / IP protokolünü destekleyen bir Ethernet ağı gerekir. Modern PLM uygulamaları aynı zamanda, uluslararası bir şirketin özel veri ağı veya İnternet aracılığıyla küresel olarak hareket etme ve çalışma imkânı sunar. İnternette bir PLM sisteminin kullanımı genellikle normal internet tarayıcılarının kullanımını içerir. Dolayısıyla PLM sistemi, Opera, Netscape veya Microsoft Internet Explorer gibi genel kullanıma açık İnternet tarayıcıları aracılığıyla kullanılabilir.

Daha önce belirtildiği gibi, PLM sistemi bir veya daha fazla veri tabanının çalışmasını gerektirir. Farklı tedarikçilerin sistemleri bu açıdan farklıdır. Bazı sistemler, bazen sistem tedarikçisine ait tescilli bir marka olan belirli bir veri tabanı türünü gerektirir. Ancak, PLM sistemlerinin çoğu belirli veri tabanı sağlayıcılarından bağımsızdır. Neredeyse her zaman Oracle, MS, SQLServer Informix, Sybase, Progress veya DB2 gibi yaygın olarak kullanılan SQL ilişkisel veri tabanlarını destekler. Birkaç farklı veri tabanı türünün kullanılmasını içeren sistem ortamları, PLM sistemi ve doğal olarak farklı sistemler arasında entegrasyon ve veri aktarımı için daha büyük bir zorluk oluşturmaktadır (Stark, 2011).

PLM sistemleri, ayrı belge veya dosya türlerinin nesne olarak yer aldığı nesne yönelimli bir mimariye ve teknolojiye dayanır. Her nesne, PLM uygulamalarının kural olarak işlediği kendi nesne sınıfına aittir. Örneğin, Dosya menüsünden Yazdır komutu seçildiğinde, program bunun bir grafik dosyası olup olmadığını kontrol eder. Yazılım bunu nesne sınıfından bilir. Bir grafik dosyasıysa, program şu komutu verir; aksi takdirde komut reddedilebilir (Stark, 2011).

2.1.4.1. Bilgi Modellemesi ve Ürün Yapıları

Bilgi modeli, bir kurumdaki en önemli bilgi varlıkları arasındaki ilişkileri tanımlayan kavramsal bir modeldir. Büyük şirketler, örneğin ürün ve müşteri bilgi yönetimi tarafından desteklenecek gerekli bilgi parçalarını tanımlamak için genellikle bir müşteri bilgi modeli, ürün bilgi modeli, finansal bilgi modeli ve teslimat bilgi modeli gibi bir dizi bilgi modeline ihtiyaç duyarlar. Bu tür bir üst düzey bilgi modelinin temel amacı, bu bilgi alt modellerinin birbiriyle ilişkisini tanımlamaktır.



Şekil 11. Bilgi Modeli, Ürün Bilgi Modeli Arasındaki İlişki

Ürün bilgisi (veri) modeli, ürün hakkındaki bilgileri ve diğer bilgi parçalarıyla ilişkisini analiz eden bir konsept modelidir. Ürün bilgileri ve bilgi parçaları arasındaki bağlantılar, ürün bilgi (veri) modelinde yalnızca kavramsal düzeyde açıklanmaktadır. Bu modelin fikri, bir ürün kavramını tanımlamaktır. Ürün bilgi modelinin işlevi, ürünü genel düzeyde analiz etmek, ortak özelliklerini ve ortak bilgi formlarını incelemek ve ürün için tüm bireysel durumlar için uygun olan genel bir bilgi (veri) modeli oluşturmaktır.

Bir ürün bilgi modelinin en önemli işlevi, gerekli bilgi varlıklarını ve bunların ürün açısından önemini tanımlamaktır; örneğin, bir ürün bir veya daha fazla modülden oluşmalı, bir modül bir veya daha fazla öğeden oluşmalı. Kapsamlı veya genel ürün yapısı, birçok değiştirilebilir ve konfigüre edilebilen parçalar içermektedir. Ürünün değişen fiziksel özelliklerine veya alt bölümlerine varyant denir. Ürün geliştirme sürecinde yalnızca olası varyantları içeren genel bir yapı

oluşturulur. Her bir ürünler sadece sipariş teslim sürecinde, gerçek fiziksel ürünler yaratıldığında ve üretildiğinde ve müşterilere teslim edildiğinde oluşturulur.

Çok sayıda varyantı mevcut olan ürünün ayrı ayrı yapıların tanımlanması makul değildir. Dahası, yapının revizyonu neredeyse imkansızdır. (Saaksvuori ve Ark., 2008).

Bir ürün müşterinin isteğine göre özelleştirildiğinde, yani ürünün fiziksel özelliklerinin bazı varyasyonları üretildiğinde, işleme ürün konfigürasyon işlemi denir. Bu süreçte ürün modelinden bir ürün yapısı oluşturulur.

Ürün verilerinin veya ürün bilgilerinin yönetimi ve kuruluşlar içinde ve arasında veri transferi uzantılarının sistem gelişimi ve sistem entegrasyonu için çeşitli ticari uygulamalar mevcuttur. XML (Genişletilmiş İşaretleme Dili) veya STEP gibi çeşitli standartların yöntemlerine dayanırlar (Stark, 2011).

2.1.4.2. PLM Sistemlerinin Yaygınlaşmasının Nedeni

Ürün yaşam döngüsü yönetim sistemleri, farklı nedenlerle farklı şirketlerde uygulanmaktadır. Bunlar, şirketin hangi şubesine dahil olduğuna, hangi ürünleri ürettiğine ve her şeyden önce kullanıcının sistemlerin ne yapmasını istediğine göre değişir. PLM sistemi, günlük ürün bilgileri ve ürün yaşam döngüsü yönetimi sorunları için son derece yararlı problem çözme araçları ve yöntemleri getiriyor.

Ancak, sistemin kendisinin veri yönetimi sorunlarını çözmesini beklemek yanlıştır. Bir şirket için bir PLM sistemi, günlük işlerin etkinliğini arttırmak için bir araç değildir. Diğerlerine göre bu, şirketin uluslararası pazarları ele geçirmesine yardımcı olacak bir yatırımdır. Ürün yaşam döngüsü yönetimi geliştirilmeye devam edilirken aynı zamanda giderek daha fazla şirket bunu uygulamaktadır. Bu, karmaşıklık ve ürün oluşturma, bakım ve dağıtımında yer alan büyük miktarda verinin nedeniyledir. Giderek artan küresel rekabet, ürünlerin daha hızlı, daha ekonomik ve müşterilerin isteklerine göre daha özel olarak üretilmesini gerektirmektedir. Şirketler her zaman günlük sorunlarını çözmek için yeni yollar aramalıdır. Müşteriler, ürünlerden daha iyi ve daha gelişmiş özellikler beklemektedir. Bu nedenle, ürünlerin kendisi ve üretim süreçleri, örneğin standartlaştırma ve grup teknolojileri yardımıyla süreçler ve endüstriyel tasarım geliştirerek ürünleri basitleştirmek mümkün olsa da daha karmaşık hale gelmiştir.

Karmaşık ürünler şirketleri uzmanlaşmaya zorladı, büyük uzman grupları ürün tasarımı ve planlamasına bağlıydı.

Dünyanın dört bir yanına dağılmış on veya yüzlerce şirketin tasarım ağlarının yönetimi yeni teknolojiler gerektirir. Uluslararası rekabette ürünlerin kalitesini ve üretim süreçlerini geliştirmek gereklidir; hurda ve kalitesi kabul edilemez. Artan kalite gereksinimleri, planlamayı ve bilginin etkili ve güvenilir bir şekilde ele alındığı, kaydedildiği ve kullanıldığı bir ürün geliştirme sürecini gerektirir (Messaadia ve Ark., 2012).

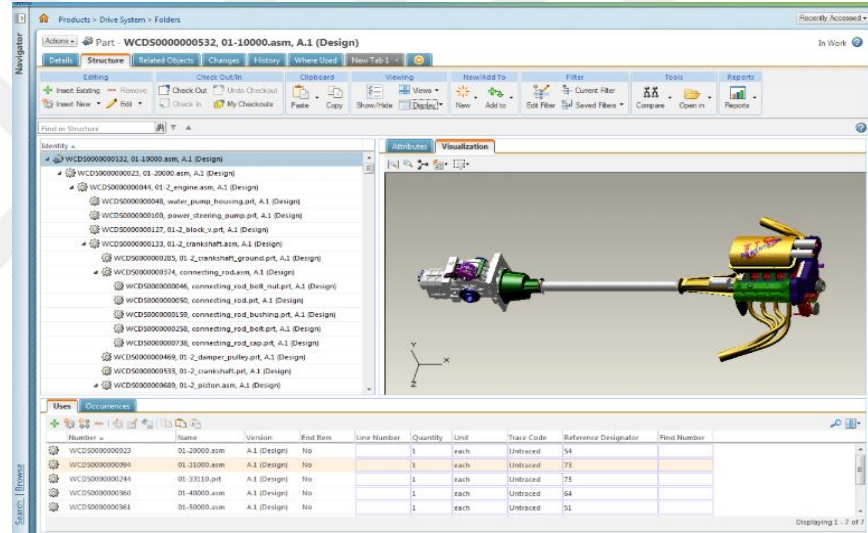
Ürün planlama ve geliştirme aşamasında, bir ürünü pazara sunmak için gereken sürenin %80-90'ının, yani pazara sunma süresinin kullanıldığı bilinmektedir (Pawar ve Riedel, 1994). Bir şirket, ürünlerinin pazarlanma süresini önemli ölçüde kısaltmak istiyorsa, geliştirme çabaları en önemli tasarrufların ve en iyi sonuçların alınabileceği planlama aşamasına odaklanmalıdır. Bu geliştirme operasyonları, diğer şeylerin yanı sıra, CE (Eşzamanlı Mühendislik) ve şirketin işlevlerinin CIM kullanılarak, diğer bir deyişle bilgi teknolojisi yardımıyla entegre edilebileceği fikrini getirdi. PLM bu gelişmede değerli bir araçtır. İmalat sanayiindeki son birkaç yıldaki eğilim, şirketin kendi uzmanlığı olan ana faaliyet alanıdır. Bu, iş stratejisinin çekirdeğinin ötesindeki faaliyet alanlarının dış taraflara veya kuruluşlara aktarıldığı anlamına geliyordu. Dış kaynaklardan temin edildiler. Alt yüklenici zincirleri, ortaklık ilişkileri ve fason üretim, pazarlama veya atölye çizimlerinin dokümantasyonu gibi dar bir iş alanında uzmanlaşmış şirketler oluşturulmuştur. Şirketlerin kendi ana uzmanlıklarına ve ana işlerine odaklandığı ve diğer gerekli uzmanlığı dış parçalar, ürünler ve hizmetler olarak dış kaynak sağladığı operasyon modeline ağ ekonomisi denir. İş birliği yapan şirketler, her biri belirli bir özel alana komuta eden bir ağ oluşturur. Bu tür bir ağın etkin yönetimi, gelişmiş bilgi teknolojisi çözümleri gerektirir çünkü ağ ekonomisi, veri aktarımı ve yönetimi ihtiyacını büyük ölçüde artırır. Bir çözüm bir PLM sistemi kullanmak olabilir. Çok ağa bağlı bir iş ortamında faaliyet gösteren şirketler, ürün değişiklikleri yapabilmeli ve gerekli bilgileri hızlı bir şekilde bulabilmelidir. Güvenilir ve verimli iletişim bir yaşam koşuludur (Stark, 2011).

2.4 PLM Yazılımlarına Genel Bakış

Bu bölümde en çok kullanılan üç PLM yazılımı anlatılacaktır.

2.4.1. PTC Windchill

Windchill, PTC'nin endüstri lideri PLM yazılımıdır. Windchill'in açık mimarisi, diğer kurumsal sistemlerle kolay entegrasyon sağlayarak PLM yazılımımızın değerini hızlı bir şekilde görmenize yardımcı olur. Kapsamlı kullanıma hazır işlevsellik ve yapılandırılabilir rol ve görev tabanlı uygulamalarla, özelleştirme ve karmaşıklıktan kaçınırken genellikle PLM kullanmayan paydaşlara değerli ürün verilerine erişimi genişletebilir. Windows, Linux, ve UNIX işletim sistemlerine uyumludur. Aşağıda kullanıcı arayüz örneği verilmiştir

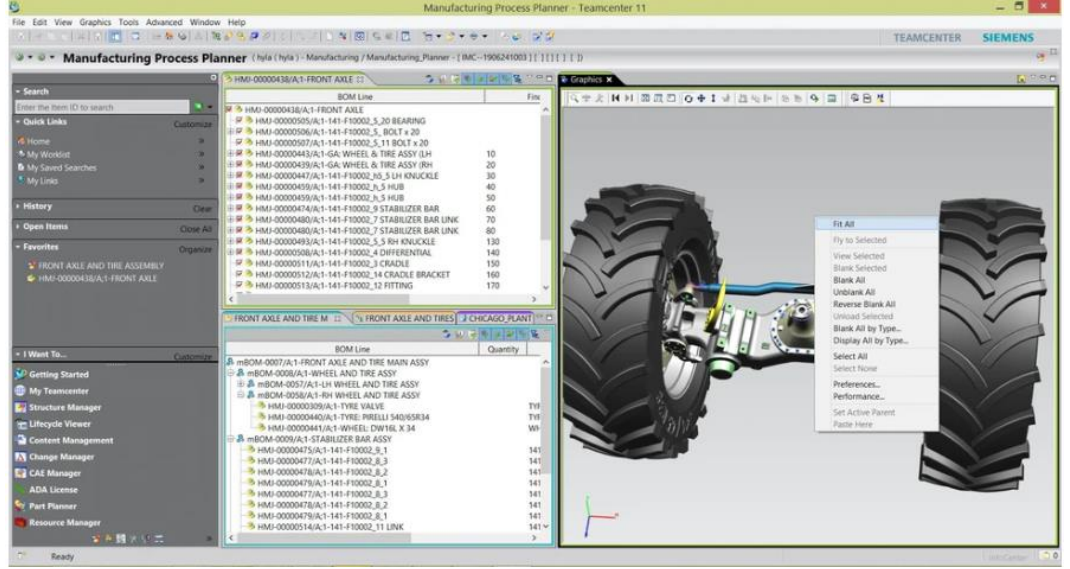


Şekil 12. Windchill PLM Arayüz Görşeli

Kullanıcıya özel arayüz kolaylıkla düzenlenebilir, kullanıcı dostu bir programdır. Windchill algoritmasında kullanıcılara bilgilendirme kılavuzu yer almaktadır. Bu sayede kullanıcılar danışmanlara daha az zaman ayırabilirler. Erişilebilirlik ve güvenlik açısından öncül durumdadır. Kapsamlı ürün yönetimi ve güncellenebilir mimariye sahiptir (Anonim, 2019j).

2.4.2. Dassault Systemes Enovia

ENOVIA, Dassault Systemes firmasının sunduğu, CATIA ile birlikte bir çok mekanik ve elektriksel tasarım aracı ile entegre olabilen, 3DExperience Platform üzerinde yer alan bir PLM çözümdür. 3DExperience Platforma standart bir internet tarayıcısı ile bağlanmak mümkündür (Anonim, 2019d).



Şekil 14. Teamcenter Kullanıcı Arayüz Görşeli

Forrester'ın PLM değerlendirmesine göre Enovia, Siemens ve PTC Windchill gibi büyük yazılım tedarikçilerinin, temel olarak sistemlerinde tüm özellikleri sağladıkları ama diğer sağlayıcıların belli alanlara yönelindikleri açıkça görülmektedir.

