

ASANSÖR KABİN KAPILARININ MONTAJA UYGUN TASARIMI

C. Erdem İMRAK*, Özlem SALMAN**

*imrak@itu.edu.tr İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34437-İstanbul

** ozlemsalman@itu.edu.tr İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34437-İstanbul

ÖZET

Montaja uygun tasarımda iyi bilinen bir kaç tane değerlendirme metodu vardır. Bunlardan en iyi bilinenleri Boothroyd-Dewhurst metodu, Hitachi metodu, Lucas metodu ve IPA Stuttgart metodudur. Bu çalışmada montaja uygun tasarımın tanımlanması ve bu tasarım tekniğinin asansör kabin kapılarına uygulanması ele alınmıştır. Mevcut ve önerilen kabin kapı mekanizmalarının parça sayısı, maliyet ve işlemlere göre kıyaslanması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Montaja Uygun Tasarım, Asansör

ABSTRACT

There are several well-known quantitative evaluation methods in design for assembly. The best known design for assembly methods are Boothroyd-Dewhurst method, the Hitachi method, the Lucas method and IPA Stuttgart method. A case study of implement design for assembly principles on elevator car doors has been conducted. In this study conventional and proposed car door mechanisms are compared according to their parts number, cost and processes.

Keywords: Design for Assembly, Elevator

1. GİRİŞ

Asansör iç kapıları hareketli kabin ile kuyu kapıları arasında konumlandırılan ve içerisindeki kullanıcının herhangi bir şekilde zarar görmesini engelleyen yapılardır [1]. Günümüzde tasarlanan ve üretilip piyasada kullanılan birçok asansör iç kapısı modeli vardır. Asansör kabin kapıları, asansör iç kapısı iki bölüme ayrılabilir. Bunlar tahrik bölümü ve kapı plakaları bölümüdür. Tahrik mekanizmasında bir motor, ana kart ve mekanik aksam yer almaktadır [2].

Bu çalışmada montaja uygun tasarım ilkeleri asansör kabin kapılarına uygulanmış, önerilen yeni tasarımın avantajları ve sınırlılıkları, mevcut tasarım ile parça sayısı, maliyet ve işçilik yönünden kıyaslanmıştır.

2. MONTAJA UYGUN TASARIM

Montaj ürün maliyetini ve kalitesini etkileyen en önemli üretim aşamalarındandır. Montaja uygun tasarım rekabet edebilir ürünlerin oluşumunda ve pazara ürün verme zamanının azaltılmasında anahtar elemanlardır [2]. Montaj maliyetini azaltmanın ve üretkenliği arttırmanın en uygun ve verimli yolu ürünün tasarımı aşamasında montaj problemlerinin ele alınmasından geçmektedir. Montaja uygun tasarımın ilkesi, kolay montaj edilen, elle veya otomatik olarak kolay beslenen, birleştirilen ürün veya bileşenleri tasarlamak, montajdaki parçaların sayısını azaltmak, parçaların monte edilebilirliğini optimize etmek, kaliteyi verimliliği arttırmak ve montaj maliyetini azaltmak, parçaların ve montajın işlenebilirliğini optimize etmektir. Montaja uygun tasarım eşzamanlı mühendislik faaliyetleri çerçevesinde ürün geliştirmede montaj zamanını kısaltmak, montajı kolaylaştırmak ve montaj hatalarını önlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Montaja uygun tasarım ürün strüktürünü sadeleştirmeyi şart koşar. Çünkü bir ürünü oluşturan parçaların toplam sayısı ürün montaj kalitesini belirleyen en önemli kriterdir [3,4]. Montaja uygun tasarım yetmişli yılların sonlarında ve seksenli yılların başlarında, otomatikleştirilmiş montaj yüksek seviyelere doğru ilerlerken, otomasyon kapasitesiyle alakalı mevcut ürün tasarımının eksiklikleri vurgulanmıştır.

Birçok montaja uygun tasarım tekniği ve değerlendirme mekanizmaları mevcuttur. Bunlardan en iyi bilinenleri Boothroyd-Dewhurst metodu, Hitachi metodu, Lucas metodu ve IPA Stuttgart metodudur.

