



## A Conceptual Design Application with a Systematic Approach: Disabled-Friendly Gym Equipment

Abdullah ÇELİK<sup>1,\*</sup>  C. Oktay AZELOĞLU<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, 34349-Besiktas / ISTANBUL

### Graphical/Tabular Abstract

#### Article Info:

Research article  
Received: 28.04.2022  
Revision: 25.05.2022  
Accepted: 26.05.2022

#### Highlights

- Application of systematic design approach
- Conceptual design of a disabled-friendly gym equipment

#### Keywords

Systematic Design Approach,  
Conceptual Design,  
Disabled Oriented Design,  
Gym Equipment.

In this study, gym equipment suitable for the disabled was designed conceptually with the systematic approach of Pahl and Beitz. Figure A displays the conceptual design.

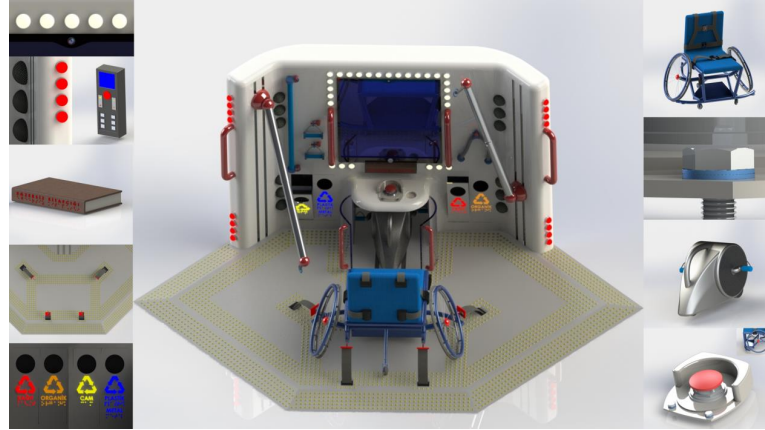


Figure A. Conceptual design of the disabled-friendly gym equipment

**Purpose:** A design that eases the availability of each gym equipment by disabled people has been intended after collecting various sports equipment in one place. Moreover, it is aimed at a system containing some inventions and safety precautions that do not exist in current systems by taking care of the sensitivity of the disabled.

**Theory and Methods:** For the systematical design, the task was clarified, and the requirements list was set up. Then, abstracting was made to identify the essential problems, and the function structures were established. Later, solution principles for sub-functions were identified, and a suitable working structure was selected. Solution variants were determined. Then, variants of conceptual design were evaluated against technical and economic criteria.

**Results:** As a consequence of combining the solutions for various functions of gym equipment, sixteen solution variants were determined. After technical and economic evaluation, the solution variant with the highest score was chosen among the solution variants.

**Conclusion:** In this study, the conceptual design of new multi-functional gym equipment suitable for disabled individuals has been made. For this purpose, the gym equipment makes it easier for the disabled to access different gym equipment by bringing them together was designed. The offered design, as a disabled-friendly multi-functional sports device, facilitates exercise and provides physical therapy. The study shows that the methodical use of the principles of the systematic design approach makes it easier to reach the most appropriate solution idea.



## A Conceptual Design Application with a Systematic Approach: Disabled-Friendly Gym Equipment

Abdullah ÇELİK<sup>1,\*</sup> C. Oktay AZELOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349-Besiktas / İSTANBUL

### Abstract

Today, studies have been conducted in many fields so that disabled individuals can improve their quality of life and benefit from opportunities equally. One of these areas is sports activities. Disabled-friendly systems should be designed so that the disabled can do sports. In this study, the conceptual design of new sports equipment suitable for the disabled has been made. For this aim, a design that facilitates the availability of each single sports equipment by disabled individuals has been intended after gathering different types of sports equipment in one single place. Besides, this system includes some innovations and security measures that do not exist in present systems by taking care of the sensitivity of the disabled as well. Pahl and Beitz's systematic design approach was used as a method in the study. The improved sports equipment might be used both for sports and physical treatment by disabled individuals so that they could make the movements related to many muscle groups easily, and it might serve at home, in gyms, and physical treatment centers as well.

### Makale Bilgisi

*Araştırma makalesi*  
*Başvuru:* 28.04.2022  
*Düzeltilme:* 25.05.2022  
*Kabul:* 26.05.2022

### Keywords

*Systematic Design Approach,*  
*Conceptual Design,*  
*Disabled Oriented Design,*  
*Gym Equipment.*

### Anahtar Kelimeler

*Sistematik Tasarım Yaklaşımı,*  
*Konsept Tasarım,*  
*Engellilere Yönelik Tasarım,*  
*Spor Aleti.*

### Sistematik Yaklaşımla Bir Konsept Tasarım Uygulaması: Engelli Dostu Spor Aleti

### Öz

Günümüzde engelli bireylerin yaşam kalitesinin artırılması, fırsat ve imkânlardan eşit şekilde yararlanması için pek çok alanda çalışmalar yürütülmektedir. Bu alanlardan biri de spor faaliyetleridir. Engellilerin spor yapabilmesi için engelli dostu sistemler tasarlanmalıdır. Bu çalışmada, engelli bireylerin kullanımına uygun çok fonksiyonlu yeni bir spor aletinin konsept tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla, farklı spor aletlerini bir tek yerde toplayarak engellilerin her bir spor aletine ulaşımını kolaylaştıran bir tasarım hedeflenmiştir. Ayrıca, bu sistem engellilerin hassasiyetleri de gözetilerek mevcut sistemlerde olmayan yenilikler ve güvenlik önlemleri içermektedir. Çalışmada yöntem olarak Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Geliştirilen spor aleti, engelli bireylerin birçok kas grubuyla ilgili hareketleri kolaylıkla yapabilmelerini sağlayarak hem spor hem de fizik tedavi amacıyla kullanılabilir, ayrıca gerek evlerde gerek spor tesislerinde gerekse de fizik tedavi merkezlerinde hizmet sağlayabilecektir.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya nüfusunun yaklaşık dörtte biri doğrudan çeşitli engellere sahip veya dolaylı olarak bireylerin engel türlerinden etkilenmektedir [1]. Engelli bireyler kendi fiziksel ve duygusal eksiklerinin yanında normal hayatın içinde karşılaştıkları sorunlarına ek olarak bir de başka engellerle de mücadele etmek zorunda kalırlar ve bu sebeple daha düşük bir yaşam kalitesine sahiptirler [2]. Sosyal devlet olmanın gereği olarak bedensel, zihinsel, görme ve işitme engelli bireylerin eşit imkanlara sahip olması, her türlü ihtiyaçlarının karşılanması ve üretken bir toplumda yer almaları gerekmektedir. Bir toplumun gelişmişlik seviyesi engelli bireylere verdiği değerle ölçülebileceği gibi onlara gerekli imkanları sunmak toplumu oluşturan her bir bireyin asli görevidir. Şüphesiz engelli bireyler için rehabilitasyonun ve sosyal entegrasyonun bir parçası olan spor ve fiziksel aktivite son derece ehemmiyetlidir. Nitekim Antik çağlardan beri fiziksel hareketlilik

rehabilitasyon amaçlı kullanılmaktadır [3]. Spor yapmak toplumdaki en hareketsiz topluluk olan engellilerin yalnızlığını ve diğer insanların ayırıcı davranışlarını azaltırken sosyal statülerini artırır [4]. Egzersiz ve spor yapan engelli bireylerin yaptıkları spor sonrası oluşan yorgunluğun ve hareket sebebiyle oluşan hormonların getirdiği mutluluğun uyku sorunlarını çözdüğü, öfke kontrolü sağladığı, aile içi ilişkilerini olumlu yönde etkilediği, arkadaşlık kurmayı kolaylaştırdığı ve bireyin sosyalleşmesine önemli derecede katkı sağladığı görülmüştür [5,6].

