

# Bakıma Yönelik Tasarım ve Uygulamaları

Umut Can Babacan<sup>1</sup>, Cemal Meran<sup>\*2</sup>

## ÖZ

Ülkemizde bakım mühendisliği üzerine lisans veya lisansüstü düzeyde eğitim oldukça yetersizdir. Son yıllarda bakım üzerine bazı üniversitelerde seçmeli dersler açılarak bakım konusunda bilinçlenme artmaktadır. Bakım olayının makinanın tasarımı aşamasında göz önünde bulundurulması zorunludur. Tasarım esnasında seçilen civatanın türünden, boyundan, birleştirme yönteminden, ağız şekline kadar birçok basit faktör bile bakım yapılabilirlik üzerinde ciddi boyutta etkiye sahip olabilmektedir. Geçmişte deneme yanılma yöntemiyle yapılan tasarımlar ve insan faktörünün daha etkin olduğu bakım çalışmaları yerine artık teknik yöntemler uygulanmaya başlanmıştır. Sürekli artan sorumluluk ve kalite bilinci ile tasarımlar artık daha sistematik olarak yapılmakta, yapılan analiz çalışmaları ile sorunlar daha oluşmadan giderilmeye çalışılmaktadır. Gelişen malzeme, talaşlı imalat, ısıl işlem ve kaplama teknolojileri ile tasarımcının dikkate alması gereken kriterler artmış, çok daha dikkat ve öngörü isteyen bir düzeye gelmiştir.

Bu çalışmada, bir tasarımcının tasarım yaparken bakım maliyetlerini, bakım sürelerini ve çalışan işçilere düşen iş yükünü azaltması için dikkate alması gerekenler ve bunun sonucunda elde edilen kazançlar üzerinde durulacaktır. Tasarımda bakım yapılabilirliği dikkate alınmanın, firmaya, çalışanlara, müşteriye ne gibi getirileri olduğu incelenecektir. Yapılan çalışma ile tasarımcılara, tasarım yaparken bakım için dikkat etmeleri gereken konular gösterilmek ve birkaç örnek ile bakış açıları geliştirilmek istenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tasarım, bakım yapılabilirlik, bakım yapılabilirlik açısından tasarım

## Design For Maintainability and Applications

### ABSTRACT

Maintenance engineering is taught inadequately at all the universities or master programs in our country. But in the last years some of the university faculties have opened new courses about maintenance and by that that awareness is raising. Decision of choosing the right screw type or length for assembly or connection type or type of the countersink at the stage of design affects the maintainability in many ways. More technical and advanced methods are applied in design and maintenance rather than old trial and error type methods and human effected maintenance which was applied in the past. Machines are designed more systematically with raising responsibility and quality awareness; problems are solved before they happen with the analysis performed regularly. The criteria that designer needs to pay attention are simply increases while metallurgy, heat transfer, manufacturing and coating technologies are developing day by day. In this study, the needs to reduce maintenance time costs and which is needed for maintenance and by that what will be gained will be mentioned. Also what company, customers and workers will gain by paying attention to design for maintainability while designing. The purpose of this study is to give designers the new vision by showing them a few examples.

**Keywords:** Design, maintainability, design for maintainability

---

\* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 27.10.2017

Kabul/Accepted : 02.01.2019

<sup>1</sup> Makina Mühendisi, Uygur Makina San. ve Tic. Ltd. Şti., Denizli - ucabacan89@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Denizli - cmeran@pau.edu.tr

## 1. BAKIM YÖNTEMLERİ VE KAVRAMLARI

Literatürde bakım yöntemleri çok farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma genellikle bakış açısına değişiklik göstermektedir. Örneğin arıza yaptıkça bakım yapılmasına bile arızı bakım denilmiştir. Gerçekte arıza olduktan sonra yapılan işlem bakım değil tamirdir. Bakım kavramı da çok çeşitli şekilde tanımlanabilmektedir. Kabul gören tanımlardan biri bir sistemin fonksiyonlarını istenen bir düzeyde yerine getirebilmesi için gerçekleştirilen onarım, yenileme, muayene ve benzeri faaliyetlerdir [5].

Bakım yöntemlerine genel olarak bakılacak olursa [6];

- **Düzeltilici Bakım:** Bu yöntem yüksek maliyeti olmayan çok fazla yedeği bulunan tesis veya atölyelere uygulanan bakımdır.
- **Önleyici (Periyodik) Bakım:** Tesis ve donanımın belirli bir programa göre arıza olması koşulu aranmaksızın yapılan muayene, yağlama, ayarlama, yenileme ve revizyon yolları ile kullanılabilirlik sürelerinin artırılabilirlik çalışmalarıdır. Zaman esaslı çalışmalar olup, planlı bakım olarak da söylenir. Amaç acil bakım ihtiyaçlarını en aza indirmektir. Sürekli üretim için öncelikli arıza ve hataların önlenmesi gerekir. Bu ise uygun ekipmanın kurulması ve doğru çalışması ile maktür.
- **Koruyucu Bakım:** Arızaları önlemeye yönelik, arızalar daha oluşmamışken alınan önlemlerdir.
- **Kestirimci Bakım:** Bu bakım sisteminin ana prensibi makinaların performansını inceleyerek ve çeşitli ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen bilgiler ne zaman bakım gerek olacağına karar verilmesidir. Kısa süre üretime ara verilerek çıkması muhtemel arızaları önceden onarmaktır. Kestirimci bakım aşamaları kestirimci bakım yapılan makina ve ekipmanın normal koşullarda çalışma dataları esas alınarak çeşitli periyotlarda ölçüm ve kontrol ile izlenmesi, elde edilen ölçüm ve kontrol sonuçlarının değerlendirilerek bir arızanın oluşabilme ihtimalinin olup olmadığının belirlenmesi, böyle bir olasılık var ise gerekli bakım-onarım faaliyetlerinin uygun bir zamanda yapılmak üzere planlanarak gerçekleştirilmesidir.
- **Toplam Üretken Bakım (TPM):** Günlük üretim faaliyetlerinin içerisinde, çalışanların tamamının katılımını gerektiren, otonom bakımı öngören, arızaları önleyen ekipman etkinliğini en üst düzeye getiren bir bakım yaklaşımıdır.