Aşağıda çizelgeye bakıldığında ARAS PLM 'in birçok özelliği sağladığı ve bütün alanlara yayıldığı görülmektedir. Ancak kendine ait bir tasarım ve üretim programı olmaması ve içerisinde diğer firmalara göre daha az geliştirici bulunması nedeniyle büyük ölçekli kurulumlarda yeteri kadar başarı gösterememektedir. Ama esnek yapısı sayesinde, firmalara daha rahat entegrasyon ve özelleştirme şansı sunmaktadır (Çolak ve Ark., 2019).

Yalın üretim yapan ve ürün geliştiren firmalarda PLM'den beklenen özellikler belli alanlarda yoğunlaşmakta ve PLM tedarikçisinden tasarımdan üretime kadar tam destek beklemektedir (Kaswan ve Ark.,2019). Enovia özellikle 3D Experince ile birlikte üretim verilerini simüle edebilmesi ve CATIA, SOLIDWORKS gibi çok güçlü mühendislik araçlarını barındırması ile göze çarpıyor.

Aynı zamanda sunduğu simülasyon ve görselleştirme araçları ile ürün geliştirme ve iş birliği yönetimi açısından da gereken tüm özellikleri sağlayabildiği görülmektedir (Çolak ve Ark., 2019).

Tablo 1.Forrester’ın PLM Yazılım Değerlendirmesi

	Forrester'a Göre Önemi	Aras	Autodesk	Dassault Systèmes	Oracle	PTC	SAP	Siemens
Genel Yetenekler	50%	3,25	0,80	3,55	2,50	3,85	2,35	3,35
BOM Yönetimi	10%	5,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00	3,00
Kalite ve uyum	10%	3,00	1,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00
Tedarikçi yönetimi ve işbirliği	10%	3,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	3,00
Üretim süreci planlama ve yönetimi	5%	3,00	0,00	5,00	1,00	3,00	3,00	5,00
Dijital ikiz	5%	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00
Veri yönetim simülasyonu	5%	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	3,00
Yenilik ve ürün portföyü yönetimi	5%	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00
Rol tabanlı uygulamalar	5%	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	3,00	3,00
Analitik	5%	1,00	0,00	3,00	1,00	1,00	0,00	1,00
IoT platformu ve data kullanım yönetimi	5%	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00
Katmanlı İmalat (Additive Manufacturing)	5%	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	5,00
Mobil Desteği	5%	2,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	4,00
Entegrasyon yetenekleri	5%	5,00	1,00	3,00	3,00	5,00	1,00	5,00
İmplementasyon ve sürdürülebilirlik	10%	5,00	1,00	2,00	3,00	5,00	2,00	3,00
Konfigürasyon ve esneklik	10%	5,00	0,00	5,00	3,00	5,00	3,00	3,00
Strateji	50%	4,00	3,00	4,50	3,50	4,50	3,50	3,50
Ürün vizyonu	50%	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	3,00
Partner desteği	25%	3,00	1,00	5,00	3,00	3,00	1,00	5,00
Sunum modeli - Bulut	25%	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00
Pazar Varlığı	0%	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	4,00	4,00
Ürün geliri	50%	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	5,00	5,00
Müşteri sayısı	50%	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	3,00	3,00

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde PLM geçiş sürecinde gerekli olan materyaller ve metotlar anlatılmıştır. PLM geçiş sürecinin büyük ve orta büyüklü iki firmada uygulaması ve süreçte kullanılan yöntemler, PLM için gerekli olan altyapı anlatılmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 PLM Programları

İki farklı firmada iki farklı PLM programları kullanılmaktadır. Bunlar; ENOVIA ve CIM DATA programlarıdır.

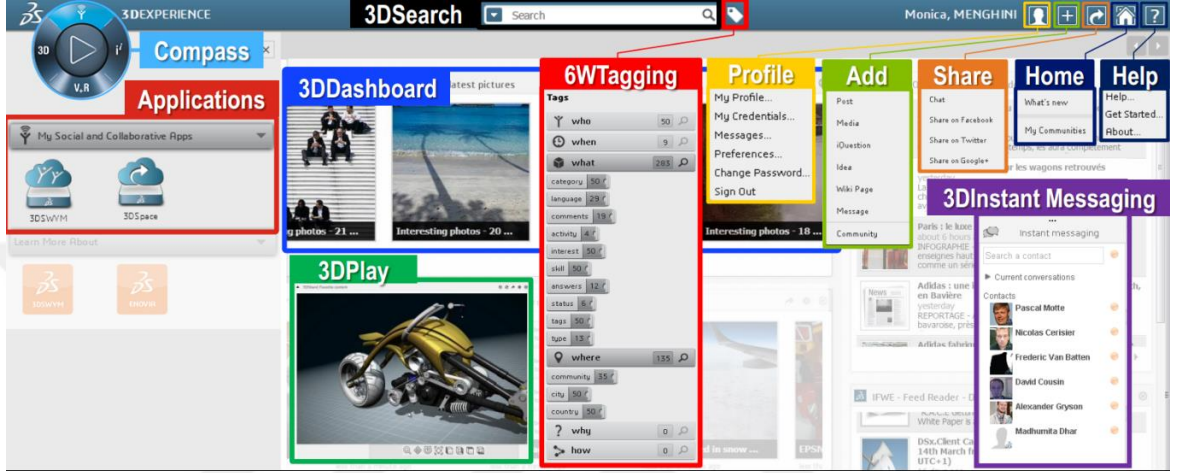
3.1.1.1.ENOVIA

Dassault Systemes'in PLM yazılımıdır. ENOVIA, kullanıcılara cihazdan uzaktan erişim sağlayan güvenli ve güncel bir ürün tanımı kaynağıdır. Ürün geliştirme için ENOVIA, CAD ve belge yönetimi (PDM), ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM), değişiklik ve yapılandırma yönetimi ve onayları, tasarım incelemesi, IP koruması, ürün tanımı ve konfigürasyon yönetimi gibi kapsamlı ve sağlam bir dizi yetkinliğe sahiptir. Fikirden teslimata, ENOVIA'nın rolleri ve uygulamaları dijital sürekliliği destekleyerek, ürünlerin geliştirme sürecine değer ağındaki herkes dahil edilerek bütünsel olarak tanımlanabilmesini sağlar. Mevcut yatırımları korumak için ENOVIA, dosya tabanlı CAD uygulamalarını CATIA V5, SOLIDWORKS ve 3. taraf mekanik ve elektrik tasarım uygulamaları da dahil olmak üzere 3DEXPERIENCE platformuna bağlayarak kullanıcıların ENOVIA özelliklerine tasarım ortamlarından erişmelerini ve tasarım verilerini kolayca paylaşmalarını sağlar değer ağı. Tasarım verileri, web tabanlı uygulamalarda, ürün tanımına inceleme ve dahil edilmesi için sorunsuz bir şekilde ortaya çıkar.



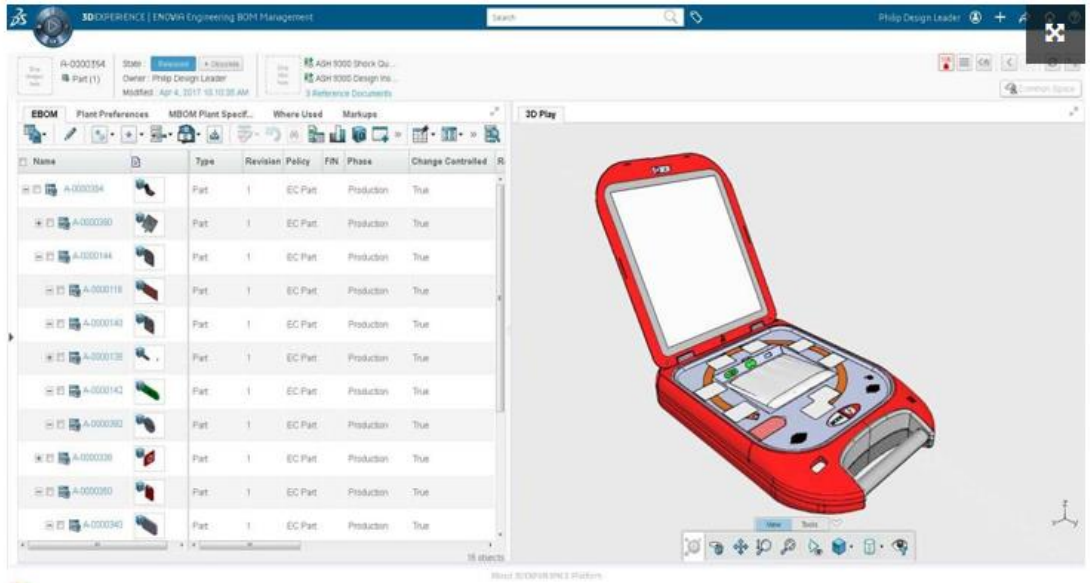
Şekil 15.Enovia PLM

ENOVIA, pazar fırsatlarını etkili bir şekilde tanımlamak ve yenilikçi ürün ve hizmetler geliştirmek için işinizi ürün geliştirme iletişim hattınıza bağlar. İş uygulama portföyü, ürün portföyü yönetimi, kalite yönetimi, ihtiyaç yönetimi ve proje ve ekip planlama çözümlerini içererek paydaşların kurumsal strateji ve standartlara uygun olarak ortak plana kolayca katkıda bulunmalarını ve planları gerçek zamanlı olarak optimize etmelerini sağlar.

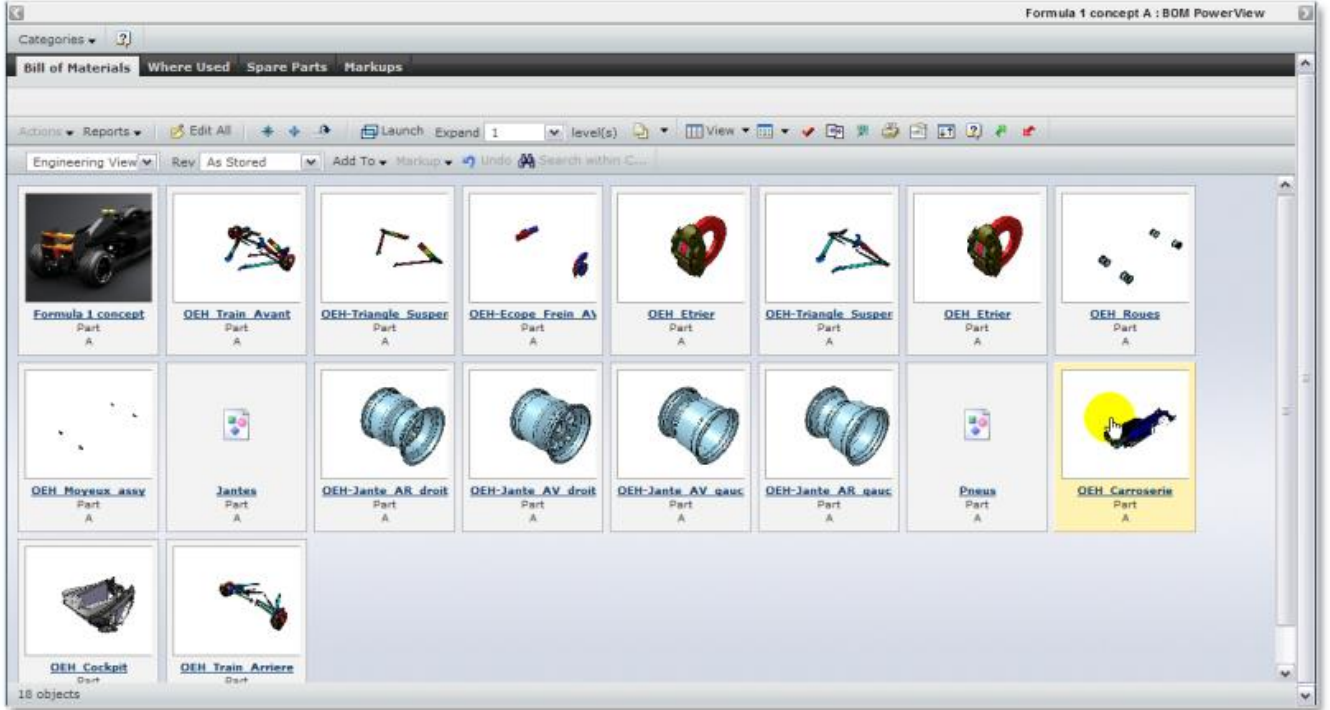


Şekil 16.Enovia Ara yüz Fonksiyonları

Compass, ENOVIA platformunda kullanıcının rollerine, yapabileceği işlemlere ve uygulamalara hızlı erişim sağlayacağı bir pusuladır. Her kullanıcı kendi lisanslarına göre erişebildiği uygulamalara ve kişiselleştirilebilir bir görünüme sahiptir. Compass içerisindeki uygulamalar kategorisine göre ayrılmıştır. Sistemdeki verilere türüne göre arama yapılır.



Şekil 17.Enovia'da Veri Arama



Şekil 18.Enovia Arayüz Fonksiyonları

Enovia ile parçanın ürün ağacına, kullanıldığı yer, yedek parçalarına ve revizyonlara ulaşılır.

3.1.1.2 CIM DATA

CONTACT, bağımsız bir yazılım firmasıdır. 26 yılı aşkın pazara hizmet vermektedir. Firma merkezi Bremen, Almanya'da bulunan firma, uluslararası partnerlerinin desteği ile küresel seviyede faaliyet göstermektedir. Teknolojik olarak benzersiz sürekli güncellenen ve müşterileri için özelleştirilebilen CONTACT çözümleri, müşterilerimizin işlerini güvenle ve etkin olarak organize edebilmelerini ve takımlar içinde ve şirket çapında iş birliği yapmalarını sağlamaktadır. Pazara çıkış süresinin kısaltılması, daha güvenilir veri ve süreçler, gelişmiş kontrol yetenekleri ve düşük ürün geliştirme maliyetleri çözümlerimizin en önemli faydalarındandır.

Otomotiv, makine sanayi, tesis, tüketici ürünleri, medikal, havacılık sanayilerinden gelen pazar lideri müşterilerimiz için CONTACT istisnai bir müşteri odaklılık yaklaşımı göstermektedir. CONTACT, PDM/PLM teknolojilerinde uzmanlığını, sektör ve süreç özelinde uygulamalar olarak müşterileri ile paylaşır. (Anonim, 2019a).



Şekil 19.CONTACT Müşterileri

Work view

Path: E:\Workspaces\WSM3\Abgassystem Concept CAR\9501039-1.CATPart

Name	Local status	Server status	Commit Action (Document)	Name(en)
Abgassystem Concept CAR	OK	OK		
Assemblies (structure)				
9501047-1.CATProduct	OK	OK		CONTEXT Exhaust System
Concept Car.CATProduct	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Aussenhaut.CATProduct	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Seitenteil_links.CATPart	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Seitenteil_rechts.CATPart	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Dach.CATPart	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Heckklappe.CATPart	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Struktur.CATProduct	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
Styling_Flaechen.CATProduct	OK	OK		CONCEPT CAR OEM
9501046-1.CATProduct	OK	OK		Exhaust System
9501041-1.CATPart	OK	OK		Endpipe inner
9501042-1.CATPart	OK	OK		Endpipe outer
9501040-1.CATProduct	OK	OK		Tail pipe assembly
9501039-1.CATPart	Changed	OK		Casing
9501044-1.CATPart	Changed	OK		Outside cap right
9501045-1.CATPart	OK	OK		Outside cap left
9501043-1.CATPart	Changed	OK		Entry pipe
Unreferenced CAD files				
9501046-2.CATDrawing	OK	OK		Exhaust System
Other files				

Şekil 20.CONTACT Bom Yapısı

1.CIM DATA ile CAD Veri Yönetimi

CONTACT Workspaces CATIA, NX, INVENTOR, PRO/E (CREO) gibi CAD sistemlerini birleştirir. Her CAD sisteminin özel karakteristikleri kendi farklı ara WSM ara yüzünde birleştirilir. Sonuç olarak, Tek bir ara yüz sayesinde firmalar azalan eğitim gereksinimleri, anında uygulanan fonksiyon uzantılarından faydalanırlar. Herhangi bir CAD sisteminde çalışan kullanıcılar MS Office belgelerini de ekleyerek kendi çalışma alanlarında çalışabilirler.