Spor bazıları için yalnızca boş zaman aktivitesi iken, bazı insanlar için bunun ötesindedir. Spor ayrıca engelli bireylerin sosyalleşmesini sağlamasının yanında aynı zamanda kendilerini kanıtlayarak bir adım öteye gidebilecekleri bir alan olarak da farklı bir anlam kazanır [7]. Engellilerin ihtiyaçlarını karşılama, bu önemli durumun farkındalığını artırmaya yönelik çalışmaların önemi, sportif faaliyetlerde karşılaşılan problemlerle de ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte spor tesisleri, spor aletleri ve ekipmanlarının yeterliliği, erişimi ve ulaşılabilirliği engelliler için şüphesiz en önemli unsurlardan bazılarıdır.

Bu tespitler ışığında, engelli bireylerin spor salonlarında veya kendi kişisel alanlarında egzersiz yapmalarını kolaylaştıracak ve değişik kas gruplarını çalıştıran spor aletlerini bir arada barındıracak engelli dostu bir sisteme ihtiyaç vardır. Engellilerin spor hayatına kazandırılması için bu tür ürünlerin önemi günden güne artmakta ve bu tarz ürünler bir ihtiyaç haline gelmektedir. Bu çalışma ile engelliler için birbirinden bağımsız ve ulaşılması zor konumlarda bulunan spor aletlerini tek bir sistemde toplamak hedeflenmiştir. Böylece, hareket kabiliyeti kısıtlı engelli bireyler için faydalı, mevcut ihtiyacı karşılayacak, esnek, kullanıcı odaklı, estetik ve inovatif bir ürünün konsept tasarımı amaçlanmıştır.

Bir tasarım için kullanılan araç ve gereçler kadar uygulanan metodoloji de önemlidir. Bu zamana kadar tasarımda teorik bir altyapı geliştirmek ve daha bilinçli bir şekilde tasarım yapılmasını sağlamak için Pahl ve Beitz [8, 9], French [10], Hubka ve Eder [11], Cross [12], Ullman [13] ve Pugh [14] gibi isimler makine mühendisliğinde tasarım metodolojisini anlatan modeller önermişlerdir. Bu modeller arasında, Pahl ve Beitz'in kendi deneyimleri ve profesyonel tasarımcıların gözlemlerini temel aldığı sistematik tasarım yaklaşımı, özellikle VDI-2221 tasarım işlem modeli, Ullman'ın 'Mekanik Tasarım Yöntemleri' gibi diğer tasarım modellerinin gelişmesine büyük katkı sağlayarak en yaygın kullanılan metotlardan biri olarak yerini almıştır [15].

Sistematik tasarım yaklaşımı temel mühendislik eğitimi almış her mühendisin, kendi yetenek ve tecrübelerine bağlı olmaksızın, metodik şekilde belirlenmiş olan ilkeleri takip etmesi halinde en iyi tasarım çözümüne ulaşacağını öngören, geleneksel tasarım yöntemlerine göre daha fazla çözüm seçeneği elde etmemizi sağlayan bilimsel bir süreçtir. Bu yaklaşım, tasarımcının öncelikle projenin devamı için çok önemli rol oynayan problemleri yaratıcı zihinsel aktiviteyi kullanarak belirlemesine, birçok kısıtı değerlendirmeye alarak çözüm alternatifleri bulmasına ve bunlar içerisinde yapılacak teknik ve ekonomik değerlendirme sonucunda en iyi tasarıma ulaşması esasına dayanır [16, 17]. Dolayısıyla, bu çalışmada Pahl ve Beitz'in önerdiği, ardından Feldhusen ve Grote'nin daha da geliştirdiği sistematik tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Böylece engelli bireylerin sportif faaliyetlere katılımını ve spor hizmetlerinden yararlanabilmesini kolaylaştırabilecek en iyi, en faydalı ve en ekonomik engelli dostu çok fonksiyonlu bir spor aletinin kavramsal tasarımı hedeflenmiştir.

## 2. ENGELLİ DOSTU SPOR ALETİNİN KAVRAMSAL TASARIMI (DISABLED-FRIENDLY FITNESS EQUIPMENT'S CONCEPTUAL DESIGN)

Bu çalışmada, farklı egzersizler için üretilmiş farklı spor aletlerine erişimde özellikle engelli bireylerin zorluk çektiği düşünülerek bu spor aletlerini tek bir sistemde toplayacak engelli dostu bir spor aletinin konsept tasarımı amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan sistematik tasarım yaklaşımının konsept tasarımıyla ilgili aşamaları şu şekildedir:

- Teknik ödevin açıklanması
  - Görevin aydınlatılması
  - İhtiyaç listesi oluşturma
- Konsept Tasarım
  - Temel problemleri belirlemek için soyutlama yapma

- Fonksiyon yapılarını kurma
- Alt fonksiyonlar için çözüm seçenekleri araştırma
- Çözüm seçeneklerini birleştirme ve uygun birleşimleri seçme
- Çözüm seçeneklerini teknik ve ekonomik kriterlere göre değerlendirme

## 2.1. Görevin Aydınlatılması ve İhtiyaç Listesi Hazırlama (Clarifying the Task and Setting Up the Requirements List)

Tasarım probleminin çözümü için öncelikle görevi tam olarak kavramak gerekir. Bu nedenle bu aşamada teknik ödevin aydınlatılması ve analizi gerçekleştirilir. Görev, spor salonlarında veya bireylerin kişisel alanlarında bulunan farklı spor aletlerini tek bir yerde toplayarak sporda egzersiz değişimlerini özellikle ortopedik, görme ve işitme engelliler için kolaylaştıran bir spor aletini çok fonksiyonlu olarak esnek, güvenli, kullanıcı odaklı, estetik ve inovatif bir şekilde tasarlamaktır.

