

Manufacturing Technologies and Applications

MATECA



TRIZ-Based Walker Design Providing Independent Mobility for Walking Disabled Dogs

Elif Darakcı^{1,*} , Nurullah Yüksel¹ 

¹ Department of Industrial Design Engineering, Technology Faculty, Gazi University, Ankara, Türkiye

ABSTRACT

In this study, an economical, durable, and foldable wheelchair apparatus was designed for stray dogs with hind limb paralysis. Existing solutions on the market often restrict essential life activities such as sitting, lying down, and resting, while their use is typically limited to short periods of time, usually around two hours. These limitations reduce both animal comfort and the practicality of use for owners. To overcome these shortcomings, a systematic and innovative design process was carried out using the TRIZ methodology. In the design phase, glass fiber-reinforced PVC (GFR-PVC) pipes were selected to achieve an optimal balance between lightness and durability. The material was preferred not only for its strength but also for its cost-effectiveness, local availability, and compatibility with domestic production. Thanks to its telescopic structure, the apparatus can easily adapt to dogs of different sizes and weights, making it suitable for a broad user group, including pet owners, animal shelters, and volunteers caring for stray dogs. The foldable mechanism, designed according to the segmentation principle, allows dogs to move independently without constant user intervention. This ensures that the apparatus can be used not only during walking but also while sitting or resting. Cost optimization was achieved through value engineering methods, while structural durability was validated with computer-aided static analyses. As a result, the proposed apparatus provides a portable, practical, and functional solution that improves the quality of life of paralyzed dogs, while also offering ease of assembly, transport, and long-term use for owners.

Keywords: Disabled animals, Walker, TRIZ, Product design, Value engineering

Yürüme Engelli Köpeklere Yönelik Bağımsız Hareket Sağlayan TRIZ Tabanlı Yürüteç Tasarımı

ÖZ

Bu çalışmada, arka bacakları felçli sokak köpekleri için ekonomik, dayanıklı ve aynı zamanda katlanabilir bir yürüteç aparatı tasarlanmıştır. Günümüzde piyasada bulunan mevcut çözümler incelendiğinde, bu ürünlerin çoğunun köpeklerin temel yaşam aktiviteleri olan oturma, uzanma, dinlenme ve serbest hareket etme ihtiyaçlarını büyük ölçüde kısıtladığı görülmektedir. Ayrıca kullanım sürelerinin genellikle iki saat ile sınırlandırılması, hayvanların konforunu doğrudan olumsuz etkilerken sahiplerin beklentilerini de karşılamamaktadır. Bu sebeple hem hayvan refahını hem de kullanıcı deneyimini iyileştirmeye yönelik yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Belirtilen eksiklikleri giderebilmek amacıyla TRIZ metodolojisi kullanılarak sistematik ve yenilikçi bir tasarım süreci yürütülmüştür. Tasarım aşamasında, hafiflik ve dayanıklılık dengesini sağlayabilmek için cam elyaf takviyeli PVC (GFR-PVC) borular tercih edilmiştir. Kullanılan malzeme, uygun maliyetli olması, kolay temin edilebilmesi ve yerli üretime uyum sağlaması açısından da avantaj sunmaktadır. Teleskopik yapı sayesinde farklı boyut ve kilodaki köpeklere uyum sağlanabilmekte, böylece ürün yalnızca evcil hayvan sahiplerine değil, aynı zamanda barınaklara ve sokak hayvanlarıyla ilgilenen gönüllülere de hitap etmektedir. Bölme-parçalama prensibiyle tasarlanan katlanabilir mekanizma, köpeğin kullanıcı müdahalesi olmadan bağımsız hareket etmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede cihaz yalnızca yürüyüş sırasında değil, oturma ve dinlenme esnasında da kullanılabilir. Değer mühendisliği yöntemleriyle maliyetler optimize edilmiş, bilgisayar destekli statik analizlerle ise yapısal dayanıklılık doğrulanmıştır. Sonuç olarak ortaya çıkan yürüteç aparatı; sokak koşullarına uygun, pratik, taşınabilir ve fonksiyonel bir çözüm sunmakta, köpeklerin yaşam kalitesini artırırken kullanıcı açısından da kurulum, taşıma ve uzun süreli kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Engelli hayvanlar, Yürüteç, TRIZ, Ürün tasarımı, Değer mühendisliği

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğa, ekosistem içindeki tüm canlılarla bir bütün oluşturmaktadır ve her canlı türü ekolojik dengede belirli bir işlev üstlenmektedir. Canlılar, besin zincirinin bir parçası olarak ekosisteme katkıda bulunmakta ve hareket yetenekleri sayesinde temel yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Ancak kaza, hastalık, yaşlanma veya felç

*Corresponding author, e-mail: elifdarakci9@gmail.com

gibi durumlar, organizmaların hareket kabiliyetini kaybetmesine neden olabilmektedir. İnsanlar, bu tür yeti kayıplarını telafi etmek ve yaşam kalitesini artırmak amacıyla tekerlekli sandalye gibi yardımcı cihazlar geliştirmiştir [1].

Benzer şekilde, köpekler de çeşitli nedenlerle arka veya ön bacaklarını kullanma yetisini kaybedebilmektedir. Bu durumun üstesinden gelmek ve hareket kabiliyetlerini yeniden kazanmalarını sağlamak amacıyla, köpeklere özel tekerlekli sandalye benzeri yardımcı cihazlar üretilmiştir [2]. Ancak mevcut çözümler, hayvanın bağımsız hareket etmesine tam anlamıyla olanak tanımamakta; oturma ve uzanma gibi temel hareketlerin gerçekleştirilmesini engelleyerek, uzun süreli kullanımda konfor ve işlevsellik açısından yetersiz kalmaktadır [3–8]. Bu nedenle, veterinerler ve hayvan sahipleri tarafından önerilen kullanım süresi genellikle iki saat ile sınırlanmaktadır [9]. Ayrıca, bu ürünlerin yüksek maliyetleri ve sürekli gözetim gerektirmesi, özellikle doğada veya sokakta yaşayan hayvanlar için uygulanabilirliklerini kısıtlamaktadır. Bu bağlamda, düşük maliyetli, bağımsız hareket sağlayan ve seri üretime uygun bir yürüteç aparatına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, arka bacakları felçli sokak köpekleri için ekonomik, katlanabilir ve seri üretime elverişli bir yürüteç aparatının tasarlanması amaçlanmaktadır. Geliştirilen aparat, engelli köpeklerin bağımsız bir şekilde oturma ve yürüme gibi temel hareketleri gerçekleştirilmesine olanak tanıyarak, kullanım esnekliği sunacaktır. Tasarım sürecinde, mevcut çözümlerde karşılaşılan temel problemleri sistematik olarak ele almak amacıyla TRIZ (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi) metodolojisi kullanılmıştır. Ayrıca, tasarım sürecinde maliyet etkinliğini artırmak amacıyla değer mühendisliği teknikleri uygulanarak, üretim maliyetlerini minimize etmeye yönelik stratejiler geliştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen yürüteç, arka uzuvları felçli köpeklerin bağımsız hareket edebilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Nihai kullanıcı hayvanlar olmakla birlikte, cihazın kullanımı, taşınması, takılıp çıkarılması ve bakımı süreçlerinde doğrudan rol oynayan kullanıcıların çoğunlukla insanlar olması sebebiyle, tasarım sürecinde evrensel tasarım ilkeleri gözetilmiştir. Evrensel tasarım; bireylerin yaş, cinsiyet, fiziksel yeterlilik ve deneyim düzeyinden bağımsız olarak ürünleri eşit ve etkin biçimde kullanabilmesini hedefleyen bir yaklaşımdır [10].

