

ÜRÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ YÖNETİMİ

Sami Sayer

*Doç. Dr.,
Ege Üniversitesi,
Ege Meslek Yüksekokulu, İzmir
sami.sayer@ege.edu.tr*

Aydın Ülker*

*Makina Yük. Müh.,
Ege Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makina Mühendisliği Bölümü, İzmir
aydin.ulker@mno.org.tr*

ÖZET

Ürün geliştirme, müşteri beklentilerinin ürüne dönüştüğü ve kuruluşların rekabet gücünü arttıran bir süreçtir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak ürün geliştirme süreci hızlı bir tarihsel gelişim göstermiştir. Ürün tanımlama veri yönetimi olarak algılan ürün veri yönetimi (PDM) teknik ve organizasyonel olarak proses, proje, iş ve konfigürasyon yönetim modellerini kapsamaktadır. PDM üzerine geliştirilen ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) bir taraftan müşteri ve tedarikçiler arasındaki ilişkinin ve bilgi akışının internet ortamında olmasını sağlarken, diğer taraftan da farklı mühendislik işbirliklerinin gerçekleştiği platformdur. Bu çalışmada, ürün geliştirme süreç adımları PDM’den PLM’e geçiş süreci ve PLM platformunun bileşenleri üzerine yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ürün yaşam döngüsü yönetimi, ürün veri yönetimi, ürün geliştirme süreci

PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT (PLM)

ABSTRACT

Product development is a process in which the customer expectations transform into products and competitiveness of organizations are increased. Product development process depending on the technological developments have shown a rapid historical evolution. Product data management (PDM) perceived as product definition data management comprises process, project, business and configuration management models technically and organizationally. Product lifecycle management (PLM) developed on the PDM provides the relationship and the information flow on internet between customers and suppliers and it is also a platform where different engineering collaborations take place. In this study, the studies on the product development process steps, the transition from PDM to PLM and the components of PLM platform have been complied.

Keywords: Product lifecycle management, product data management, product development process

* İletişim yazarı

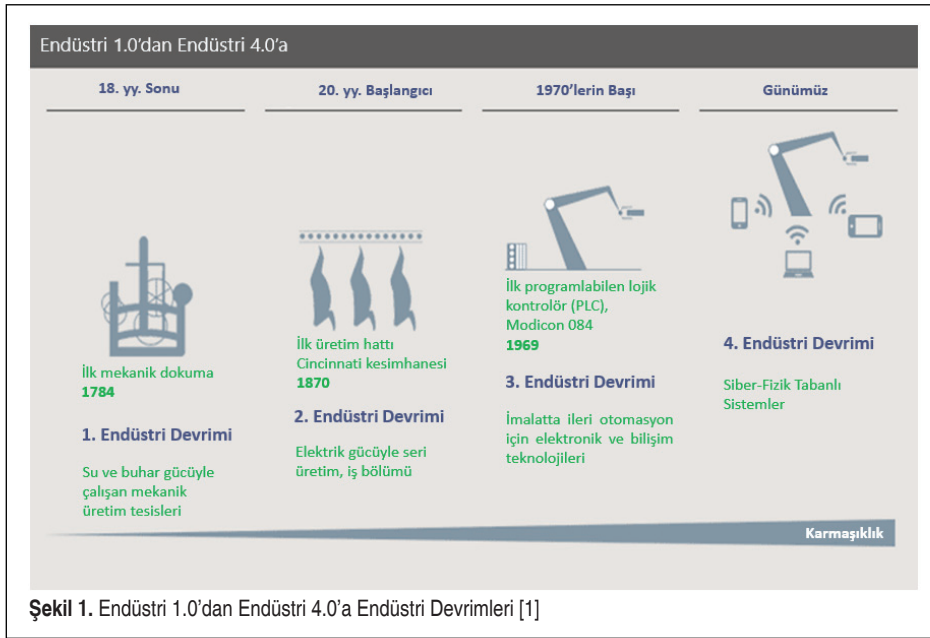
Geliş tarihi : 11.09.2014
Kabul tarihi : 20.10.2014

Sayer, S., Ülker, A. 2014. "Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi," Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 657, s. 57-64.

1. GİRİŞ

Endüstriyel anlamda 18. yy.da ilk buhar makinaları ile başlayan ve Birinci Sanayi Devrimini (Endüstri 1.0), 20. yy.ın başında Fordizm ve Taylorizm ile seri üretime geçiş olarak ortaya çıkan İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) takip etmiştir. 70’li yılların başında elektronik ve bilgisayar teknolojisinin endüstriye uygulanması ile bilgisayar kontrollü makinalarla üretim Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) olarak kabul edilmektedir [1].

Soğuk savaşın bitmesi ve ticari anlamda sınırların ortadan kalkması ile ülkeler arasındaki ticaret ve bilgi alışverişi de hızlanmıştır. 2000’li yıllarda müşteri beklentilerinin artması, ürün ve üretim süreçlerinin karmaşık olmasına neden olmuştur. Bu durum çok disiplinli çalışmalarını da beraberinde getirerek, mühendislik ürünleri (ulaşım araçları, inşaat yapıları, ev aletleri vb.), internet ağı/bulut üzerinden bilgi sistemleri ile iletişimi veya ürünlerin birbirleri arasındaki iletişimi sonucu ortaya çıkan siber-fizik sistemlerin gerçekleştiği Dördüncü Endüstri Devrimini (Endüstri 4.0) ortaya çıkarmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a Endüstri Devrimleri [1]

Global pazar ekonomisinde müşteri beklentilerini zamanında karşılayabilmek ve rekabette öncü olabilmek için, kuruluşlarda üst yönetimden operasyonel seviyede çalışanlara kadar teknolojik gelişmelerin takip edilmesi, benimsenmesi ve ürüne dönüşmesi gerekir.