Görevin tam olarak aydınlatılması amacıyla tasarlanacak spor aleti için gerekli ihtiyaçlar Engelli Çalışanlar İçin İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi [18], Engelliler için Evrensel Standartlar Kılavuzu [19], Engellilerin Erişebilirliğinde Engelsiz Çevreler Tasarlama Kılavuzu [20] ve Engelsiz Tasarım Kılavuzunda [21] belirtilen temel prensip ve tavsiyeler incelenmiştir. Bu sayede bütün tasarım aşamalarında esas alınacak ilkeler belirlenmiş ve buna göre bir tasarım şartnamesi, diğer bir deyişle ihtiyaç listesi hazırlanmıştır. Tablo 1'de engelli bireylerin kullanımına uygun olarak tasarlanması hedeflenen spor aletinin ihtiyaç listesi verilmiştir. Sistematik tasarım yaklaşımına göre ihtiyaç listesi gelişime açık, canlı ve dinamik bir belgedir. Diğer bir deyişle, bu tasarım şartnamesi gerektiğinde tasarım süreci içerisinde güncellenebilir. Listede yer alan ihtiyaçlar; İstek (İ) ve Arzu (A) şeklinde tanımlanmıştır.

**Tablo 1. İhtiyaç listesi**

Firma: YTÜ		İhtiyaç Listesi Engelli Dostu Spor Aleti	Tarih: 28.05.2021
Değişiklik- (ler)	İ,A	İstekler	Sorumlu: Abdullah Çelik, C.Oktay Azeloğlu
	İ	Tasarlanacak spor aleti Tricep pushdown, Lat pulldown, Chest fly, Chest press, Shoulder press, Rear delt fly, Front shoulder raise ve Shoulder lateral raise hareketlerini yapacak fonksiyonlara sahip olacaktır.	
	İ	Tek kolu ampute olan bireyler düşünülerek ilgili hareketler tek kolla yapılabilecek şekilde tasarlanacaktır.	
	İ	Spor aletinde konumu ayarlanabilir egzersiz bisikleti bulunacak ve kendi elektrik motoru sayesinde pedalları döndürebilen fizyoterapi bisikleti olarak kullanılabilir özellikte olacaktır.	
	A	Bir sürekli pasif hareket cihazı (CPM) spor aletine entegre olarak fizyoterapi amaçlı kullanılabilir.	
	İ	İstenen tüm hareketler olabildiğince az mekanizma ile yapılabilecek şekilde tasarlanacaktır.	
	İ	Spor aleti bulunacağı mekânda duvara ve zemine sabitlenecek şekilde tasarlanacaktır.	
	İ	Spor aletini sabitlemede gevşemeyi önleyici bağlantı elemanları kullanılacaktır.	
	İ	Kullanılan makaralar kabloların dışarı çıkmasını engelleyici kapalı tasarımda olacaktır.	
	İ	Her bir fonksiyon için hareketlerin nasıl yapılacağını, başlangıç ve bitiş pozisyonlarını, çalıştığı kas gruplarını gösteren anlatımlar ve uyarılar olacaktır.	
	İ	İşaret ve uyarılar kolay anlaşılabilir, basit, okunaklı, göz kamaştırmayan uygun renkte ve görme engellilerin ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde olmalıdır.	
	İ	Uyarılar ve genel anlatım görüntülü olarak izlenebilecek ve sesli olarak dinlenebilecektir. (Görme ve işitme engelliler düşünülerek)	
	İ	Görme engelliler için resimler kabartmalı olacak ve Braille alfabesi kullanılarak anlatılacaktır.	
	İ	Montaj esnasında spor aletine uzanan yola görme engelliler için hissedilebilir kılavuz zemin ve spor aletinin bulunduğu yüzeye hissedilebilir uyarıcı yüzey döşenecektir	
	İ	Döşeme rengi ve metal aksamları dikkat çekici zıt renklerde olacaktır.	
	İ	Spor aletinin geometrisi ve parçaları yaralanmayı önleyici şekilde olacaktır.	
	İ	Spor aletinin şasisinde kullanılacak profil malzemeler dairesel veya eliptik şekilli olacaktır ve kullanıcıya zarar verebilecek köşeler yuvarlatılmış olacaktır.	
	A	Mümkünse kullanıcı cihazdan ayrılmadan ve yardıma ihtiyaç duymadan gerekli ayarları yapabilmelidir.	
	İ	Üzerine oturan sehpa yerine duruş destekli, yüksekliği ayarlanabilir, yatırılabılır ve ergonomik bir tekerlekli sandalye kullanılacaktır.	
	İ	Tekerlekli sandalyeyi sabitleyici mekanizmalar bulunacaktır ve tekerlekler kilitlenebilir olacaktır.	

	İ	Spor aleti tek elle tutulabilecek, kolayca kavranabilen anatomik şekilli, kaymayan malzemeli tutacıklara sahip olacaktır.
	İ	Tutunma kolları U biçiminde, en az 30 cm uzunluğunda, 3.5 cm çapında olacak ve tekerlekli sandalyelilerin spor aletine yerleşirken fark edebileceği şekilde yerden 1 m yukarıda konumlandırılacaktır.
	İ	Epilepsi hastalarının krizlerini tetikleyici unsurlardan biri olan gürültüyü azaltmak için ağırlık plakaları, egzersiz esnasında mümkün olduğunca az ses çıkaracak şekilde tasarlanacak veya ağırlık plakaları kullanılmayacaktır.
	İ	Zemindeki rampalarda güvenli eğim yüzdesi 12 cm'e kadar olan yükselti farkı için en fazla % 10 olmalıdır.
	İ	Spor aletinin zeminle temas ettiği yerlerde zemine zarar vermeyen ve sönüm sağlayan pabuçlar bulunacaktır.
	İ	Sporcunun sabit kalmasını sağlayıcı emniyet kemeri bulunacaktır.
	İ	Acil durum butonuna basılmasıyla kaydedilen kişilere çağrı iletilebilecektir.
	İ	Tekerlekli sandalyede nabız, kalp ritmi vs. ölçen sensörler bulunacaktır.
	İ	Monitör üzerinden zaman, tekrar sayısı (SPM (dakika başına hareket), strokes (toplam hareket)), nabız, yakılan kalori, düşük batarya uyarısı fonksiyonları görülebilecektir.
	İ	Sistem bilgisayarı üzerinden eğitmenlere canlı olarak bağlanılabilir, ayrıca kayıt üzerinden de eğitmenler takip edilebilir.
	A	Spor aleti üzerinde kamera bulunacaktır. Sporcu istediğinde kayıt alıp kendi hareketlerini izleyebilecek veya canlı olarak kaydını eğitmene iletebilecektir.
	A	Sistem bilgisayarı eğlence amaçlı da kullanılabilir, müzikler dinlenebilir ve filmler oynatılabilir.
	A	Spor aletine Bluetooth ile bağlanılabilecektir.
	A	Spor aleti üzerinde MP3, kulaklık girişi, tablet bilgisayar girişi de bulunabilir.
	İ	Hareket yarım kaldığında kendini kilitleyen güvenlik sistemi olacaktır
	A	Spor aletinde sorun oluştuğunda sistem sesli, titreşimli ve görsel olarak uyarı verecektir.
	İ	Erken uyarı sistemi, acil durumlarda yapıların yangın alarm sistemi ile bağlantı kurularak, sistemin yanıp sönen lambalar ile ses veya titreşimli bir çağrı cihazı, işitme engellilerin tehlike durumundan haberdar olmalarını sağlayabilecektir.
	İ	Lambalar acil duruma göre farklı renkte yanacak ve bunların eğitimi ve bilgisi kullanım kılavuzu ve talimatnamede işitsel, görsel ve dokunma duygusu ile verilebilecektir.
	İ	Çöp kutuları geri dönüşüm için ayrılacak, hareketleri kısıtlamayacak bir yerde konumlandırılacak, zıt renkli ve kolay algılanabilir olacaktır.
	A	Kondisyon ve Fizyoterapi bisikleti jeneratörlü sistemi sayesinde ihtiyaç duyulan elektriğin bir kısmını kendisi üretebilir.
26/06/2021	İ	Kondisyon ve Fizyoterapi bisikleti sürgülü sistemle spor aletine gömülü olacaktır. Hem tutamaç ile çekilebilecek hem de uzaktan kumanda ile hareket ettirilebilecek şekilde tasarlanacaktır.