Bu doğrultuda, yürüteç tasarımında kullanım kolaylığı, erişilebilirlik, güvenlik ve ayarlanabilirlik gibi kriterler ön planda tutulmuştur. Tasarımın sade ve sezgisel olması, ilk kez kullanan bireyler tarafından dahi kolayca anlaşılmasını ve uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Ayarlanabilir yapısı sayesinde farklı boyutlardaki köpeklere uyum sağlayabilen cihaz, aynı zamanda farklı kullanıcı profillerine de hizmet edebilmektedir. Hafif ve taşınabilir bir formda olması, ürünü yaşlı bireyler veya fiziksel kısıtlılığı olan kullanıcılar için de erişilebilir kılmaktadır.

Tüm bu özellikler, ürünün yalnızca işlevsel değil; aynı zamanda kapsayıcı bir yaklaşımla geliştirildiğini göstermektedir. Böylece, hayvan refahını artırmayı hedefleyen bu çalışma, kullanıcı çeşitliliğini gözetilen bir tasarım anlayışıyla evrensel tasarım ilkelerini bütünleştirmekte ve çok yönlü bir fayda sunmaktadır.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

2.1. TRIZ: Yenilikçi Problem Çözme Teorisi (TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving)

TRIZ, yenilikçi problem çözme ve sistem tasarımı için geliştirilmiş bir metodolojidir. Genrich Altshuller tarafından ortaya konan bu yöntem, deneme-yanılma gibi geleneksel yaklaşımların aksine, sistematik ve bilimsel bir temele dayanır [9]. TRIZ, Ar-Ge uygulamaları, ürün geliştirme, imalat, kalite yönetimi, inovasyon kültürü oluşturma, pazarlama ve yönetsel süreçler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Temel amacı, problem çözümünde yaratıcılığı artırmak ve çözüm süreçlerini hızlandırmaktır [11].

Tablo 1. 40 Yenilikçi Buluş Prensipleri (40 Inventive Principles of TRIZ) [11]

1	Bölme, parçalama	21	Hızlı hareket etme
2	Çekip çıkarma	22	Zararı faydaya dönüştürme
3	Lokal kalite	23	Geribildirim
4	Asimetri	24	Arabulucu
5	Birleştirme	25	Selfservis
6	Evrensellik	26	Kopyalama
7	Yuvalama	27	Kısa ömürlü ucuz nesne kullanma
8	Karşıt Ağırlık	28	Mekanik sistemin değiştirilmesi
9	Önceden Karşı Hareket	29	Gaz ve Sıvı Kullanma

10	Önceki Hareket	30	Esnek Film ve ince zarlar kullanma
11	Önceden Yastıklama	31	Gözenekli malzeme kullanma
12	Eş mümkün olay	32	Renk değiştirme
13	Tersine çevirme	33	Türdeşlik
14	Küremsi Hale getirme	34	Parçaları reddetme ya da yenileme
15	Dinamiklik	35	Parametre değiştirme
16	Kısmi veya gereğinden fazla hareket	36	Faz geçişi
17	Yeni boyuta geçme	37	Isıl Genleşme
18	Mekanik Titreşim	38	Güçlü oksitleyiciler kullanma
19	Periyodik hareket	39	Atıl Ortam
20	Faydalı Hareketin Devamlılığı	40	Kompozit Malzeme

Altshuller, binlerce mühendislik problemini ve bunların çözümlerini inceleyerek 39 temel mühendislik parametresi belirlemiştir. Bu parametreler, ikili çiftler halinde düzenlenmiş ve her çift için 40 temel prensip geliştirilmiştir [11–17]. Bu prensipler, "Çelişkiler Matrisi" adı verilen 39x39 boyutunda bir matris üzerinde organize edilmiştir. Matrisin satırları yapılan değişikliği, sütunları ise ortaya çıkan yeni sorunu ifade eder. Satır ve sütunların keşiştiği hücrelerde, en fazla 4 adet olmak üzere, 40 yenilikçi buluş prensibi yer alır (Tablo 1). Bu prensipler, mevcut patent incelemeleri sonucu elde edilmiş ideal çözüm önerileridir [15–17].

2.2. Değer Mühendisliği (Value Engineering)

Değer Mühendisliği (Value Engineering- VE), bir ürünün, sistemin veya sürecin işlevselliğini koruyarak maliyetlerin optimize edilmesini amaçlayan sistematik ve disiplinler arası bir analiz yöntemidir. Bu yaklaşım, temelinde "değer" kavramını esas alır. Literatürde değer, genellikle bir ürün veya hizmetin performans düzeyinin, bu performansa ulaşmak için gerekli maliyete oranı şeklinde tanımlanmaktadır [18]. Değer mühendisliğinin temel amacı, işlevsel yeterliliği düşürmeden gereksiz maliyetleri ortadan kaldırmak ve mevcut kaynakların daha etkin kullanımını sağlamaktır [19].

Değer mühendisliği süreci genellikle bir dizi yapılandırılmış aşamadan oluşur: problemin tanımlanması, işlev analizinin yapılması, alternatif çözüm önerilerinin geliştirilmesi, bu önerilerin değerlendirilmesi ve uygulanabilir çözümlerin hayata geçirilmesi. Sürecin ilk adımında, projeye ilişkin hedefler, kapsam ve mevcut kısıtlamalar ayrıntılı biçimde tanımlanır. Takip eden işlev analizi aşamasında, ürünün ya da sistemin temel ve ikincil işlevleri belirlenir; her bir işlevin sistemdeki rolü ve bu işlevi yerine getirmek için katlanılan maliyet değerlendirilir. Bu analiz, yüksek maliyet yaratan fakat düşük işlevsellik sağlayan unsurların ayıklanmasına olanak tanır [18–21].