Önemli fonksiyonlar:

- CAD entegrasyonu: Tüm CAD sistemleri ile tam uyumlu arayüzler
- Devam eden işler: En az çaba ile fikir üretme, yönetme, alternatifler ve iterasyonlar oluşturabilme
- Daha yoğun gözden geçirme: Veriler içindeki değişikliklerin tam sunumu ile takım içi ve şirket çapında veri karşılaştırma yeteneği
- Çevrim dışı çalışma desteği

2.CIM DATA Geliştirme Kokpiti

Kullanıcıların kendi çalışma alanlarını organize edebilmeleri ve her zaman güncel olabilmeleri için CONTACT Workspaces optimize bir araç ve yapısal bir kokpit görevi sağlar. Tek bir işlem ile tüm çalışma alanının ve içindeki belgelerin o anki durumu dondurularak ileride değişiklikler talep edildiği zaman gerekli karşılaştırmalar yapılabilir (Anonim, 2019e).

CONTACT Workspaces'in açık mimarisi, otomatik tanımlama, parça aynalama gibi yeni fonksiyonların entegre edilmesini mümkün kılar.

3.CIM DATA Paylaşılmış Çalışma Alanları ile Takım Çalışması

Ürün geliştirme bir takım çalışmasıdır.Gereksinimler ve spesifikasyonlar, değişiklik gerektiren mevcut çözümler ve geometrik ortamı destekleyecek kurulum bu çalışmanın başlangıç noktası olabilir. Paylaşılan çalışma alanları ile kullanıcılar bu tip paylaşılan içeriğin yönetilmesini bir şekilde kolaylaştırır.

Önemli Fonksiyonlar

- Paylaşılan çalışma ortamı: Paylaşılan çalışma alanı yerel değişikliklerin ve merkezi değişikliklerin senkronizasyonunu sağlar.
- Eşzamanlı mühendislik: model ve belgeler için tüm görünür rezervasyonlar, “hatalı” değişikliklerin engellenmesi, iyi durum ve kötü durum senaryolarına göre kilitleme prosedürleri uygular.
- Birleştirme: Değişiklik çakışmalarının açık tanımı ve senkronizasyon fonksiyonları sağlar.

4.CIM DATA Veri Transferi – Karmaşık Veriler İçin Basit Senkronizasyon

Küresel olarak paylaşılan geliştirme verileri günümüzde firmaların karşılaştığı en büyük zorluklardan biridir. Bu zorluk, müşteriler, tedarikçiler ve ortaklar ile geliştirilen ortak projeler ile bir kat daha artmaktadır. OEM tarafından zorlanan ortakların merkezi bir sistemde çalışması bu durumu kolaylaştırmaz. Bu senaryo kalıplaşmış prosedürler ve standartları zor koştugu için ortakların çalışmasını zorlaştırır.

CONTACT Workspaces, firmalar kendi çalışma alanlarını ister WSM ile isterlerse kendi PLM ve ERP sistemleri ile istedikleri gibi kullanabilirler. Diğer firmalar ile işbirliği çalışma alanı içeriğinin senkronize eder(Anonim,2019e).

Önemli Fonksiyonları

- Doğru mimari veya prosedür: PLM sistemindeki gerekli yere adrese tanımlı transfer edilebilmesini sağlar.
- Otomatik içe aktarma özelliğine sahiptir: çok büyük modüllerin olması durumunda bile kaydetmeyi garanti eder.
- Delta güncellemesi: Modelleri ve yeni versiyonları tanımlar.
- Montajların karşılaştırılması: montajların ve kurulum alanlarının kesin geçmişleri ile yeni, silinmiş ve değiştirilmiş bileşenlerin gösterilmesi ve pozisyonel bilgilerinin karşılaştırılmasını yapar.
- OEM filtresi: VW/DAVOS, KVS gibi OEM spesifik prosedürler ile otomatik çalışan model paketleme ve dosya ismi çevrimlerini yapar.
- Tüm lider CAD sistemleri için tek bir ara yüz sayesinde kapsamlı çoklu-CAD veri yönetimi sağlar.
- PDM/PLM ve ERP ile basit ve güvenli bir senkronizasyon sağlar. (Anonim, 2019e).

3.1.2 Tasarım Programı

3.1.2.1 CATIA

Dassault Systèmes'in 3DEXPERIENCE platformu tarafından desteklenen CATIA şunları sağlar:

Tek bir gerçeğe dayanan ve mobil çalışanlar da dahil olmak üzere tüm paydaşlar arasında iş zekasını, gerçek zamanlı eşzamanlı tasarımı ve iş birliğini yönlendiren güçlü 3D panolar aracılığıyla erişilen bir sosyal tasarım ortamı. Her kullanıcının etkinliğini optimize eden 3D modelleme ve simülasyon özelliklerine sahiptir. Mevcut süreçler ve araçlarla entegre edilebilen bir ürün geliştirme platformu.

Bu, birden fazla disiplinin, ürün geliştirme sürecinin tüm aşamalarında entegre uzman uygulamalardan faydalanmasını sağlar.

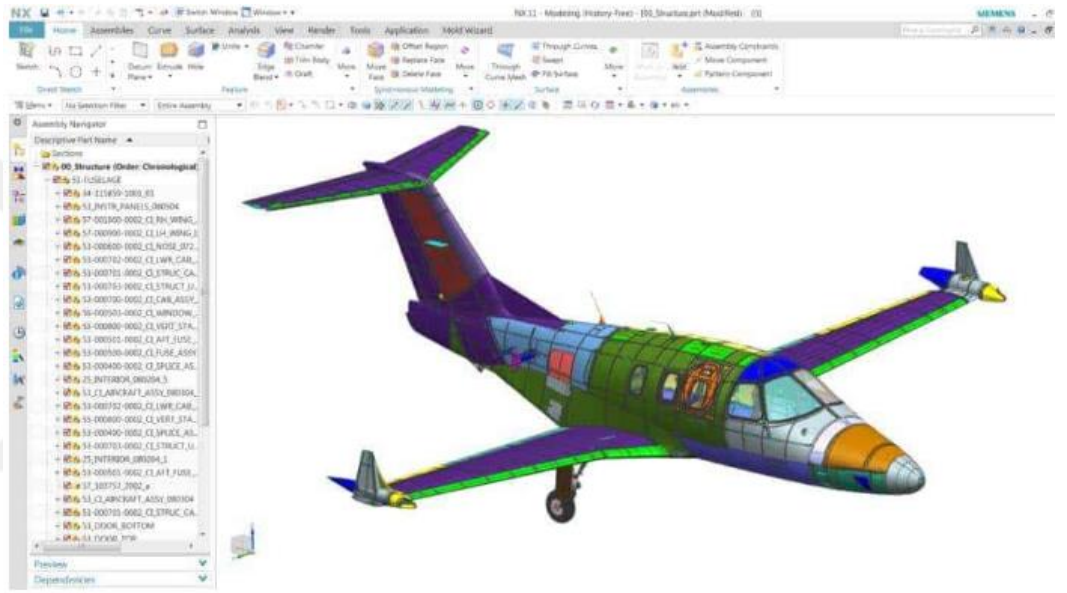


Şekil 21.CATIA Tercih Eden Sektörler

Eşgüdümlü üç boyutlu etkileşimli uygulama anlamına gelen dünyanın en gelişmiş 3 boyutlu tasarım programlarından biridir. Fransız havacılık firması olan Dassault Systèmes tarafından üretilmiştir ve bu firma aynı zamanda Solidworks tasarım programının da sahibidir.

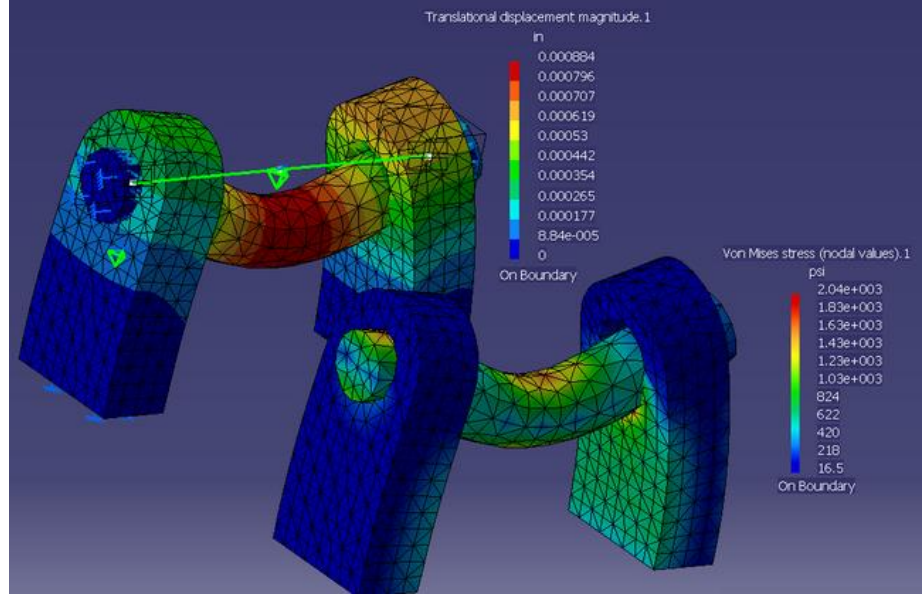
Catia'yı diğer programlardan ayıran ve öne çıkaran şey, yüzey modelleme modülünün oldukça gelişmiş olması, kompozit tasarım modülü bulunması ve aerospace sheet metal modülü ile havacılıkta kullanılan rib/spar vb. geometrileri hızlıca modellemeye yönelik modül sağlamasıdır.

Catia'nın en çok kullanılan sürümü V5 dir ve release (ara sürüm) olarak ise ülkemizde R19 ve R21 sıkça kullanılmaktadır. Catia'yı genellikle havacılık ve otomotiv firmaları tercih etmektedir. PLM (product life-cycle management) olarak ise Enovia ve Teamcenter ile bütünleşmiş çalışmaktadır.



Şekil 22.Havacılık Sektöründe bir Uygulama

Mühendislik çizimlerinde çok kullanılmasının sebebi, programın kullanıcıya kolay çizim komutlarının yanı sıra etkileşimli analiz yapma imkânı da sunmasıdır. CATIA programında tümleşik olarak bulunan analiz sistemleri ile üç boyutlu çizimi hazırlanan model üzerinde hemen hemen her türlü analizin yapılması mümkündür.



Şekil 23.CATIA ile Yapısal Analiz

3.1.3 Maliyet Unsurları

Şirketler için en önemli maliyetler lisans, donanım ve bakım maliyetleridir.

1.PLM Lisansı

Genellikle lisans değişken veya adlandırılır olarak iki şekildedir. Değişken lisans sayısı sistemin eşzamanlı kullanıcı sayısına bağlıdır. Lisanslar genel olarak tüm kullanıcılar için kullanılır veya belirli bir kullanıcı grubu için sabittir. Değişken lisanslar arasında, sistemdeki tüm kullanıcılar aynı saat dilimindeyken birkaç düzine eşzamanlı kullanıcı lisansının yüz kullanıcı için yeterli olacağını belirten bir kural olarak ifade edilebilir. Adlandırılmış kullanıcı lisansları belirli görevler veya işlevler veya belirli kişiler için tahsis edilir, yani sistemi kullanan herkesin söz konusu görev için bir lisansı olması gerekir. Bazı durumlarda lisanslar iki kategoriye ayrılır: bilgiyi kullanan veya görüntüleyen ve yeni bilgi oluşturanlar.

Yazılım lisansları bazı sistem tedarikçilerinden de kiralanabilir (kiralanabilir). Bu durumda, genellikle lisansları satın alan ve daha sonra bunları kullanıcıya kiralayan bir finans şirketi olacaktır. Bu eylem şekli, finansal stratejisi veya likit varlıkları büyük yatırımlara izin vermeyen şirketler için uygun olabilir.

2. Veri Tabanı Lisansları

Sistemin arka planındaki veri tabanı uygulamaları genellikle ayrı lisanslar gerektirir. Veri tabanı lisansı, değişken veya fiyatı sunucudaki işlemcilerin sayısı veya gücü ile belirlenen sabit bir işlemciye özgü lisans da olabilir (Anonim, 2019j)

3. Donanım İhtiyacı

PLM sistem sunucularının veri tabanlarının ve dosyaların yönetimi için edinilmesi gerekli olabilir. İş istasyonları gibi diğer cihazların da şirketteki ilk duruma bağlı olarak edinilmesi veya yükseltilmesi gerekebilir (Messaadia ve Ark., 2012).

4. Ekipman, lisans ve yazılımların bakımı

Lisanslar için yıllık bakım ücretinin yanı sıra sözlü destek ücreti de ödenmektedir. Bu ödemenin fiyatı bir tedarikçiye göre değişir, ancak genellikle yazılım lisanslarının fiyatının % 15 ile 20'sidir.

3.1.4 PLM Programı Kullanan İki Büyüklükte Firma

PLM sürecini iki farklı büyüklükte olan firmada analiz edilmiştir. Yasal statüsü ne olursa olsun, bir veya birden çok gerçek veya tüzel kişiye ait olup bir ekonomik faaliyette bulunan birimleri veya girişimlere işletme denir. Bu işletmelerin büyüklükleri aşağıda mevzuatlara göre açıklanmıştır.

3.1.3.1. Küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ)

İkiyüzelli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri kırk milyon Türk Lirasını aşmayan ve bu yönetmelikte mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükteki işletme olarak sınıflandırılan ekonomik birimleri veya girişimlerine KOBİ denir (Anonim ,2019ı).

KOBİ'ler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

a) Mikro işletme: On kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri bir milyon Türk Lirasını aşmayan işletmeler (Anonim , 2019ı).

b) Küçük işletme: Elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri sekiz milyon Türk lirasını aşmayan işletmeler (Anonim, 2019ı).

c) Orta büyüklükteki işletme: İkiyüzelli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri kırk milyon Türk lirasını aşmayan işletmelerdir.

Projenin gerçekleştiği firmada 50 beyaz yaka çalışanı ve 150 adet mavi yaka çalışanı olan orta büyüklüktedir. Bu firmada PLM kullanıcı lisansı 5 kişide yer almaktadır. Tasarım programı olarak Catia kullanılmaktadır. Veri tabanı olarak MSSQL kullanılmaktadır. PLM programı olarak CIM DATA kullanılmaktadır.

3.1.3.2. Büyük Ölçekli Firma

İkiyüzelli kişiden fazla çalışan istihdam eden ve net satış hasılatı veya mali bilançosu kırk milyon Türk lirasını aşan işletmedir.

Projenin gerçekleştirildiği diğer firma ise çalışan sayısının 2000 kişi olduğu ve 1000 kişi beyaz yaka çalışmaktadır. Firmada Catia ve ENOVIA kullanılmaktadır.

3.2. Metot

3.2.1 PLM'e Geçiş Sürecinin Planlanması

Öncelikle bir süreci değerlendirmek ve geliştirmek için sürekli geliştirme ve iyileştirme düşüncesinde olunmalıdır. Gözlemlendiğimiz şeyin, başka birinin probleminden ziyade, sizin kendi işiniz olduğunu farz etmek ve onun iyileştirmek için çaba göstermek demektir. Bu gelişim sürecinde iş unvanları önemsizdir. Sonuçta en çok saygı bilen insanlara duyulur (Liker ve Ark., 2012). PLM, şirketlerin pazara teslimatını hızlandırmak için iş birliği yoluyla ürün bilgilerini üretmek, yönetmek, dağıtmak ve kullanmak için geliştirdiği bir stratejidir.