## 2.2. Temel Problemleri Belirlemek İçin Soyutlama Yapma (Abstracting to Identify the Essential Problems)

İhtiyaç listesinin incelenmesinin ardından istekler ve kısıtlar doğrultusunda bir genelleme yapılarak soyutlamaya gidilir. İhtiyaç listesinde belirtildiği üzere önemli problemler aşağıdaki gibidir;

- Tricep pushdown, Lat pulldown, Chest fly, Chest press, Shoulder press, Rear delt fly, Front shoulder raise, Shoulder lateral raise hareketlerini yapma ve bisiklet çevirme hareketi sağlama
- Fizik tedavi sağlama
- Mekanizmayı güvenli bir şekilde sabitleme
- Sporcuya spor aletinin kullanımını öğretme
- Sporcu güvenliğini sağlama
- Sporcuya kullanım kolaylığı ve rahatlık sağlama
- Sporcunun fiziksel özellikleri hakkında bilgi edinmesini sağlama
- Acil durumlarda sporcunun uyarılmasını ve güvenliğini sağlama

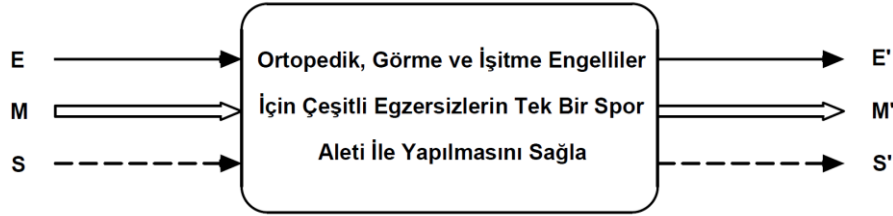
Problemler sadeleşirse;

- Çeşitli spor hareketleri yapma ve sisteme uygun fizyoterapi hareketleri sağlama
- Sistemin ve sporcunun ergonomisini ve güvenliğini sağlama
- Sporcunun engelleri düşünülerek spor hareketleri hakkında çeşitli yollarla bilgi verme
- Acil durumlarda sporcuya uyarı verme ve ilgili yerlere durum bilgisi iletme

Sonuç olarak bu tasarım için çözülmesi gereken temel problem “ortopedik, görme ve işitme engellilerin farklı spor hareketlerini bir sistem içerisinde güvenli bir şekilde yapması” olarak tanımlanabilir.

### 2.3. Fonksiyon Yapıları Kurma (Establishing Function Structures)

Sistematik tasarımda fonksiyon yapıları teknik sistemin giriş ve çıkış ilişkileri ile işlevlerini belirtir. Tasarlayacağımız çok fonksiyonlu spor aletinde soyutlama sonucunda elde ettiğimiz genel problem tanımına göre belirlenen temel prensip, giriş-çıkış büyüklükleri Madde (M-M'), Sinyal (S-S'), Enerji (E-E') akışına oturtularak ana fonksiyon yapısı (kara kutu) Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ana Fonksiyon Yapısı

Teknik sistemler alt sistemlere bölünebildiği gibi ana fonksiyon da bu görevleri yerine getirebilecek alt sistemlere bölünebilir. Bu noktada sonraki çözüm arayışlarını kolaylaştırmak amacıyla ana fonksiyonu yerine getirecek alt fonksiyonlar belirlenir ve her bir alt fonksiyonu gösteren fonksiyonlar zinciri oluşturulur [22, 23]. Engelli dostu spor aleti için oluşturulan fonksiyonlar zinciri Tablo 2'de gösterilmiştir.




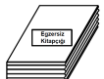


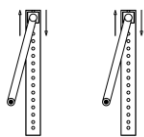
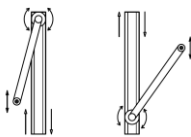
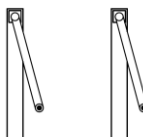
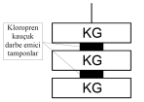

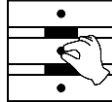
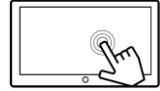

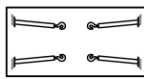
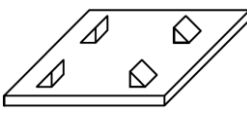
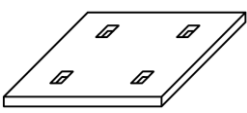



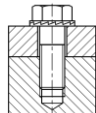
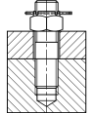
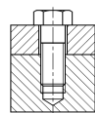
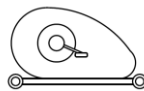

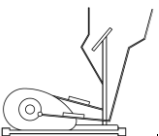



Tablo 2. Fonksiyonlar zinciri

Fonksiyonlar		Fonksiyonun Tanımı
<b>Ana Fonksiyon</b>	<b>1. Derece Fonksiyon</b>	Ortopedik, görme ve işitme engelliler için çeşitli egzersizlerin tek bir spor aleti ile yapılması
<b>Alt Fonksiyonlar</b>	<b>2. Derece Fonksiyonlar</b>	1. Sistemi açmak
		2. Sporcunun hangi hareketin nasıl yapılacağını öğrenmesini, gerekli talimatları ve uyarıları anlamasını sağlamak.
		3. Eğitime bağlanmak
		4. Müzik çalmak, Video veya film oynatmak
		5. Gerekli ayarları yapmak
		6. Kendini sabitlemek
		7. İstenilen egzersiz hareketinin yapılmasını sağlamak
		8. Çağrı göndermek
		9. Acil durumda uyarı
	<b>3. Derece Fonksiyonlar</b>	7.1. Arka kol kaslarını çalıştırmak
		7.2. Sırt kaslarını geliştirmek
		7.3. Göğüs kaslarını çalıştırmak
		7.4. Omuz kaslarını çalıştırmak
7.5. Kardiyo yapmak		
7.6. Bacak kaslarını güçlendirmek		

### 2.4. Alt Fonksiyonlar İçin Çözüm Seçenekleri Belirleme Ve Uygun Bağlantıları Seçme (Identify Solution Principles for Sub-Functions and Selecting Suitable Working Structures )

Tasarıma ait alt fonksiyonların oluşturulmasından sonra sisteme ait her bir alt fonksiyona ilgili görevi yerine getirecek çözümler aranır. Alternatif çözümlerin araştırılmasında sistemik yaklaşım geleneksel, sezgisel veya sezgisel olmayan yöntemlerin kullanılabilirliğini gösterir [8, 9]. Bu çalışmada çözüm seçeneklerinin belirlenmesinde geleneksel yöntemler içerisinde yer alan literatür araştırması ve mevcut sistemlerin analizi metodlarından faydalanılmıştır. Ayrıca sezgisel yöntemler içerisinde bulunan beyin fırtınası yöntemi de kullanılmıştır. Sonuç olarak Tablo 3'te her bir alt fonksiyon için belirlenen çözüm alternatifleri gösterilmiştir.