Değer mühendisliği uygulamaları yalnızca teknik ve ekonomik açılarından değil, aynı zamanda kullanıcı talepleri ve piyasa gereksinimleri bağlamında da değerlendirilmelidir. Kalite, güvenlik, dayanıklılık, hizmet düzeyi ve performans gibi kullanıcı odaklı kriterlerin, en düşük yaşam döngüsü maliyeti ile sağlanması, bu yaklaşımın temel ilkeleri arasında yer almaktadır [19]. Bu bağlamda değer mühendisliği, ürünün yalnızca ilk üretim maliyetini değil; bakım, işletme ve elden çıkarma gibi tüm yaşam döngüsü boyunca oluşacak maliyetleri göz önünde bulundurur.

Ayrıca, değer mühendisliği yalnızca maliyet azaltımına odaklanmaz; asıl hedef, planlanan maliyet seviyesine ulaşarak pazarda rekabetçi avantaj sağlayacak nitelikte ürünlerin geliştirilmesidir. Ürünün temel işlevleri (ürünün varlık nedeni) ile kullanıcıların talep ettiği ikincil işlevler (ek özellikler) arasında kurulan sistematik ilişki sayesinde, ürün hem fonksiyonel anlamda talep eden beklentilerini karşılamakta hem de gereksiz maliyet artışlarından kaçınılmaktadır [18]. Bu bağlamda, değer mühendisliği yaklaşımı, ürünün öngörülen zaman diliminde pazara sunulabilmesini ve talep eden memnuniyetini sağlayarak ticari başarısını artırmasını desteklemektedir.

3. YÜRÜTEÇ APARATI TASARIMI (Design of a Walker Apparatus)

Felçli köpekler için tasarlanan yürüme aparatının bazı tasarım, kullanım kriterlerini sağlaması gereklidir. İlk olarak yürüme aparatı tüm köpeklere uyumlu olmalıdır. Farklı ırk, boy ve büyüklükteki köpeklerin vücut yapısına uygun olmalıdır. Diğer yandan bu yürüteçler köpekler için minimum ek ağırlığa sahip olmalıdır. Son olarak bu aparat köpeklerin insana ihtiyaç duymadan bağımsız bir şekilde oturup hareket etmesine olanak sağlamalıdır. Bahsedilen kriterler tasarım için bazı çelişkiler oluşturmaktadır. Bu çelişkilerin giderilmesi için TRIZ yöntemi kullanılmıştır.

3.1. TRIZ Uygulaması (Application of TRIZ)

3.1.1. Çelişki 1 (Contradiction 1)

Geliştirilen yürüteç, köpeğin tüm ağırlığını taşıyacağı için yüksek dayanımlı olmalıdır. Ancak aynı zamanda, köpeğin rahat hareket edebilmesi ve üzerine ek bir yük binmemesi için hafif olması gerekmektedir. Dayanımı artırmak genellikle ağırlığın da artmasına neden olduğundan, bu iki gereksinim arasında teknik bir çelişki oluşmaktadır. Bu çelişkinin çözümü için TRIZ 39x39 Çelişki Matrisi kullanılmış ve matriste ilgili parametreler eşleştirildiğinde dört temel çözüm prensibinin öne çıktığı görülmüştür: Bölme – Parçalama Prensibi (1), Karşıt Ağırlık Prensibi (8), Dinamiklik Prensibi (15), ve Kompozit Malzeme Prensibi (40). Yapılan değerlendirmeler sonucunda en uygun çözümün, malzeme seçimine odaklanan Kompozit Malzeme Prensibi olduğu belirlenmiştir.

	Geliştirilen Özellik	Kötüleştiren Özellik
		Hareketli nesnenin ağırlığı
		1
9	Hız	2, 28, 13, 38
10	Kuvvet	8, 1, 37, 18
11	Gerilim ve basınç	10, 36, 37, 40
12	Şekil	8, 10, 29, 40
13	Nesnenin dengesi	21, 35, 2, 39
14	Dayanıklılık, güç	1, 8, 40, 15

Şekil 1. Çelişki matrisindeki ilgili parametreler (Relevant parameters within the TRIZ contradiction matrix).

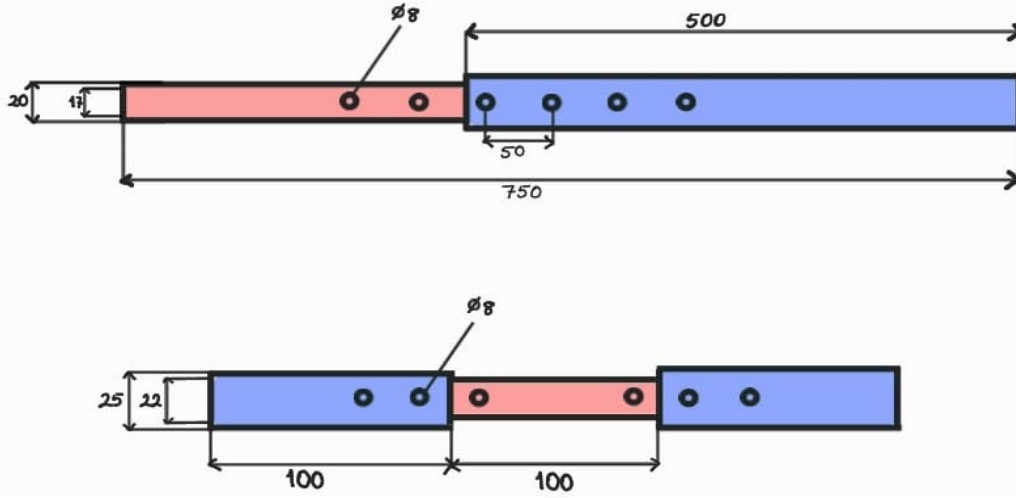
Kompozit malzemeler, birden fazla bileşenin birleşiminden oluşarak her iki malzemenin avantajlarını bir araya getiren özel malzemelerdir. Bu bağlamda, yürüteç için hem hafif hem de dayanıklı bir çözüm sunan cam elyaf takviyeli PVC borular tercih edilmiştir. Cam elyaf takviyeli PVC borular, metal muadillerine kıyasla oldukça hafif olup köpeğin üzerine binen yükü en aza indirerek hareket kabiliyetini artırmaktadır. Aynı zamanda köpeğin ağırlığını taşıyabilecek dayanımı sağlayarak mekanik mukavemeti de korumaktadır. Metal malzemelerde karşılaşılan korozyon problemlerine karşı dayanıklı olması, özellikle dış mekân kullanımında yürütecin uzun ömürlü olmasını desteklemektedir [22]. Bunun yanı sıra, Cam elyaf takviyeli PVC boruların maliyet açısından uygun ve erişilebilir olması, yürütecin ekonomik bir şekilde üretilebilmesini sağlamaktadır. Hafifliği sayesinde taşınabilirliği artırırken, işlenebilir yapısı sayesinde istenilen uzunlukta kesilebilir, bükülebilir ve birleştirilebilir. Bu durum, teleskopik mekanizmanın uygulanmasını kolaylaştırarak modüler bir sistemin oluşturulmasına da imkân tanımaktadır. Böylece, farklı boyutlardaki köpeklerin aynı yürüteç sistemini kullanabilmesi sağlanırken, büyüme çağındaki ya da kilo alan köpekler için de sürdürülebilir bir çözüm ortaya konulmuştur.