Gelişmiş olan ülkelerde kurumsal işletmelerin birçoğunda ürün geliştirme süreçleri kuruluş içi çalışmalarla tanımlanmıştır. Ayrıca ülkelerin konu ile ilgili meslek kuruluşları ürün geliştirme sürecinin standartlaştırılmasında aktif olarak yer almaktadır. Örneğin Alman Mühendisler Birliği'nin (VDI)

sektördeki öncü kuruluşlarla birlikte geliştirmiş olduğu VDI-Richtlinie 2221'de ürün ve teknik sistemlerin tasarım ve geliştirilmesi ile ilgili metod tanımlanmıştır [2].

Ülkemizde ürün geliştirme süreci kavramı gelişmiş ülkelere göre oldukça yenidir. Uluslararası düzeydeki sektör öncüsü kuruluşlar kendi uyguladıkları ürün geliştirme süreçlerini doküman ederek standartlaştırmışlardır. Meslek kuruluşları ile sektörel kuruluşlar bu konudaki işbirliğini henüz sağlayamadıkları için yukarıda verilen örnek benzeri çalışmalar yapılamamaktadır.

Ürün geliştirme sürecinin tarihsel gelişimine bakıldığında, ülkemizde 80’li yılların başında tasarımı ana üretici tarafından yapılan parça ve alt komponentlerin tedarikinde yardımcı sanayi kuruluşları sadece üretici olarak yer almış, tasarım ve geliştirme katkıları sınırlı olmuştur. 90’lı yıllarda proje ekibi içerisinde farklı disiplinlerdeki uzmanlar mümkün olduğunca aynı fiziksel ortamı paylaşarak ürün geliştirme sürecinde yer almaktaydılar. Bu çalışma metodu halen bazı kuruluşların ürün geliştirme sürecinde uygulanmaktadır.

Global pazarda rekabet edebilmek için, kuruluşların ürün geliştirme sürecini kaynak ve zaman açısından verimli bir şekilde yönetebilmesi ancak ortak bir platformda sağlanabilir.

Ürün yaşam döngüsü yönetimi (Product Lifecycle Management - PLM) olarak adlandırılan bu ortak platformda ürüne ait tüm mühendislik, imalat, servis ve atık değerlendirme aşamaları dijital ortamda saklanıp, kontrol edilip, farklı profildeki kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır.

PLM; bir ürünün fikir aşamasından başlayarak ömrünü tamamlayıp, sökülüp yeniden dönüşümüne kadar tüm süreçlerin yönetilmesidir.

Günümüzde ürün geliştirme ve ürüne ait üretim proseslerinin optimizasyonunda yeni metotlara ve bilişim teknolojileri (Information Technology – IT) çözümlerine gereksinim duyulmaktadır [3].

Ürün oluşum proseslerinin omurgasını oluşturan PLM, sunduğu IT çözümleri ile ürüne ait proseslerinin optimizasyonunda önemli rol oynamaktadır. Endüstrinin farklı alanlarında orta ölçekli ve büyük işletmelerde, otomotivden medikale, mega yapılardan uzay ve havacılık sanayisine, savunma sanayisinden ambalaj sanayisine kadar uzanan geniş bir yelpazede PLM uygulamaları etkin olarak kullanılmaktadır.

Ürün geliştirme sürecinde ürünlerin giderek karmaşık bir yapı

alması süreç aşamasında disiplinler arasındaki işbirliğini zorlaştırmaktadır. Günümüzde uluslararası kuruluşlar ürün geliştirme süreçlerini PLM platformu üzerinden yönetmektedirler.

Bu makalede ürün geliştirme süreç adımları ve süreçteki değişimler ele alınarak ülkemizde eksikliği hissedilen PDM'den PLM'ye geçiş süreci ve PLM platformunun bileşenleri konularında literatür katkısı sağlanmıştır.

2. ÜRÜN OLUŞUM PROSESİNDE DEĞİŞİM

Endüstri kuruluşlarının ana prosesi ürün yaşam döngüsüdür. Ürün yaşam döngüsü, ürünün planlanması ve geliştirilmesi, üretim planlaması ve üretim aşamalarından oluşmaktadır. Ürün planlamanın alt aşamaları: program ve portföy planlama, proje planlama, proje ekibi ve bütçesi, konsept tasarımıdır. Ürün geliştirme; mekanik, elektrik ve elektronik tasarım, yazılım geliştirme, fiziksel ve dijital model (Dijital Mock-up – DMU), testler ve dokümantasyon aktivitelerinden oluşmaktadır. Üretim planlamada ise; üretim planı, üretim kaynaklarının planlanması, kalıp ve aparat tasarımı, satınalma simülasyonu ve test aşamaları vardır. Üretim aşamaları ise; imalat, montaj, kalite güvencesidir.

Ürün geliştirme sürecindeki tarihsel değişim ve iş akışı Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu tarihsel gelişim sırasıyla seri mühendislik (sequential/traditional engineering), eşzamanlı mühendislik (concurrent engineering) ve disiplinlerarası kurumsal mühendislik (interdisciplinary enterprise engineering) şeklinde gerçekleşmiştir. Ürün oluşum sürecindeki değişim ise her bir adımın kendi içindeki zaman ekseninde ürün geliştirme ve üretim planlama aktivitelerinin sıralıdan iç içe geç-

miş hale gelmesi ve daha sonra da karmaşık ve disiplinlerarası etkileşime dönüşmesi şeklinde açıklanabilir [4].

Son yıllarda artan ürün ve proses karmaşıklığı ürün oluşum sürecinin değişimine neden olmuştur. İş süreçleri detayına bakıldığında, ürün oluşum sürecindeki mühendislik aktiviteleri operasyonel seviyeden yönetimsel seviyeye dönüşmektedir. Operasyonel mühendislik aktivitelerinin bir kısmı ürün oluşumunda sunulan IT çözümleri ile karşılanmaktadır.