Tablo 3. Öncelikli tasarım çözümleri tespit edilen sınıflandırma şeması

	Çözüm Seçeneği	Çözüm Seçeneği	Çözüm Seçeneği
Alt Fonksiyonlar	Ç1	Ç2	Ç3
<b>Sistemi Açma / Kapatma (F1)</b>	 Basmalı buton / Uzaktan kumanda	 Sesli komut	 Piezoelektrik kuvvet sensörleri
<b>Anlatım, Talimatlar ve Uyarılar (F2)</b>	 Kabartmalı resim ve Braille alfabeti içeren sesli kitapçık	 Hem görüntülü hem de sesli olarak (Monitör ve hoparlör)	 Kabartmalı resim ve Braille alfabeti içeren sesli kitapçık/ Monitör/ Hoparlör
<b>Egzersiz Kolları Pozisyon Ayarı (F3)</b>	 Yukarı aşağı yönlü kademeli oynar sabit kollar	 Yukarı aşağı yönlü kayar kıvraklı ayarlanabilir kollar	 Sabit Kollar
<b>Egzersiz Kuvveti Oluşturma (F4)</b>	 Döküm plakalar	 Manyetik Direnç	-
<b>Ağırlık (Kuvvet) Ayarı (F5)</b>	 Manuel	 Dokunmatik ekran üzerinden, otomatik	 Dokunmatik ekran / Uzaktan Kumanda
<b>Tekerlekli Sandalye Sabitleme (F6)</b>	 4 kancadan (retraktör) oluşan emniyet kemeri sistemi ile	 Sabitleme takozları ile	 Yuva açılarak
<b>Emniyet Kemeri (F7)</b>	 Paraşüt tipi, Bacak destekli ve Klipsli	 Bel tipi ve Cırt cırt bantlı	 Bel tipi ve Tokalı
<b>Sistemin Sabitlenmesi (F8)</b>	 Cıvata – Nord-Lock rondela	 Taçlı somun - Gupilya	 Standart Altıköşe Cıvata
<b>Kondisyon ve Fizyoterapi Bisikleti (F9)</b>	 Manyetik / Bağımsız	 Mekanik / Dikey	 Mekanik / Eliptik
<b>İkaz sinyalleri (F10)</b>	 Işık ile uyarı	 Ses ile uyarı	 Işık / Ses / Titreşim



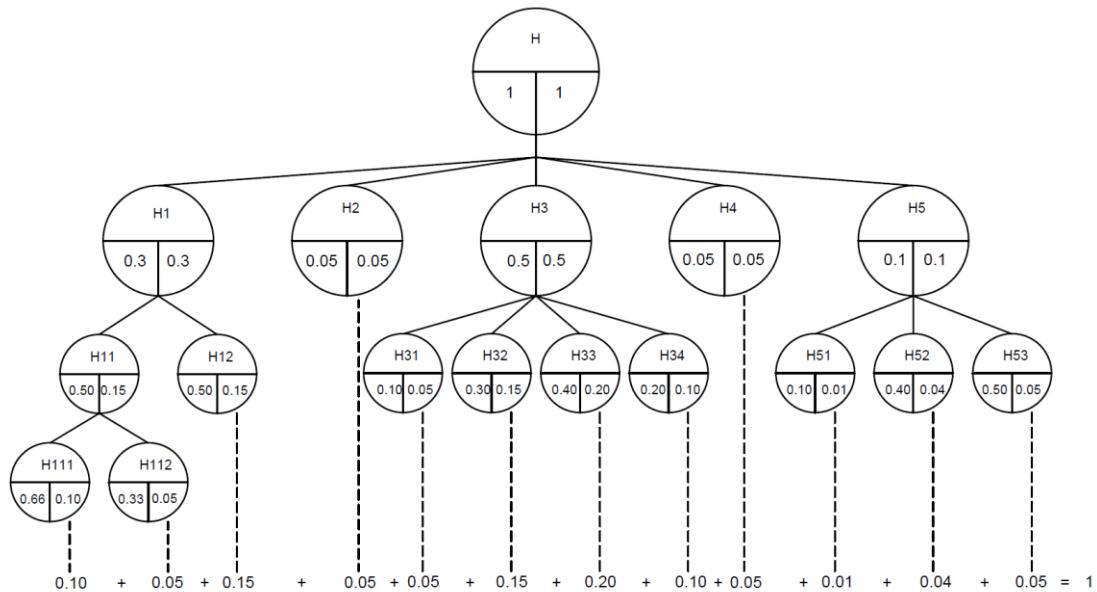
Tablo 3'teki sonuçlar incelendiğinde ilk etapta 39.366 konsepte erişilebileceği görülmektedir, fakat tabloda temel problemi karşılamayan bazı çözüm seçenekleri elenerek istekler listesini karşılayamayacak durumdaki çözümler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Dolayısıyla, çözüm seçeneklerinin indirgenmesiyle sistemin tasarımı için elimizde 16 farklı çözüm kalmıştır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Çözüm1 : F1Ç1, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm2 : F1Ç1, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm3 : F1Ç1, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm4 : F1Ç1, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm5 : F1Ç3, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm6 : F1Ç3, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm7 : F1Ç3, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm8 : F1Ç3, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm9 : F1Ç1, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm10: F1Ç1, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm11: F1Ç1, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm12: F1Ç1, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm13: F1Ç3, F2Ç3, F3Ç1, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm14: F1Ç3, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç1, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm15: F1Ç3, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç1, F9Ç1, F10Ç3  
 Çözüm16: F1Ç3, F2Ç3, F3Ç2, F4Ç2, F5Ç3, F6Ç1, F7Ç1, F8Ç2, F9Ç1, F10Ç3

Bu aşamadan sonra artık elde edilmiş çözümlerin değerlendirmesi ve konseptin belirlenmesi söz konusu olabilir.

## 2.7. Çözüm Seçeneklerinin Teknik ve Ekonomik Kriterlere Göre Değerlendirmesi (Evaluate Variants Against Technical and Economic Criteria)

Bu aşamada en uygun konseptin belirlenmesi için teknik ve ekonomik değerlendirmeler yapılır. Bu değerlendirmelerin metodolojik olarak ve hiyerarşik bir düzenle gerçekleştirilebilmesi için hedefler ağacı (amaçlar ağacı) oluşturulur ve her bir teknik ve ekonomik hedefin önem derecesine göre bu amaçlar ağırlıklandırılır. Şekil 2'de probleme ilişkin ağırlıklandırılmış hedefler ağacı oluşturulmuştur. Şekilde "H: Hedef", "Hi: i. seviyedeki hedefler", "Hij: ij. seviyedeki alt hedefler" olarak tanımlanabilir.



