



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Aksiyomatik tasarım yöntemi ile yenilikçi ürün geliştirilmesi

Development of an innovative product using axiomatic design methodology

Yazar(lar) (Author(s)): İbrahim ULUTÜRK¹, Mustafa YURDAKUL², Yusuf Tansel İÇ³

ORCID¹: 0000-0003-2363-544X

ORCID²: 0000-0002-1562-5738

ORCID³: 0000-0001-9274-7467

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ulutürk, İ., Yurdakul, M. ve İç, Y.T., “Aksiyomatik tasarım yöntemi ile yenilikçi ürün geliştirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 23(4): 987-1002, (2020).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.591154

Aksiyomatik Tasarım Yöntemi İle Yenilikçi Ürün Geliştirilmesi

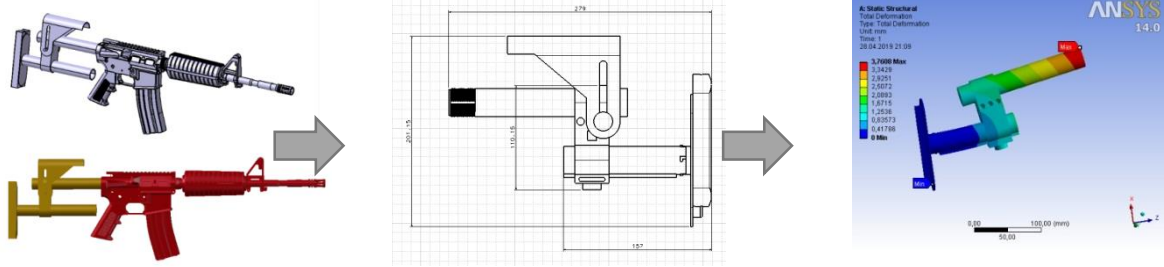
Development of an Innovative Product Using Axiomatic Design Methodology

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Aksiyomatik tasarım yöntemi kullanılarak bir dipçik modeli geliştirilmiştir (An axiomatic design methodology is applied to design a rifle butt).
- ❖ Geliştirilen model yaygın tüfek modellerinde kullanılacak şekilde boyutlandırılmıştır (The developed model is sized to fit into common rifle types).
- ❖ Tamamen yeni bir ürün tasarımı geliştirilmiştir (A completely new product design has been develop).

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Kullanıcının gereksinimlerine uygun tamamen yeni bir ürün tasarımının nasıl gerçekleştirileceği detayları ile beraber bu çalışmada sunulmuştur (This study presents in detail a new product design to develop a completely new product that satisfies customer requirements.)



Şekil. Yenilikçi dipçiğin AR15 tüfeğine montajlı haldeki görüntüsü /Figure. Innovative butt assembled to the AR15 rifle

Amaç (Aim)

Bu çalışmada aksiyomatik tasarım yöntemi kullanılarak yenilikçi bir dipçik modeli geliştirilmiştir. / In this study, axiomatic design methodology is applied to design an innovative rifle butt.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Geliştirilen model yaygın tüfek modellerinde kullanılacak şekilde boyutlandırılmış ve ANSYS Workbench programı uygulanmıştır. / The developed rifle butt model is sized to fit into common rifle types and ANSYS Workbench program is used for its structural analysis.

Özgünlük (Originality)

Tasarım ve mühendislik çalışmaları içeren bir süreç ile herhangi bir mevcut modeli kopyalamadan orijinal ve kullanıcının gereksinimlerine uygun bir ürün tasarımının nasıl gerçekleştirileceği detayları ile beraber bu çalışmada sunulmuştur. / This study presents in detail a new product design and engineering process to develop a completely new product that satisfies customer requirements without copying any existing products designs.

Bulgular (Findings)

Yaygın tüfek tiplerine uyacak şekilde uygun bir tüfek dipçik modeli elde edilmiştir. / A suitable rifle butt model is sized to fit into common rifle types is obtained

Sonuç (Conclusion)

Bu çalışma kapsamında belirlenen müşteri ihtiyaçlarını karşılamak adına bir adet dipçik yapılanması (Yenilikçi Model) oluşturulmuştur. / Within the scope of this study, a butt structure (Innovative Model) was created in order to meet the specified customer needs.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Aksiyomatik Tasarım Yöntemi ile Yenilikçi Ürün Geliştirilmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

İbrahim ULUTÜRK¹, Mustafa YURDAKUL², Yusuf Tansel İÇ^{3*}

¹ Türk Patent Enstitüsü Başkanlığı, Yenimahalle, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe Ankara, Türkiye

³Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06810, Etimesgut Ankara, Türkiye

(Geliş/Received : 12.07.2019 ; Kabul/Accepted : 24.09.2019)

ÖZ

Bu çalışma kapsamında aksiyomatik tasarım yöntemi kullanılarak yöntemin bağımsızlık aksiyom kriterini sağlayan yenilikçi bir dipçik modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model yaygın tüfek modellerinde kullanılabilecek şekilde boyutlandırılmış ve ANSYS Workbench programı ile yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle tasarım ve mühendislik çalışmaları içeren bir süreç ile herhangi bir mevcut modeli kopyalamadan orijinal ve kullanıcının gereksinimlerine uygun bir ürün tasarımının nasıl gerçekleştirileceği detayları ile beraber bu çalışmada sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aksiyomatik tasarım yöntemi, tüfek, dipçik tasarımı, sonlu elemanlar yöntemi.