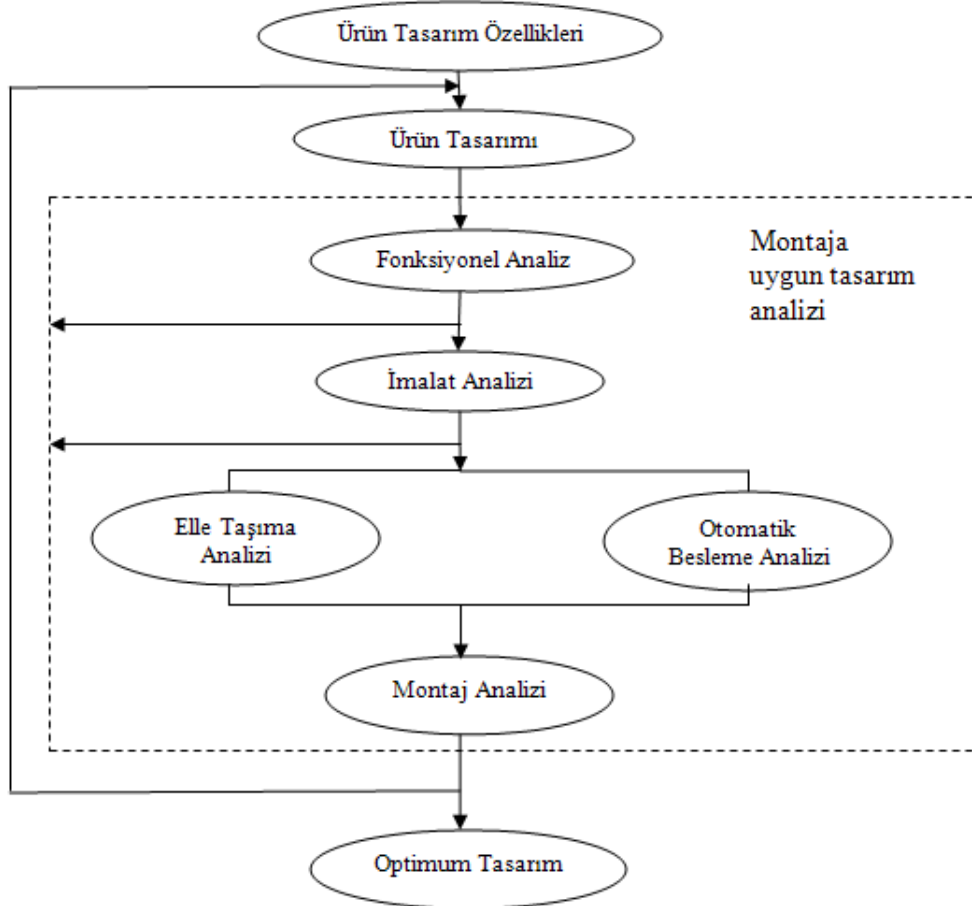
IPA Stuttgart metodunu Fraunhofer Araştırma Enstitüsü geliştirmiştir. Bu metot bütün tasarım süreci boyunca, ürünün gelişimi ve montaj edilebilirliğinin değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Montaja uygun tasarım süreçleri tanımlanır ve burada teknik gereksinimler farklı aşamalarda tasarım sürecine sistematik olarak uygulanır.

Hitachi Limited Şirketi, daha iyi montaj edilebilirlik kriteri elde etmek üzere tasarım kalitesini geliştirmek için etkili bir yol olan Montaj edilebilirliğin Değerlendirilmesi Metodunu (Assemblability Evaluation Method, AEM), MDM, geliştirmiştir. Söz konusu bu metot şirketin kendi metodudur. O günden beri Hitachi Grubu dahil birçok ulusal veya uluslar arası firma tarafından kapsamlı olarak kullanıldı. Bunun sonucu olarak en etkili metodolojilerden biri olarak kabul görmeye başladı. [4].

Lucas Montaja uygun tasarım metodu, Lucas Organizasyonu ile Hull Üniversitesinin arasındaki işbirliğin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bu metot sistematik olarak bir prosedürü takip eder. Söz konusu bu prosedürde montaj edilebilirliğin önemli durumları, parçanın imalatı göz önünde bulundurulur. Burada sistemin bir bilgisayar destekli tasarım sistemi ile birleştirilmesi düşünülür. Çünkü minimum zaman ve çaba harcayarak işin analizi için gerekli olan bilgilerin büyük bir kısmının tedarik edilmesi kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Bilgisayar destekli tasarım sistemleriyle birlikte çalışan bu sistem diğer tek başına çalışarak verimli olan sistemlere göre daha avantajlıdır. [4].