Bakım uygulamalarında sıkça karşılaşılan kavramlar kısaca açıklanacak olursa [7];

- **Bakım Yapılabilirlik:** Bir ürünün servis yapılabilirlik ve onarılabilirlik derecesi, bakım maliyetlerinin verimliliğinin artırılması ve aynı zamanda ürünün çalışma koşullarındaki gereklilikleri karşılaması demektir.
- **Duruş Süresi:** Ürünün tekrar çalışabilir, işlevini istenilen seviyede yerine getirebilir duruma gelene kadar geçen süredir.



- **Onarılabirlik:** Arızalı ürünün belirlenen aktif onarım zamanı içerisinde çalışır hale getirilebilmesi olasılığıdır.
- **Servis Yapılabilirlik:** Ürünün tekrar çalışma koşullarına getirilmesi için yapılan bütün işlemlerin zorluk veya kolaylık seviyesidir.
- **Ulaşılabilirlik:** İhtiyaç anında ürününün kullanıma hazır olması durumudur.
- **Aktif Onarım Zamanı:** Bakım ekibinin aktif olarak bakım-onarım işlemini yaparken geçirdiği süredir.
- **Lojistik Zamanı:** Duruş süresi sırasında bakım-onarım yapılırken gerekli olan parça veya takımı bekleme süresidir.
- **Tasarımın Yeterliliği:** Ürünün tasarım kriterlerine ve belirtilen şartlara göre kullanılması halinde, belirlenen görevi başarıyla yerine getirmesi olasılığıdır.
- **Anahtar Performans Göstergeleri (APG):** Bir faaliyetin gidişatını betimleme-de kullanılan kritik değerler olarak tanımlanabilir. Bakım faaliyetlerinin doğruluğunun farklı kıstaslar üzerinden ölçülmesi ve değerlendirilmesidir [8].

## 2. BAKIM YAPILABİLİRLİK AÇISINDAN TASARIM

Bakım yapılabilirlik, üretimi tamamlanmış bir ürünün, geliştirilmesi, tasarımı ve kurulumu sırasında bakım sürelerini ve maliyetlerini, bakım için gerekli olan çalışan sayısını ve çalışma sürelerini, kullanılacak takımları, parça ve takımların tedarik sürelerini, tedarik maliyetlerini, gerekli olan yetenek seviyesini azaltmak ve bunu yaparken de ürünün tasarım amacını en iyi şekilde yerine getirmesini sağlamak demektir.

Bakım yapılabilirlik, tasarımın uzun ömürlü olmasını sağlamak ve kolay, ekonomik ve etkin bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktır. Tasarım sırasında bakım yapılabilirliğin dikkate alınmaması demek, yüksek bakım maliyetleri, duruş sürelerinin uzaması ve ürünün çok uzun süre servis dışı kalması ve bakım-onarım ekibinin işini yerine getirirken gereğinden fazla zorlanması, zaman kaybetmesi hatta işlerini yaparlarken olası yaralanma ve sakatlanmalara maruz kalması anlamına gelebilir.

Bakım yapılabilirlik açısından bakım ekiplerinin beklentileri [9];

- **Periyodik Bakım Müdahaleleri:** Periyodik bakım minimize edilmeli ve hem gereken kişi hem de gereken zaman miktarı mümkün olduğunca az olmalıdır.
- **Esnek Periyodik Bakım Takvimi:** Periyodik bakım zamanları beklenmedik durumlara karşı esnek olmalıdır. Diğer departmanların planlarında yapılan bir değişiklikten etkilenebilir. Bu durumda bakım zamanlarını değiştirmek gerekebilir.
- **Gereksizlik-Fazlalık:** Bakım gereken yerlerde sistemin çalışması engellenecek ise tasarım yaparken bu bölgelerdeki mekanizma ve parçaların sistem çalışma-

sını engellemeden değiştirilecek ve bakım yapılacak şekilde tasarım yapılması gerekir.