3.1.2. Çelişki 2 (Contradiction 2)

Geliştirilen yürüteç aparatının her yaşta ve ırktan köpek tarafından kullanılabilmesi hedeflenmiştir. Ancak köpeklerin yaşlarına ve ırklarına göre vücut boyutları ve ağırlıkları önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Küçük ırklar daha kompakt bir yapıya sahipken, büyük ırklar daha geniş ve uzun bir gövdeye sahiptir [23]. Bu durum, yürüteç aparatının hem büyük hem de küçük olması gerektiği anlamına gelmektedir ve bu da TRIZ'e göre fiziksel bir çelişki oluşturmaktadır.

Geliştirilen aparatın farklı zamanlarda boyunun değiştirilmesi gerektiğinden, fiziksel çelişki çözümünde zamana göre ayırma prensibi kullanılmıştır. Bu prensibe göre 1, 7, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 21, 24, 26, 27, 29, 34, 36 ve 37 ilk olarak bakılması gereken çözüm ilkeleridir [15]. Bu ilkeler arasından 1 numaralı "Bölme – Parçalama Prensibi" kullanılarak çelişki çözülmüştür. Yürüteç aparatı boyutu ayarlanabilir iç içe geçebilen

parçalara bölünerek teleskopik bir yapı tasarlanmıştır. Böylece, genişlik, yükseklik ve uzunluğu ayarlanabilen bu tasarım, farklı boyutlardaki köpeklerin kullanımına uygun hale getirilmiştir. Ayrıca, büyüme çağındaki bir köpeğin veya kilo alan bir köpeğin yürüteci kullanmaya devam edebilmesi için yeni bir aparat temin edilmesine gerek kalmayacaktır. Bu durum, ürüne yalnızca ekonomik bir avantaj sağlamakla kalmayıp sürdürülebilirlik açısından da önemli bir katkı sunmaktadır.



Şekil 2. Teleskopik sistem eskizi (Sketch of the telescopic system).

3.1.3. Çelişki 3 (Contradiction 3)

Engelli köpeğin bağımsız olarak istediği zaman oturması istediği zaman yürüyebilmesinin istenmesi son çelişkiyi oluşturmaktadır. Köpeğin ihtiyaçlarına bağlı olarak oturması veya ayakta olması gerekebilir. Mevcut yürüme aparatlarında engelli köpeklerin bu ihtiyaçları kullanıcı (insan) müdahalesi ile mümkün olmaktadır. Kullanıcıdan bağımsız olarak engelli köpeğin istediği zaman oturması istediği zaman ayağa kalkması istemi bir TRIZ problemi oluşturmaktadır. Yürüme aparatının köpeğin ayakta durabilmesi için sabit, köpeğin oturabilmesi için hareketli olması gerekir. Bu iki zıt gereksinim arasında bir fiziksel çelişki bulunmaktadır. Bu çelişkinin çözümü için TRIZ metodolojisi kullanılarak koşullara göre ayrılma prensibi ele alınmıştır.

1 numaralı bölme ve parçalama prensibi, tek bir bütün olarak çalışan bir sistemin farklı bileşenlere ayrılarak çelişkinin giderilmesini amaçlamaktadır. Mevcut yürüme aparatları genellikle tek parça olarak tasarlanan bacak bağlantıları, bu prensip doğrultusunda dört parçaya bölünerek yeniden tasarlanmıştır. Şekil 3'te gösterildiği gibi, bu bölünme sayesinde her bir bacak bağımsız olarak hareket edebilir hale getirilmiştir.

Bu yapısal değişiklikle birlikte, katlanabilir mekanizmaya bir kilitleme ve açma sistemi entegre edilmiştir. Köpek oturma, yatma hareketi yapmak istediğinde mekanizma kilidi açılarak parçalar birbirine yakın konuma getirilebilir. Ancak yürüme pozisyonu sırasında, bağlantı noktalarında yer alan kilitleme mekanizması devreye girerek sistemin sabit bir formda kalmasını sağlar. Böylece hem katlanma özelliği korunmuş hem de kullanım sırasında istenmeyen hareketlerin önüne geçilmiştir. Bölme ve parçalama prensibi ile gerçekleştirilen bu tasarım hem modülerlik sağlayarak taşınabilirliği artırmış hem de kilitleme mekanizma sayesinde güvenli bir kullanım sunmuştur.



Şekil 3. Bölme-parçalama prensibi kullanımı sonrası bacak eskizi (Sketch of the leg following the use of the segmentation principle).

Geliştirilen yürüme aparatı, TRIZ metodolojisi kullanılarak belirlenen teknik ve fiziksel çelişkiler doğrultusunda optimize edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, hafiflik ve dayanım arasındaki çelişkiyi gidermek için cam elyaf takviyeli PLA tercih edilmiş, farklı ırk ve yaş gruplarındaki köpeklerin kullanımına uygun hale getirmek için teleskopik bir yapı benimsenmiş ve köpeğin bağımsız hareket edebilmesini sağlamak için bölme-parçalama prensibi ile katlanabilir bir mekanizma tasarlanmıştır. Bu sayede, yürüteç yalnızca ergonomik ve konforlu bir kullanım sunmakla kalmamış, aynı zamanda ekonomik ve sürdürülebilir bir çözüm olarak da öne çıkmıştır. TRIZ yönteminin sistematik yaklaşımı sayesinde, farklı kullanıcı ihtiyaçlarına uyum sağlayabilen, pratik ve yenilikçi bir yürüme aparatı tasarlanmıştır.