Şekil 2. Ağırlıklandırılmış hedefler ağacı



Burada hedefler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- H : En Uygun Spor Aleti  
H1 : Kullanım Kolaylığı  
H11 : Kompakt Olma  
H111 : Farklı Fonksiyonlara Erişim Kolaylığı  
H112 : Az Yer Kaplama  
H12 : Ergonomik Olma  
H2 : Maliyet (Ucuzluk)  
H3 : Yüksek Mekanik Özellikler  
H31 : Hafiflik  
H32 : Düşük Gürültü  
H33 : Emniyet  
H34 : Uzun Ömür  
H4 : Estetik Olma  
H5 : Basitlik  
H51 : Üretim Kolaylığı  
H52 : Montaj Kolaylığı  
H53 : Bakım Kolaylığı

Hedefler ağacında tasarım için belirlenen teknik ve ekonomik kriterler toplam ağırlıkları 1.0 (%100) olacak şekilde dağıtılmıştır. Bu kriterlerin ilgili konsept tarafından gerçekleştirilme dereceleri de “4: İyi”, “3: Yeterli”, “2: Orta”, “1: Zayıf”, “0: Uygun Değil” şeklinde puanlanmıştır. Her bir konseptin ağırlıklı puanı, puanlanmış her bir çözüm seçeneği ( $v_{ij}$ ) ile hedef için belirlenen ağırlık faktörü ( $w_i$ ) çarpılarak hesaplanır ( $wv_{ij}=v_{ij} \cdot w_i$ ). Böylece, her bir çözüm seçeneği için ağırlıklı hedef puanların toplanmasıyla konseptlere ilişkin “ağırlıklandırılmış puanlar (OWV<sub>j</sub>)” elde edilir. İlgili hesaplar (1) eşitliği ile formüle edilmiştir.

$$OWV_j = \sum_{i=1}^n w_i \times v_{ij} = \sum_{i=1}^n wv_{ij} \quad (1)$$


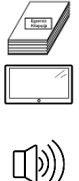
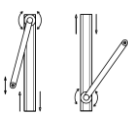


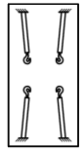
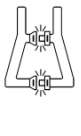
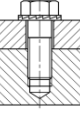


Ele alınan probleme ilişkin alternatif çözümlerin teknik ve ekonomik değerlendirme sonuçları Tablo 4’te görülmektedir.

**Tablo 4. Teknik ve ekonomik değerlendirmeler**

	H111 0.1	H112 0.05	H12 0.15	H2 0.05	H31 0.05	H32 0.15	H33 0.2	H34 0.1	H4 0.05	H51 0.01	H52 0.04	H53 0.05	Puan
<b>Çözüm1</b>	2x	2x	2x	3x	2x	3x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	3.1
<b>Çözüm2</b>	3x	2x	3x	3x	2x	3x	4x	4x	4x	3x	4x	4x	3.39
<b>Çözüm3</b>	2x	4x	2x	3x	4x	4x	4x	3x	4x	4x	4x	3x	3.3
<b>Çözüm4</b>	2x	2x	2x	4x	2x	3x	3x	4x	3x	4x	3x	4x	2.86
<b>Çözüm5</b>	3x	2x	3x	2x	2x	3x	4x	3x	4x	3x	3x	3x	3.1
<b>Çözüm6</b>	4x	2x	4x	x	2x	3x	4x	3x	4x	2x	3x	3x	3.29
<b>Çözüm7</b>	3x	4x	3x	2x	4x	4x	4x	2x	4x	3x	3x	2x	3.3
<b>Çözüm8</b>	3x	2x	3x	3x	2x	3x	3x	3x	3x	2x	2x	3x	2.85
<b>Çözüm9</b>	2x	4x	2x	4x	4x	4x	3x	3x	3x	4x	3x	3x	3.06
<b>Çözüm10</b>	3x	2x	3x	3x	2x	3x	3x	4x	3x	3x	3x	4x	3.05
<b>Çözüm11</b>	<b>3x</b>	<b>4x</b>	<b>3x</b>	<b>3x</b>	<b>4x</b>	<b>4x</b>	<b>4x</b>	<b>3x</b>	<b>4x</b>	<b>3x</b>	<b>4x</b>	<b>3x</b>	<b>3.54</b>
<b>Çözüm12</b>	3x	4x	3x	4x	4x	4x	3x	3x	3x	3x	3x	3x	3.3
<b>Çözüm13</b>	2x	4x	3x	3x	4x	4x	3x	2x	3x	3x	2x	2x	2.96
<b>Çözüm14</b>	4x	2x	4x	2x	2x	3x	3x	3x	3x	2x	2x	3x	3.05
<b>Çözüm15</b>	4x	4x	4x	x	4x	4x	4x	2x	4x	2x	3x	2x	3.49
<b>Çözüm16</b>	4x	4x	4x	2x	4x	4x	3x	2x	3x	2x	2x	3x	3.3

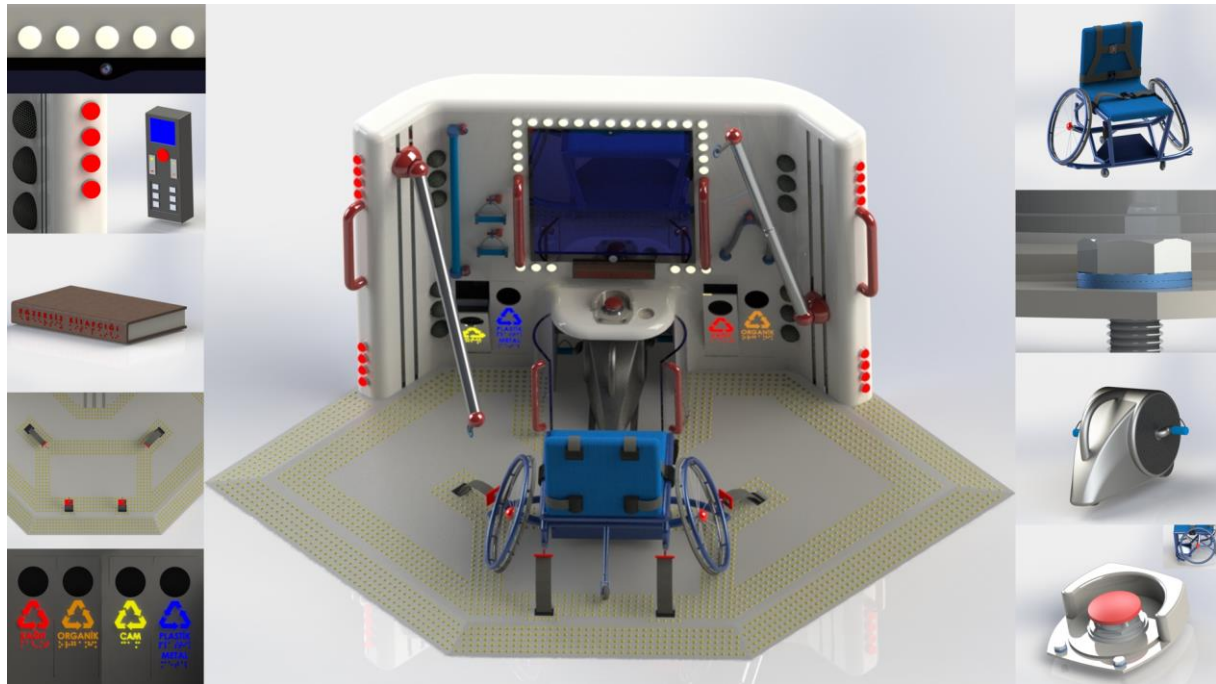
Tablo 4’teki sonuçlar incelendiğinde çözüm seçenekleri içerisinde teknik ve ekonomik kriterlere göre yapılan değerlendirme sonucunda en uygun çözüm fikrinin Çözüm11 olduğu görülmektedir. Tablo 5’te konsept olarak belirlenen Çözüm11’in alt fonksiyonları verilmiştir.