Bakım yapılabilirlik için tasarımın hedefleri [9];

- a. Bakım onarım ekibinin eğitimi için gereklilik azaltılmalı,
- b. Bakım onarım sırasında gereken yetenek seviyesi azaltılmalı,
- c. Düzeltici ve periyodik bakım sürelerinin azaltılmalı,
- d. Bakım-onarım sistem durdurulmadan yapılabilmeli,
- e. Tamir edilen parçadan elde edilecek verim, onun tamiri için harcanan zaman ve efora değmeli,
- f. Tamir için harcanan zaman ve işgücü ile parça değişimi arasındaki fayda-maliyet ilişkisi uygun olmalı,
- g. Hata tespiti ve hata ayıklanması mümkünse otomasyon ile yapılabilmelidir.

Bakım yapılabilirlik açısından tasarımcının dikkat etmesi gereken hususlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir [10];

1. Bakım yapılabilirlik mutlaka tasarım sırasında düşünölmelidir, daha sonra yapılacak değişiklikler zor olabilir.
2. Tamir mi edilecek yoksa atılıp yeni parça mı takılacak? Bu bakım felsefesi benimsenmeli ve tasarıma başlamadan göz önünde bulundurulmalıdır.
3. Tasarım yaparken mutlaka bir bakım konusunda çalışmakta olan uzmana danışılmalıdır. Eğer bakım rutini hatırlaması zor, uzun ve karmaşık ise mutlaka talimat hazırlayarak bunlar bakım ekibine verilmelidir. En kısa zamanda da bu rutini daha kısa ve kolay hale getirecek revizyonlar yapılmalıdır.
4. Tasarım mümkün olduğunca basit tutulmalıdır. Karmaşık montajlardan, karışık sistemlerden ve parçalardan uzak durulmalıdır.
5. Yapılan tasarımın test edilebilir olmasına dikkat edilmelidir. Bir arızayı önceden haber verebilecek mekanik sistemler kurulmalıdır.
6. Bakım açısından erişilmesi zor olan parçaların, kaliteli ve uzun ömürlü olduğundan emin olunmalıdır. Böylece o parça için bakıma daha az ihtiyaç duyulacaktır.
7. Bakım yaparken tehlike yaratabilecek bölgelere mutlaka uyarı işaretleri konulmalıdır.
8. Özel takım gerektiren bağlantılardan uzak durulmalıdır.

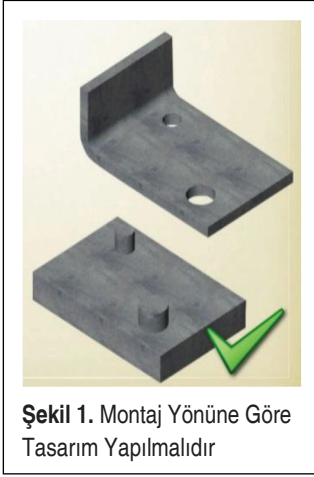
Bakım yapılabilirliği kolaylaştırmak açısından çeşitli yöntemler uygulanabilir.

## 2.1 Birimlere Ayırma (Modülerizasyon)

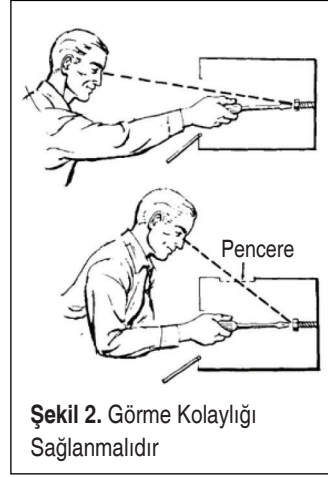
İki parçanın birleştirildiği yerde potansiyel olarak bakıma ihtiyaç vardır. Birleştirme türü de bakım tipine ve bakımın zorluğuna etki edecektir. Uygun olan yerlerde sistemleri birimlere ayırıp modülerize etmek gerekecektir [6].



- Arızalanmış bir birimi tamir ederken, onunla ilişkili çalışan diğer bir birime zarar verilmemesine dikkat edilmelidir.
- Bakım yaparken sökülmesi gereken parçalarda mümkün olduğunca kalıcı birleştirilmelerden uzak durulmalıdır.
- Özel bir parça kullanılan bir montajda yerine ona benzeyen ve soruna yol açabilecek başka bir parçanın takılamayacağından emin olunmalıdır (Poka-Yoke).
- Montaj yönünün önemli olduğu yerlerde parçanın ters yönde takılmasına engel olacak fikirler geliştirilmelidir.



**Şekil 1.** Montaj Yönüne Göre Tasarım Yapılmalıdır



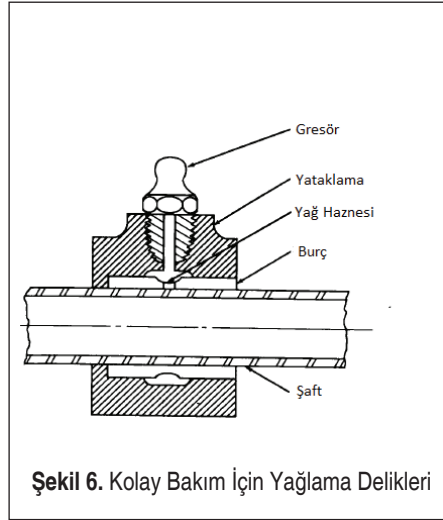
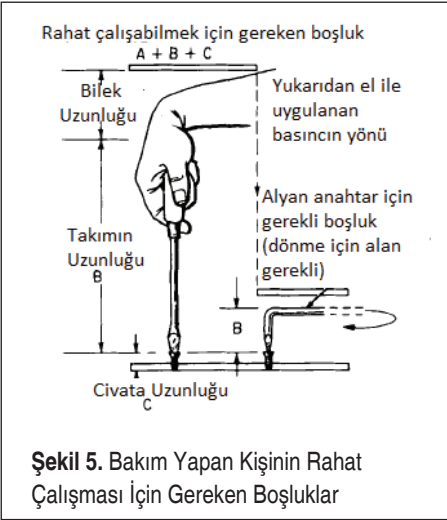
**Şekil 2.** Görme Kolaylığı Sağlanmalıdır