Development of an Innovative Product Using Axiomatic Design Methodology

ABSTRACT

In this study, axiomatic design methodology is applied to design an innovative rifle butt. The developed rifle butt model is sized to fit into common rifle types and ANSYS Workbench program is used for its structural analysis. So that, this study presents in detail a new product design and engineering process to develop a completely new product that satisfies customer requirements without copying any existing products designs.

Keywords: Axiomatic design approach, rifle, rifle butt design, finite element method.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde pazara sunulan ürünler için müşteri beklentileri çok yüksek seviyelerdedir ve çok zorlu bir rekabet ortamı bulunmaktadır. Özellikle 3. Sanayi devriminden sonra kullanımı yaygınlaşan “inovasyon” kavramı üreticiler tarafından çok sevilmiş ve tüm dünyada bir inovasyon yarışı başlamıştır. Bu rekabet ortamına ayak uydurabilmek adına ürün geliştirme süreçleri mümkün olduğunca kısa ve sağlıklı sonuçlar doğuracak şekilde tutulmaktadır. Bu da tasarım süreçlerinin deneysellikten ziyade bilimsel bir perspektifle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Birçok araştırmacı tasarım süreçlerini bilimsel bir yöntem üzerine oturtan çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmaların en önemlilerinden bir tanesi Nam [1-3] tarafından geliştirilen “aksiyomatik tasarım” yöntemidir. Tasarımı yapılan sistemi oluşturan tasarım parametrelerinin, başlangıçtan itibaren ayrılması ve süreç içerisinde yapılacak değişikliklerin diğer fonksiyonları etkilememesi üzerine kurgulanan aksiyomatik tasarım yönteminin bir tüfek dipçığı tasarım sürecine uygulanabilir olup olmadığı bu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

2.1.Aksiyomatik Tasarım (Axiomatic Design)

Aksiyomatik Tasarım iki temel aksiyoma dayanmaktadır. İlk aksiyom bağımsızlık aksiyomu olarak bilinir ve fonksiyonel ve fiziksel alandaki karar verme sürecinde oldukça önemlidir. İkinci aksiyom bilgi aksiyomu ise üretim alanında daha çok seçim amaçlı kullanılmaktadır [1-3]. Bağımsızlık aksiyomu, fonksiyonel alandaki fonksiyonel gerekliliklerden (Functional Requirement-FR) fiziksel alandaki tasarım parametrelerine (Design Parameter-DP) eşleme işlemi sırasında belirli bir değişikliğin yalnızca karşılık geldiği FR’yi etkilemesi gerektiğini belirtmektedir. Bilgi aksiyomu ise, bağımsızlık aksiyomunu sağlayan tüm uygulanabilir tasarımlar arasında en iyi alternatifini belirlemek için en az bilgi içeriğine sahip olan tasarımın seçilmesi gerektiğini belirtmektedir [4]. Alanlar arasındaki ilişki matematiksel olarak, tasarım hedeflerini ve tasarım çözümlerini tanımlayan karakteristik vektörler ile ifade edilmektedir. Tasarım hiyerarşisinin belli bir seviyesinde, spesifik tasarım hedeflerini tanımlayan işlevsel gereksinimlerin kümesi, fonksiyonel alanda bir {FRs} vektörü oluştururken benzer şekilde, tasarım parametreleri seti de başka bir vektör {DPs} oluşturmaktadır. Bu iki vektör arasındaki ilişki Eş. (1) gösterilmektedir.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : yustanic@baskent.edu.tr