Boothroyd-Dewhurst montaja uygun tasarım metodunun amacı uygun montaj metodunu belirlemek, montajlanması gerekli parçaların sayısını azaltmak ve geriye kalan parçaların kolaylıkla montaj edilebilmesini sağlamaktır.

Montaja uygun tasarım analizi akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Fonksiyonel analiz her bir bileşenin ürün performansı için gerekli olup olmadığının değerlendirilmesiyle parça sayısını azaltmayı kolaylaştırır. İmalat analizi, imalat prosesinde kullanılan süreçlere dayalı olarak her bir bileşenin üretim maliyeti ile ilişkisini tanımlar. Taşıma analizi elle taşıma ve toplanma noktasına otomatik besleme için bir bileşenin uygunluğu değerlendirir. Montaj analizi dikkat çeken problemleri ve verimsiz işlemleri azaltmak için kullanılır [5-7].



Şekil 1. Montaja uygun tasarım analizi akış şeması.

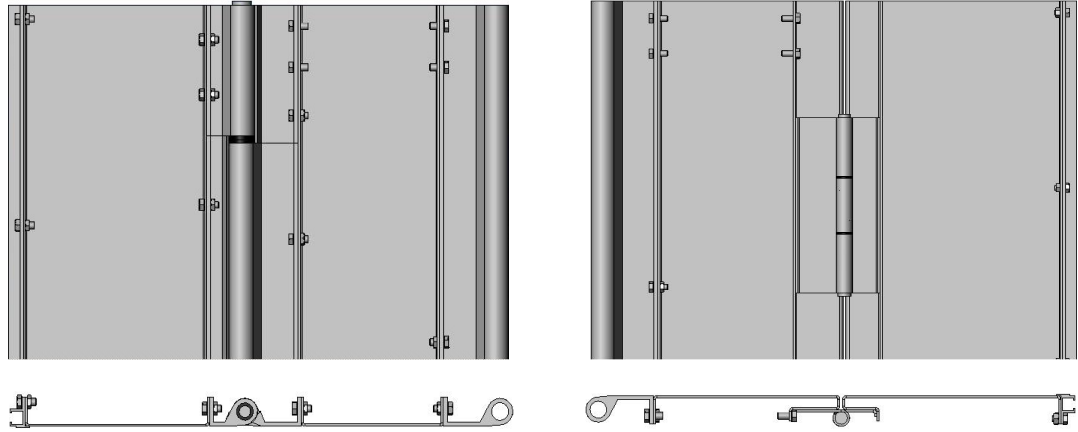
3. ASANSÖR KABİN KAPILARI

Asansör kabinleri kapıları EN 81-1 standardı ile uyumlu olmalıdır. Günümüzde yolcu asansörleri için birçok kabin kapı modeli ve ekipmanları mevcuttur [2]. Asansör iç kapısının açılması işleminde öncelikle asansör kabini kata geldiğinde ana karttan gelen emirle motor dönmeye başlar ve ardından motora bağlı kayış kassak mekanizması bir dönme yaparak mekanizmada yer alan büyük dişli üzerine bağlı olan kollar döner ve kapı açılır. Bu arada asansör kullanıcısı asansörü terk ettikten sonra kapı açılma prosedürünün tam tersi işlemler gerçekleştirilerek iç kapı kapanır. Asansör iç kapısının diğer bölümü ise kapı plakalarının olduğu bölümdür. Tahrik mekanizmasının çalışmasıyla birlikte bu dönme hareketi kapı plakalarına iletilir ve böylece bu plakalar açılma veya kapanma hareketlerini gerçekleştirebilirler. Asansör kabin kapılarının en uzun montaj sürecine sahip bölgesi bu kapıların plakalarının montajıdır. Bu sebeple bu çalışmada sözü edilen kapıların monte

edilebilirliğini artırma çalışmaları kapı plakalarının montajlarına uygulanmaya çalışılacaktır [8].