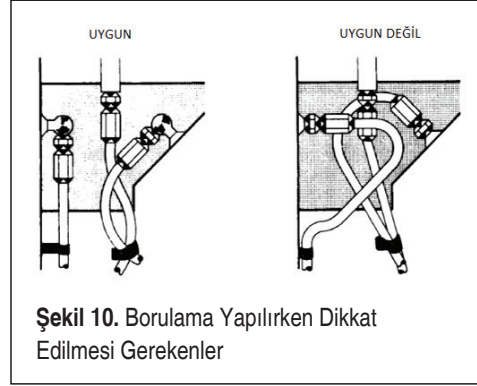
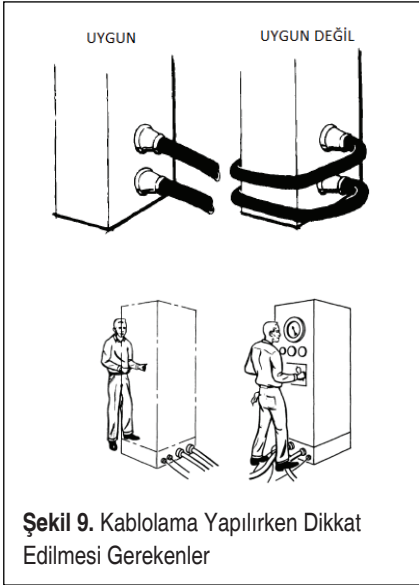
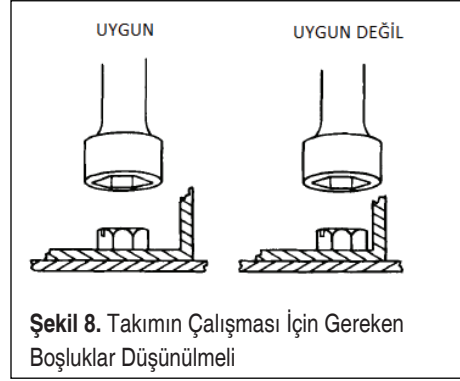
## 2.2 Taşıma ve Erişim Kuralları

Bakım esnasında parçaların taşınabilmesi ve parçalara erişilebilmesi için uygun tasarım yapılmalıdır. Çok basit tasarım uygulamaları ile bakımı yapmak çok daha kolay hale gelebilir (Şekil 1-10). Aşağıda bakım yapılabilirliği kolaylaştırmak açısından tasarımda dikkat edilebilecek bazı hususlar sıralanmıştır [10]:

- Tamir edilecek yere ulaşmak için mümkün olduğu kadar az parça sökülmelidir.
- Erişim, bakımcinin rahatça çalışabileceği yerin yeterince geniş olması demektir. Kullanılacak takımların çalışması, bakımcinin uzuvlarının rahatça geçmesi veya gerekirse sökülüp takılacak parça için yeterince alan olmalıdır.
- Bir parçayı sökmek için takım kullanmak gerekliyse, bakımçı takımı normal ve rahat bir şekilde kavradığında rahat bir çalışma alanı olacak kadar boş alan olmalıdır. Eğer takımın ve bakımcinin rahat bir şekilde çalışacağı kadar boş bir alan yaratılmıyorsa, bu durumda takımın sökülecek parça ile buluşması için kılavuz bir yol olmalıdır.

- d. Tasarlanan ulaşım boşluklarının ortalama bir insana göre değil, herkese göre olmasına dikkat edilmelidir.
- e. Bakımcı mutlaka çalıştığı bölgeyi görebilmelidir.
- f. Delik kapakları minimum 180° açılabilir ve açıldıktan sonra sabitlenebilmelidir ya da komple sökülebilir olmalıdır.
- g. En rahat çalışma yüksekliği bel ile göğüs hizası arasındır. Daha yüksek veya alçak bölgelerde, sökülebilir birimler kullanmak faydalı olacaktır.
- h. Çalışma ömrünün düşük olması beklenen parçalara, düzenli olarak bakım gerektiren parçalara ulaşım kolay olmalıdır.
- i. Montaja dâhil büyük birimler menteşeli, kızaklı ya da bir kanal içerisinde çalışacak şekilde tasarlanmalı ve sökülmesi gerektiğinde kolayca sökülebilmelidir.
- j. Söküldükten sonra uzak bir bölgeye taşınması gereken ağır modüller var ise bunların üzerine mutlaka bildiri etiketi yapıştırılmalıdır.
- k. Parçaları sökerken veya takımları kullanım alanından uzaklaştırırken ikinci bir hasar yaratmayacak kadar alan olmasına dikkat edilmelidir.