3.2. Değer Mühendisliği Uygulaması (Application of Value Engineering)

Yürüme aparatı tasarım sürecinde fonksiyonel gereksinimlere en uygun çözüm önerileri geliştirilmiş ve ideal tasarım seçilmiştir. Ancak, bu tasarımın hem maliyet açısından verimli hem de işlevselliğini koruyacak şekilde optimize edilmesi amacıyla değer mühendisliğinden yararlanılmıştır. Değer mühendisliği, ürün maliyeti artırmadan ürün performansını artırmaya yönelik çalışmaların tümünü kapsayan bir süreçtir. Tasarım sürecinde, yürütecin maliyetini etkileyen bileşenler incelenmiş, gereksiz maliyet unsurları belirlenmiş ve azaltılabilecek alanlar tespit edilmiştir. Ayrıca, uzun ömürlü ve sürdürülebilir bir tasarım elde edebilmek için yatırım yapılması gereken kritik bileşenler değerlendirilmiş ve tasarım kararları buna göre şekillendirilmiştir. Değerlendirme süreci veteriner önerileri dikkate alınarak önem derecesi tespit edilmiştir.

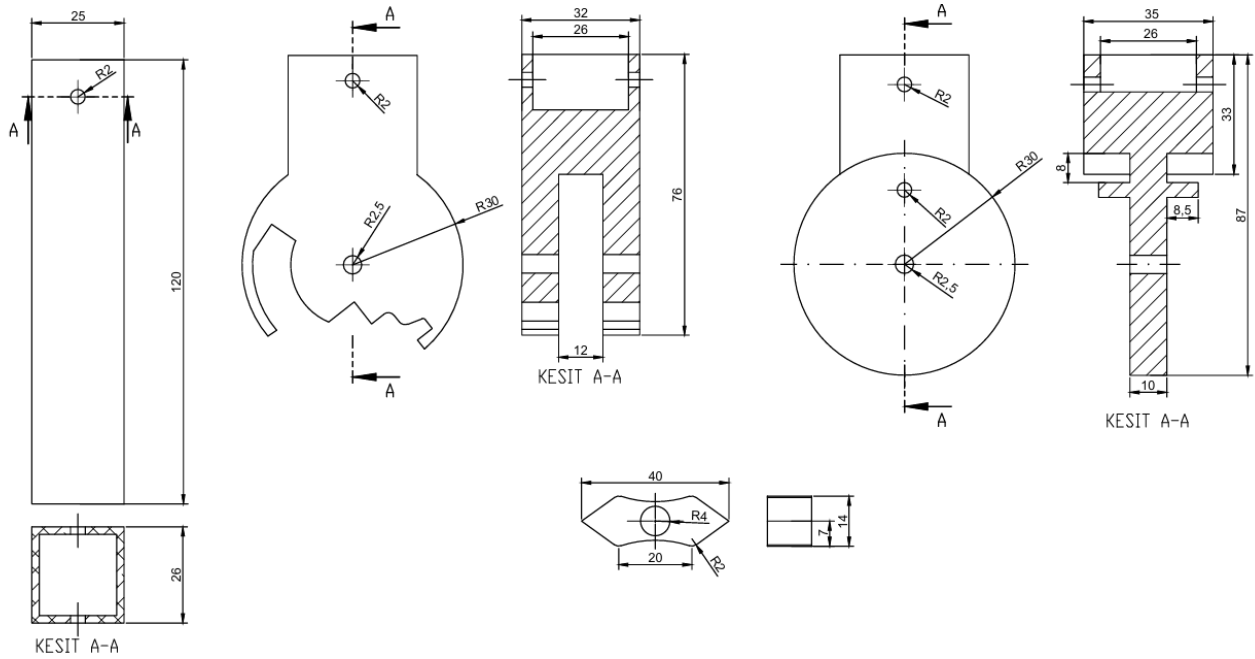
Tablo 2. Yürüteç bileşenleri, fonksiyonları ve önem dereceleri (Components of the walker, their functions, and relative importance levels).

Bileşen	Fonksiyon	Parça	Önem Derecesi
Çerçeve	Ürünü ayakta tutmak	Uzun çubuk	%20
		Kısa çubuk	
Bağlantı Elemanları	Çerçevenin parçalarını bir arada tutmak	Dirsekler	%10
		Cıvatalar	
Tekerlek	Ürünün hareketini sağlamak	Tekerlek	%10
Göğüs Plakası	Aparatın kullanıcıyı kavramasını sağlamak	Göğüs plakası	%10
Felçli Uzunlar İçin Sargılar	Uzvu tahriş olmasını engellemek	Sargı	%5
Uzunları yerleştirmek için askılar	Uzunları sabitlemek	Askı	%10
Katlanma mekanizması	Katlanmayı sağlamak	Üst bacak	%35
		Alt bacak	
		Üst çubuk	
		Alt Çubuk	

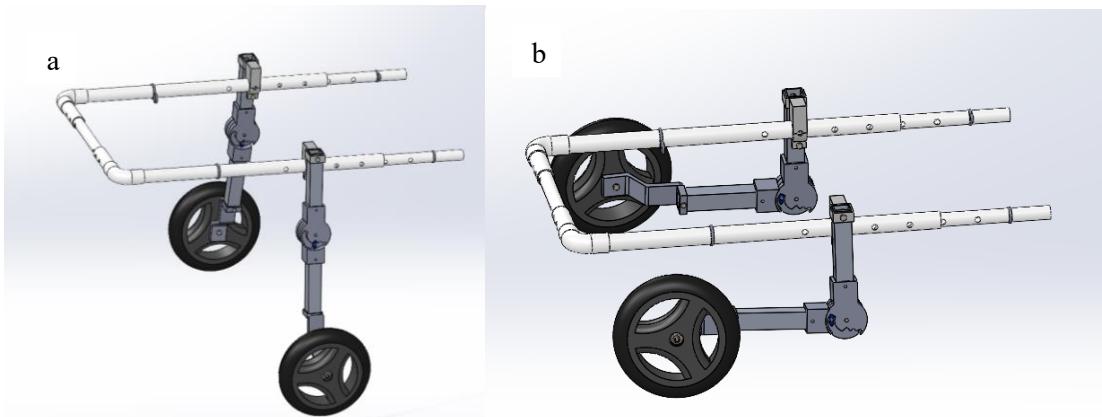
Değer mühendisliğinin ilk aşamasında aparatın fonksiyonları ve bu fonksiyonları yerine getirecek mekanizmalar belirlenmiştir (Tablo 2). Bu aparatı diğer engelli köpek yürüme aparatlarından ayıran en önemli özellik katlanma mekanizmasıdır. Bu mekanizma, tekerlekli sandalyeyi kullanan köpeklerin oturma ve yatma gibi hareketleri rahatça yapmasını sağlar. Köpeğin hareket kabiliyetini artırarak işlevsel özgürlük sunar ve yürütecin günlük kullanım için uygun olmasına katkı sağlar. Bu nedenle katlanma fonksiyonunu yerine getiren alt bileşenlerin belirlenmesi ve özenle tasarlanması gereklidir.