**Tablo 5.** Belirlenen konseptin açıklaması

Sistemi Açma / Kapatma	Anlatım, Talimatlar ve Uyarılar	Egzersiz Kolları Pozisyon Ayarı	Egzersiz Kuvveti Oluşturma	Ağırlık (Kuvvet) Ayarı	Tekerlekli Sandalye Sabitleme	Emniyet Kemerleri	Sistemin Sabitlenmesi	Kondisyon ve Fizyoterapi Bisikleti	İkaz sinyalleri
F1Ç1	F2Ç3	F3Ç2	F4Ç2	F5Ç3	F6Ç1	F7Ç1	F8Ç1	F9Ç1	F10Ç3
									

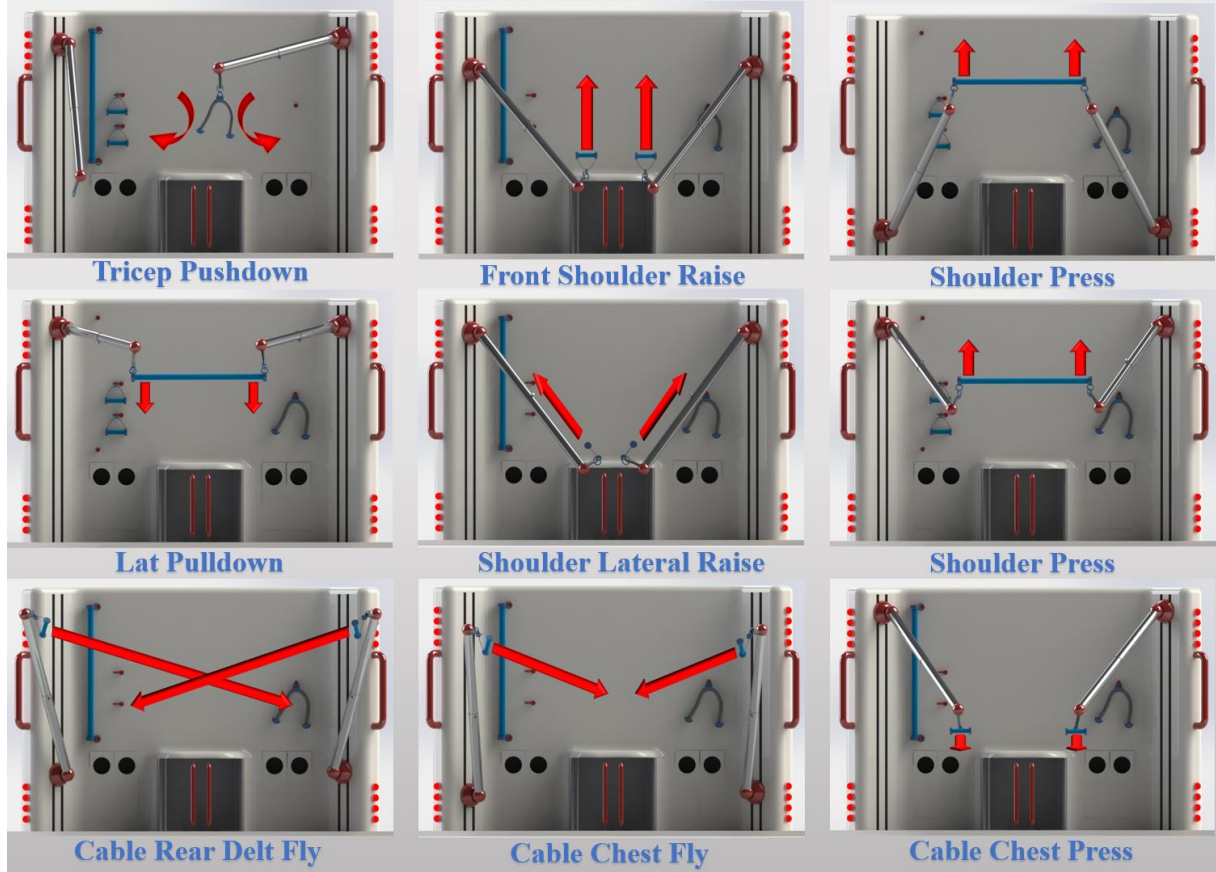
## 2.7. Şematik Gösterim ve Tartışma (Schematic Representation and Discussion)

Tasarımda belirlenen hedefler, istekler ile teknik ve ekonomik değerlendirmeler sonucunda karar verilen konseptin zihinde canlanabilmesi ve algılanabilmesi amacıyla Şekil 3'te konseptle ilişkin şematik bir gösterim sunulmuştur.



**Şekil 3.** Sistematik tasarım yaklaşımıyla oluşturulan engelli dostu spor aleti

Özellikle engellilerin egzersiz değişimlerinde farklı spor aletlerine erişimini kolaylaştırmak için bir tek merkezde farklı spor aletlerini toplayan bu çok fonksiyonlu tasarımda çalışmak için öncelikle sistem buton veya tekerlekli sandalyedeki yuvası üzerinde bulunan uzaktan kumanda ile açılır. Sonrasında talimatlar ve uygulamalı anlatımlar ekrandan izlenilir, dinlenilir veya Braille alfabesi ile de yazılmış kitapçıktan okunur. Gerekli ayarlar uzaktan kumanda veya dokunmatik ekran üzerinden yapılır. Tekerlekli sandalye 4 kancadan oluşan retraktör sistemi ile sabitlenir ve tekerlekli sandalye üzerinde bulunan emniyet kemerleri takılır. İstenilirse video izlenebilir, müzik dinlenebilir veya eğitime bağlanılarak ekran üzerinden canlı ders alınır. Yapılmak istenilen egzersiz seçildikten sonra, ayarlanabilir kollar, kondisyon bisikleti veya kendi elektrik motoru sayesinde pedalları döndürebilen fizyoterapi bisikleti ile çalışılır. Herhangi bir acil durumda spor aleti üzerindeki veya tekerleklerin ortasındaki kırmızı butona basılır.