$$\{FRs\} = [A] \{DPs\} \quad (1)$$

Eş.(1)'de, [A] tasarımın özelliklerini belirleyen tasarım hiyerarşisinin herhangi bir seviyesindeki FR'ler ve DP'ler arasındaki ilişkileri gösteren tasarım matrisi olarak tanımlanmaktadır. Tasarım matrisi bağımsızlık aksiyomu kriterini sağlamak için köşegen veya üçgen matris olmalıdır. [A] tasarım matrisi, Eş.(4)'teki gibi köşegen matris olduğunda, FR'lerin her biri bağımsız olarak bir DP vasıtasıyla karşılanabilmektedir. Bu tarz tasarımlar, bağlantısız veya ayrık tasarım olarak ifade edilmektedir. [A] tasarım matrisi Eş. (3)'teki gibi üçgen matris olduğunda, FR'lerin bağımsızlığı ancak ve ancak DP'ler uygun bir sırayla değiştirilirse garanti edilebilir. Böyle bir tasarıma, ayrıştırılmış tasarım denir. [A] tasarım matrisi, ayrık ve ayrıştırılmış matrislerin dışında kalan ve DP'lerin birden fazla FR'ye etki ettiği anlamına gelen Eş.(2)'deki gibi bir matris olduğunda tasarım bağlı tasarım olarak ifade edilmektedir. Eş. (1-3)'de X, bir FR üzerindeki bir DP'nin güçlü bir etkisini temsil ederken sıfır ise FR ile ilişki olmadığını belirtmektedir.

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & X \\ X & X & X \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \text{Bağlı Tasarım} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \text{Ayrıştırılmış Tasarım} \quad (3)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \text{Ayrık Tasarım} \quad (4)$$

Eş.(1) diferansiyel formda yazıldığında Eş.(5) elde edilmektedir.

$$A_{ij} = \frac{\partial DP_j}{\partial FR_i} \quad (5)$$

Eş. (5), 3 fonksiyonel gereksinim ve 3 tasarım parametresi olduğunda Eş.(6)'daki gibi elde edilmektedir [1-3].

$$\begin{aligned} FR1 &= A11 DP1 + A12 DP2 + A13 DP3 \\ FR2 &= A21 DP1 + A22 DP2 + A23 DP3 \\ FR3 &= A31 DP1 + A32 DP2 + A33 DP3 \end{aligned} \quad (6)$$

Aksiyomatik tasarım ilkelerinin ikinci aksiyomu olan bilgi aksiyomu, tasarımın bilgi içeriğini en aza indirgemeyi hedeflemektedir. Diğer bir deyişle, bağımsızlık aksiyomunu karşılayan tüm önerilen çözümler arasında, en iyi tasarım, asgari bilgi içeriğine sahip tasarımdır. Bilgi aksiyomu, tasarımların en iyi tasarımını seçmek için kullanılan geleneksel bir yöntem sağlamaktadır. Seçim süreci, FR'nin gerçekleşmesi için en yüksek ihtimali veren tasarımın en iyi tasarım

olduğunu belirten kritere dayanmaktadır. Verilen bir FR için başarı olasılığı p ise, bilgi içeriği Eş.(7)'deki gibi hesaplanır [1-4]:

$$l_i = \log_2 \frac{1}{p_i} \quad (7)$$

Birden fazla FR varsa, bilgi içeriği Eş.(8)'deki gibi hesaplanır:

$$l_{sistem} = \sum_{i=1}^m \log_2 \frac{1}{p_i} \quad (8)$$

3. LİTERATÜR TARAMASI

(LITERATURE SURVEY)

Aksiyomatik tasarım yöntemi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Aksiyomatik tasarımın birçok farklı alana uygulanabilmesi yapılan çalışmalarda önemli derecede çeşitlilik ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda farklı alanlarda uygulanmış olan aksiyomatik tasarım yöntemi, farklı alanlarda uygulama alanını genişleterek gelişimine devam etmektedir. Çalışmaların içerikli özellikle ürün tasarımıyla ilgili konuları kapsamaktadır [3].

Cochran ve Reynal [5], imalat sistemlerini tasarlamak için aksiyomatik tasarımı kullanmışlardır. İki farklı işlevsel gereksinim, farklı üretim sistemlerinin performans analizinde kullanılmıştır. Run-Jie ve arkadaşları [6] etkileşim tasarımı ve aksiyomatik tasarım teorisine dayalı bir ürün tasarımı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında etkileşim tasarımı aksiyomatik tasarım ile birleştiren bir tasarım yöntemi sunulmuştur. Önerilen yöntem ilk önce, kullanıcı ihtiyaçlarını üç açıdan ele alarak etkileşim tasarımı kullanmaktadır: "insanlar", "ürünler" ve "çevre" ve ardından kavramsal tasarımı tamamlamak için aksiyomatik tasarım benimsemiştir. Metodoloji, çocuk bisikleti ile ilgili bir vaka incelemesi ile gösterilmiştir. Önerilen yöntemin kullanıcıların ürün deneyimini önemli ölçüde artırdığını ve özellikle kullanıcıların psikolojik ve ruhsal ihtiyaçları açısından daha kapsamlı kullanıcı gereksinimlerini karşıladığını göstermiştir. Suh ve arkadaşları [7], müşteri istekleri doğrultusunda ideal bir üretim sistemi tasarımı aksiyomatik tasarım yaklaşımı kullanarak geliştirmiştir. Bu çalışma kapsamında bir üretim işletmesinin istenen hedeflerine ulaşmak için, üretim sistemlerinin belirli bir fonksiyonel gereksinimleri (FR'ler) ve kısıtlamaları karşılayacak şekilde tasarlanmasına çalışılmıştır. Metodolojiyi göstermek için oldukça rekabetçi bir sektörde çok sayıda ürün karışımı üretmek zorunda olan varsayımsal bir üretim sistemi tasarlanmıştır. Varsayımsal olsa da, bu tasarım, dünya çapındaki yüksek üretim tesisleri kapasitesine sahip tüketici odaklı endüstrilerde rekabet eden birçok imalat firması için ideal ve pratik bir tasarım olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca Suh [1], aksiyomlarla tasarımın amacı ve uygulamaları anlatılarak tasarımcıya bir değerlendirme aracı sunmuştur. Bu çalışma, tasarım araçları geliştirme ile ilgili öncü bir çalışma niteliindedir. Cochran ve arkadaşları [8], aksiyomlarla tasarım yöntemini kullanarak etkin bir üretim sistemi tasarlayıp üretim