Günümüzdeki ürün oluşum sürecindeki modern IT çözümlerinin disiplinlerarası, interaktif ve birleştirici olması gerekmektedir.

3. ÜRÜN VERİ YÖNETİMİNDEN ÜRÜN YAŞAM DÖNGÜSÜNE GEÇİŞ

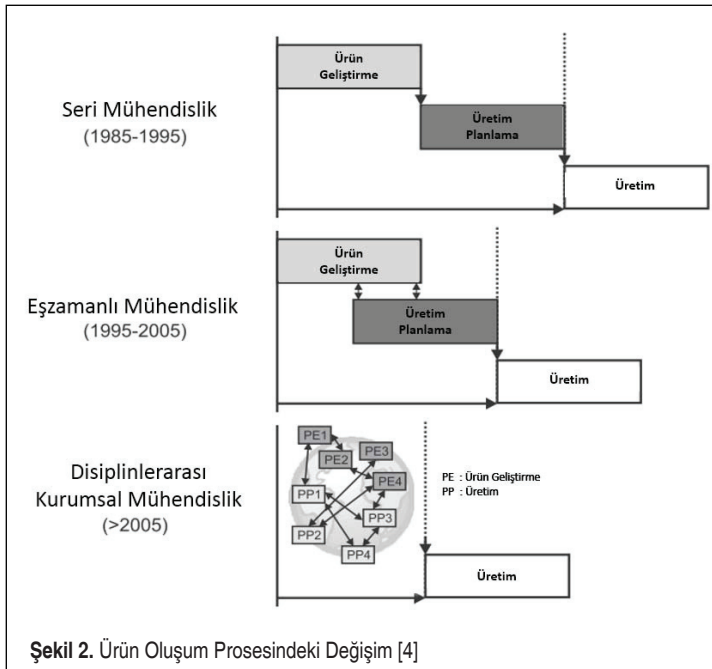
80'li yılların ortasında ürün tanımlama veri yönetimi olarak algılanan PDM teknik ve organizasyonel olarak işletme süreçlerinin yönetimini kapsamaktaydı. PDM önceleri mühendislik veri yönetimi (Engineering Data Management - EDM) olarak da algılanmaktaydı. EDM, dijital ortama aktarılmış kâğıt dokümanlar ve/veya ürünü direkt ilgilendirmeyen dokümanların yönetimini kapsamaktaydı.

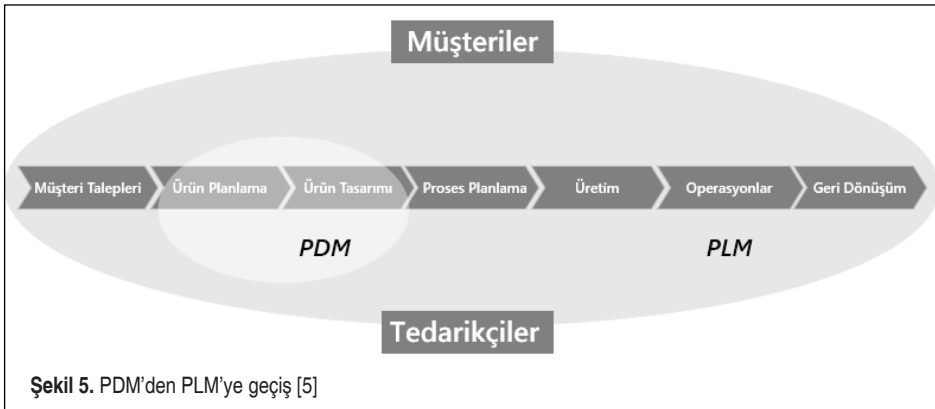
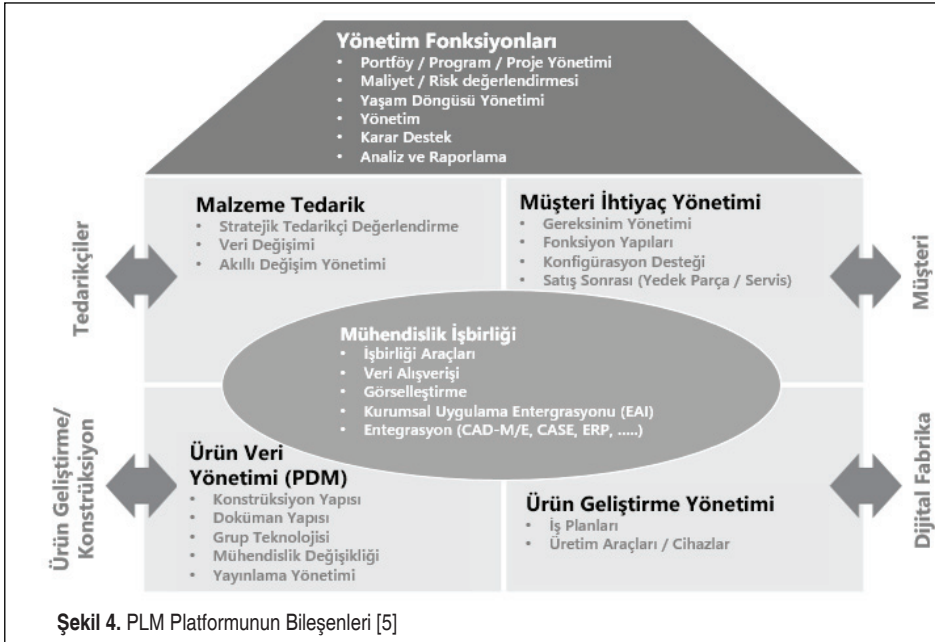
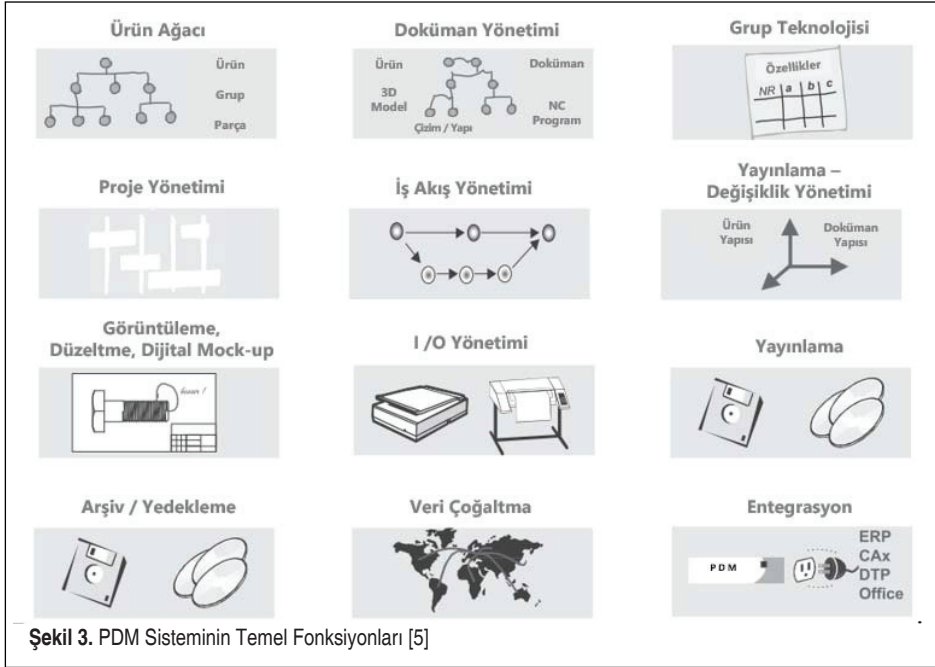
PDM, manuel veya bilgisayar ortamında üretilen dokümanların düzenlenmesi ve sınıflandırılması olarak algılanıyordu. Dokümanlar 2D çizimler, 3D modeller, yazılı dokümanlar, mühendislik hesaplamaları vb. içermekteydi [5].