Kurumsal çapta eksiksiz PLM sistemlerini devreye sokarken, büyük düşünmenizi, ancak küçük adımlar ile başlanmalıdır. Bu nedenle, aşamalı bir yaklaşımı destekleyen yazılım ve servis sağlayıcıları bulmak önemlidir. Aşağıdaki adımlar başarılı bir sonucun yolunu göstermeye yardımcı olmaktadır.

3.2.1.1 Süreç Adımları

1. Proje ekibini belirlenmesi: Her projenin en önemli bileşeni insandır. Projeden etkilenecek her bir birey proje paydaşıdır. Projeye ilgilenen ve/veya projenin üreteceği çıktıdan doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenen herkes projenin paydaşı olarak tanımlanır. Projeye dahil olacak ya da projeden etkilenecek herkesin, gereksinimlerinin ve beklentilerinin yönetilmesi proje başarısının temel öğelerindedir. Projenin başlatma aşamasında tüm paydaşlar belirlenir. Projenin sponsorları, proje yöneticisi, projede çalışacak takım temel proje paydaşlarıdır. Proje sürecinin en önemli unsuru projeyi gerçekleştirecek ekibi oluşturan insan kaynağıdır (Ömürlü, 2018)



Şekil 24. Proje Ekibinin Oluşturulması

İnsan kaynağı yönetimi, insan kaynakları planının oluşturulması, proje ekibinin oluşturulması, proje ekibinin geliştirilmesi ve proje ekibinin yönetilmesi biçiminde dört alt süreçten oluşmaktadır.

Başlatma	Planlama	Yürütme	İzleme/Kontrol Etme	Kapatma
	İnsan Kaynakları Planının Oluşturulması	Proje Ekibinin Oluşturulması/Proje Ekibinin Geliştirilmesi	Proje Ekibinin Yönetilmesi	

Şekil 25. İnsan Kaynakları Yönetim Aşaması

Projede kullanılacak insan kaynağı firmanın kendi iç kaynaklarından sağlanabileceği gibi proje süresince ihtiyaç dahilinde dışarıdan da tedarik edilebilir.

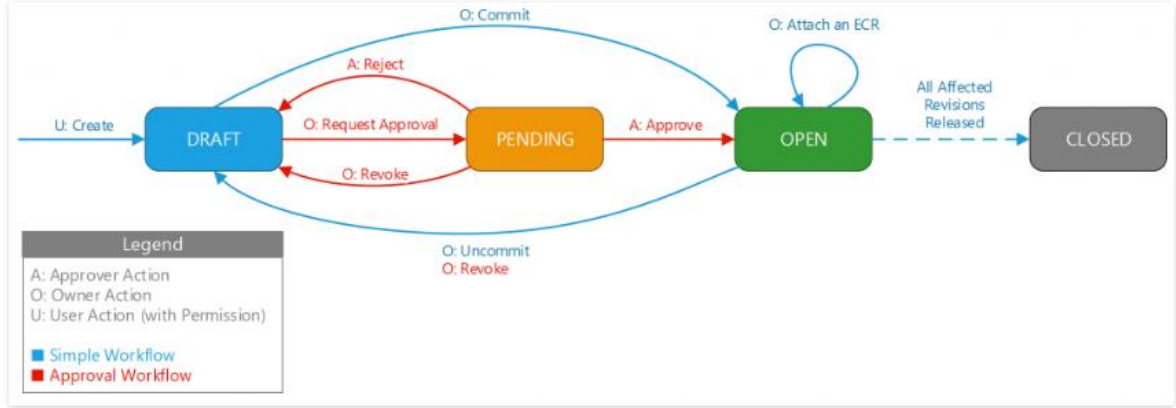
Proje ekibi için roller ve sorumluluklar belirlenmesine rağmen tüm ekip üyelerinin proje planlama ve karar alma süreçlerine dahil olması faydalıdır. Proje yöneticisi hem proje ekibinin lideri hem de yöneticisi olmalıdır.

Proje yöneticisi, ekibin proje fazlarına katılımı ve etkili bir grup olarak çalışmasından da sorumludur (Ömürlü, 2018).

2.Stratejinin planlanması: Şirketin neye ihtiyacı olduğunu ve başarısının nasıl ölçüleceğini tanımlayın. PLM, farklı şirketler için farklı anlamlar ifade edecektir, çünkü ürünleri üretme, dağıtma, satma ve desteklemede farklılık gösterirler. Bazı şirketler tedarik zincirini vurgularken, diğerleri tasarıma odaklanır.

Örneğin, özel makineler üreten bir şirket, daha iyi bir tasarım için yeniden kullanımı, ürün ağaçlarının (BOM) ve mühendislik değişiklik talimatının (ECO) otomatikleştirerek teslimat sürelerini kısaltmak isteyebilir. Öte yandan, FDA tarafından düzenlenen ürünleri tasarlayan bir şirketin, mevzuat uyumluluğunun idari yükünü azaltırken kaliteyi belgelemek ve izlenebilirliği artırmak için bir yola ihtiyacı olabilir.

Firmalar mevcut süreçlerdeki eksiklikleri belirleyerek başlayabilirler. Gereklilikler, rekabet avantajı elde etmeye ve sürdürmeye yardımcı olacak alanları da içermelidir. Bunlar daha hızlı pazara girmeyi ve daha az parçanın stokta depolanmasını içerebilir. Bu nedenle gereksinimler şunları içerebilir: atölye personeline güncel çizimlere erişim verilmesi; ekiplerin ECO süreçlerini görmesine izin vermek ve mevcut üretim-kaynak planlama (MRP) veya kurumsal-kaynak planlama (ERP) yazılımına çizim bilgisi ekleme.



Şekil 26.ECO akış diyagramı

Tamamen açık netlikte gereksinimler, şirketlerin PLM sistemlerinin performansını ölçmek için kullanacakları temel kriterleri belirlemelerine yardımcı olur. Örneğin, bir şirketin bir numaralı hedefi, ECO'lardan kaynaklanan malzeme israfını %50 azaltmak olabilir. Bu başarının ölçüleceği metriği sağlar. Bir şirketin gereksinimlerini tanımladığı ayrıntı düzeyi PLM'nin ne kadar etkili olacağını kontrol eder. Dolayısıyla, nasıl ilerleyeceğinden emin olmayan şirketler dış danışmanlarla çalışmayı düşünebilir (Jokinen ve Ark., 2017)

PLM yazılımı birçok çeşide sahiptir. Bu nedenle şirketler, seçtikleri paketlerin hedeflerine ulaşmalarını sağlamalıdır. Örneğin, bir şirketin CAM uygulamaları ve ERP üretim modülleri gibi alt teknoloji bileşenleri ve mevcut 2D ve 3D CAD paketleri ile çalışacak yazılıma ihtiyacı olabilir.

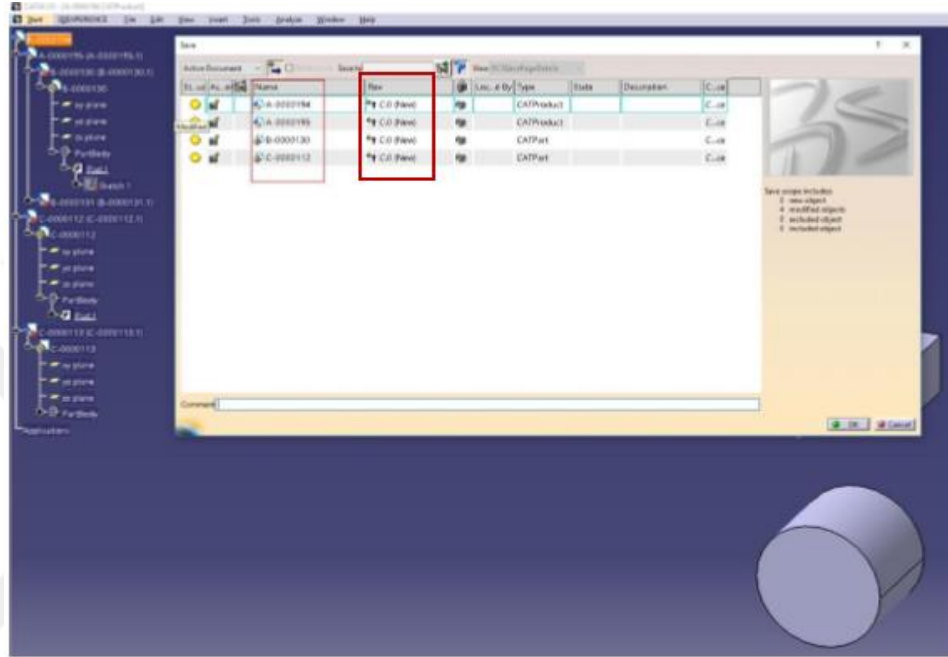
3. Zaman yönetimini sağlanması: Proje kapsamında belirtilen ürün, hizmet veya sonuçların nasıl ve ne zaman teslim edileceğinin planlanması, onaylanması, yönetilmesi ve kontrolüdür.

Zaman yönetimi aşağıdaki alt başlıklardan oluşmaktadır.

- Zaman çizelgesi yönetimin planlanması,
- Aktivitelerin tanımlanması,
- Aktivitelerin sıralanması,
- Aktivitelerin sürelerinin tahmin edilmesi,
- Zaman çizelgesinin geliştirilmesi
- Zaman çizelgesinin kontrolü

Proje ekiplerinin, belirlediği süre aralıklarında toplantılarını yapması ve bu toplantılarda projenin mevcut durumu ile ilgili güncellemelerin yapılması ve gelecek işlerin planlanması, proje için önemli bir takip sürecidir. Proje aşamalarını çıkarıldığı ve planlanan ve gerçekleşen zamanların mukayese edilebildiği Gantt Şeması ile kontrol edilebilir. Dünyaca bilinen proje yönetim programları arasında MS Project sıklıkla kullanılan bir programdır. Bu şema sayesinde her projede üç önemli ögenin (maliyet, kalite, zaman) içerisinde yer alan zamanın da kontrolü sağlanmış olur.

4.Bütünleştirilmesi: PLM teknolojisi şirketten şirkete geçişle birlikte, mühendislik modelleri ve çizimlerin varlıkların yönetimi en temel fonksiyondur. İşleri basitleştirmek yani yalınlaştırmak için, merkezi bir veri tabanına parça ve montaj çizimlerini organize edilmeli ve yönetilmelidir. Bu revizyonları kontrol etme, tasarımları yeniden kullanma, kalite girişimlerini destekleme ve yönetmeliklere uymada anında getiri sağlar.



Şekil 27.Enovia ile Catia 2D ve 3D resimleri

PLM sayesinde bir firma teknik resimlerine ve modellerine, parça numarasını yazarak anında ulaşabilmektedir. Bu durumda birden fazla departman aynı anda en güncel veriye ulaşabilmektedir (Hirz., 2013).

5.Şirket içinde iş birliğinin sağlanması: PLM ürün mühendisliği, üretim ve tedarik ekipleri arasındaki iş birliğini destekler. Ekip üyeleri en son tasarım revizyonlarına erişebilir ve doğru olanlar üzerinde çalıştıklarından emin olabilirler. Bu, üretim kalitesinin sağlanmasına yardımcı olur ve hurda miktarını azaltır.

Ayrıca, müşterilerin yedek parçaları makul bir sürede almalarını sağlar. Ekip üyeleri, bir müşterinin tasarımındaki en son revizyonu, dokümanları hızlı bir şekilde belirleyebilir, görüntüleyebilir ve aksiyon alabilir. Bu sayede departmanlar arasında gereksiz beklemleri önlenmiş olmuştur.

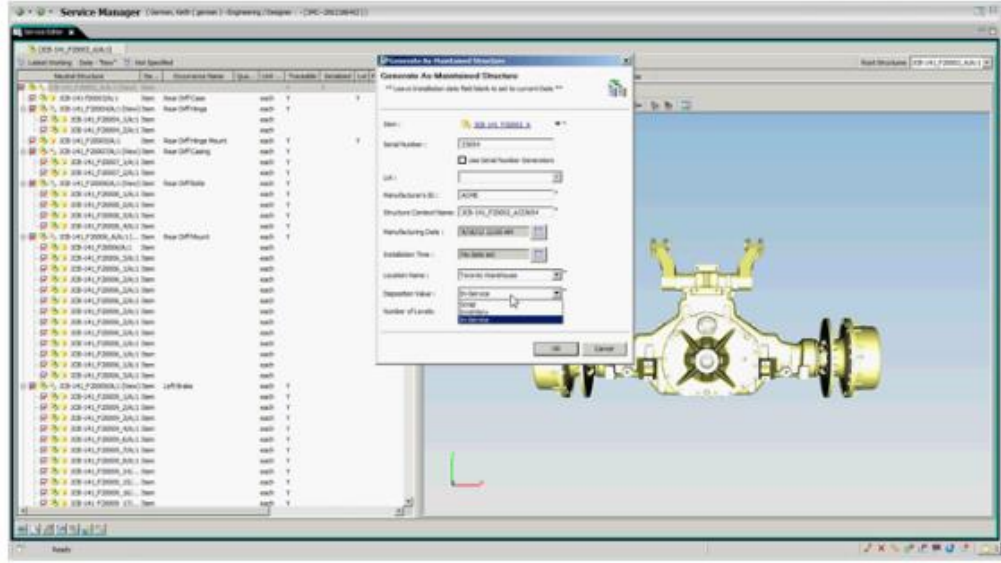
Sonuçta, eksiksiz bir PLM sistemi müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) ve ERP sistemlerini ürün verileriyle ilişkilendirebilir. Bu senaryoda, şirket personeli satış kayıtlarını alabilir, seri numarasını alabilir, gerekli bir parçaya inebilir ve stokta olup olmadığını veya ne zaman kullanılabilir olacağını öğrenebilir.

6.Değişiklik yönetiminin otomatikleştirilmesi: Değişiklik kontrolünde kısa sürede, kaliteli ürün çıkarmak başarılı sayılabilecek proje yönetimi için en kritik süreçtir. Bununla birlikte, pek çok firma sadece masadan masaya geçen bir değişiklik açıklaması, teknik resim çizimleri ve imza formu içeren bir form kullanır. Bir şirketin 60 aktif değişikliği olduğunu varsayalım. Kâğıt üzerinde değişiklik yöntemini kullanarak, olasılıklar bir proje yöneticisinin veya mühendisin, masasında olmadığı sürece herhangi bir değişikliğin durumunu bilmeyeceğidir.

PLM, ECO süreçlerini iyileştirir ve otomatik hale getirir ve çalışmaların seri yerine paralel olarak yapılmasına izin verir. Böylece birden fazla ekip üyesi bir tasarımı aynı anda gözden geçirebilir ve işaretleyebilir. PLM böylece değişim döngüsü sürelerini %80'e kadar azaltabilir.

PLM ayrıca şirketlerin değişikliğe ilişkin siparişlerini takip etmesine olanak tanır. Firmalar açık bir değişikliği hızlı bir şekilde izole edebilir, iş akışında nerede olduğunu ve darboğazın ne veya kim olduğunu belirleyebilir. Yazılım, ekip üyelerine yeni bir teknik resim revizyonu olduğunu bildirir ve onlara değişikliği nasıl uygulayacaklarını bildirir.

7.BOM yönetiminin otomatikleştirilmesi: PLM yazılımı, ürün ağacı üretimini önemli ölçüde otomatik hale getirir. Örneğin, yazılım bilgileri doğrudan 2D çizimlerden veya 3D modellerden alarak BOM üretir. Ayrıca ürün ağaçlarında değişikliği sonlandırabilir, onaylayabilir ve tasarımlar değiştikçe bunları tekrar güncelleyebilir.