sistemini küçük, esnek ve merkezi olmayan üretim birimlerine dönüştüren bir çalışma sunmuşlardır.

Demirtaş [9] aksiyomatik tasarım parametrelerinden bağımsızlık aksiyomunu kullanarak otomatik bir araç park sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışma ile tasarım mühendisliği alanında çalışan araştırmacılar için mevcut bir tasarımı analiz etmek ve yeni bir ürün geliştirmek için aksiyomatik tasarım uygulamaları için bir metodoloji ve örnek geliştirilmiştir. Aksiyomatik tasarım prensibini kullanımının, başlangıçta sistemden beklentileri belirlemek için oldukça önemli olduğu gösterilmiştir. Kabadurmuş ve Durmuşoğlu [10], aksiyomlarla tasarım ilkelerini kullanarak, bir kanban sistemi tasarlamışlardır. Tarcan [11], birçok alternatif arasından, uygun dizüstü bilgisayar seçimine yönelik olarak, aksiyomatik tasarım yöntemi uygulayarak bilgi aksiyomunu kullanmıştır. Yılmaz [12], aksiyomlarla tasarım prensipleriyle kent içi toplu taşıma sistemlerini tasarlamıştır. Özel ve Özyörük [13], aksiyomlarla tasarım prensipleri ile analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemini bütünleştirerek beyaz eşya üreten bir firma için tedarikçi seçimi gerçekleştirmişlerdir.

Özel [14], çalışmasında aksiyomatik tasarımının bilgi aksiyomuna dayanarak karar verici açısından önemli kriterler temelinde tasarlanan hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli sunmuştur. Durmuşoğlu ve Danacı [15], aksiyomatik tasarım yöntemini kullanarak askeri bir lojistik ağını oluşturmayı başarmışlardır. Bu çalışmada müşteri ihtiyaçlarının işlevsel gereksinimlere, tasarım parametrelerine ve süreç değişkenlerine dönüşümünü sistematik olarak analiz eden matris yöntemlerini kullanarak bir sistem tasarım metodolojisi oluşturulmuş ve satın alma, stok yönetimi, nakliye ve dağıtım ve bakım fonksiyonları karşılanmıştır. Özbek [16] tarafından bir plastik enjeksiyon makinesi seçimi için aksiyomatik tasarım yaklaşımı uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada plastik enjeksiyon makinelerinin seçimini kolaylaştıracak ve daha önce makine ekipman seçiminde kullanılan bir yöntem olan bilgi aksiyomu kullanılarak plastik enjeksiyon makinesi seçimi yapılmıştır. Freyja ve arkadaşları [17], çok disiplinli bir projenin şekillendirilmesi ve yönlendirilmesi için aksiyomatik tasarım metodunu kullandılar. Söz konusu çalışma kapsamında fiziksel engelli bireylerin veya fiziksel olarak aynı ortamda bulunmayan bireylerin satranç oyununu karşılıklı oynayabilmeleri için bir satranç oyun robotu geliştirildi. Yapılan çalışma kapsamında aksiyomatik tasarım ilkeleri çoklu disiplin içeren bir proje kapsamında ilk olarak uygulanmış ve tasarımdaki zorlayıcı öğeler için rehberlik sağlamıştır.

Aksiyomatik tasarım çok farklı alanlarda kendine uygulama alanı bulmasına bir örnek de patent sistemi verilebilir. Teknik bir probleme çözüm getiren teknik çözümler buluş olarak tanımlanmaktadır. Buluşların korunması patent tescili ile mümkün olmaktadır. Patent başvuruları buluşun açıklandığı kısım olan tarifname, resimler, özet ve buluşun korunması talep edilen yeni ve teknik özelliklerinin belirtildiği istemler kısmından oluşmaktadır. İstemler kısmı koruma kapsamını

belirlediği için yazımı oldukça önemli ve hassas bir konudur. Petru Dusa ve arkadaşları [18] yaptıkları çalışmada bir patent ofisi tarafından tescil edilen bir patenti analiz ederek istemlerini aksiyomatik tasarım metodu prensiplerine göre revizyona tabi tutmuşlardır. Çalışmaya konu olan ürün bir esnek hortum sıkma makinesidir.