Günümüzde PDM, teknik ve organizasyonel olarak proses, proje, iş ve konfigürasyon yönetim modellerini kapsamaktadır. Ürün modeli ve proses modeli yönetimini amaçlayan PDM, tanımlı ve tekrarlı üretilebilen ürün konfigürasyonlarının oluşturulmasıdır (Şekil 3).

PDM ürün geliştirme sürecinde taleplerin alınmasından kullanıma, ürün fonksiyon tanımından ürün ile ilgili servis ve bakıma, yedek parça yönetiminden konfigürasyon yönetimine kadar farklı aktivitelerin yönetim organizasyonudur. PDM üzerine yapılandırılmış olan PLM bir taraftan müşteri ve tedarikçiler arasındaki ilişkinin ve bilgi akışının internet ortamında olmasını sağlarken diğer taraftan da farklı mühendislik işbirliklerinin sağlandığı platformdur (Şekil 4).

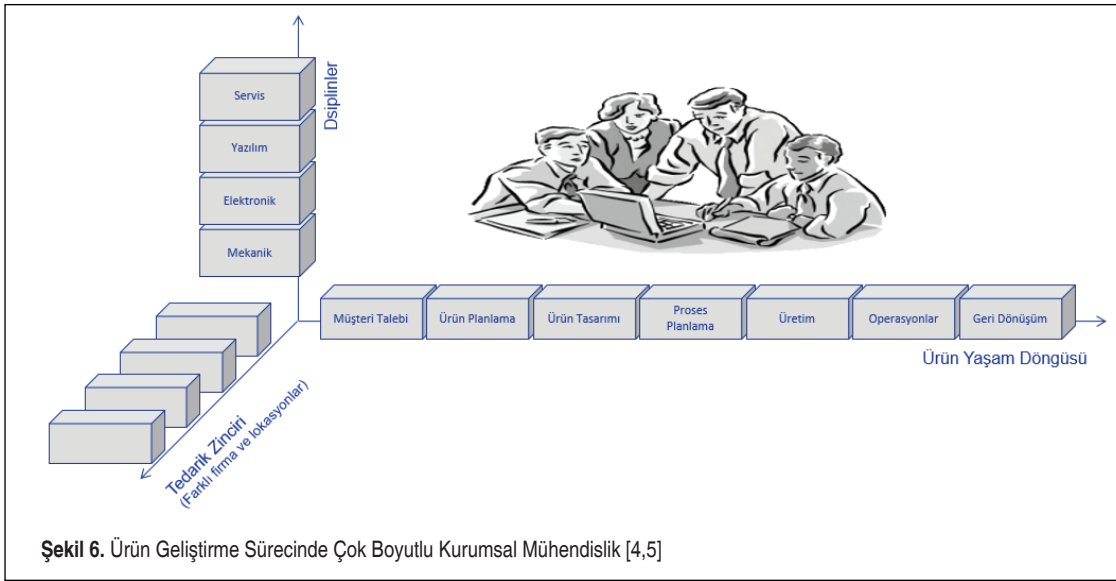
PDM sisteminden yola çıkarak, kuruluşlar değişik isimlendirmelerle farklı ürün veri yönetim sistemlerini kullanıma sunmuşlardır. Örneğin: cPDM (Collaborative Product Data Management), VPDM (Virtual Product Definition Management), e-PLM (Electronic Product Lifecycle Management), PLM (Product Lifecycle Management, PDC (Product Definition and Commerce) gibi yönetim sistemleri oluşmuştur. Bu ürün veri yönetim sistemlerinden PLM ön plana çıkarak, PDM'den PLM'ye geçiş gerçekleşmiştir (Şekil 5).





4. ÜRÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ YÖNETİMİ (PLM)

Gelişen teknoloji ile kurumsallaşmış dünyanın önde gelen şirketleri rekabette lider konumlarını koruyabilmek ve aynı zamanda müşteri beklentilerini karşılayabilmek için PLM süreçlerini aktif olarak tasarımdan üretime, ürün tanımının yapılmasından servis hizmetine, kurum içi dokümantasyondan değişim yönetimine kadar farklı disiplin ve seviyelerdeki kullanıcılarına sunmuştur. PLM'nin ana omurgasını ürün geliştirme süreç aşamaları oluşturmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Ürün Geliştirme Sürecinde Çok Boyutlu Kurumsal Mühendislik [4,5]

PLM, şirketlerin ürünlerini ilk fikir oluşumundan ürünün kullanım ömrünü tamamladıktan sonraki aşamadan geri dönüşüme kadar geçen yaşam döngüsü boyunca en etkili şekilde yönetme faaliyetidir. PLM, müşteriler ve şirket hissedarları için hem mevcut hem de gelecekteki ürünlerin değerini arttırmayı hedeflemektedir.

PLM; iyi ve açıkça tanımlanmış, belgelenmiş, proaktif ve belirli bir tasarıma göre gerçekleştirilmiş ürünleri yaşam döngüsü boyunca yönetme etkinliği anlamına gelmektedir. Bu sayede şirket ürün maliyetinin azalması, ürün portföyünün değerinin ve üründen elde edilen gelirlerin artması ile belirlenen hedeflere ulaşabilir. Şirketlerin, müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde ürüne odaklanmaları gerekir. Sonuçta ürün şirketin gelir kaynağıdır. Ürün, yaşam döngüsü boyunca ürünün performansı (finansal ve teknik) üst yönetim tarafından izlenebilmeli ve ürünün şirkete para kazandırdığından emin olunmalıdır [6,7].

Bir dönem tasarımda yapılan iyileşme, üretim proseslerinde otomasyonun artması ve mevcut süreçlerin optimizasyonu, tedarik zinciri yönetiminin iyileşmesi, işçilik maliyetlerinin ürün maliyetindeki payının azalması ve verimlilik artışı ola-

rak kabul görmekteydi. Ancak kaynakların giderek azalması, enerji maliyetlerindeki artış ve hızlı globalleşme, şirketlerin tasarım ve üretim yöntemlerini radikal bir şekilde değiştirme gerekliliğini ortaya koymuştur. Globalleşmedeki hızlı değişimin somut örneği olarak, dünyada son altmış yıldaki dış ticaret hacminin 20 kat artması gösterilebilir [1].

Diğer taraftan da ürün çeşitliliğinin müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde giderek artması, ürün geliştirme sürecini destekleyen mevcut bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve PDM yazılımlarıyla zorlaşmıştır. Bu duruma somut örnekler vermek gerekirse;

- ABD’de Ford Pickup F150 aracında 16 farklı ürün özelliği müşterinin seçimine sunulmaktadır. Müşteriye ürün satışı cazip kılmak için sunulan uygulama sonucunda 654x1012 farklı ürün kombinasyonu ortaya çıkmaktadır.
- 70’li yıllarda araç model değişimi 8-10 yıl iken bu sayı günümüzde 4-5 yıla düşmüştür. Duisburg Araştırma Merkezi (Center Automotive Research - CAR) 2015’te Almanya’da pazara sunulacak araç model sayısının 415 olacağını öngörmektedir. Almanya’da 1995’te pazara sunulan araç model sayısı 200 civarında idi.
- Çin bilgisayar üreticisi LENOVA 3,5 ayda bir yeni bir akıllı telefon piyasaya sürmektedir.
- Tüketim sektöründe faaliyet gösteren Henkel’in piyasaya sürdüğü deterjanların %42’sinin pazarda bulunma süresi 3 yılın altındadır.

Otomasyon yazılımları ve otomasyon tekniklerinin PLM ile kombinasyonu sayesinde verimlilik artar ve rekabet edilebilir hale gelir. Böylece yeni ürünün pazara sunumu (Time to Market – TTM) %50 oranında azalırken; enerji tasarrufu ve kaynakların verimli kullanımı artmakta, ürün kalitesi iyileşmektedir [1].

5. ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNDE ÜRÜN MALİYETLERİNİN DEĞİŞİMİ

Ürünün pazara sunum süresi kadar ürünün müşteriye toplam maliyeti (Total Cost of Ownership -TCO) de oldukça önemlidir. Ürün maliyetinin %70'i ürün tasarım aşamasında oluşmaktadır. Süreç boyunca ürün maliyetinin oluşumu, süreci takip eden diğer adımlarda tamamlanmaktadır. Ürün geliştirme sürecinin ilk evrelerinde (müşteri talepleri, ürün planlama, ürün tasarımı) değişim maliyetleri düşüktür. Ürünün tasarım aşamasında olması nedeniyle düşük olan değişim maliyetleri, süreç ilerledikçe üretim planlama ve üretim evrelerinde oluşan hataların giderilmesi için donanım ve üretim ekipmanlarında yapılan değişiklikler nedeniyle artış gösterir [5].

Bu durum aynı zamanda da ürünün pazara sunum süresini uzatır. Ürün geliştirme sürecindeki bu olumsuzluğu gidermek fiziksel ve dijital prototiplerin değerlendirilmesi ile minimize edilebilir. 80'li yıllarda ürün geliştirme sürecinde aktif olarak kullanılan fiziksel prototiplerin yerini 2000'li yıllardan sonra DMU'lar ve sanal gerçeklik (Virtual Reality -VR) almıştır. Böylece ürün geliştirme sürecindeki değişiklikler, sürece paralel olarak hızlı bir şekilde gerçekleşebilmektedir. Bu aşamada ürün ile ilgili geri bildirimler, oluşturulan fiziksel ve dijital prototiplerde yapılan doğrulamalar sayesinde değişim maliyetlerinin düşük olması sağlanır (Şekil 7).