Katlanma mekanizması (Şekil 4), otobüslerde ve arabalardaki koltukların kolçaklarında kullanılan kademeli kolçak mekanizmasından (ratcheting armrest mechanism) esinlenilmiştir. Kolçaklardaki katlanma mekanizmaları, genellikle kullanıcının oturma alanını optimize etmek amacıyla, az yer kaplayan ve aynı zamanda sağlam bir şekilde kilitlenen mekanizmalar olarak tasarlanır. Bu prensip, köpek yürüteci tasarımına da entegre edilmiştir. Mekanizma, katlanabilir olmasının yanı sıra, aynı zamanda kendi kilitlenme mekanizmasını da bünyesinde barındırır (Şekil 5). Bu, köpekler için ekstra güvenlik sağlar. Kilitlenme sistemi, mekanizmanın istenmeyen şekilde açılmasını engelleyerek, kullanım sırasında güvenliği artırır. Bu özellik yürütecin emniyet faktörünü devreye sokar ve köpeğin rahatça hareket etmesini sağlar. Mekanizma bir eklem mantığındadır. U şeklindeki parçanın ortasına yerleştirilerek delik eksenlerinden pim ile sabitlenir.

Yürüme aparatının diğer fonksiyonların önem derecelerine göre mekanizma ve parça tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yürüme çerçeve için cam elyaf takviyeli PVC boru tercih edilmiştir. Cam elyaf takviyeli PVC borular, hafif, dayanıklı ve ekonomik olmaları sayesinde ideal bir seçim olmuştur. Bunun yanı sıra, bacaklar için ise daha fazla dayanıklılık ve güç gerektiren bölge olduğu için alüminyum profil tercih edilmiştir. Bu malzeme seçimi, katlanma mekanizması ile uyumlu olacak şekilde, bacakların güçlü olmasını sağlarken hafiflik ve dayanıklılık açısından optimum dengeyi sağlar.



Şekil 4. Katlanma mekanizması teknik resmi (Drafting of the folding mechanism).

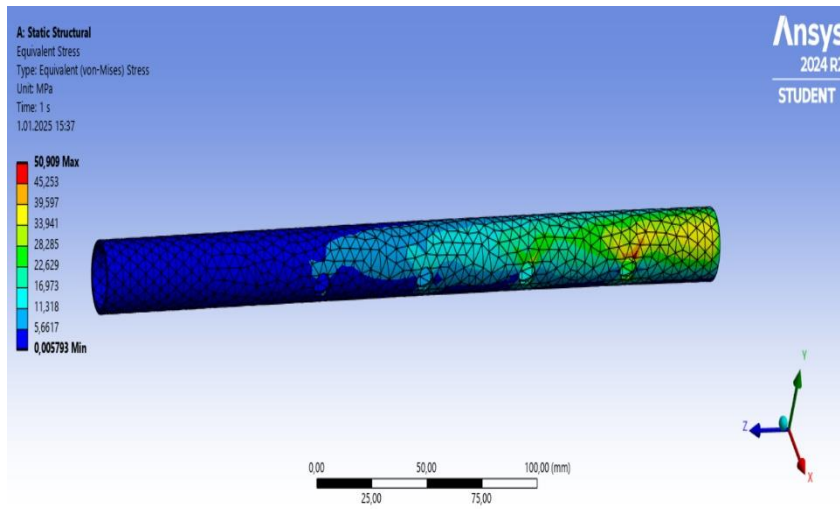


Şekil 5. Yürüteç modeli (Model of the walker) a) Yürüme pozisyonu (Walking position) b) Oturma pozisyonu (Sitting position).

3.3. Mekanik Davranış Analizi (Mechanical Behaviour Analysis)

Tasarımın güvenilirliğini ve mekanik performansını doğrulamak için, kullanılan cam elyaf takviyeli PVC borular üzerinde statik gerilme analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde esas alınan yük durumu, engelli köpeklerin ağırlıklarının oluşturduğu statik yükler temel alınarak belirlenmiştir. Bu bağlamda literatür incelemesi ve saha gözlemleri sonucunda, köpeklerin ağırlıklarının genellikle 5 kg ile 40 kg arasında değiştiği görülmüş ve tasarım kriteri olarak maksimum yük olan 40 kg (yaklaşık 400 N) dikkate alınmıştır [23].

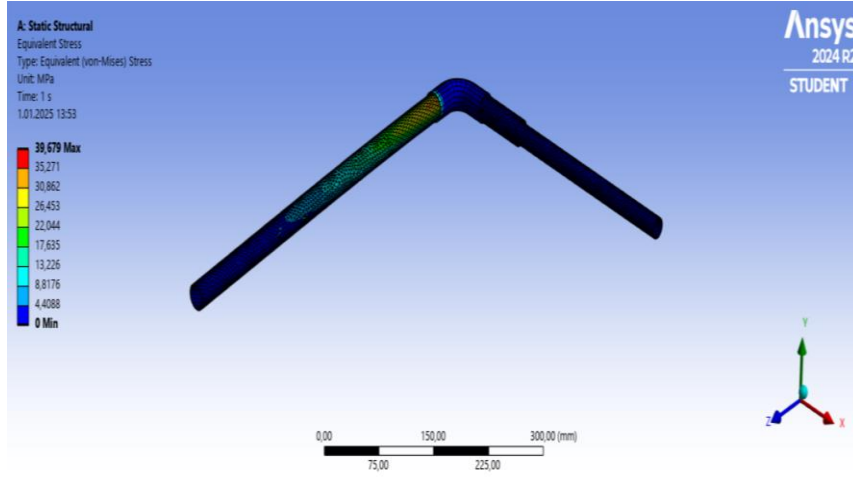
Analiz için, her bir askı bağlantı noktasına eşit olarak dağıtılan maksimum yük koşulu olarak 100 N değerinde kuvvet uygulanmıştır. Yani 4 bağlantı noktasına 100'er N kuvvet uygulanmış böylece yükün eşit dağılımı simüle edilerek aparatın farklı noktalarındaki gerilme dağılımları incelenmiştir. Kullanılan cam elyaf takviyeli PVC malzemenin akma dayanımı referans değer olarak 58 MPa'dır (Şekil 7). Gerçekleştirilen ilk statik analiz sonucunda, maksimum Von Mises gerilme değerinin 50,9 MPa olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuç, malzemenin akma sınırı ile karşılaştırıldığında ($58 \text{ MPa} > 50,9 \text{ MPa}$), aparatın bu yük altında güvenle kullanılabileceğini göstermektedir [24].