**Şekil 4.** Yukarı aşağı yönlü kayar kızaklı ayarlanabilir kollar ile yapılabilen egzersiz hareketleri

Aşağıda Şekil 4'te gösterilen ayarlanabilir kollar ile yapılabilen egzersiz hareketleri kısaca tarif edilmiştir:

Tricep pushdown: Arka kol kasları triceps halatını yukarıdan aşağı çekerek çalıştırılır.

Lat pulldown: Sirt ve kanat kasları kollardaki uzun barı yukarıdan aşağı doğru üst göğüs bölgesine çekerek çalıştırılır.

Front shoulder raise: Ön omuz kasları avuç içleri aşağı bakar şekilde tutulan tutamaçları, kollar yere bakar pozisyondan dik pozisyona getirilerek çalıştırılır.

Shoulder lateral raise: Orta omuz kasları sarkık halde duran kolların yanlara açılmasıyla çalıştırılır.

Shoulder press: Omuz kasları çene seviyesindeki uzun barı yukarı doğru iterek çalıştırılır.

Cable rear delt fly: Sirt ve omuz kasları halat uçlarına takılan tutamaçların yukarıdan kolların hafif kırılarak omuz hizasına çekilmesiyle çalıştırılır.

Cable chest fly: Göğüs kasları kollar açık halden tutamaçlar çekilerek kapalı hale getirilmesiyle çalıştırılır.

Cable chest press: Göğüs kasları halatlara bağlı tutamaçların ileri itilmesiyle çalıştırılır.

### 3. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, engelli bireylerin kullanımına uygun çok fonksiyonlu yeni bir spor aletinin konsept tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla, bağımsız spor aletlerini bir araya getirerek engellilerin her bir spor aletine ulaşımını kolaylaştıran bir tasarım hedeflenmiş ve böylece engelli bireylerin kolaylıkla ve güvenle kullanabilecekleri bir tasarım oluşturulmuştur. Çalışmada, konseptin oluşturulmasında Pahl-Beitz tarafından önerilen sistematik yaklaşım uygulanmıştır. Bu amaçla öncelikle teknik ödev tanımlanmış ve analiz edilerek detaylı bir tasarım şartnamesi oluşturulmuştur. Sonrasında temel problem saptanmış ve tasarımın fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Ardından her bir alt fonksiyon için çözüm yöntemleri aranmış, bulunan çözümler bir araya getirilerek çeşitli çözüm önerileri ve tasarım fikirleri elde edilmiştir. Bu tasarımların teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmesiyle de en uygun çözüm fikrine ulaşılmıştır. Sunulan çözüm engelli dostu çok fonksiyonlu bir spor aleti olarak hem spor yapmayı kolaylaştırmakta hem de fizik tedavi imkânı sunmaktadır. Çalışmada sistematik tasarım yaklaşımına ait ilkelerin metodik olarak kullanılmasının en uygun çözüm fikrine erişmeyi kolaylaştırdığı görülmektedir. Bu aşamadan sonra konsept tasarımı

tamamlanan spor aletinin şekillendirme tasarımına geçilmesi ve belirlenen tasarım fikrinin somut olarak gerçekleştirilmesi düşünülecektir.

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Janna LC, Monika S. (2008). Constraints Experienced by Elite Athletes with Disabilities in Kenya, with Implications for the Development of a New Hierarchical Model of Constraints at the Societal Level. *Journal of Leisure Research*, 40, 128-155.
- [2] Kızar, O. (2018). Türkiyedeki Spor Tesislerinin Engelliler İçin Yeterlilik Düzeylerinin Kullanıcılar Açısından Araştırılması, Doktora Tezi. T.C. Fırat Üniversitesi , Elazığ.
- [3] Konar, N., Pepe, K. (2003). Rehabilitasyon – Engelliler Sporu ve Paralimpikler. *İ.Ü. Spor Bilimleri Dergisi*, 162- 166.
- [4] Richardson E. V., Smith B., Papathomas A. (2017). Crossing boundaries: The perceived impact of disabled fitness instructors in the gym. *Psychology of Sport and Exercise*, 29, 84-92.
- [5] Mor, A. (2009). Engelli Bireylerde Egzersizin Uyku Düzeni ve Aile İçi Sosyal İlişkilere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- [6] Sonuç, A. (2012). Zihinsel Engellilerde Sporun Öfke Düzeyine Etkisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karaman.
- [7] Ruddell, J. L., & Shinew, K. J. (2006). The socialization process for women with physical disabilities: The impact of agents and agencies in the introduction to an elite sport. *Journal of Leisure Research*, 38, 421-444.
- [8] Pahl, G., Beitz, B. (1988). *Engineering Design, A systematic approach*. (London, Springer-Verlag).
- [9] G. Pahl, W. Beitz, J .Feldhusen, K. H. Grote. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer, Aachen.
- [10] French, M. (1985). *Conceptual Design for Engineers*, 2nd edition. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- [11] Hubka, V. & Eder, W.E. (1988). *Theory of Technical Systems: A Total Concept Theory for Engineering Design*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- [12] Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods: strategies for product design*, 3rd edition, Chichester, John Wiley & Sons.
- [13] Ullman, D.G. (2010). *The Mechanical Design Process*, 4th edition, London, McGraw Hill.
- [14] Pugh, S. (1990). *Total Design: integrated methods for successful product engineering*, Wokingham, Addison-Wesley.
- [15] Kannengiesser, U., Gero, J. S. (2017). Can Pahl and Beitz' systematic approach be a predictive model of designing?, *Cambridge University Press, Des. Sci.*, vol. 3, e24.
- [16] Çavdar, F. Y., Börklü H. R., Çavdar, K., Sezer, H. K. (2019). The design process of the complex Special Utility Vehicle using the methodical design approach. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol.13, No.4.
- [17] Börklü, H. R., Top N., (2018). Sistematik Tasarım Yaklaşımı İle Yeni Bir Zeytin Hasat Makinesi Tasarımı, *Journal of Engineering Sciences And Design*, 6(4), 659-664.

[18] Engelli Çalışanlar İçin İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, İSGGM, 2016.

[19] WDU, USTAD, Engelliler için Evrensel Standartlar Kılavuzu, Universal Standards for Persons with Disabilities, İstanbul.

[20] Accessibility for the Disabled A Design Manual for a Barrier Free Environment, United Nations Economic and Social Commission for Western Asia, <http://www.un.org/esa/socdev/enable/designm/index.html>

[21] Engelsiz Tasarım Kılavuzu, (C. Koca, çev.), (2010). Dünya Engelliler Vakfı, İstanbul

[22] Kutay, M., G., Konstrüksiyon Sistematiği: Fonksiyon Analizi, (2009). Erişim adresi: [http://www.guven-kutay.ch/konstruksiyon/30\\_02\\_ks\\_fonksiyon-analizi.pdf](http://www.guven-kutay.ch/konstruksiyon/30_02_ks_fonksiyon-analizi.pdf)

[23] Azeloğlu, C. O., Alper, E. (2019). Yeni Bir Hidroterapi Egzersiz Aletinin Sistemik Konstrüksiyon Yaklaşımıyla Kavramsal Tasarımı, GU J Sci, Part C, 7(2): 291-302.