Abaş [19] yaptıkları çalışmada, sonlu elamanlar programı (ABAQUS) kullanarak silah ve içindeki mekanizmanın tasarımı ve modellenmesi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında, başlangıç ve sınır şartları uygulanarak hazırlanan tüfek modelinin atıştan gelen basınca ilişkin olarak analizi yapılmıştır. Analizde mekanizmaya fişğin patlaması ile oluşan basınçlı gazın bir piston mili vasıtasıyla etki ettirdiği kuvvetler, sürtünme kuvvetleri, silah tamponundan gelen sönümleyici kuvvet ve yerine getiren yay tarafından kuvvetler dikkate alınmıştır. Özyılmaz ve Çelik [20] yaptıkları çalışmada hafif silah tasarımına etki eden mühimmat tipinin seçimi, namlu tipi, mekanizmalar ve patlama anında gerçekleşen termodinamik etkileri inceleyerek, bu değişkenlerin etkinliği deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler yardımıyla doğrulanmıştır. Zaloğlu [21] ise otomatik silahların icra yayının mekanik özelliklerini değerlendirmek için sonlu elemanlar analizi yöntemini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Salonitis [22] aksiyomatik tasarım prensiplerini kullanarak eklemeli imalatla üretilen bir ürünün tasarımının geliştirilmesine yönelik bir çalışma sunmuştur. Schuh ve arkadaşları [23] ise tam entegre mekatronik ürünlerin modüler ürün platformlarının tasarımına yönelik olarak aksiyomatik tasarımın kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada örnek olarak elektromekanik kumanda sistemleri üzerine bir uygulama sunulmuştur. Shangguan ve arkadaşları [24] büyük tekerlekli traktörlerin dişli kutusu tasarımına yönelik olarak aksiyomatik tasarım prensiplerinin kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Porpiglio ve arkadaşları [25] ise ekstrüzyonlu modüler 3D yazıcıların tasarımlarının iyileştirilmesi için aksiyomatik tasarım yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmada, aksiyomatik tasarım fonksiyonel ve teknik kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

4. AKSİYOMATİK TASARIM YÖNTEMİNİN UYGULANMASI (APPLICATION OF THE AXIOMATIC DESIGN METHODOLOGY)

Bugüne kadar kullanıcı beklentilerine göre birçok silah sistemi geliştirilmiştir. Birçok farklı sistemde ilk seviyelerde benzer fonksiyonel gereksinimler olabilir. Silah sistemlerinde kullanılan dipçikler de kullanıcı ihtiyaçlarına göre ilk seviyelerde benzer fonksiyonel gereksinimler içerebilirken, ihtiyaç detaylandırıldıkça fonksiyonel gereksinimler de detaylandırılmaktadır. Bu durum tasarımdaki esnekliği alt seviyelere gittikçe azaltmaktadır. Bu nedenle sistem başlangıçta iyi

kurgulanmalıdır. Sivil veya askeri amaçlı kullanıcıların beklentileri öncelikle mermiyi hedefe göndermektir. Bu durumda en üst seviye müşteri ihtiyacı;

Cr0: *Merminin hedefe gönderilmesi, olarak belirlenmektedir.*

Söz konusu müşteri ihtiyacını karşılayacak fonksiyonel gereksinim;

FR0: *Merminin harekete geçirilmesidir.*

En üst seviye fonksiyonel gereksinimi karşılayacak bir tasarım parametresi gerekmektedir. Bu tasarım parametresinin oluşturulmasında önemli derecede esneklik bulunmaktadır. Örneğin mermiyi motor takılması, bir araç üzerinde hedefe ulaştırılması vb. Burada belirlenecek olan tasarım parametresi sistemin gideceği nihai hali belirleme hususunda oldukça önemlidir. DP0 aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

DP0: *Silah sistemi*

Belirlenen en üst seviye tasarım parametresi sonrasında daha detaylı müşteri ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlardan türetilen fonksiyonel gereksinimler gelmektedir.