### 2.3 Parça ve Bileşenleri Dikkate Almak

Taşıma veya kullanım sırasında titreşimin neden olduğu sürüklenmeyi ortadan kaldırmak için, önceden ayarlanan cihazların doğru ayarlamadan sonra kilitlendiğinden emin olunmalıdır. Kilit somunları, vidalar, tırnaklar veya diş kilitleme macunu kullanılmalıdır. Önceden ayarlanmış potansiyometreler üzerinde bir kilit boya kullanılması uygun olacaktır [10].

Montaj sırasında parçaları daha kolay ve hızlı hizalayabilmek için, birleşme yerlerine mutlaka köşe pahı kırılmalıdır.

Boru, şase veya makina gövdesinin altına kablo gizlenmemelidir. Kablo için daha fazla koruma demek olsa da boru, şase ya da makine gövdesinin altına kablo gizlenmemelidir. Zaman içerisinde karşılaşılabilecek bir problemde kablolarla ulaşmak çok daha zor olacaktır.

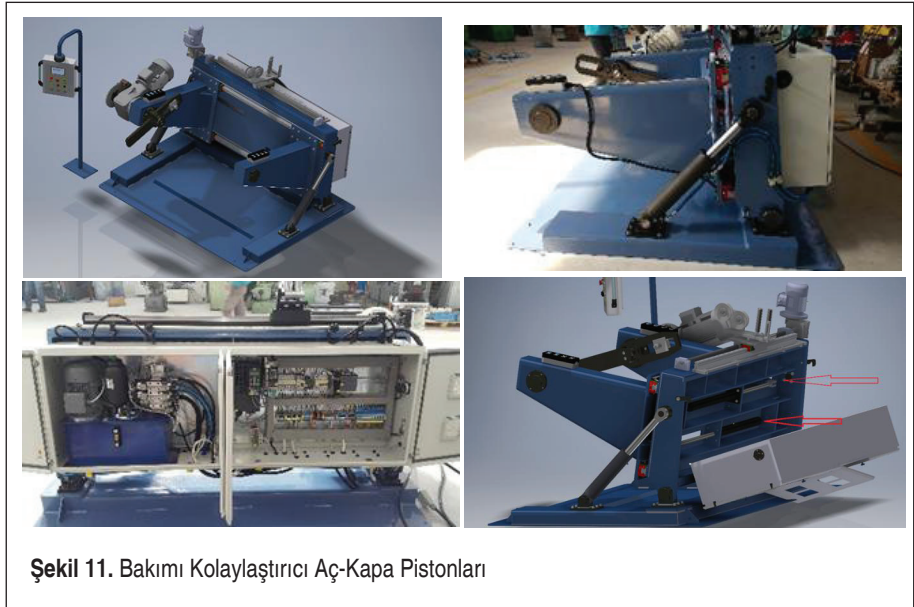
- Montajda kullanılan bağlantı elemanlarının tipleri ve boyutlarının sayısı en aza indirgenerek kullanılacak takım sayısı ve yedek parça taşıma işlemi en aza indirilmelidir. Özel aletler gerektiren standart dışı veya çok az bulunan bağlantı elemanlarından kaçınılmalıdır.
- Birden fazla takımla sökülebilen standart parçalar kullanılmalıdır.

### 3. KABLO MAKİNALARININ BAKIM YAPILABİLİRLİK AÇISINDAN TASARIMINA YÖNELİK ÖRNEKLER

Kablo sarım makinasında hidrolik sistemler vasıtası ile kollar sağa-sola aç-kapa hareketi ve gövde aşağı-yukarı hareketi yapmaktadır. Makinanın kollarına açma kapama hareketi veren pistonlar ise Şekil 11’de görüldüğü üzere arka panonun içerisine gizlenmiştir.

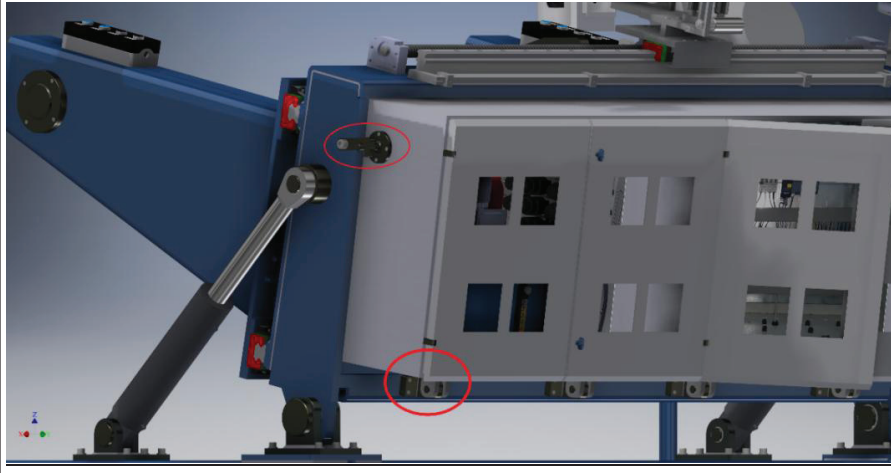
İçerisinde hidrolik ünite ve elektrik ekipmanlarını bulunduran pano Şekil 12’de görülmektedir. Bu pano makina gövdesine menteşe ile monte edilmiş olup, sabitleme için bir kilit sistemi kullanılmıştır.