Şekil 28. Ürün Ağacı Yönetimi

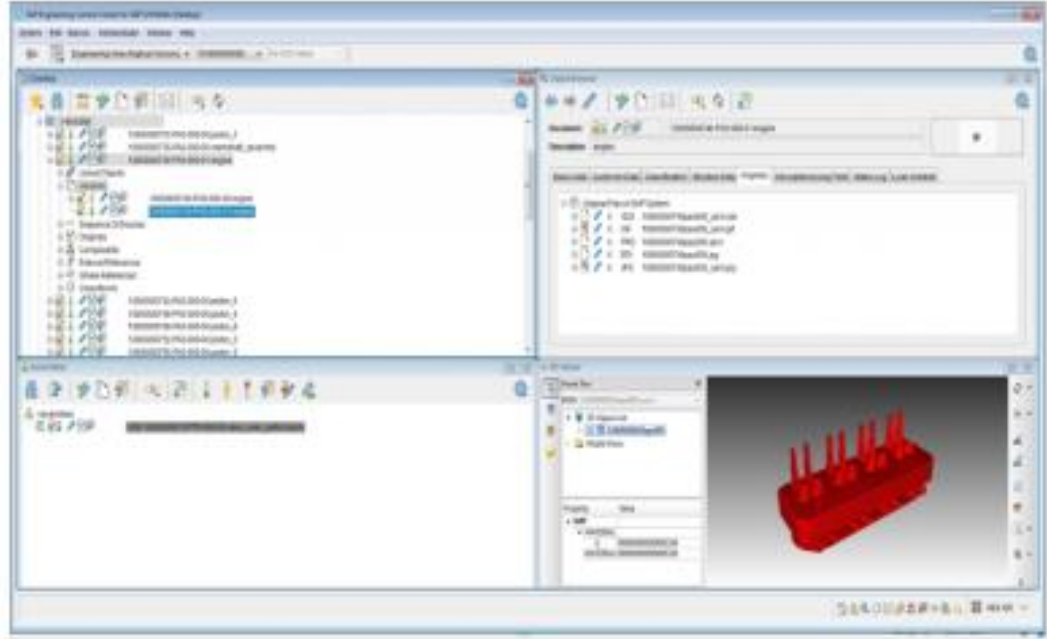
Tam bütünleşmiş bir PLM sisteminde, PLM'den gelen BOM'lar MRP ve ERP sistemleri ile veri alışverişi yapar (Davis ve Ark., 1986)

Bu, veri giriş süresini, mesai saatlerini önemli ölçüde azaltabilir ve hata yapma olasılığı minimuma indirilebilir. Şirketler böylece tasarımdan satın almaya kadar uzun vadeli süreçlerin hızlandırabilir ve sonuçta ürün teslim sürelerini kısaltabilir.

8. Üretim verileri ile entegre olmasının sağlanması: Bağlantılı bilgilere iyi örnekler mühendislik spesifikasyonları ve FEA (sonlu elemanları analizi) sonuçlarıdır. Bir tasarıma bağlı uygun spesifikasyonların veya analiz verilerinin alınması, genellikle çizim veya modelin kendisine ulaşmak kadar önemlidir. Örneğin; FEA bilgileri ürün optimizasyonu, güvenliği ve yükümlülüğü için kritik olabilir. Bu nedenle, bir tasarım FEA verilerine göre değiştirildiğinde, PLM, A, B ve C revizyonlarının farklılıkları yansıttığından ve değişikliklerin yayınlandığından emin olunur.

PLM' nin diğer bir mantıksal kısmı CNC verileridir. CNC verileri PLM aracılığıyla tasarım dosyalarına bağlandığında, değişiklik sürecinin bir parçası haline gelir. Böylece yetkili personel değişiklikleri görebilir ve atölye revizyonlardan haberdar edilir.

9.Dış kaynaklarında iş birliği içerisinde olmasının sağlanması: Verimli olabilmek için bugün şirketler tedarikçiler ve müşterilerle elektronik yollardan iletişim kurmaktadır. Çoğu PLM yazılımı, firmaların dış kullanıcılara güvenli mekanizmalar aracılığıyla projelere, ürünlere ve ilgili verilere erişmelerini sağlayan bir Web ara yüzüne sahiptir. Web ara yüzü ayrıca dış kaynaklı FEA'dan gelen verileri yönetmek, uzak üretim konumlarına çizimler sağlamak ve müşterileri tasarım incelemelerine daha önce dahil etmek için de kullanılabilir.



Şekil 29.Dış Kaynak ile PLM Entegrasyonu

3.2.2 PLM Projesinde Kullanılan Yöntemler

3.2.2.1. Altı Sigma

Altı Sigma, bir işletmenin tüm temel formlarında ve operasyonlarında toplam kapasitesini stratejik ve taktik olarak yönetmek için organize bir yöntemdir. Hem tedarikçiye hem de müşteriye daha önce elde edilemeyen daha yüksek derecede iş tatmini makul bir maliyetle ve verilen görevleri tamamlama çabasıyla sunma kapasitesine sahiptir. Tüm yönetim seviyeleri ve çalışanları, işin tüm seviyelerinde çalışanların kalite çıktısında ortak bir özellik olduğu için Altı Sigma metodolojisini ve gereksinimlerini kolay ve hızlı bir şekilde anlar (Brady, 2005).

Bu karşılıklı hedef genellikle iş ilişkisinin her biçiminde müşteri ve tedarikçi için değer yetkisi olarak tanımlanır.

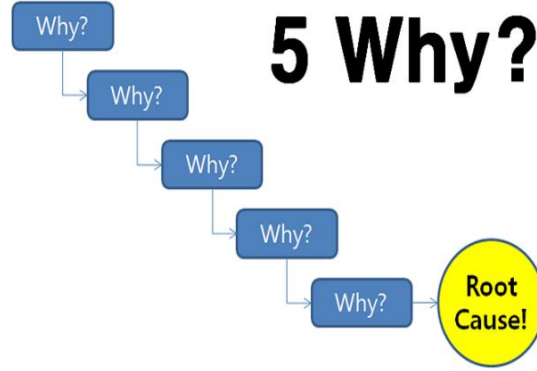
Bu, Altı sigma'nın kusur azaltımından daha fazlası olduğunu örneklendirir: bu, şirketlerin bir işletme içindeki işlevlerin kontrolünü optimize ederken, iş başarısı için idealleri sağlayan iş yapma konusunda bir yöntemdir.

Altı Sigma genişletilmiş kalite metriklerinin kullanılmasıyla, operatöre operasyonu ne zaman yalnız bırakacağını gösterebilir. Ancak, düzeltme gerektiğinde, bir değişkende ne kadar ayarlama veya düzeltme yapılması gerektiğinin süreci tekrar kontrol altına alması gerekir. Bu metodoloji, bir operasyonel problemi istatistiksel probleme çevirip, ispatlanmış matematiksel araçları kullanarak sonucu yeniden pratik eylemlere dönüştürebilmektir. Altı sigma metodolojisi telekomünikasyon, üretim, finans, sağlık ve eğlence sektörüne kadar hemen hemen tüm sektörlerde uygulanabilmektedir. Altı sigma yöntemini uygulayan şirketler, süreçlerinin verimliliğini sigma seviyesi adı verilen bir endeksle izlemektedir. Sigma, istatistikte bir değişkenlik ölçüsü olan standart sapmayı ifade ederken, iş yaşamında kuruluşların süreç ya da süreçlerinin ne kadar değişken olduğunu ne kadar hata yaptığını veya kayıplarının ne kadar olduğunu ifade etmektedir (Çağlar ve Kurt, 2016).

Müşteri istek ve ihtiyaçları ile projenin kapsamı belirlenir. Öncelikle problemin detaylı bir tanımı yapılır ve proje planı ve bu plan doğrultusunda problemin çözümünde en yüksek başarıyı sağlayacak ekibin oluşturulması hedeflenir. Problemin tanımlanmasının ardından projenin metrikleri olan CTQ'lar (Critical to Quality) belirlenir. CTQ ayrıca, ağaç diyagramı olarak da bilinmektedir. Bu aşamada belirlenen CTQ'lar, proje süresince ve devamında istenen hedef ile uyumlu ilerlenip ilerlenmediğini belirleyecektir. Mevcut durumun analizinin analitik yapılabilmesi için SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), sebep-sonuç diyagramları kullanılır (Çağlar ve Kurt, 2016).

3.2.2.2. 5 Neden?

Japon sanayici, mucit ve Toyota Industries'in kurucusu Sakichi Toyoda, 1930'larda 5 Neden tekniğini geliştirdi. 1970'lerde popüler hale geldi ve Toyota'da bugün hala sorunları çözmek için kullanıyor.

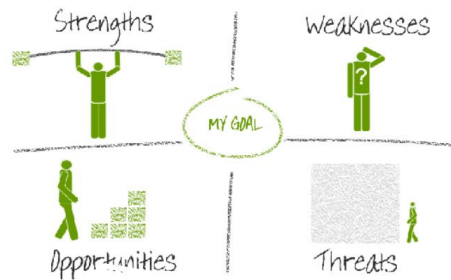


Şekil 30.5 Neden Tekniği

Toyota'nın "git ve gör" felsefesi var. Bu, karar verme sürecinin, toplantı odasındaki bir kişinin neler olabileceğini düşündüğünden ziyade, atölyede gerçekte neler olduğunu derinlemesine anlamaya dayalı olduğu anlamına gelir. 5 Neden tekniği bu gelenek için doğrudur ve cevaplar söz konusu süreç veya problem hakkında uygulamalı deneyime sahip kişilerden geldiğinde en etkilidir. Yöntem son derece basittir: Bir sorun oluştuğunda, "Neden?" sorusu sorulur. Ardından, bir karşı önlem belirgin hale geldiğinde, sorunun tekrarlanmasını önlemek için bunu takip edilir (Liker ve Ark., 2012).

3.2.2.3. SWOT Analizi

SWOT analizi, bir kişinin veya kuruluşun iş rekabeti veya proje planlamasıyla ilgili güçlü, zayıf yanları, fırsatları ve tehditleri belirlemesine yardımcı olmak için kullanılan stratejik bir planlama tekniğidir.



Şekil 31.SWOT analizi

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

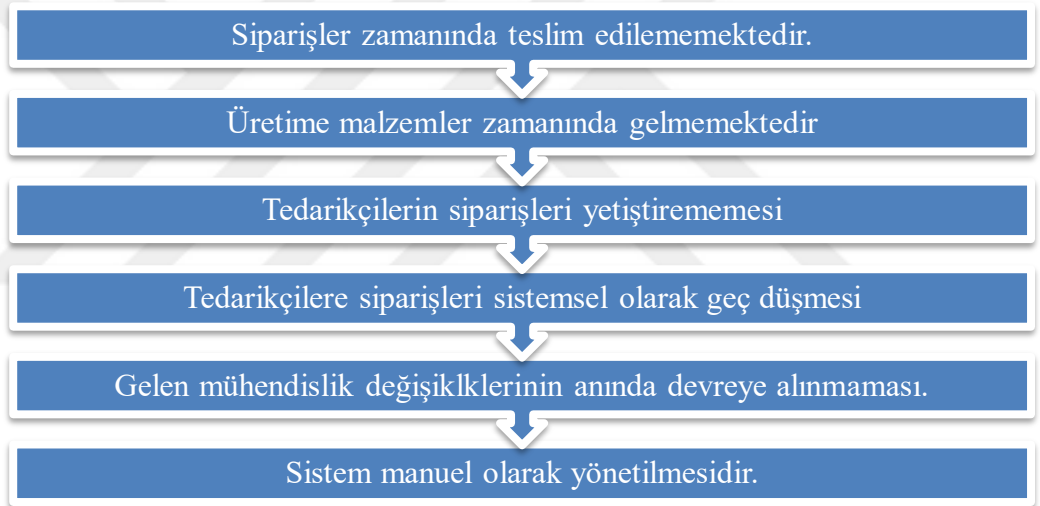
4.1.Firmalarda Örnek Uygulamalar

4.1.1. Bir Firmada EBOM 'un Yönetiminin PLM Geçiş Süreci

Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere firmalar PLM sürecini yönetirken problemi somut olarak ortaya koymalıdır. “Neyi iyileştirmeliyim?” sorusuna cevap aramalıdır. Bu sorunun cevabı ise kök neden analizleriyle bulunur.

- **Problemin Tanımlanması**

Firma siparişleri zamanında yetiştirememesi durumu söz konusuydu. Bu durumun için 5 Neden tekniği kullanılarak sorunun potansiyel kök nedenlerden bir tanesine ulaşıldı.



Şekil 32.Problemin 5 Neden yönetimi ile belirlenmesi

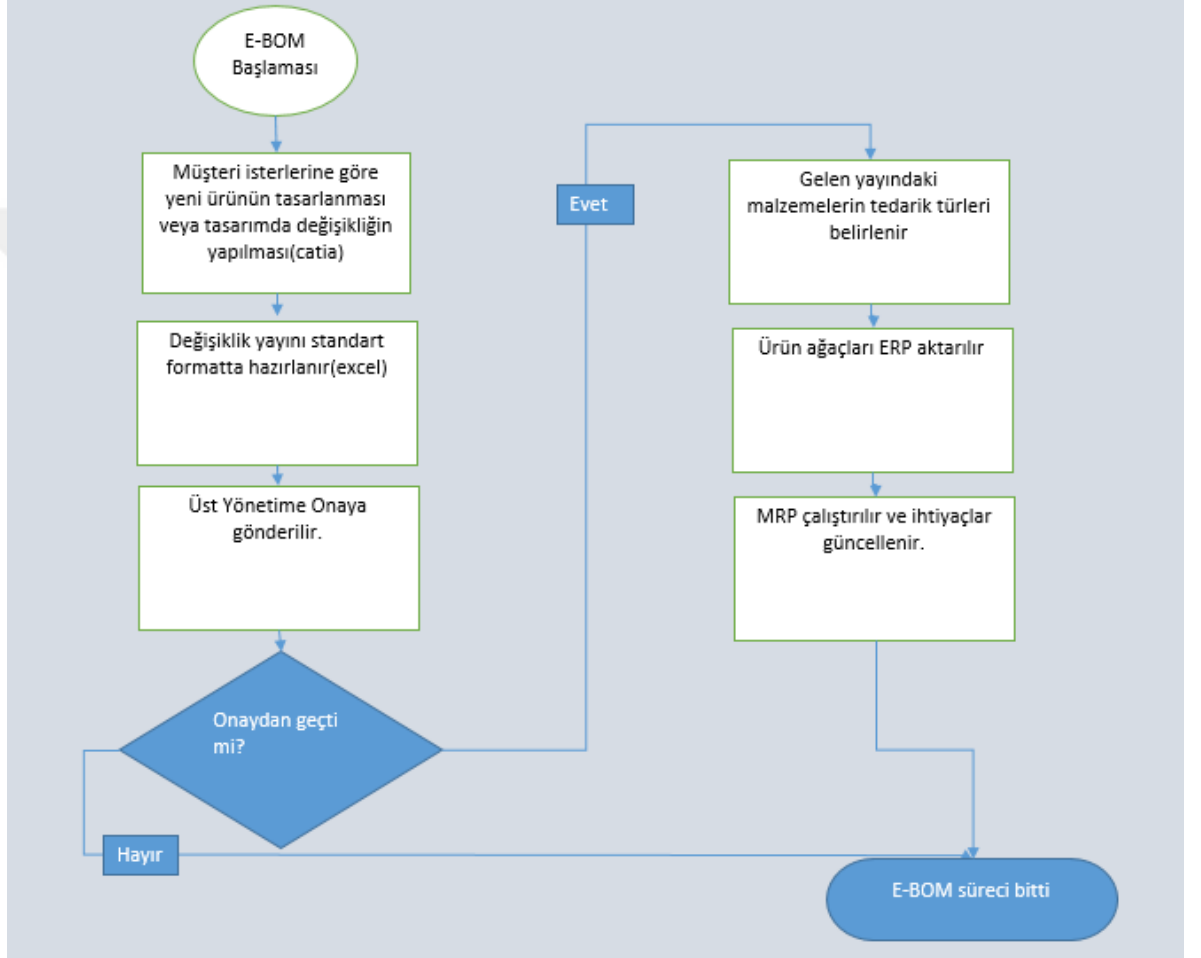
Ürün ağaçları ERP yansıtılması uzun sürmesi durumunda, sipariş teslimatlarında büyük sıkıntı yaşayan firma EBOM yönetimini darboğaz olarak belirledi ve PLM için ilk ele alınacak süreç seçildi.