Şekil 7. Mesnet bileşeni analiz görseli (Support component analysis image).

Analizin farklı senaryolar ve daha detaylı sonuçlar elde etmek amacıyla tekrarlanması sonucunda, maksimum gerilmenin daha düşük yük koşullarında bile 39,7 MPa olarak hesaplandığı tespit edilmiştir (Şekil 8). Bu sonuçlar yine cam elyaf takviyeli PVC malzemenin akma dayanımının altında kalmaktadır ($58 \text{ MPa} > 39,7 \text{ MPa}$), bu da malzemenin yükleri taşıma konusunda yeterli emniyet faktörüne sahip olduğunu teyit etmektedir [23]. Ayrıca köpek cinslerinin maksimum ağırlığı da göze alındığında analiz sonuçları yürüme çerçevesinin üzerine binecek yüke dayanabileceğini ortaya koymaktadır [23].

Ayrıca gerilme dağılımının detaylı incelenmesi, yükün aparata bağlandığı bağlantı noktalarında yoğunlaştığını ancak tasarımın genelinde eşit dağılıma yakın bir seyir izlediğini göstermektedir. Bu durum, seçilen cam elyaf takviyeli PVC boruların hem mekanik yük kapasitesi hem de tasarım açısından ideal olduğunu ortaya koymaktadır. Gerilme yoğunlaşmalarının görüldüğü bölgelerde gerekli durumlarda tasarımsal iyileştirmelerin veya güçlendirmelerin yapılabileceği öngörülmektedir.

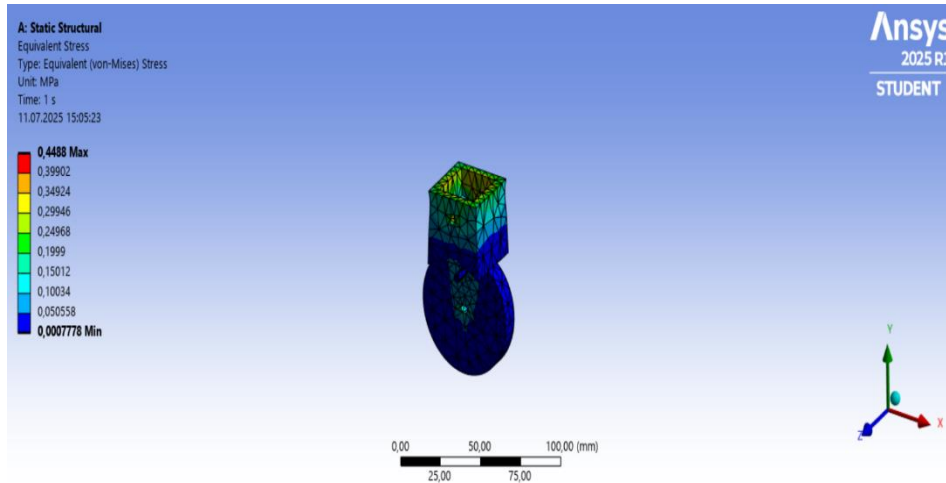


Şekil 8. Dirsek bileşeni analiz görseli (Elbow component analysis image).

Tasarımın mekanik dayanımını değerlendirmek amacıyla, PLA (Polilaktik Asit) malzemeden üretilen mekanizma parçası üzerinde statik yapısal gerilme analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz senaryosunda, parçanın dört adet askı bağlantı noktasına eşit olarak dağıtılan toplam 400 N'luk kuvvet uygulanmış ve böylece kullanım koşullarına uygun bir yükleme durumu modellenmiştir.

Gerçekleştirilen analiz sonucunda, yapı üzerinde oluşan maksimum Von Mises gerilme değeri 0,4488 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil 9). Bu değer, literatürde PLA malzemesi için bildirilen yaklaşık 60 MPa'lık akma dayanımının oldukça altında kalmaktadır [25]. Gerilme dağılımı incelendiğinde, en yüksek gerilme değerlerinin kuvvetin uygulandığı üst bağlantı noktası çevresinde yoğunlaştığı; diğer bölgelerde ise gerilmenin düşük seviyelerde seyrettiği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, PLA malzemeden üretilen mekanizma parçasının analiz edilen yükleme koşulları altında plastik deformasyona uğramadan güvenli bir şekilde çalışabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 9. Mekanizma bileşeni analiz görseli (Mechanism component analysis image).

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada, arka bacakları felçli sokak köpeklerinin bağımsız hareket etmelerini sağlamak amacıyla ekonomik, katlanabilir ve seri üretime uygun bir yürüteç aparatı geliştirilmiştir. Mevcut çözümlerin oturma ve yatma gibi temel hareketleri kısıtlaması ve kullanım sürelerinin sınırlı olması problemlerine çözüm sunmak üzere, sistematik bir yaklaşım olan TRIZ metodolojisi kullanılmıştır. Tasarım sürecinde, hafiflik ve dayanıklılık çelişkinin çözümü amacıyla cam elyaf takviyeli PVC borular kullanılmış, teleskopik yapı ve bölme-parçalama prensipleriyle köpeklerin bağımsız hareket kabiliyeti artırılmıştır.

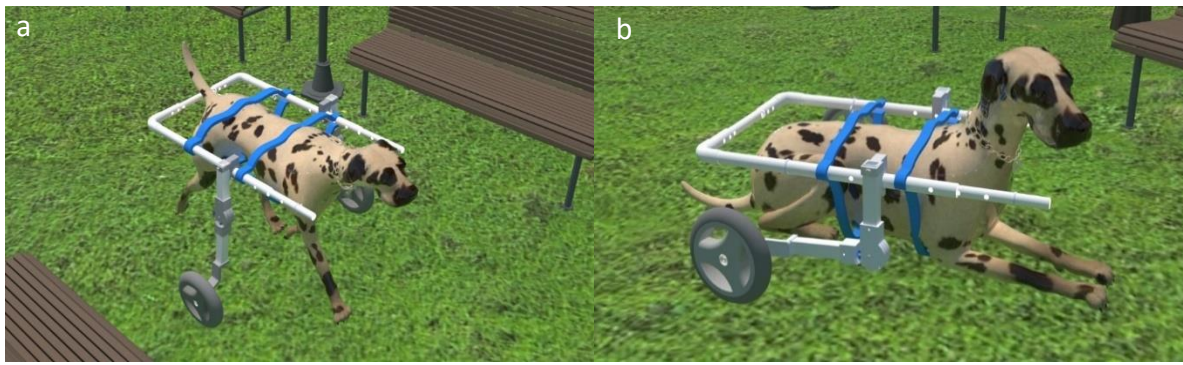
Yapılan statik analizlerle, seçilen malzeme ve tasarımın mekanik dayanımı bilimsel olarak doğrulanmış ve maksimum yük altında güvenli bir kullanım sağladığı ortaya konmuştur. Maksimum gerilme değerlerinin, cam elyaf takviyeli PVC malzemenin akma dayanımının altında kalması, tasarımın yeterli emniyet faktörüne sahip

olduğunu kanıtlamaktadır. Ayrıca değer mühendisliği teknikleri kullanılarak, ürünün maliyet etkinliği artırılmış ve sürdürülebilirlik açısından avantajlı hale getirilmiştir.