4. MONTAJA UYGUN TASARIM SONRASINDA ASANSÖR KABİN KAPILARI

Asansör kabin kapıları asansör iç kapısı iki bölüme ayrılabilir. Bunlar tahrik bölümü ve kapı plakaları bölümüdür. Tahrik mekanizmasında bir motor, ana kart ve mekanik aksam yer almaktadır. Mevcut asansör kapı panellerinin ve yeniden tasarlanan asansör kapı panellerinin önden ve üstten görünüşleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

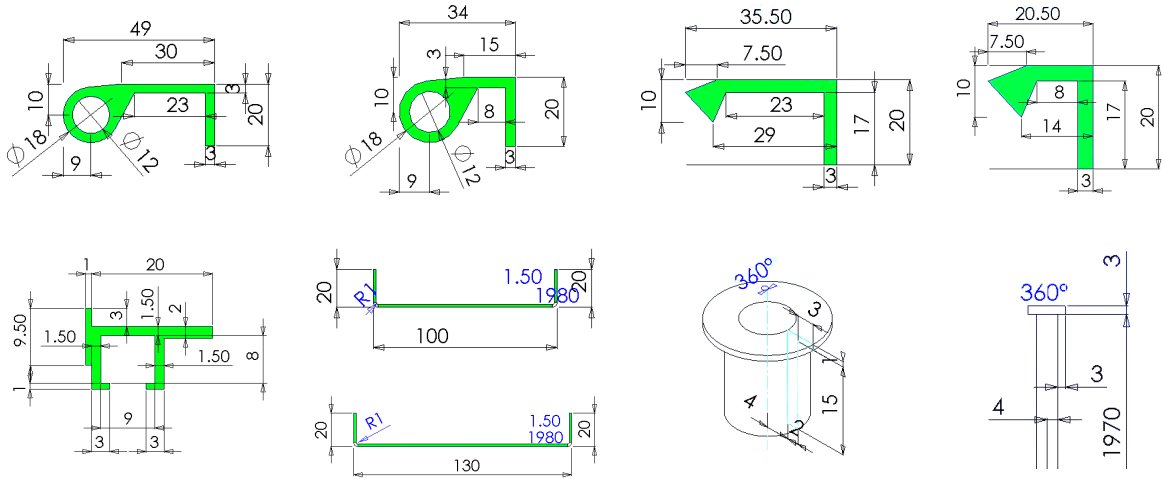


Mevcut tasarım

Yeni tasarım

Şekil 2. Asansör kabin kapı panelleri görüntüsü

Kauçuk ray aparatları, asansör kapı panellerinin açılma kapanma ve konumlandırması sırasında oluşan gürültü ve titreşimi en aza indirmek amacıyla iki bağlantı elemanı arasına eklenir. Asansör kabini kapı panelleri montaj parçaları Şekil 3’te örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Mevcut tasarımın montaj bileşenleri.

4.1 Mevcut Sistemdeki Montaj Süreci ve İşçilikler

Mevcut kapı mekanizmasında kullanılacak olan 5 farklı alüminyum kesitte malzeme vardır. Bunların imal edilmesi uzun zaman almaktadır. Aynı kesite sahip fakat farklı boyutlarda parçaların sistemde yer alması nedeniyle genellikle 3 metre boylarda imal edilir. Bu boyutlardaki alüminyum malzemelerin kapıların üretildiği yerlere transferi ek bir zaman ve maliyet yükü teşkil etmektedir. Kapı üretiminin yapıldığı yere getirilen alüminyum parçaların istenilen boyutlarda kesilmesi ve bu işlem için özel bıçaklar temin edilmesi gerekir. Bu üçer metrelik alüminyumların rahat kesilebilmesi için uygun alanın sağlanması da ayrı bir problemdir. Mevcut sistemde yer alan plakaların her birinde iki adet bükme işlemi vardır. Komple bir kapıda 8 adet bükme işlemi gerçekleştirilecektir. Mevcut sistemde alüminyum parçalarla plakaların birbirine bağlanması için alüminyum ve plakalarda toplam 212 adet M5 delik açılması gerekir. Bu çalışmada montaja uygun tasarım prensipleri dikkate alınarak delik sayısı azaltılmıştır. Açılan bu deliklerin her biri cıvata ve somunla birbirine tutturulacaktır. Ayrıca alüminyum parçaların her birinin birleşme yerlerinde kauçuk aparatlar kullanılacaktır.