Cr1: *Taşınabilir ve mevcut mühimmatlarla kullanımı yaygın olması*

FR1: *Yaygın mühimmat kullanan ve taşınabilen silah sisteminin sağlanması*

DP1: *Barut gazı ile çalışan bir tüfek*

Barut gazı ile çalışan bir silah sisteminden kullanıcı beklentisi hedefi tutturmadaki kararlılıktır. Silahtaki kararlılığın artırılması için silahın bir noktadan desteklenerek sabitlenmesi gerekmektedir. Müşteri ihtiyacı;

Cr2: *Atıştaki kararlılığın sağlanması olarak belirlenmektedir.*

Söz konusu müşteri ihtiyacını karşılayacak ilk seviye fonksiyonel gereksinim;

FR2: *Tüfeğin bir noktadan desteklenmesidir.*

Belirlenen fonksiyonel gereksinim iki farklı tasarım alternatifi ile karşılanabilmektedir. Bunlar;

1 numaralı alternatif DP2:

Tüfeğin bir dipçik sistemi içermesi sayesinde omuzdan desteklenmesini sağlayan sistem

2 numaralı alternatif DP2:

Tüfeğin bir ayak veya platform üzerine konumlandırılması ile yerden destek alınmasını sağlayan sistem.

Bu çalışma kapsamında taşınabilirlik hususunda daha faydalı olacağı değerlendirildiğinden dolayı tüfeğin omuzdan destek alınarak bir noktaya sabitlenmesini sağlayan dipçik sistemi üzerinde durulacak ve yenilikçi dipçik tasarımı gerçekleştirilecektir.

4.1.Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi

(Determination of Customer Requirements)

Bir tüfek kullanıcısının ideal bir dipçikten beklentileri aşağıda yer almaktadır;

Cr2.1: *Her şeyden önce dipçik sağlam olmalıdır. Dışarıdan gelen darbelere, silah geri tepme şokuna, yere düşmelere ve dipçikleme darbelerine karşı dayanıklı olmalıdır.*

Cr2.2: *Dipçik hafif olmalıdır. Temas yeri ergonomik olmalıdır. Farklı silahlara takıldığında silahın toplam ağırlığında fazla artış sağlamamalıdır.*

Cr2.3: *Dipçik boyu ayarlanabilir olmalıdır. Kaynak yerinin atıcı kol-omuz boyuna uygun olarak ayarlanabilmesi ve en kısa ve en uzun atıcıların bile kendisine göre rahatlıkla kaynak yeri mesafesi ayarı yapabilmesine izin vermelidir.*

Cr2.4: *Dipçik silahın her ortamda taşınmasını kolaylaştırmalıdır. Taşımalarında, dar alanlarda hareket ve hava indirme /havadan atma hareketinde uçak ve helikopterlerde rahatça hareket etmeye uygun olmalıdır. Silah çalışma prensibi göz önünde bulundurularak katlanabilir olmalıdır.*

Cr2.5: *Dipçikte kaynak yeri yükseklik ayarı olmalıdır. Atış esnasında atıcının kaynak yerinin gez-göz hizalanması ve rahat kaynak yapması için kaynak mesafesi ayarının yanında, kaynak yükseklik ayarı ile atıcı yüz/kafa yapılarına göre ergonomi sağlanmalıdır.*

Cr2.6: *Dipçik tabanı tamponuna sahip olmalıdır. Dipçikte, atıcının omuzuna tam oturacak ve boşluk bırakmayacak şekilde, atıcıya özel kalıpların kullanılabilmesi tamponlar bulunmalıdır.*

Cr2.7: *Dipçik silahın geri tepme şokunu iyi sönmülemelidir. Böylelikle, atışın sıhhati artacağı gibi, aynı zamanda atıcının ürkmeye engellenecek ve ikinci atışta hedefe nişan alma süresi kısaltılabilecektir.*

Cr2.8: *Dipçik yapısı içerisinde boş kalan bölgeler iyi değerlendirilmeli, bakım kiti vb. gerekli malzemeler dipçik içerisinde taşınabilmelidir.*

Cr2.9: *Dipçik üzerinde silahın taşınması için gerektiğinde askı kayışının irtibatlandırılabilmesi halka veya pimler olmalıdır.*

Cr2.10: *Dipçik ergonomisi silahla uyumlu olmalı, kolaylıkla sökülüp takılmalıdır.*

4.2. Modelin Bağımsızlık Aksiyomu Açısından Analizi (Axiomatic Independence Analysis of the Model)

Aksiyomatik Tasarım Yöntemi için bağımsızlık analizi hiyerarşik yapı esas alınarak yapılmaktadır. Yani ilk seviyede bağımsızlık aksiyomu sağlandığında alt seviye kırılımlar da bu durum korunmalıdır. Müşteri ihtiyaçları için ilk seviye "0" rakamı ile kodlanmıştır ve ilk seviyede tek fonksiyonel gereksinim ve tek tasarım parametresi bulunmaktadır. İkinci seviye ise "1" rakamı ile kodlanmıştır. 2. Seviyede 2 adet fonksiyonel gereksinim ve bunları karşılayan 2 adet tasarım parametresi bulunmaktadır.