Firmanın ürün ağaçlarının ERP'e aktarmasına kadar geçen değişiklik yönetiminin akış diyagramı ile süreç analiz edilmiştir.

Özetleyecek olursak, mühendislik ürün ağacının (EBOM) oluşturulması sürecinde, çalışanlar ortak platformda çalışmamaktadır. Farklı platformdaki çalışmalar, diğer platforma göre hazırlanmaktadır.

Hazırlama sürecinin karmaşıklığı ve otomatik olmamasından mütevellit çalışanların hata yapma olasılığı artmaktadır.

Sürecin akışı e-posta ortamıyla sürdürülmektedir. Bu durum hem raporlamayı azaltmakta hem de doğru bilgiye ulaşmak uzun vadede zor bir yönetim olmaktadır. Bu nedenle verilerde ortak bir alandan aynı anda çalışabilme olanağı sağlanmaya çalışılması amacı ile firma süreçlerini PLM yönetmeyi hedeflemiştir.



Şekil 33.Mevcut EBOM Sürecinin Akış Diyagramı

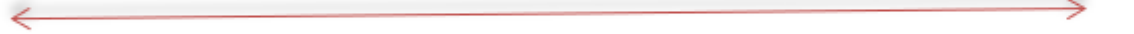
Mevcut durumun analizinin analitik yapılabilmesi için CTQ (Critical to Quality), SIPOC (Supplier,Input, Process, Output, Customer), VOC ile durum somutlaştırılmıştır.

- **CTQ-Ağaç Diyagramı**

PLM geçiş aşamasında, proje ekibinin takip etmesi gereken metriklerin belirlenmektedir. Ağaç diyagramı ile gösterilen CTQ'lara göre projenin gidişatı değerlendirilir (Çağlar ve Kurt, 2016).

Tablo 2. Firmanın CTQ Ağaç diyagramı Uygulaması

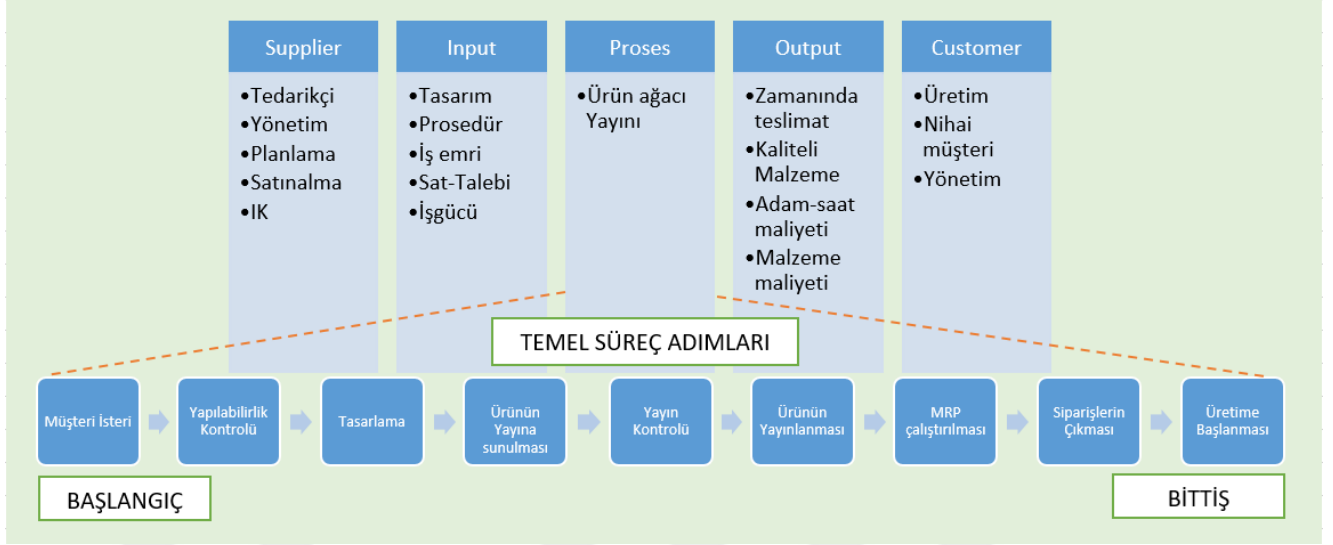
<u>İhtiyac</u>	<u>Anahtar</u>	<u>CTQ</u>	<u>Spesifikasyonlar</u>
<u>Ürün ağacındaki hata az olsun(voc)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Değişiklik yayının doğru aktarılmsın</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Eksiksiz yayın oranı</u> 	%90
<u>İhtiyaçlar hızlı bir şekilde karşılansın(voc)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Yayın hızlı bir şekilde sisteme girilsin</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Erp'de yayınlama standart zamanı</u> 	<u>Ortalama 5gün/1000 parça malzeme</u>
<u>Değişiklik maliyeti az olsun(voc)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Maliyetler artmasın</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Toplam stok maliyeti</u> • <u>Atıl stok maliyeti</u> 	1.000,000 TL



Genel
Ölçmesi zor

Özel
Ölçmesi kolay

• SIPOC, Süreç Şeması ve VOC Oluşturulması



Şekil 34.Firmanın SIPOC ve Süreç Şeması

Firmanın darboğazı olan ürün ağacı yayının ilgili elementlerinin tanımlanması sağlanmıştır. SIPOC diyagramlarının ismi, tedarikçi (supplier), girdi (input), işlem (process), çıktı (output), müşteri (customer) kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur (Qin ve Ark., 2016).

Ürün ağacı yayının başlatan, müşteri isteri ve değişiklik talebidir. Bu isteği üretimden gelen değişiklik talebi de olabilir. Bu ister değerlendirildikten sonra tasarım ekibi tarafından 3D tasarım yapılır, ardından standart yayın formatında hazırlanır, yönetime sunulur ve kontrolü sağlanır (Çağlar ve Kurt, 2016).



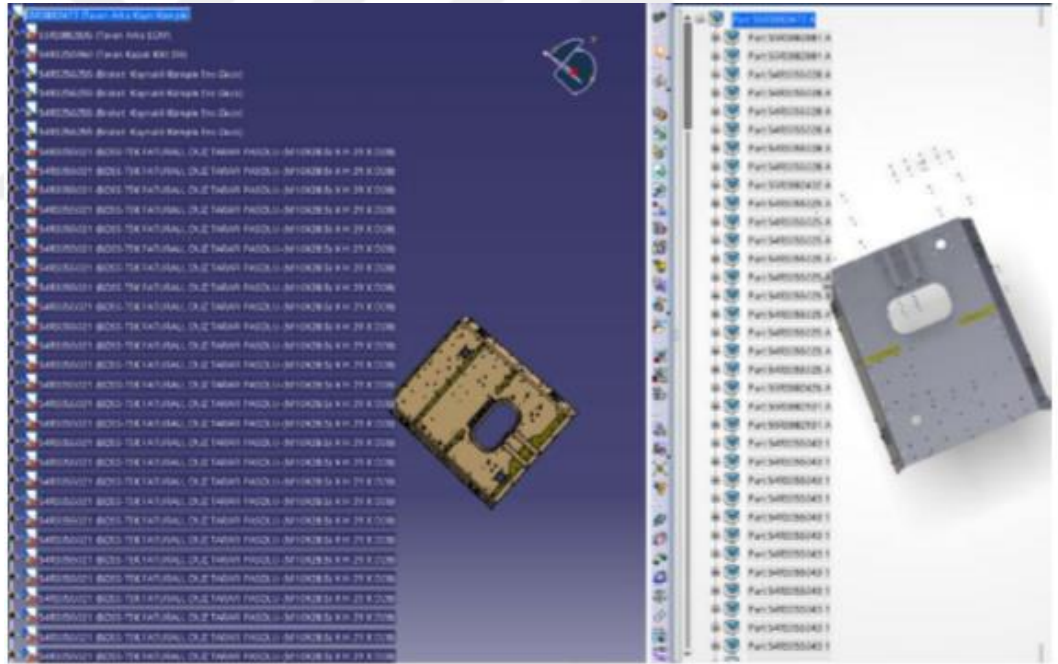
Şekil 35. EBOM projesi için VOC çalışması

Kontrolü sağlanan yayın ERP platformunda ürün ağaçları oluşturulur, MRP çalışır, siparişler (iş emri, satın alma talepleri vb.) tetiklenir ve değişiklik üretime hazır duruma gelir. Müşterinin sesi, projenin kim için niçin ve hangi kaynaklar ile planlandığını belirtilen bir metottur. Aşağıda EBOM süreci için yapılan bir çalışma mevcuttur. Bu sayede proje ekibindekilerinin odaklanması gereken öğeler belirlenmiştir.

Müşterinin sesini toplamak için QFD (Quality Function Deployment) gibi bir araçta bulunmaktadır. Özellikle yeni ürün devreye alınırken firmalar özellikle bu aracı da kullanmaktadır.

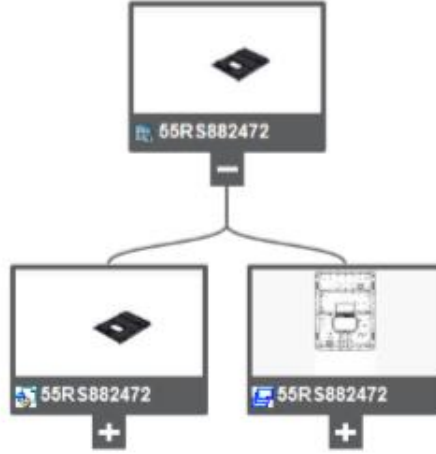
- **PLM’de EBOM Uygulaması**

Ürün ağacında, bir ürünü meydana getiren parçalar yer alır. Bir komplemin ürün ağacının CATIA’ da ve ENOVIA’daki görünümü verilmiştir.



Şekil 36.PLM ürün ağacı görünümü

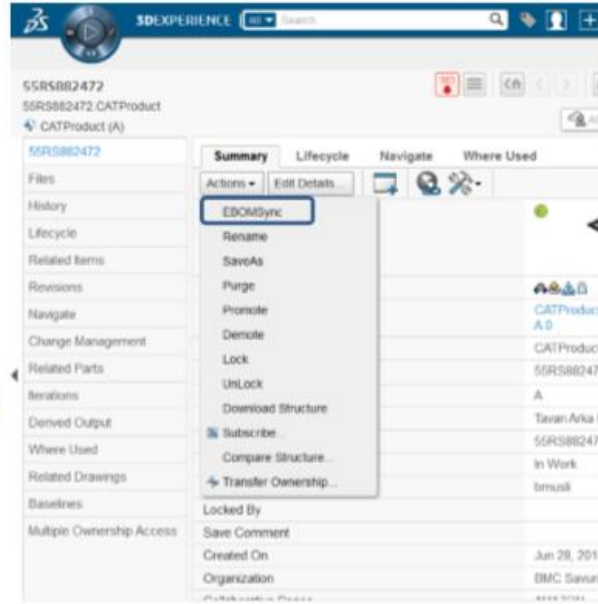
EBOM uygulaması ile ürün ağacında bulunan her CATIA parçasının bir BOMPart’ı oluşur. ENOVIA’da “Part” olarak adlandırılan obje, içerisinde CATProduct, CATPart ve teknik resimlerin (CATDrawing) bilgisini taşır. Ayrıca parçayı tanımlayan bir başka belge varsa bunu da içerebilir.



Şekil 37.Part'a Bağlı Product ve Drawing Görünümü

EBOM yapısı nihai ürünün tasarım bakış açısıyla aldığı hiyerarşiyi yansıtır (Musli ve Elmalı, 2019).

CAD obje sayfasında, 'Actions' menüsü altında bulunan 'EBOMSync' komutuna tıklanır.



Name	CAD Rev	Title	EBOM	Alert	Action Status	Description
55RS882472	A	55RS882472_CATProduct	55RS882472		None	Tavan Arka Kırım Kırmağı
54RS055021	A	54RS055021_CATPart	54RS055021		None	BOSS-TEK NATURALI, DÜZ TARAFI PV
54RS055047	A	54RS055047_CATPart	54RS055047		None	BOSS-CİFT NATURALI (M1X23) X H
54RS055039	A	54RS055039_CATPart	54RS055039		None	BOSS-TEK NATURALI, DÜZ TARAFI PV
55RS864534	A	55RS864534_CATPart	55RS864534		None	BOSS-DÜZ (MEX10) X H10 X D31,8
54RS055047	A	54RS055047_CATPart	54RS055047		None	BOSS-CİFT NATURALI (M1X23) X H
55RS882881	A	55RS882881_CATProduct	55RS882881		None	Tavan Dönelik Kırmağı Kırmağı
55RS864060	A	55RS864060_CATPart	55RS864060		None	BOSS-CİFT NATURALI (MEX12) X H31
55RS864534	A	55RS864534_CATPart	55RS864534		None	BOSS-DÜZ (MEX10) X H10 X D31,8
55RS864061	A	55RS864061_CATPart	55RS864061		None	BOSS - H8 X H10 X D35
55RS864060	A	55RS864060_CATPart	55RS864060		None	BOSS-CİFT NATURALI (MEX12) X H31
54RS055021	A	54RS055021_CATPart	54RS055021		None	BOSS-TEK NATURALI, DÜZ TARAFI PV

Şekil 38.Değişikliklerin EBOM olarak aktarılması

Level	Name	Specificati	Revision	Not Last R	State	F/N	Qty	Usage	UOI	Design	Col	Change C	Phase	Type	Collaborat	Ref Des	Description	Part Famil	Mal	Grubu	Raf	Omru	
1	5301A89110		A		In Work																		Var
2	PS106181		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	5301A89111		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89253		A		In Work			2 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	53R5700554		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	5301P89252		A		In Work			2 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89260		A		In Work			2 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89259		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89258		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
2	NH110041		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	53R5715275		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	53R5715272		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	53R5715274		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	53R5715273		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	53R5710270		A		Released			6 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	WAL10001		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	53R5710268		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	53R5710267		A		Released			2 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	53R5710266		B		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	PS104121		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	WAL10001		A		Released			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
2	5301A89109		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89251		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	5301P89254		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var
3	53R5711933		A		In Work			1 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									
3	5301P89261		A		In Work			3 EA (each)	TRUE	TRUE			Production Part	EC Part									Var

Şekil 39.EBOM excel görseli

Tasarımcının tasarladığı ürünün EBOM oluşturulur ve aşağıdaki görünüm elde edilir. EBOM ekranında, ürün ağacında bulunan Part'lar ile ilgili bilgiler görüntülenir ve rapor çıktıları alınır.

Name	Title	Description	Policy	Phase	Change Control	State	Revision	Type	Owner	Last Modified
Part-000108	A-000119-01	CAPNCTOR 1	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000108	A-000115-01	CAPNCTOR 2	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000103	A-000126-01	MOTHERBOARD/ASB	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000112	A-000106-01	SCREEN_BODY	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000111	A-000108-01	CAMERA	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000112	A-000125-01	SCREEN_PAD	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000107	A-000108-01	BATTERY_INDICATORS	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000102	A-000103-01	DRAWER ASSEMBLY	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000110	A-000125-01	HINGE	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000108	A-000103-01	DT BODY	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000104	A-000108-01	JB BODY	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
Part-000102	A-000104-01	USER_INTERFACE	EC Part	Production	True	Released	A	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017
A-000102		EC Part	Production	True	Released	1	Part	Philip Design Leader	Apr 18, 2017	

Şekil 40.EBOM görünümü Enovia

EBOM sayfası ilk açıldığında; parça isimleri, revizyonları, bağlı CAD obje revizyonları, yaşam döngüsünde hangi fazda oldukları (State), parçanın ürün ağacındaki miktarı (Quantity), değişiklik yayını ve CAD yapısı gerektirip gerektirmediği, tanımı gibi bilgiler tabloda listelenir (Hou, 2017). Seçili Part, sistemde bulunan başka veya yeni oluşturulacak bir Part ile, son revizyonu veya seçilecek bir revizyonu ile ya da yayınlanmış son revizyonu ile değiştirilebilir (Musli ve Elmalı, 2019).