Hidrolik pistonlarda bir sorun meydana gelmesi durumunda bakım ekiplerinin çalış-



Şekil 11. Bakımı Kolaylaştırıcı Aç-Kapa Pistonları

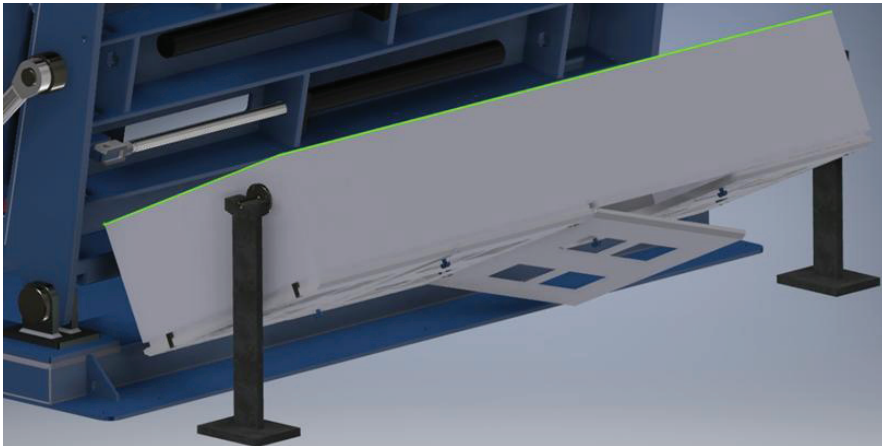




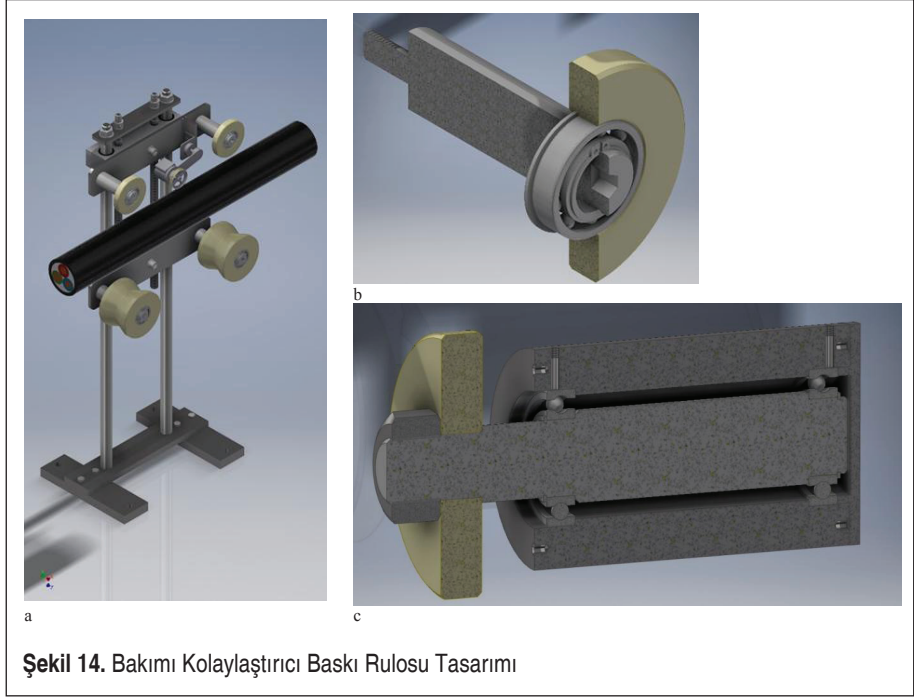
Şekil 12. Bakımı Kolaylaştırıcı Pano Montaj Mekanizması

ması için panonun açılması ve bu çalışma için gerekli ortamın yaratılması zorunludur. Bunun için tasarımcılar pek çok fikir üretebilir. Akla gelen en basit yöntemlerden bir tanesi Şekil 13'te gösterilmiştir. Bakım ekibinin makina üzerinde rahat çalışabilmesi için iki adet ayak ile pano sabitlenmiş olup, bakımcı için asgari düzeyde çalışma alanı yaratılmıştır.

Şekil 14a'da görülen tasarım ise kablo baskısı için kullanılan bir hat ekipmanıdır. Burada kullanılan iki farklı çeşitteki rulolar kablo üzerine baskı yapmaktadır. Bu ru-