6. PLM'NİN TEMEL ÖZELLİKLERİ VE AVANTAJLARI

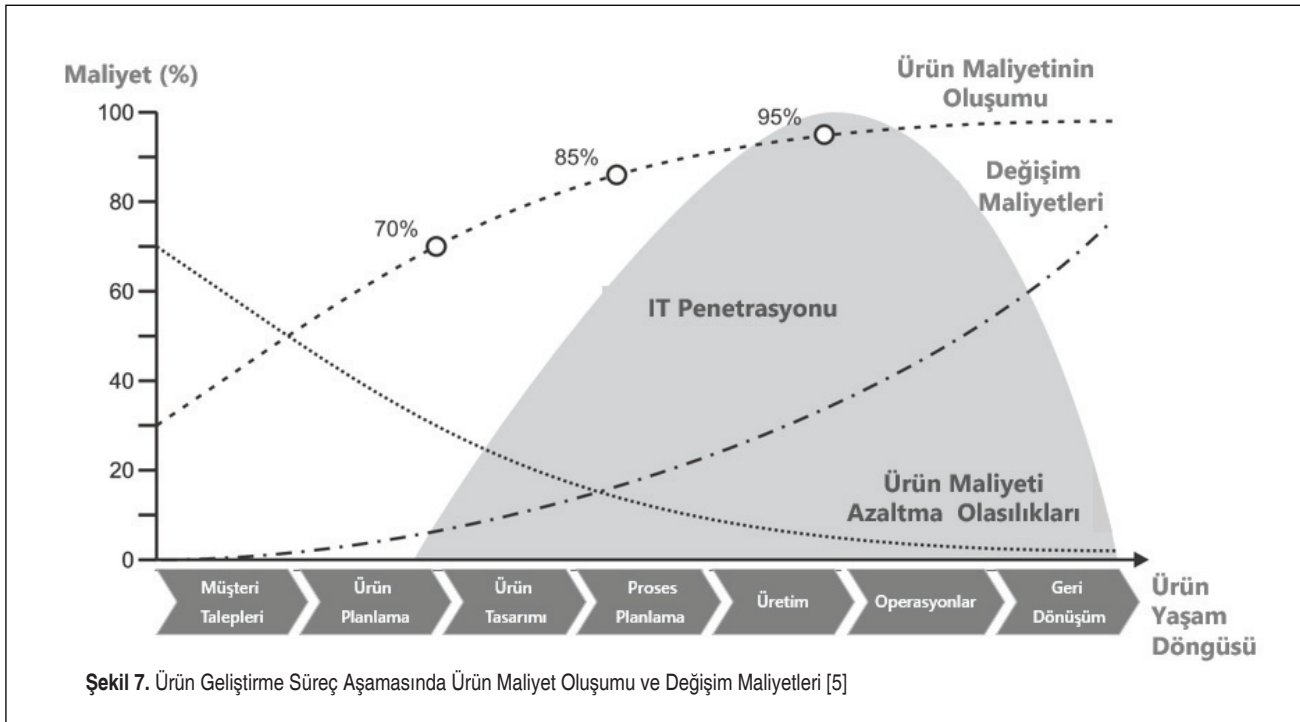
PLM, bir taraftan şirketlerin mevcut ürünlerinin yaşam döngüsünü kontrol ederken, diğer taraftan da ürün odaklı stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlar.

PLM, ürün bilgisinin etrafındaki uygulama, insan, veri, iş metotları ve prosesleri bütünleştirerek, süreçlerin yönetilebileceği işbirlikçi bir ortam yaratır. PLM önceden aynı ürün için ayrı ve bağımsız olarak çalışan süreçleri, disiplinleri, fonksiyonları ve uygulamaları birleştirir (Şekil 8.). Bu bütünleşik yaklaşım sadece bir parça ve komponent üzerine odaklanmış olan PDM'yi PLM'den ayıran temel özelliktir [8].