Geliştirilen aparatın en önemli özelliklerinden biri, kullanıcının (insan) müdahalesi olmadan köpeğin bağımsız olarak oturup kalkmasını sağlayan katlanabilir mekanizmadır (Şekil 10). Bu mekanizma, yürütecin günlük kullanıma yönelik pratik ve ergonomik olmasını sağlamış, kullanım kolaylığını önemli ölçüde artırmıştır.

Gelecek çalışmalarda köpeklerin hareket kabiliyetini artırmak için özel mekanizmalar ve fonksiyonlar eklenebilir. Örneğin köpeğin tek tarafa yükünü yükleyerek oturma veya yatma hareketi yapması durumunda aparatın bacaklarının aynı anda katlanmasını sağlayacak mekanizmalar eklenebilir.

Sonuç olarak, geliştirilen yürüteç aparatı yalnızca engelli köpeklerin yaşam kalitesini artırmakla kalmayıp, toplumda hayvan refahı konusunda farkındalığın artırılmasına da katkı sağlayacaktır. Bu çalışma, benzer durumdaki diğer hayvan türlerine yönelik yeni tasarımların geliştirilmesine öncülük edecek potansiyele sahiptir. Gelecekte, yürütecin farklı malzemeler ve üretim teknikleri ile optimize edilerek daha geniş kitlelere ulaşması sağlanabilir, böylece engelli hayvanların rehabilitasyon süreçlerine yönelik etkili ve erişilebilir çözümler sunulabilir.



Şekil 10. Yürüteç modeli (model of the walker) a) Yürüme pozisyonu (walking position) b) Oturur pozisyon (sitting position)

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma TÜBİTAK-2209A tarafından desteklenmiştir (Proje no:1919B012408880).

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S.H. Beyaztaş, Mimari Tasarımda Ekolojik Bağlamda Biçim Ve Doğa İlişkisi, İstanbul, 2012.
- [2] E. Fowler, Design, analysis, and development of cost effective canine wheelchairs., University of Louisville, 2008. <https://doi.org/10.18297/etd/452>.
- [3] Walkin Pets, Dog Wheelchairs, (2024). <https://walkinpets.com/collections/dog-wheelchair-rear-adjustable-wheelchairs-for-dogs-with-disabilities> (accessed June 20, 2024).
- [4] Zoomadog, Wheelchairs, (2024). <https://zoomadog.co.uk/products/walkin-wheels-rear-amputee-dog-wheelchair> (accessed June 22, 2024).
- [5] Training Lines, Dog Mobility, (2024). <https://www.traininglines.co.uk/pet-wheelchairs-suitable-for-dogs-cats-rabbits-lambs-goats/> (accessed May 22, 2024).
- [6] K9 Charts, Shop, (2024). <https://k9charts.com/products/rear-wheelchair> (accessed May 23, 2024).
- [7] Best Friend Mobility, Products, (2024). <https://bestfriendmobility.net/collections/rear-support> (accessed May 19, 2024).
- [8] Crawl paw, Wheelchairs, (2024). <https://www.crawl paw.com/Dog-Wheelchairs/> (accessed May 29, 2024).
- [9] T.R. Short, Experiences with a mobile support for paraplegic dogs., J Am Vet Med Assoc 152 (1968).
- [10] L.R. Mace, M.F. Story, M.A. Jones, The principles of universal design, 1991.
- [11] M.A. Akbulut, Yaratıcı Problem Tekniğinin (TRIZ) Elektrik Prizleri İçin Tasarım Alanına Uygulanması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [12] G. Altshuller, Ve mucit birden ortaya çıkıverdi, 2nd ed., Elma Yayınevi, 2007.
- [13] G. Altshuller, And suddenly the inventor appeared, 2nd ed., MA. Technical Innovation Center, 1996.
- [14] F.I. Kubota, I.D. Rosa, L. Cantorski, Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving, J Clean Prod 47 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.059>.
- [15] B. Zlotin, A. Zusman, G. Altshuller, Tools of classical TRIZ, 1999.
- [16] G. Burz, L. Marian, Case Study On The Implementation Of The TRIZ Innovation Method In SMEs, Revista de Management Şi Inginerie Economică 13 (2014).

- [17] C.R. Kaykayoğlu, INNOVİKO sertifika programı, in: İstanbul, 2012.
- [18] A. Terzi, Hedef maliyetleme, değer mühendisliği ve Kaizen maliyetleme üçlüsünün çay işletmelerinde birlikte uygulanabilirliği, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (2017).
- [19] N. Yüksel, H.R. Börklü, O. Erden, An Application of Value Engineering: Meatball Making Machine Design, Gazi Journal of Engineering Sciences 6 (2020). <https://doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.01>.
- [20] E. Bozdemir, M.S. Orhan, Maliyet Kontrol Aracı Olarak Hedef Maliyetleme Yönteminin Türk Otomotiv Sanayinde Uygulanabilirlik Düzeyinin İncelenmesi, Erzurum, 2011.
- [21] F. Kurşunel, A.T. Alkan, A.B. Şalvarcı, Maliyet Yönetiminde Çağdaş Bir Yaklaşım: Hedef Maliyetleme Süreci Örnek Uygulama, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi 8 (2005) 57–74. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/116588>.
- [22] Erboy Plast, PVC boru, (2024). <https://erboyplast.com.tr> (accessed May 29, 2024).
- [23] A. Yıldırım, Kangal Irkı Köpeklerde Büyüme ve Beden Ölçülerine Ait Özellikler, İğdır, 2012.
- [24] Matweb, Matweb, Overview of materials for PVC, 10% Glass Fiber Reinforced, (2025). https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=9971b36df42547a19699d40320455fb1&utm_, 2025 (accessed March 2, 2025).
- [25] J.A. Travieso-Rodriguez, R. Jerez-Mesa, J. Llumà, O. Traver-Ramos, G. Gomez-Gras, J.J.R. Rovira, Mechanical properties of 3D-printing polylactic acid parts subjected to bending stress and fatigue testing, Materials 12 (2019). <https://doi.org/10.3390/ma12233859>.