Şekil 13. Bakımı Kolaylaştırıcı Sabitleme Ayakları

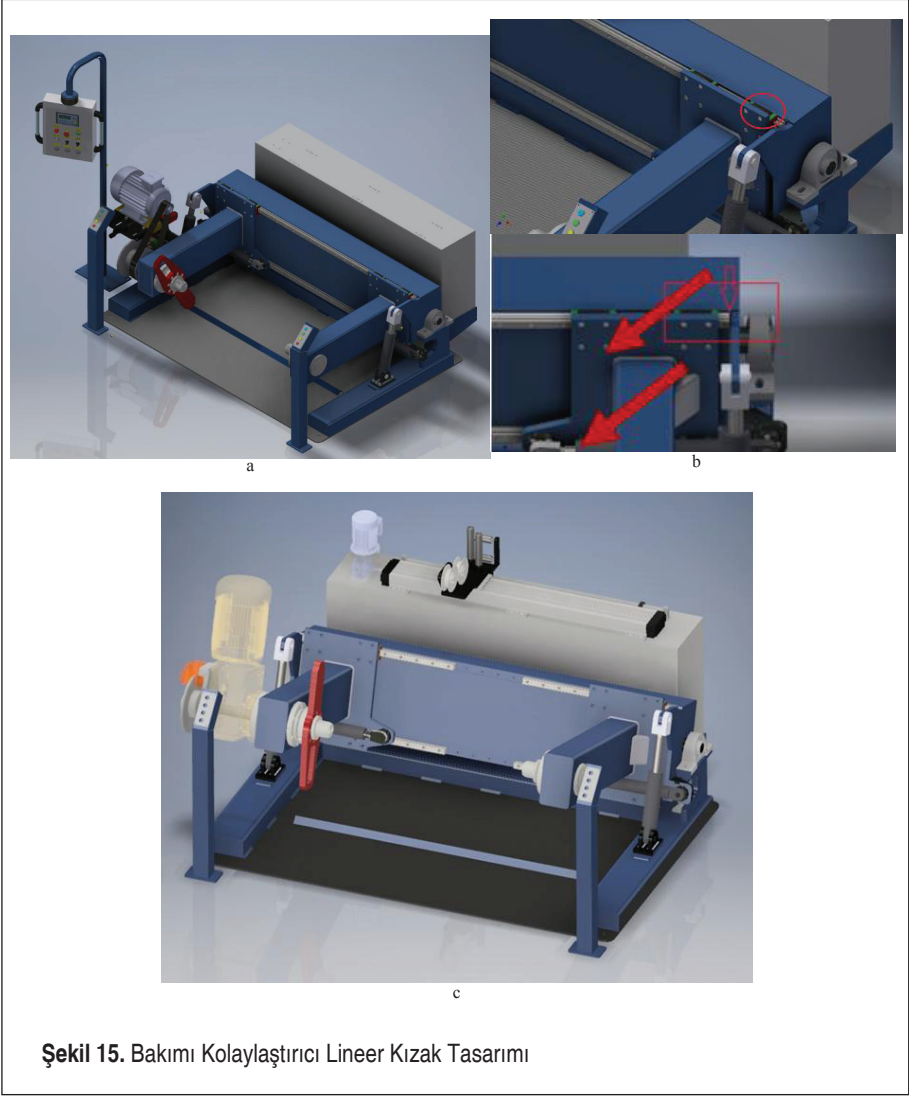


lolardan üst kısımda bulunanlarda Şekil 14b’de görüldüğü gibi bir mil, rulman, segman ve rulonun kendisi bulunmaktadır. Bakımcı açısından değerlendirildiği zaman bu sistemde aşınma miktarı en fazla olacak olan sarı renkli dıştaki rulolardır ve belirli periyotlarda değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu sistemde zaman tasarrufu açısından birkaç iyileştirme yapılabilir. Baskı rulosunun değişimi sırasında sökülmesi gereken rulman, rulodan bağımsız bir şekilde mil üzerinde yataklanabilir (Şekil 14c). Rulman periyodik bakımı için kovan üzerine gresör-lük delikleri açılabilir. Böylece bakım ekibinin çalışma süresi azaltılarak, zamandan tasarruf edilebilir.

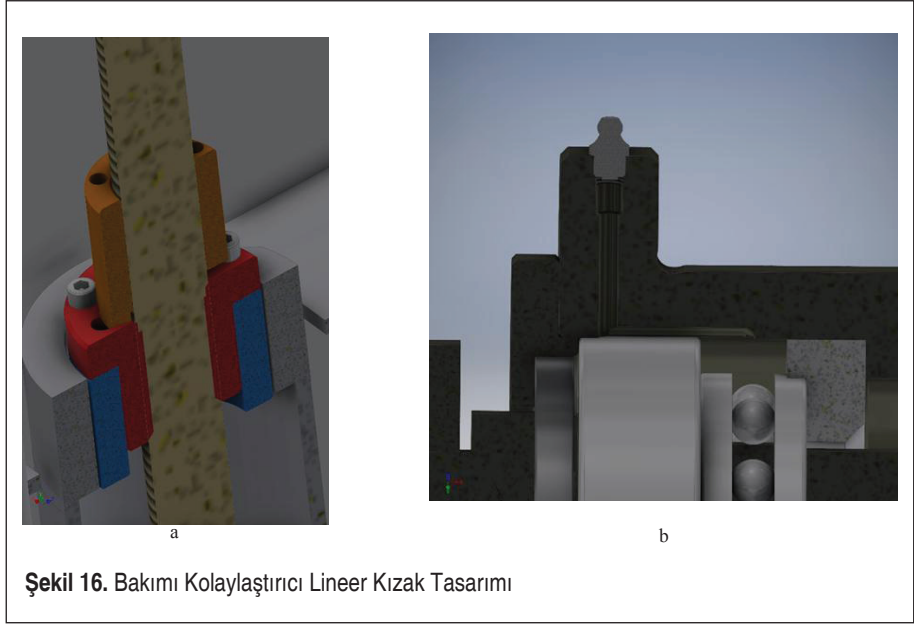
Şekil 15a’da görülen örnek tasarımda, kolların sağa-sola hareketini sağlayan lineer kızak sistemine ait lineer arabalarda bir hasar meydana gelmesi durumunda, bakım ekibinin lineer kızak üzerinde bulunan 48+ civatayı tamamen sökerek kızığı gövde-den ayırması ve sorunlu arabaya ait kolu sökmesi gerekmektedir (Şekil 15b). Tasarım üzerinde yapılabilecek değişikliklerden birisi Şekil 15c’de gösterilmiştir. Buna göre makina kollarının tamamen kapanması durumunda ortada kalan ölü kızak mesafesi çıkartılmış ve kızak dört parça halde kullanılmıştır.