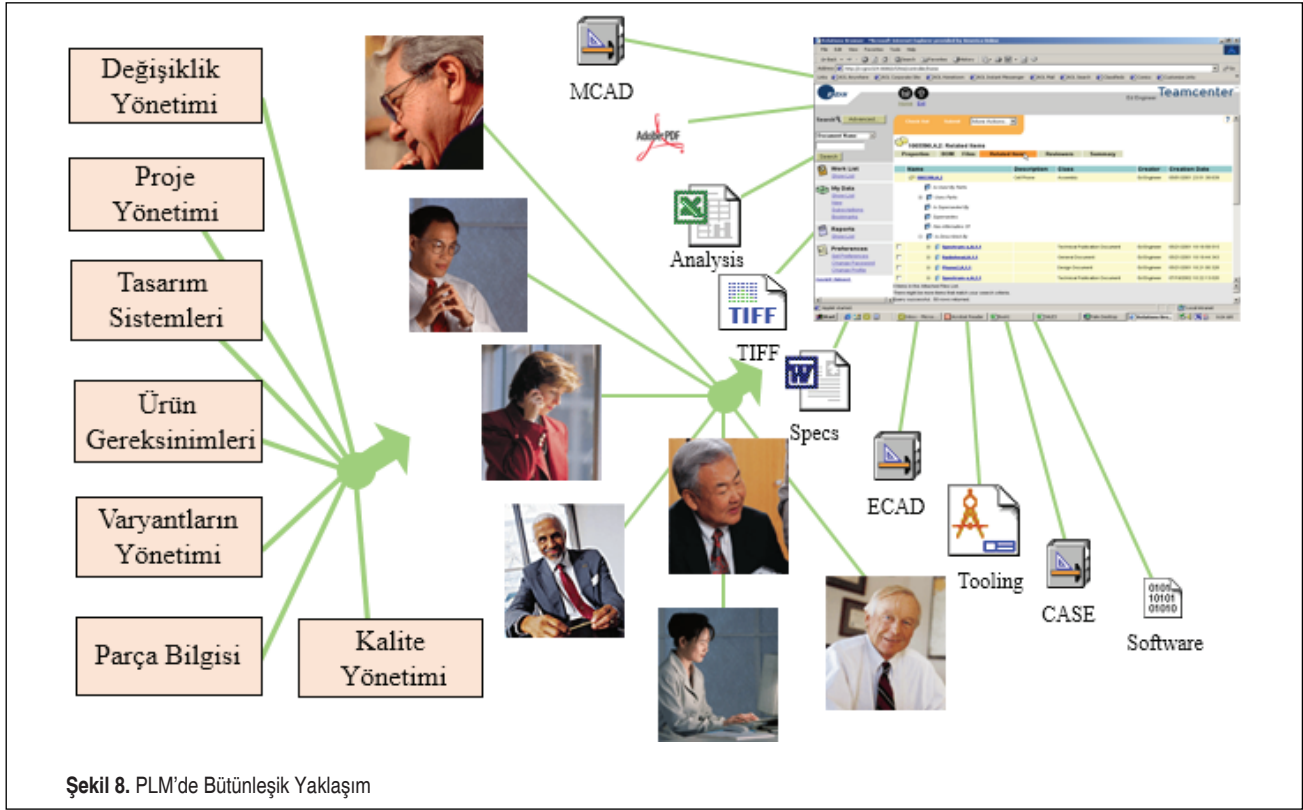
Ürün geliştirme sürecinin ana omurgasını oluşturan PDM üzerine yapılandırılan PLM metodunun ürün oluşum proseslerindeki kullanım oranları Şekil 9'da verilmiştir.

PLM ürünün sadece bilgisayar ortamında geliştirilmesini yani bilgisayar destekli tasarımını kapsamamakta; ürün ile ilgili üretim proseslerini, farklı disiplinler arasındaki süreçleri ve tedarikçi ilişkilerini de içermektedir.

PLM kullanılarak bir taraftan dijital ortamda sanal olarak oluşturulan üretim tesisinde ürün proses akışı simülasyonu yapılırken (Şekil 10), diğer taraftan da ürünün sanal prototipi üzerinde fonksiyon ve güvenlik testleri tasarım aşamasında gerçekleşebilmektedir. Örneğin Berlin Teknik Üniversitesi, Endüstriyel Enformasyon Teknolojisi Bölümü'nde geliştirilen test düzeneği ile sanal ortamda araç bagaj kapısının kapatılması hem ergonomik hem de fonksiyonel olarak test



Şekil 7. Ürün Geliştirme Süreç Aşamasında Ürün Maliyet Oluşumu ve Değişim Maliyetleri [5]



edilmektedir. DMU ve test düzeneğinin çalışması Şekil 11'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgular tasarımda ve malzeme seçiminde kullanılmaktadır.

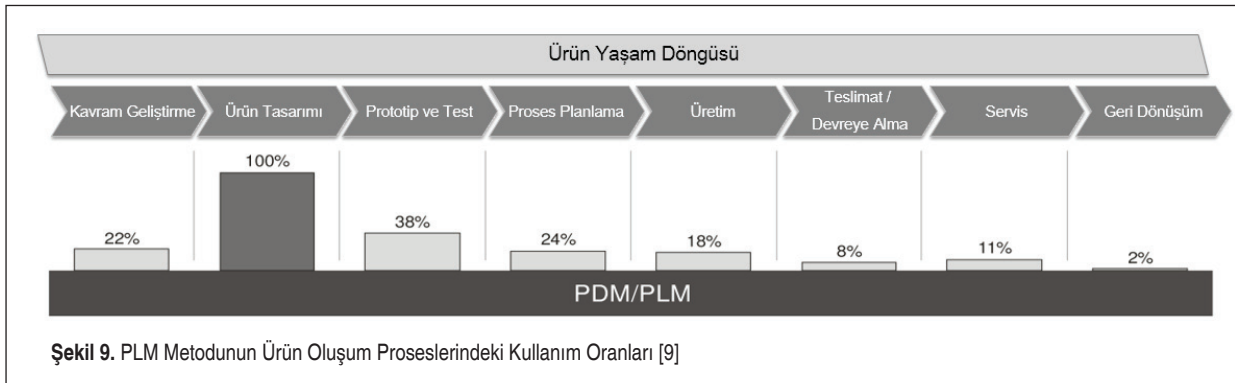
PLM ürün odaklı olup geniş yelpazede gıdadan beyaz eşya ürünlerine, otomotivden havacılık ve uzay sanayi ürünlerine, hızlı tüketim mallarından, ilaç endüstrisine, yazılımdan ev gereçlerine, haberleşmeden biyomedikal cihazlara, enerji santrallerinden oyuncak sektörüne, makina ekipmanlardan mega yapılara kadar farklı ürün gruplarında uygulama alanı bulmaktadır.

PLM farklı büyüklükteki şirketlerde uygulanabilir. Şirket büyüklüğünden bağımsız olarak ürünler, ürünlere ait veriler, ürün geliştirme süreçleri, ürün destek sistemleri yönetilebilir ve ürüne ait veriler şirket dışındaki ilgili diğer organizasyonlar ile paylaşılabilir.