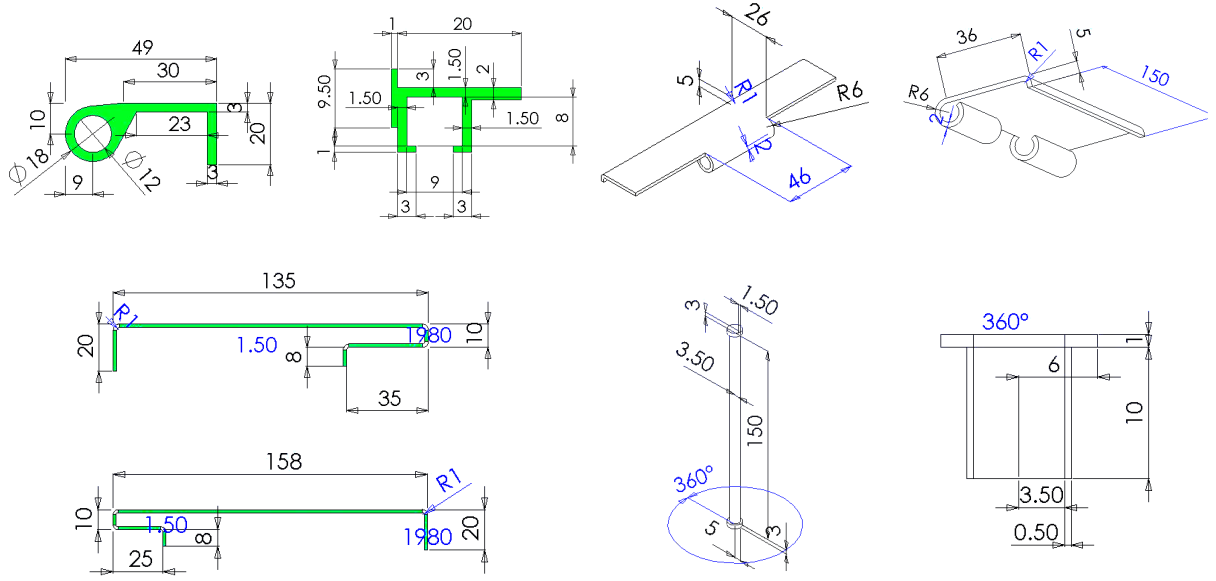
4.2 Yeniden Tasarlanan Mekanizmada Yer Alan Önemli Süreçler

Yeni tasarımda kapı panelleri ve alüminyum bileşenler incelenmiş ve montaja uygun tasarım ilkeleri kullanılarak yeniden tasarlanmıştır. Eski bileşenlerin kullanılmasında ki esas problem yüksek maliyet, montaj zorlukları, yüksek işçilik maliyeti ve fazla işlem sayısıdır. Bunlar ürünün piyasadaki rekabet durumunu etkilemektedir. Yeniden tasarımda kullanılan alüminyum parçaların kesitleri iki türdür ve bunlar sadece bir defalık kesme işlemine uğrayarak istenilen ölçüye getirilir. İmalathaneden bu boyutta imal edilmesi talep edilir. Böylece hem özel bir kesme bıçağının maliyetinden, hem de onu kesecek olan işçinin zamanından tasarruf edilmiş olur. Yeni tasarlanan sistemde yer alan plakalar mevcut sistemde yer alandan biraz daha farklıdır ve her plaka için 3 adet bükme işlemi söz konusudur. Böylelikle komple bir kapıda toplam 12 adet bükme işlemi gerçekleştirilecektir. Bunun sebebi ise hem plakaların estetiğini korumak hem de az bir ek maliyet yükü ile mevcut sistemde yer alan ve yüksek maliyete sahip alüminyum parçalar yerine yeni tasarlanan menteşelerin kolayca kaynakla monte edilebilmesini sağlamaktır.

Yeni tasarımda, Şekil 4'te görülen parçalardan oluşan menteşeler kullanılacaktır. Bu menteşelerin kullanıldığı yeni tasarımda ortaya çıkabilecek titreşimleri ve dolayısıyla sesleri engellemek için menteşelerin birleşme noktalarına kauçuk aparatlar yerleştirilecektir. Yeni tasarımla mevcut sistem arasındaki en önemli montaj farkı kaynak işleminin kullanılmasıdır. Mevcut sistemin cıvata ve somunlarla montajlanması hem istenilen hassasiyeti sağlamamakta, hem de çok uzun zaman almaktadır. Ayrıca yeni tasarımda sadece 108 adet delik delme işlemi yapılacaktır.