FR1: *Yaygın mühimmat kullanan ve taşınabilen silah sisteminin sağlanması*

DP1: *Barut gazı ile çalışan bir tüfek*

Cr2: *Atıştaki kararlılığın sağlanması olarak belirlenmektedir.*

FR2: *Tüfeğin bir noktadan desteklenmesidir.*

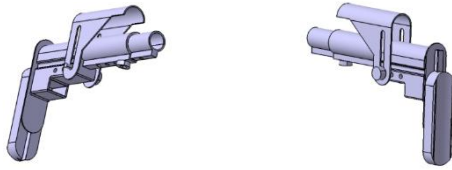
2. seviyede gerçekleştirilen bağımsızlık analizi için tasarım matrisi Eş.(9)'deki gibi oluşmaktadır.

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \end{Bmatrix} \quad (9)$$

Bu durumda tasarım matrisi ayrık tasarım ve bağımsızlık aksiyomunu sağlamaktadır. Yani bir başka deyişle DP1 tasarım parametresi, FR2 fonksiyonel gereksinimini etkilemezken DP2 fonksiyonel gereksinimi da FR1 fonksiyonel gereksinimini etkilememektedir. 2. seviye analizde gerçekleşen bağımsızlık kriterinin alt seviyelerde de gerçekleşmesi gerekmektedir. 3. Seviye de 10 adet Fonksiyonel gereksinim tanımlanmıştır.

4.3. Geliştirilen Yenilikçi Model için yapılan analiz (Analysis of the Developed Innovative Model)

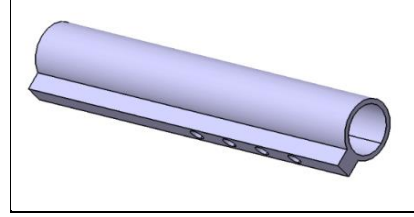
Oluşturulan modelin katı modeli Şekil 1'de yer almaktadır. Literatürde bugüne kadar yapılan dipçikler genellikle üçgen yapı ile oluşturulmuştur. Bu yapının atış kuvvetlerine karşı mekanik dayanım açısından avantajlı olduğu yapılan birçok analiz ile de ortaya çıkarılmıştır. Yine dipçikte ağırlığın azaltılması için çerçeve tip boşluklu yapılanma birçok uygulamada tercih edilmektedir.



Şekil 1. Yenilikçi Model'in montajlı görünümü (Assembled view of the innovative model)

Yenilikçi Model için kurulan yapılanmada iç içe geçen teleskobik boru kullanılmıştır. Şekil 2'de yer alan dış boru aynı zamanda dipçik gövdesini oluşturmaktadır. İç boru içerisinde ise geri tepme sönümlenme ve irca yayı bulunmaktadır. Bu nedenle iç boru geri tepme kılavuz

borusu olarak adlandırılmıştır. Dipçik uzatılmak istendiğinde geri tepme kılavuz borusu sabit kalırken dipçik gövdesi yatay yönde hareket edebilmekte ve istenildiği pozisyonda vida-pim sistemi ile sabitlenmektedir.



Şekil 2. İç boru - Geri tepme kılavuz borusu (Inner pipe - Recoil guide pipe)