PLM yeni ürün ve proses geliştirme sürecinde kullanılabilirliği gibi mevcut ürünlerin geliştirilmesi ve üretim hatlarının optimizasyonunda da etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin: otomotiv sektöründe Volkswagen üretim tesislerindeki 17 yıllık pres hattındaki otomasyon yazılımlarının PLM yazılımları ile entegrasyonu sağlanmış ve bu hatta bulunan bütün makina ve ekipmanların planlama simülasyonu yapıp, optimize edilerek üretim hattının verimliliği artırılmıştır [1].

PLM'nin fonksiyonları kısaca;

- İyi yapılandırılmış ürün portföyünü yönetme,
- Ürün portföyünün finansal getirisini en üst düzeye çıkarma,
- Yaşam döngüsü boyunca, ürünlerin kontrolünü ve yönetimini sağlama,
- Ürün geliştirme, destek ve geri dönüşüm projelerini etkin yönetme,





Şekil 10. Sanal Üretim Prosesi



Şekil 11. Sanal Ortamda Araç Bagaj Kapısının Testi

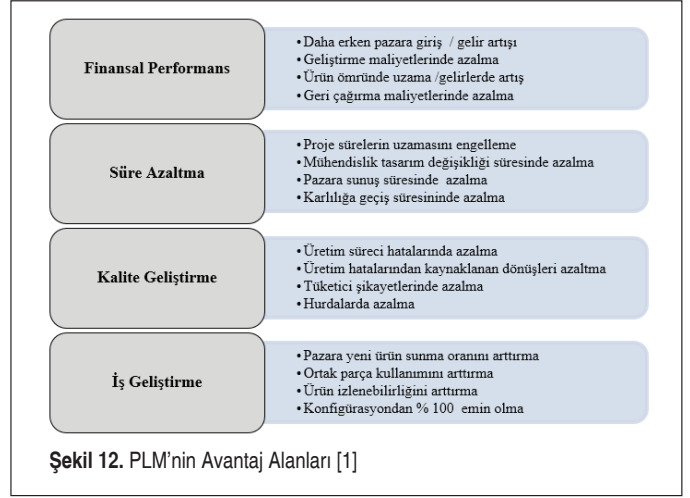
- Müşterilerden, saha mühendislerinden ve pazardan gelen geribildirimleri yönetme,
- Tasarımcılar, tedarik zinciri ortakları ve müşteriler ile beraber çalışmayı etkinleştirme,
- Ürün ile ilgili süreçleri yöneterek; tutarlı, etkin ve yalın hale getirme,
- Ürün tanımında bilgi bütünlüğünü, güvenliğini yönetme ve sürdürme, ihtiyaç duyulan yer ve zamanda kullanılabilir halde olmasını sağlama,

olarak sayılabilir [10,11].

PLM'nin finansal performans, süre azaltma, kalite geliştirme ve iş geliştirme açısından sağladığı avantajlar Şekil 12'de gösterilmiştir [1].

7. SONUÇ

Günümüzde ürünlerin giderek karmaşıklaşması, ürün çeşitliliğinin artması ve ürünlerin pazara sunum sürelerinin kısalması, ürün yaşam döngüsü yönetimini zorlaştırmaktadır. PLM yönteminin desteklediği IT çözümleri sayesinde ürün ve üretim proseslerine ait verilerin dijital ortamda toplanma-



Şekil 12. PLM'nin Avantaj Alanları [1]

sı, farklı disiplin ve konumdaki kişiler arasındaki bilgi akışını güçlendirmektedir. PLM uygulamaları sayesinde bir taraftan ürün yaşam döngüsü yönetimi kolaylaşırken, diğer taraftan da kuruluşların rekabet gücü artmaktadır.

Ülkemizde de sanayicilerimizin global pazarda yer alabilmeleri ve konumlarını koruyabilmeleri için PLM konusundaki gelişmeleri takip ederek tasarım, üretim ve tedarik süreçlerini yeniden yapılandırmaları gerekmektedir.

KAYNAKÇA

1. Sendler, U. 2013. Industrie 4.0 - Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM, ISBN 978-3-642-36916-2, Springer-Verlag, Berlin.
2. Richtlinie VDI 2221:1993-05. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, VDI-Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik, Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
3. Eigner, M., Gerhardt, F., Gilz, T., Mogo N.F. 2012. Informationstechnologie für Ingenieure, ISBN 978-3-642-24893-1, Springer-Verlag, Berlin.
4. Eigner, M., Stelzer, R. 2004. Produktdatenmanagement-Systeme, ISBN 978-3540668701, Springer-Verlag, Berlin.
5. Eigner, M., Stelzer, R. 2009. Product Lifecycle Management - Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management, ISBN 3-540-66870-5, Springer-Verlag, Berlin.
6. Stark, J. 2007. Global Product - Strategy, PLM and the Billion Customer Question, ISBN 978-1-84628-915.6, Springer-Verlag, Berlin.
7. Feldhusen, J., Gebhardt, B. 2008. Product Lifecycle Management für die Praxis - Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung, ISBN 978-3-540-34008-9, Springer-Verlag, Berlin.
8. Stark, J. 2011. Product Lifecycle Management - 21st Century Paradigm for Product Realisation, Niemann, Design of Sustainable Product Life Cycles, ISBN 978-0-85729-545-3, Springer-Verlag, Berlin.
9. Abramovici, M., Schulte, S. 2004. "Benefits of PLM - Nutzenpotentiale des Product Lifecycle Managements in der Automobilindustrie," Benchmark Studie, IBM Verlag, Frankfurt.
10. Arnold, A., Dettmering, H., Engel, T., Karcher, A. 2005. Product Lifecycle Management beherrschen - Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand, ISBN: 978-3-540-22997-1, Springer-Verlag, Berlin.
11. Saaksvuori, A., Immonen, A. 2008. Product Lifecycle Management, ISBN: 978-3-540-78173-8, Springer-Verlag, Berlin.