Part için bir değişiklik talebi (Change Request) ya da değişiklik emri (Engineering Change Order) oluşturulur ya da Part mevcut bir tanesine eklenir. Ayrıca tüm seçili parçalar toplu olarak yayınlanır ya da kullanımdan kaldırılabilir (Anonim, 2019g).

Bu yapı sayesinde tasarımcılar değişikliklerini CATIA üzerinden yaptıktan sonra, şirket değişiklik onay sürecinden de geçtikten sonra yayınların ERP geçiş sürecinde e-posta ortamında iletişim kurmaktan ve değişiklikleri şirketin belirlediği formatta manuel olarak iletmelerine gerek kalmadan bir sonraki sürece otomatik olarak taşınmıştır. Bu sayede beşerî faktörlerden kaynaklı hatalar minimize inmiş ve firma daha hızlı ve kontrollü bir sürece ulaşmıştır.

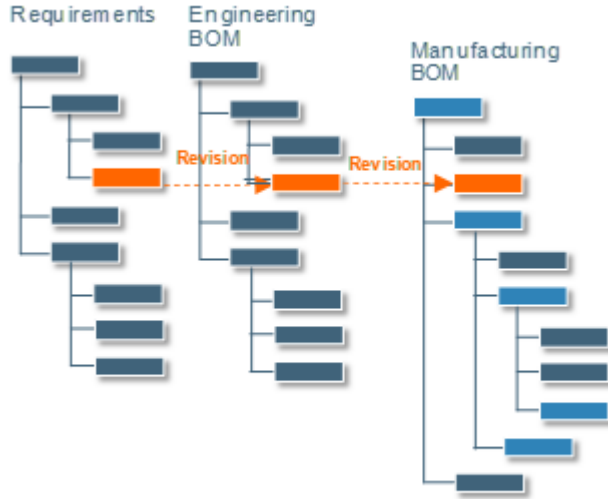
4.1.2. Bir Firmada Değişiklik Yönetiminin PLM Geçirilmesi

Sürekli olarak gelişen ürünün verileri ve ilgili süreç bilgileri fikir aşamasından hurdaya geçen süre boyunca değişmeye devam eder. Aşağıda değişiklik yönetiminin girdileri, çıktıları anlatılmıştır (Anonim, 2019a).

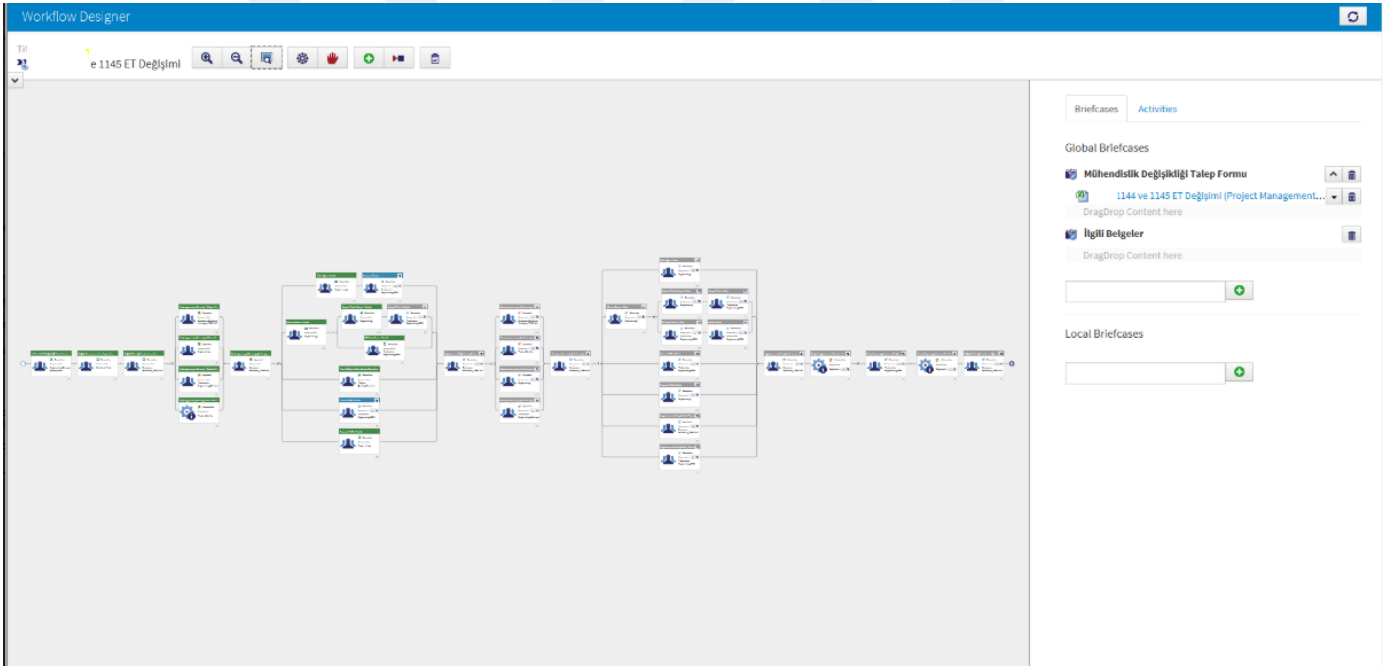
Firmada mühendislik revizyonun ECR'dan ECO geçen sürenin izlenebilirliği açısından PLM'de süreç kurgulanmıştır. Bu sayede değişikliğin takibi diğer bölümlerde takip edebilir duruma gelmiştir.

CR'da bir 'Review' rotası bulunacaktır. Rotadaki onay tamamlanırsa ECO oluşacaktır.

Yapılan değişiklik hem mühendislik ürün ağaçlarında hem de üretim ürün ağaçlarını etkilemektedir.

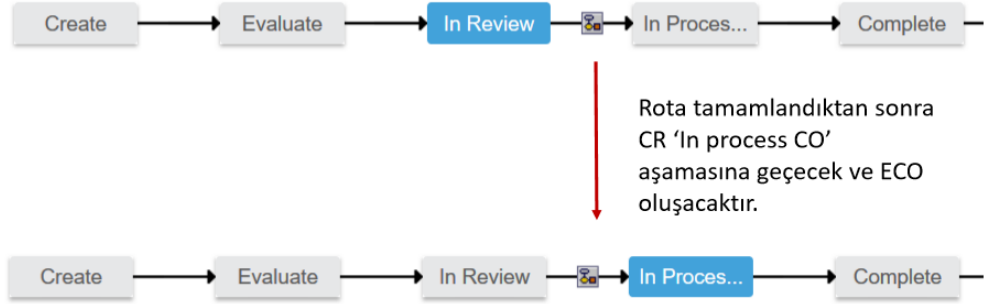


Şekil 41.İhtiyaçların EBOM ve MBOM Etkisi



Şekil 42.ECR-ECO Süreci CIMDATA

Yukarıda süreçte mühendislik değişiklik talebinden sonra onaylanan geçen süre boyunca yer alan süreç sahipleri görüntülenmektedir. Değişiklik talebi onaylandıktan sonra süreç talepten talimat sürecine geçmektedir. Ayrıca süreç sahiplerine mail ile bilgilendirme de gitmektedir (Anonim, 2019f).



Şekil 43. PLM Genel olarak ECR-ECO İlişkisi

4.1.3. MBOM Geçiş Süreci

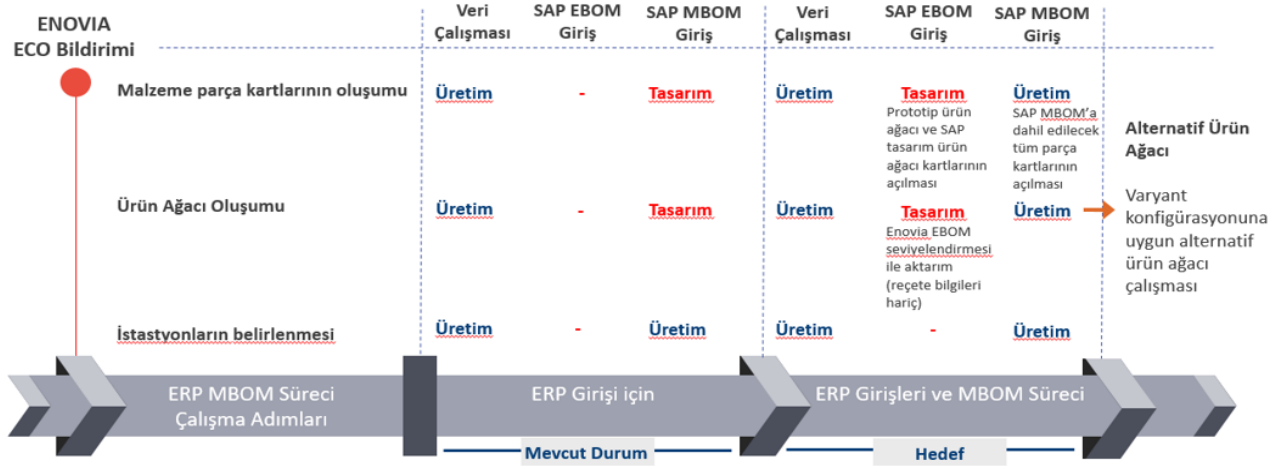
Firmanın ilk faz projesinde yer alan EBOM PLM geçişinden sonra şuan da ikinci faz projesi ise mbom geçiş sürecidir. MBOM süreci ilk olarak PLM sürecinden evvel ilk denemesini firmanın başka bir platformunda denecektir. Süreç optimize edildikten sonra MBOM devreye alınacaktır. Bu süreç için firmanın hedeflediği tarihi bir yıldır. Aşağıda firmanın süreç için tasarlanan fazlar ile projenin çerçevesi çizilmiştir.

Kriter	Önceki Durum	1. Faz	2. Faz
EBOM	X	✓	✓
MBOM	X	X	✓
SAP EBOM	X	✓	✓
SAP MBOM	✓	✓	✓
ECO	X	✓	✓
MCO	✓	✓	✓

Fazlar Arası İyileştirmeler	Önceki Durum	1. Faz	2. Faz
	<ul style="list-style-type: none"> EBOM manuel bir şekilde ERP MBOM alanına aktarılmaktadır. EBOM ve SAP MBOM karşılaştırması sistem üzerinden yapılamamaktadır. MCO süreci meta data üzerinden ilerlemektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> Tasarım ürün ağacı aktif hale getirilecek, EBOM otomatik entegrasyonla SAP EBOM alanına aktarılacaktır. EBOM ve MBOM karşılaştırması SAP'de yapılabilecek, BOM'lar aynı platformdan takip edilebilmektedir. Dijital MCO süreci kurulacaktır. 	<ul style="list-style-type: none"> MBOM süreci PLM devreye alınacaktır. Ürün datasının tamamının görüntülenmesi sağlanacaktır.

Şekil 44. PLM Geçiş Fazlarının Belirlenmesi

ECO bildirimi ile tetiklenen süreçte ilgili birimlere ilgili bilgiler çalışılarak tasarım ekiplerine ERP girişi için aktarılmaktadır. MBOM süreç devri ile ERP MBOM işlemleri ile süreç tek noktadan yürütülecektir.



Şekil 45. Firmanın PLM mevcut ve hedef durumu

Firma MBOM süreçlerinden sonra varyant yönetimine geçişi ile ürünlerini daha hızlı ve ürün ağaçları daha düzenli ve kontrol yapıya geçişi amaçlamaktadır

4.2. İki Firmanın PLM Geçiş Süreci Değerlendirilmesi

Büyük ve Orta ölçekli iki firmada yaşanan PLM geçiş süreci ile ilgili swot analizi yapılmıştır.

Tablo 3. Büyük ölçekli firma için SWOT analizi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Altyapı ve donanım Nitelikli İşgücü Ekip ruhu Düzenli PLM eğitimleri Doküman konusunda yetkin PLM yaygınlaştırma eğilimindedir Yöneticiler ve üst yönetim destekleyici	Kontrol edilebilirliği düşmektedir Sistemsel hataya toleransı düşük Süreçler kompleks Proje için maliyet fazla
Fırsatlar	Tehditler
Hızlı ve hatasız tasarım ve üretim Teslimatları hızlandırılması ile kar oranlarının artması Beşeri hataları minimuma indirme	Rakiplerin süreçlerini daha iyi düzenlemesi Üretim maliyetlerinin artması

Tablo 4.Orta Ölçekli Firma için SWOT analizi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Lisans maliyeti düşük Kolay organize olunması Genç kadronun olması Öğrenmeye olan ihtiyaç	Ekip ruhunun oluşturulamaması Alt yapı ve donanım yetersizliği PLM ile ilgili eğitim yetersizliği CATIA çizim programından başka programların da kullanılması PLM için mesai harcanmaması
Fırsatlar	Tehditler
Hızlı ve hatasız tasarım ve üretim Tasarım arşivinin kontrollü olması Verimli üretim	PLM'in maliyetleri Süreçlerin iyi kurgulanamaması

İki farklı ölçekli firmada yapılan analiz sonucu; süreç devreye alınırken beşerî faktörler önemlidir. Bu nedenle PLM üzerine sık sık yapılan eğitimler, bilgilendirmeler ve yapılan toplantılar ekip ruhunu oluşturmaktadır. Bu nedenle orta ölçekli firmada bu durumun yetersizliğinden dolayı daha yavaş bir süreç yaşanmıştır. Süreci yönetecek ve ilerletecek insanların projelere dahil olması büyük önem teşkil etmektedir.

Büyük firmalar ise, ekip daha kararlı bir yapıdadır. Bu nedenle süreç içerisindeki olumsuzluklar biran evvel çözümlenmeye yönelik aksiyonlar alınmaktadır. İzlenebilirlik daha fazla olduğu için süreç daha hızlı canlıya geçer. Ayrıca üst yönetimin desteklemesi ve PLM için yatırımların desteklenmesi ise süreci daha hızlı ilerlemesine neden olmuştur.

4.3.PLM Geçiş Süreci için Ortalama Bir Maliyet Analizi

PLM sürecine geçişte en önemli kısıt maliyettir. PLM yüksek maliyetler içeren bir yazılımdır. Programdan daha çok gerekli olan altyapı ve bakım maliyetleri önem arz etmektedir. Firmalar bu projelere başlamadan evvel ihtiyaçlarını iyi analiz etmelidir. Firmalara gelen tekliflerin ortalaması baz alınarak oluşturulan tabloda; 100 kullanıcı ile ortalama bir PLM EBOM /MBOM yönetimi ve değişiklik yönetimi modülünün firmaya olan maliyetleri çıkarılmıştır. Bu maliyetler ortalama bir değerdir. Direkt ve direkt olmayan maliyetlerde hesaba katılmıştır. PLM programlarına, firmaların ihtiyaçlarına ve kullanıcı sayısına göre değişkenlik gösterecektir.