Şekil 16’da ise bakımcının aktif onarım süresini kısaltacak diğer tasarım yöntemleri gösterilmiştir. Örnek bakım ekibi için önceden uyarı sistemi Şekil 16a’da gösteril-



**Şekil 15.** Bakımı Kolaylaştırıcı Lineer Kızak Tasarımı

mektedir. Vidalı mil sistemi üzerinde ufak bir modifikasyon ile gözle görülür bir uyarı sistemi kurulmuştur. Turuncu renkli burç kırmızı renkli burca sabitlenerek dönmesi engellenmiştir. Böylece kırmızı renkli burcun üzerindeki dişler zamanla aşındıkça bu iki parça arasında bırakılmış olan nominal mesafe (örneğin ~5-6 mm) azalacak ve sınır olarak belirlenen bir mesafeye düştüğü anda kırmızı renkli burcun değişmesi gerektiği sinyali verecektir. Şekil 16b’de ise rulman yağlama işleminin kolaylaştırılması için açılan bir gresörlük deliği görülmektedir.



Şekil 16. Bakımı Kolaylaştırıcı Lineer Kızak Tasarımı

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir makinanın bakımı satın alma ile başlar. Tasarım yanlışlıkları içermesinden dolayı bakım yapılabilirliği zor, yedek parçasının bulunması sıkıntılı, bakımı için özel yetenek gerektiren, bakımı yapılacak yere ulaşımın zor olduğu bir makine satın alınmışsa baştan büyük hata yapılmış demektir. Makinayı satın alırken bakım ekibinin görüşünü almak gerekmektedir. Makinayı tasarlayanlar tasarım aşamasında bakım yapılabilirliği kolaylaştırıcı çözümler düşünerek tasarımını yapmalıdır. Tasarımcı bakımıcının işini kolaylaştırma, bakım maliyetlerini azaltma, kullanılan takım çeşitliliğini, bu takımlara ulaşma sürelerini düşünme, aktif onarım zamanını kısaltma, bakım için harcanan maddi ve manevi her çeşit sermayeyi en verimli kullanma fikrini daima göz önünde bulundurmalıdır.

Tasarımcı daha henüz kavramsal tasarım aşamasında planlarını oluştururken bile mutlaka bu durumları göz önünde bulundurmalı, en uygun modeli kafasında canlandırarak, bakımıcının zamanını en efektif şekilde kullanmasını sağlamalıdır. Böylece firma hem maddi olarak hem de işgücü ile emekten tasarruf edecek ve bakım giderlerini azaltacaktır.



## KAYNAKÇA

1. **Meran, C., Erol, S. S.** 2009. Türkiye’de ve dünyada Bakım Mühendisliği Eğitimi ve Önemi, Mühendis ve Makina, cilt 50, sayı 598, s. 45-48.
2. **Güngör, A., Meran, C.** 2005. Bakımda İnsan Faktörü, II. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, MMO Denizli Şubesi, s. 291-303.
3. **Meran, C., Küçükodacı, S., Güngör, A.** 2007. Bağlantı Elemanı Özelliklerinin Makinelerin Montaj ve Demontaj Edilebilirliği Üzerine Etkisinin Analizi, III. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, Denizli, s. 355-362.
4. **Erbil, İ., Meran, C., Tan, E.** 2003. Bakımda İnsan Faktörü, Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, MMO Denizli Şubesi, s. 284-292.
5. **Meran, C.** 2015. Bakım Tekniği ve Uygulamaları Ders Notları, Denizli, s. 3.
6. **Ebeling, C.** 2010. Intro to Reliability and Maintainability Engineering 2<sup>nd</sup> Ed., Waveland Press Inc.
7. **Dhillon, B. S.** 1999. Engineering Maintainability: How to Design for Reliability and Easy Maintenance, ISBN: 0-88415-257-X, Gulf Publishing Company.
8. **Meran, C., Güngör, A., Gültekin E., Erol, S. S.** 2009. Bakım Alanında Anahtar Performans Göstergelerinin (APG) Kullanımı, IV. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Denizli, 22-24 Ekim 2009, s. 271-278.
9. NASA, MAN-SYSTEMS Integration Standarts Volume I, Section 12 Design For Maintainability, <https://msis.jsc.nasa.gov/sections/section12.htm>.
10. **Taylor, A.** Design for Maintainability: Principles, Modularity and Rules, [www.design1st.com/Design-Resource-Library/design\\_tips/Design\\_for\\_Maintainability.pdf](http://www.design1st.com/Design-Resource-Library/design_tips/Design_for_Maintainability.pdf).