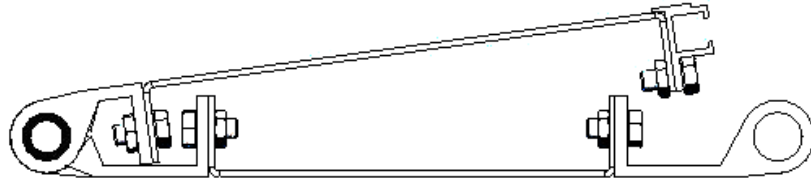
4.3 Standart Rulmanlı Menteşe Kullanılan Yeniden Tasarlanan Mekanizmada Yer Alan Önemli Süreçler

Bu çalışmada standartlaştırılmış bu özel rulmanlı menteşenin kullanımı ile sistemde istenilen gürültüsüz çalışabilme hedefine ulaşılmıştır. Bunlar kolaylıkla kaynakla monte edilebilmektedir. Mevcut tasarımda ve yeni tasarımda kullanılan kauçuk aparatlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu, bileşenlerin sayısını azaltmak ve işçiliği en aza indirmek için faydalı bir işlemdir. Her 3 tasarım için kullanılan parça miktarları Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te ayrı ayrı listeler halinde verilmiştir.



Şekil 4. Yeni tasarımın montaj bileşenleri

Mevcut tasarımın kullanımı esnasında bazı yetersizlikler söz konusudur. Bunların en önemlisi kapının açılması esnasında tamamen katlanamaması ve dolayısıyla kullanıcının kullanacağı kabin çıkışının daralmasıdır. Şekil 5'te mevcut sistemin maksimum kapanabilme kabiliyeti görülmektedir. İki tasarım kıyaslandığında yeni tasarımın açılıp kapanabilme kabiliyeti mevcut tasarıma göre daha iyidir.



(a) Mevcut sistemin katlanabilme kabiliyeti



(a) Yeniden tasarlanan sistemin katlanabilme kabiliyeti
Şekil 5. Kapı panellerinin katlanabilme kabiliyeti

4.4 Parça Sayısı Bakımından Kıyaslama

Tablo 1. Mevcut sistemde yer alan parça kullanım miktarları.

Parça adı	Parça adedi
100 mm.'lik büyük L kesitli alüminyum tutturma aparatı	4
590 mm.'lik büyük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	4
600 mm.'lik büyük L kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
95 mm.'lik küçük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	4
600 mm.'lik küçük L kesitli alüminyum tutturma aparatı	4
590 mm.'lik küçük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
1980 mm.'lik kauçuk ray kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
1980 mm.'lik büyük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
100 mm.'lik sac / paslanmaz plaka (1980mm)	2
130 mm.'lik sac / paslanmaz plaka (1980mm)	2
1 mm.'lik kauçuk aparat	4
2 mm.'lik kauçuk aparat	4
3 mm.'lik kauçuk aparat	8
8 mm.'lik kapı tiji (1970mm.)	2
M5 civata	106
M5 somun	98
TOPLAM	250

Tablo 2. Yeniden tasarlanan sistemde yer alan parça kullanım miktarları

Parça adı	Parça adedi
150 mm.'lik sol menteşe parçası	8
150 mm.'lik sağ menteşe parçası	8
7 mm.'lik menteşe çubuğu	8
1980 mm.'lik kauçuk ray kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
1980 mm.'lik büyük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
135 mm.'lik sac / paslanmaz plaka (1980mm)	2
158 mm.'lik sac / paslanmaz plaka (1980mm)	2
1 mm.'lik kauçuk aparat	32
M5 civata	56
M5 somun	48
TOPLAM	168

Tablo 3. Rulmanlı menteşeli sistemde yer alan parça kullanım miktarları

Parça adı	Parça adedi
Rulmanlı paslanmaz menteşe	4
1980 mm.'lik kauçuk ray kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
1980 mm.'lik büyük G kesitli alüminyum tutturma aparatı	2
135 mm.'lik paslanmaz plaka (1980mm)	2
158 mm.'lik paslanmaz plaka (1980mm)	2
M5 civata	56
M5 somun	48
TOPLAM	116

Bu çalışmada montaja uygun tasarım ilkeleri asansör kabin kapılarına uygulandıktan sonra, yeni sistemin 168 parçadan oluştuğu görülmüştür. Buradan montaja uygun tasarım ilkelerinin en önemlisinin “minimum sayıda montajlanacak parça kullanımı sağlanmalıdır”

ilkisinin gerçekleştirildiği görülmektedir. Mevcut tasarımda 212 delik delme prosesine ihtiyaç duyulmasına rağmen, önerilen tasarım sadece 108 delme prosesi gerektirir. Montaj süreçleri bakımından her üç tasarımda ele alınırsa anlaşılan odur ki, montaja uygun tasarım tekniğinin “standart malzeme kullanımı arttırılmalı” ve “kullanılan malzeme miktarı azaltılmaya çalışılmalı” ilkelerinden yola çıkarak normal sac plaka için en uygun tasarım yeni tasarım, paslanmaz plakalar için en uygunu ise rulmanlı menteşe kullanılan tasarımdır.