Tablo 5.Firmalar için PLM Ortalama Maliyet Kalemleri

Maliyet Kalemleri	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
EBOM /Mbomyönetim /Degisiklik Yönetimi	10	\$5.500	\$55.000
EBOM /Mbom Yönetimi/Degisiklik Yönetimi Yillik Bakim	10	\$10.500	\$105.000
Catia Lisans Bedeli	100	\$6.000	\$600.000
Catia Yillik Destek Bedeli	100	\$500	\$500.000
Kurulum Ve Hizmet Bedeli	1	\$8.000	\$8.000
Eğitmen Eğitimi Bedeli-7 Gün	1	\$10.000	\$10.000
Sap Entegresyon Bedeli	1	\$22.000	\$22.000
YERİNDE DESTEK Ve EK GELİŞTİRME HİZMETLERİ	1	\$48.000	\$48.000
Öngörülmeven Maliyetler (Donanim,Lisans,Ariza Vb.)	1		\$13.480
Toplam Maliyet			\$1.361.480

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

PLM bir ürünün fikir aşamasından hurdaya geçene kadar olan tüm süreçleri, değişiklikleri, bilgileri belgeler. Ürün yaşam döngüsü yönetimi, yazılımları olmadan evvel de vardı. Her ürünün bir yaşam döngüsü yer almaktadır.

Ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) sistemi ideal olarak bir imalat şirketinin temel süreçlerini bütünleştiren ve yapılacak ürünler ve ürünlerle yakından ilgili bilgiler aracılığıyla şirketin iş süreçlerini birleştiren, entegre eden ve kontrol eden bir bilgi işleme sistemidir (Anonim, 2019b).

Bu tezde iki farklı büyüklükte olan firmada yaşanan PLM projesinin süreçleri analiz edilmiştir, iki firma için PLM firmalarından gelen tekliflerin ortalamasına göre bir maliyet çıkartılmıştır. Firmaların ölçekleri farklı olmasına rağmen üretimin sorunu ortaktır; müşteri isterlerini yönetmek ve en hızlı şekilde değişikliği tüm belgelerinde yansıtılabilmektedir. Bu nedenle; tasarım, ürün ağacı ve değişiklikleri yönetmek için PLM tercih edilmiştir. Bu üç farklı süreçte, PLM firma içinde ortak bir platform sağlamıştır. Bu sayede işlerin paralel yürümesi sağlanmıştır ve departmanların en hızlı ve doğru bilgiye tek kaynaktan ulaşılması sağlanmıştır. Firma içerisinde excel ile yönetilen ve beşerî hatalara neden olan yöntemlerden, ürün ağaçlarının yayınlanması otomatik olan bir yöntem geçilmiştir. Firma bu sayede değişikliklerini daha hızlı yansıtmakta ve tedarikçisine daha hızlı değişiklikleri iletmektedir. PLM projelerinin başarıyla sonuçlanması için danışmalara ve projeyi yönetenlere büyük iş düşmektedir. Bu süreçte kullanıcıların eğitilmesi, süreç ile ilgili bilgilendirmelerin yapılması, bir sonraki adımda projedeki görevlerinin bildirilmesi, ekip ruhu ve projenin yapılabiliğine olan güvenin sağlanması, PLM projesinin başarısının en önemli faktörüdür. PLM projesinin başarılı olabilmesi için süreçlere adım adım başlanmalıdır ve PLM'e aktarılacak sürecin analiz edilmesi ve yalınlaştırılması gerekmektedir. Bu sayede gereksiz işlemlerden arınmış bir süreç devreye alınmış olur.

PLM firma içerisinde kurumsal hafıza sağladığı için tüm ürün konfigürasyon tarihçesini kullanıcının ulaşmasını sağlar ve bu sayede kullanıcılar yapılan tüm değişikliklere ulaşır.

KAYNAKLAR

- Anonim,2019a,https://www.capgemini.com/us-en/wp-content/uploads/sites/4/2017/08/unraveling_the_complexities_and_nuances_of_modern_product_lifecycle_management_PLM_solutions.pdf
ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019b, https://www.3ds.com/uploads/tx_3dsportfolio/2011-06-30-pqc_v6r2012_final.pdf ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019c ,<https://www.3ds.com/products-services/enovia/disciplines/>
ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019d, <https://www.argePLM.com/dassault-systemes/enovia/>
ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019e, <http://www.aritmetik.com/cozumler/workspaces/>
ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019f, <https://www.semprocon.com.tr/tr/egitim/23/cimdata-PLM-sertifika-programi> ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019g, https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-the-advanced-CMII-based-ECM-framework_fig1_265390710
ErişimTarihi:12.01.2020
- Anonim,2019h, <https://www.pdsvision.com/solutions/PLM/configuration-management/> Erişim Tarihi:12.01.2020
- Anonim,2019ı, https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mevzuat/KOBİ%CC%87%E2%80%99lerin_Tan%C4%B1m%C4%B1,_Nitelikleri_ve_S%C4%B1n%C4%B1fland%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1_Hakk%C4%B1nda_Yo%CC%88netmelik.pdf Erişim Tarihi:12.01.2020
- Anonim,2019j, <https://support.ptc.com/WCMS/files/155679/en/WCPDMEssentials.pdf>
Erişim Tarihi:12.01.2020
- Bozkurt, Y.,2019, Havacılıkta Konfigürasyon Yönetimi, <https://uteddergi.com/havac%C4%B1l%C4%B1kta-konfig%C3%BCrasyon-y%C3%B6netimi/> Erişim Tarihi:12.01.2020

- Brady J. E, 2005, Six Sigma and The University: Teaching, Research and Meso-Analysis, Doctoral Thesis, <https://etd.ohiolink.edu/> Erişim Tarihi: 12.01.2020
- Cox J, Jacob Dee, Berglang S., 2010, Hız, (Çev. Gülfidan F.), Optimist Yayınları, 394s.
- Çağlar M., Kurt M., 2016, Altı Sigma Yaklaşımı ve Savunma Sanayi Sektöründe Bir Uygulama, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Sayı:3, 13-24s
- Çamoğlu U., 2019, Havaalanı PLM Uygulamalarında Sensör Kullanımı, Yüksek Lisans Dönem Projesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Çolak U., Akkulak C., Ötleş S., 2019, PLM Sistemlerinin Değerlendirilmesi için Bir Yaklaşım, Otomasyon Dergisi, Sayı:5, 122-134s
- Dilworth, J.B. ,2000, Operation Management, McGraw Hill Company, 3, Dyrden, 758s.
- Fischer, X, Counteiller, D. ,2006, Research in Interactive Design Proceedings of Virtual Concept 2005, Springer-Verlag, France, 114s.
- Hirz M., 2013, Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development, Chapter 2, 25-49s.
- Hou M., 2017, <https://www.engineersrule.com/business-can-use-cad-data/>
- Kagermann,, H., Riemensberger, F., 2015, Smart Service Welt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht Langversion, Acatech, https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2014/03/Bericht_SmartService_final_barrierefrei_DE.pdf Erişim Tarihi: 12.01.2020
- Kaswan M.S., Rathi R., 2019, Analysis and modeling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling, Elsevier B.V., 1182-1191s
- Kobu, B., 2010, Üretim Yönetimi, Beta Yayınları, 15, 633s.
- Kumar A., Suresh N., 2008, Production and Operation Management, New Age International, 271s.

- Lenten J., Eckstein H., Zimmermann N.,2012, „A Platform to Integrate Manufacturing Engineering and Product Lifecycle Management, Elsevier,1071-1076s.
- Liker J.K., Convis G., 2012, Toyota Tarzı Yalın Liderlik, Optimist Yayınları,318s.
- Messaadia, M., Belkadi, F., Eynard, B., Sahraoui, A., 2012, System engineering and PLM as an integrated approach for industry collaboration management, Elsevier B.V., 14,1135-1140s.
- Biçici, B., Cangelir, C., 2012, Collaborative Digital Data Management for Design and Production, Elsevier B.V.,3,585-590s.
- Davis, P., Agee, M., Tanchoco, J., Wysk, R.,1986, Manufacturing systems planning, Elsevier B.V., 3, Pages 231-236. [https://doi.org/10.1016/0167-5419\(86\)90018-9](https://doi.org/10.1016/0167-5419(86)90018-9)
- Jokinen, L., Vainio, V., Pulkkinen, A., 2017, Engineering Change Management Data analysis from the perspective of Information Quality, Elsevier B.V., 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27-30 June 2017, Modena, Italy.
- Miller, G.J., 1982, The Manufacturing Futures Project, Strategic Management Journal, 3, 287-301s.
- Musli B. ve Elmalı B,2019, Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi,BMC Akademi,86-92s (Yayınlanmamış)
- Ong, S., Nee, A. ,2004, Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing. Springer-Verlag, London, 392s.
- Ötleş S. ve Akman S., 2019, PLM Projesine Yeni Başlayacak Şirketler Hangi Adımları Takip Etmeli? Otomasyon Dergisi, <http://otomasyondergisi.com.tr/bolumler/makale/plm-projesine-yeni-baslayacak-sirketler-hangi-adimlari-takip-etmeli/>
Erişim Tarihi:12.01.2020
- Özgen G.,2006, Altı Sigma Altı Sigma Metodolojisi ve Elektrik Sektöründe Bir Uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara
- Ömürlü, Ö. 2018, Temel Proje Yönetimi, BMC Akademi Yayını, 46s. (yayınlanmamış yayın).

- Paavel M, Karjust K., Majak J., 2017, PLM Maturity Model Development and Implementation in SME, Elsevier, 651-657s
- Parker, Kevin 2002, “High-tech industries bet on agility”, Manufacturing Systems MSI, www.manufacturingsystems.com. Erişim tarihi 12.01.2020
- Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R., 2016, Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. Procedia CIRP ,52 ,173-178s
- Roentgen, D., 2020, <https://www.contact-software.com/en/news/2020/chinese-intron-technology-selects-contact-elements-as-key-development-platform/> Erişim Tarihi:12.01.2020
- Saaksvuori, A., Immonen, A., 2008, Product Lifecycle Management, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 257s.
- Sauza J., Ricci, F., Gomez M, Chiabert J, 2013, Fostering PLM implementation in SMEs: modelling and managing verification processes. IFAC Proceedings, 1762-1767s
- Stark, J., 2011, Product Lifecycle Management 21st Century Paradigm for Product Realisation. Springer Verlag, London.
- Stark, J., 2016, Product Lifecycle Management: The Devil is in the Details, Springer, Switzerland, 2, 47-72s.
- Starr, M.K., 2007, Foundations of Production and Operations Management, Thomson,
- Taylor F., 2013, Bilimsel Yönetimin İlkeleri, (Çev. Akın H.B.) Adres Yayınları, 17-25s.
- Wagner, T., Hermann, C., Thiede, S., 2017, Industry 4.0 impacts on lean production systems, Procedia CIRP 63 ,125-131s.
- Watts, F., 2012, Engineering Documentation Control Handbook Configuration Management ve Product Lifecycle Management, Elsevier B.V., 4, USA, 381s,

AYŞEGÜL SAKALLI

Endüstri Mühendisi

aysegulsakall@gmail.com

Eğitim

Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi (2017-Devam Ediyor)

- Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi
- Genel Ortalama 3.82/4.00

Lisans, İzmir Üniversitesi (2010-2015)

- Endüstri Mühendisliği (%100 İngilizce Eğitim, %50 Başarı Bursu)

Lise, Kenan Evren Anadolu Lisesi (2005-2010)

Mesleki Deneyim ve Stajlar

Nisan 2019-Halen Devam Ediyor, BMC

- Data Yönetimi Mühendisi olarak görev almaktadır.

Mayıs 2018- Mart 2019, Obel Cıvata

- IT departmanında görev almaktadır.
- PLM programının canlıya geçilme süresinde süreç analizi ve proje yöneticisine asistlik yapmıştır.
- Canias'da kullanıcı hatalarında çözülmesinde destek olmuştur.
- 6 sigma projelerinde görev almaktadır ve Minitab'de verileri analiz etmiştir.
- Bakım modülü için çalışmaları yürütmekte ve OEE hesaplaması verileri toplayıp hesaplamıştır.
- Donanım ve bilgisayar kullanımında kullanıcılara destek olmuştur.
- IT departmanının iş takibini yapmaktadır ve iş geliştirme için iş akış diyagramlarını çıkarmıştır.
- Eğitim sunumları hazırlamaktadır ve kullanıcılara excel eğitimi ile ilgili eğitimler verilmiştir.

Şubat 2017-Mayıs 2018, Karaca Mekatronik ve Otomasyon Sistemleri

- Ürün Uzman Yardımcısı olarak görev yapmıştır.
- Ürünlerin maliyetlendirilmesi, ürün ağaçlarının çıkartılması ile ürün standartlaştırma çalışması ve raporlanması, verilecek tekliflerin kontrol edilip onaylama sürecini gerçekleştirmiştir.

Aralık-Mayıs 2016, Egeria Yazılım Danışmanlık

- IFS uygulama danışmanlığı yapılmıştır.
- Gelen müşteri taleplerine çözüm oluşturulmuş ve projelerin analiz ve çözüm sürecinde yer alınmıştır.
- Müşterinin taleplerine göre raporlar oluşturulmuştur.

Haziran-Mayıs 2015, Sanem Plastik A.Ş

- Kalite departmanında yarı zamanlı görev alınmıştır.
- Tpm kapsamında zaman etüdü, insan makine diyagramı ve spagetti diyagramları ile iş süreçleri analiz edilmiştir ve yöneticilere sunulmuştur.
- Kalite mühendisine asistlik edilmiştir günlük raporlar çıkartılmıştır ve yalın üretime geçiş toplantılarına katılım gerçekleştirilmiştir.

Ağustos-Eylül 2014, Arkas Holding A.Ş.

- Karadeniz Acentesi Departmanında Yönetim stajı yapılmıştır, satış ile ilgili veri girişi yapılmıştır.

Seminerler

Nisan 2017, Ege Üniversitesi

- Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi Araştırma ve Uygulama Eğitimi (5 gün)

Eylül 2016, Ege Gökmen Eğitim Kurumları

- ISG C sınıfı uzmanlık eğitimi alınmıştır.

Ağustos 2016, TMMOB Makina Mühendisleri Odası

- Proje Yönetimi Semineri
- Risk Odaklı Süreç Yönetim Semineri

 **Yayınlar**

2019, Production and Management of Beverage Volume 1: The Science Of Beverages

- Industry 4.0: The Smart Factory of the Future in Beverage Industry

Mayıs 2017, Bulut Plastik Ambalaj Dergisi

- Yazılım Tabanlı Bulut Sistemi ile Endüstri 4.0

Eylül 2015, 35. YAEM Ulusal Kongresi (ODTÜ)

Binalarda Yağmur Suyu Kullanımı başlıklı bildiri özeti sunulmuştur.



Teşekkür

Bu tezi yazma aşamasında bana desteklerini hiç esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Semih Ötleş, PLM bölümünün açılmasını sağlayan saygıdeğer tüm öğretmenlerime en içten teşekkürlerimi bildiririm.

İş hayatında kısa sürede PLM üzerine, ERP ve tasarım üzerine tüm bilgilerini aktaran saygıdeğer çalışma arkadaşlarım; Sayın Eda Karadağlı, Sayın Efe Gürman, Sayın Gülcan Güllüoğlu, Sayın Mustafa Ali Tatlı, Sayın Kaan Honca, ve Sayın Emre İnan'a teşekkür ederim.

PLM yüksek lisansında beraber projede yer aldığımız ve bana farklı disiplinlerden farklı bakış açısı kazandıran; Sayın Umut Çolak, Sayın Nilüfer Tekkol ve PLM bölümüne yönlendiren Sayın Elif Gülay'a ve yanımda olan sevgili arkadaşım Sayın Özgecan Kök'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Emeklerinden ve sevgilerinden dolayı sevgili aileme; Sayın Şerife Sakallı, Sayın Muhittin Sakallı ve Sayın Meryem Sakallı Turgut ve Sayın Meryem Kırkcalı'ya çok teşekkür ederim.

Bu çalışma süresince gerekli verilerin sağlanmasında kolaylık gösteren Aritmetik firmasına da teşekkürlerimi sunarım.