4.5 Maliyet Açısından Kıyaslama

Tablo 4. Maliyet karşılaştırma tablosu

Malzeme ve işçilik		Mevcut sistem		Yeni tasarlanan sistem		Rulmanlı menteşeli sistem	
		Adet veya miktar	Maliyet (TL)	Adet veya miktar	Maliyet (TL)	Adet veya miktar	Maliyet (TL)
Aluminyum parçalar		9.263kg	80	4.316kg	37.3	4.316kg	37.3
Plakalar	<i>Sac (1.5)</i>	14.011kg	17.5	19.432kg	24.3	-	-
	<i>Paslanmaz</i>	7.557kg	21.16	10.532kg	29.5	10.532kg	29.5
Kauçuk aparatlar		16	4	32	8	-	-
Kapı tijleri		2	2.5	-	-	-	-
M5 civata		106	2.12	56	1.12	56	1.120
M5 somun		98	0.98	48	0.48	48	0.48
İşçilik maliyeti		-	45	-	25	-	-
Menteşeler	<i>Sac</i>	-	-	8	11.2	-	-
	<i>Paslanmaz</i>	-	-	8	24	-	-
Ek bükme operasyonu		-	-	-	5	-	5
Rulmanlı menteşe		-	-	-	-	4	26
Toplam maliyet	<i>Sac plaka kullanımında</i>		152.1		112.4		124.4
	<i>Paslanmaz plaka kullanımında</i>		155.76		130.40		

Maliyet açısından bakıldığında paslanmaz olmayan plakalar kullanılarak yapılacak olan kapılarda yeni tasarım kullanılırsa mevcut tasarıma göre yaklaşık 40TL. kar sağlanmaktadır. Eğer paslanmaz plakalar kullanılacaksa rulmanlı menteşe kullanılarak mevcut tasarıma göre yaklaşık olarak 31 TL. kar sağlanmaktadır.

5. SONUÇLAR

Montaja uygun tasarım ürünleri, minimum maliyetle ve maksimum kalite ve güvenilirlik de tasarlamaya teşvik eder. Bu çalışmada bir mevcut universal asansör kabin kapısının yapısı incelenmiş ve daha sonra montaja uygun tasarım ilkeleri kullanılarak daha kolay monte edilebilecek yeni bir tasarım ortaya konmuştur. Son olarak da bu sistemlerin avantaj ve sınırlılıkları farklı kriterler ışığında birbirleri ile kıyaslanmışlardır. Montaja uygun tasarımın, optimize edilmiş tasarımı sayesinde verimli üretim ve montaj ulaşmada önemli bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır.

Ortalama olarak, montaja uygun tasarım teknikleri verimleri montaj maliyetlerinde % 20 - % 30 azalma ve üretim maliyetlerinde % 10 -% 15 azalma olduğu ortaya konmuştur. Bu sonuçlar düşük maliyet ve yüksek kar verimliliği ile daha rekabetçi bir ürün olduğunu gösterir.

6. KAYNAKÇA

[1] STEIN, B., REYNOLDS, J. S., MCGUINNESS, W. J., **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**, John Wiley & Sons, New York, (1986).

[2] DAY, P. H., **Transportation Systems in Buildings Guide D**, CIBSE Publ., Norfolk, (2000).

[3] ÖZBAŞ, E., Eşzamanlı mühendislik esasları ve bazı uygulama yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1999).

[4] REDFORD, A., CHAL, J., **Design for Assembly**, McGraw-Hill Book Company, London, (1994).

[5] MILES, B., SWIFT, K. G., Design for Assembly, **Automotive Engineer**, 13 (3), 38-40, 1988.

[6] BOOTHROYD, G., Product Design for Manufacture and Assembly, **CAD**, 26 (7), 505-520, (1994).

[7]BOOTHROYD, G., Making It Simple: Design For Assembly, **Mechanical Engineering**, 110 (2), 28-31, (1988).

[8] JANOVSKY, L., **Elevator Mechanical Design**, Elevator World Inc., Mobile, (1999).