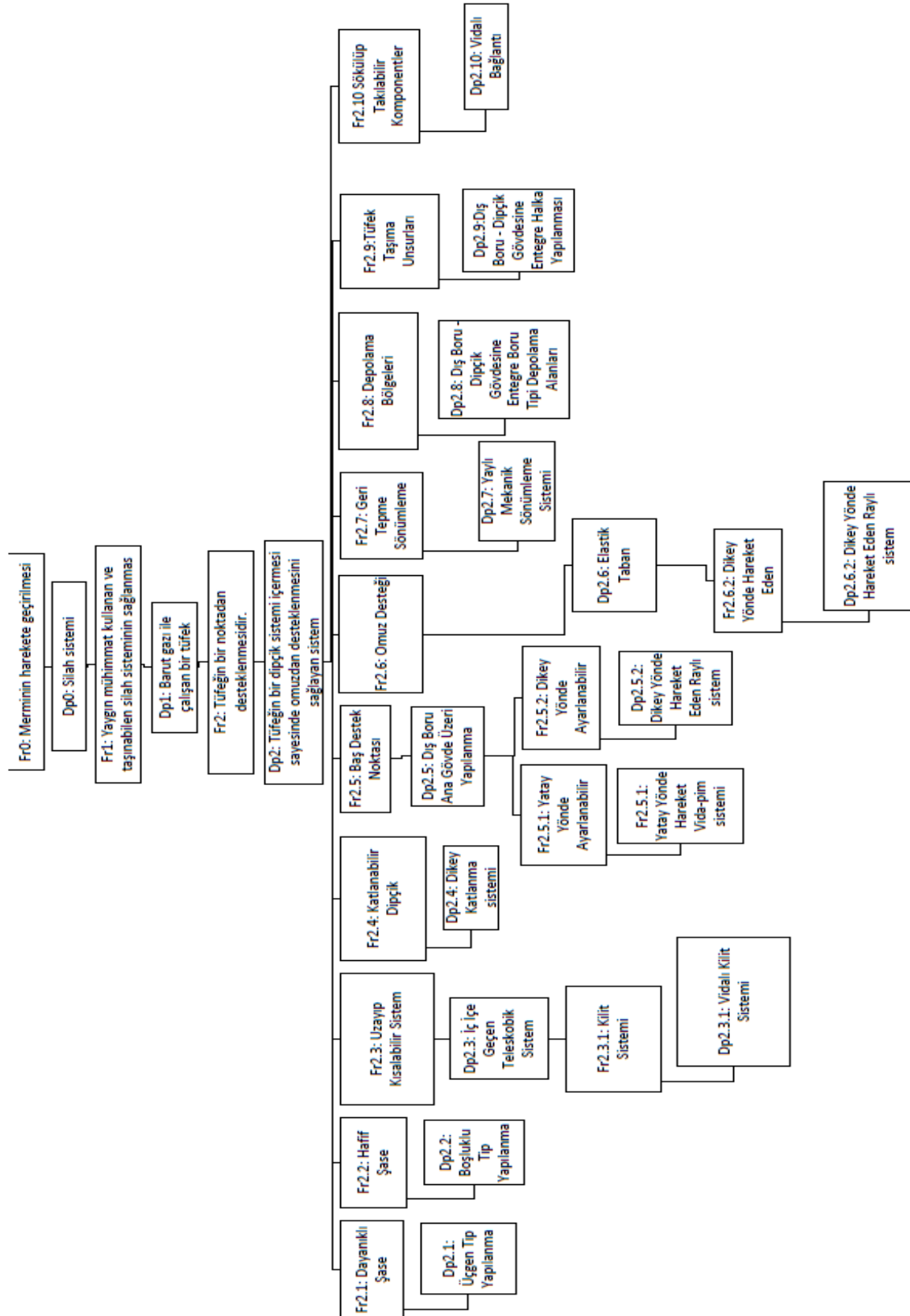
Baş destek noktası ise yatay ve dikey yönde harekete imkân tanıyan şekilde gövde üzerinde vida somun çifti ile konumlandırılmıştır. Vida somun çifti gevşetildiğinde baş destek noktası dikey yönde hareket edebilmektedir. Yine aynı şekilde yatay yönde bulunan 3 farklı pozisyon noktasına arasında hareket ettirilebilmektedir (Şekil 3).Yenilikçi Model'de dipçik gövdesinin arka yüzeyinde ise raylı mekanizma ile dikey yönde hareket edebilen omuz desteği yer almaktadır. Ayrıca bakım için gerekli olabilecek aparatların konumlanabilmesi için en alt kısımda bir boşluk oluşturulmuştur. Söz konusu boşluğun açık olan kısmı raylı kapı ile kapatılmaktadır. Yenilikçi Model için 3. Seviyede gerçekleştirilen fonksiyonel gereksinimler ve tasarım parametreleri Çizelge 1'de yer almaktadır.



Şekil 3. Dipçik gövdesi ve baş destek noktası – yanaklık (Butt body and head support – sidewall)

Çizelge 1. Yenilikçi model için 3. seviye fonksiyonel gereksinimler ve tasarım parametreleri (Functional requirements for Level 3 and design parameters for the innovative model)

Kodu	Fonksiyonel Gereksinimler	Tasarım Parametreleri
2.1	Dayanıklı şase	Üçgen tip yapılanma
2.2	Hafif şase	Boşluklu tip yapılanma
2.3	Uzayıp kısalabilir sistem	İç içe geçen teleskobik sistem
2.4	Katlanabilir yapı	Dikey katlanma sistemi
2.5	Ayarlanabilir baş destek noktası	Dış boru dipçik gövde üzeri yapılanma
2.6	Ayarlanabilir omuz desteği	Elastik taban
2.7	Geri tepme sönümlenme	Yaylı mekanik sönümlenme sistemi
2.8	Depolama bölgeleri	Dış boru - Dipçik gövdesine entegre depolama alanı
2.9	Tüfek taşıma unsurları	Dış boru - Dipçik gövdesine entegre halka yapılanması
2.10	Sökülüp takılabilir bileşenler	Vidalı bağlantı



Şekil 4. Yenilikçi Model yapılanmasının fonksiyonel gereksinim - tasarım parametresi ağacı (Functional requirement of innovative model configuration - design parameter tree)

					DP0	DP1	DP2	DP2.1	DP2.2	DP2.3	DP2.3.1	DP2.4	DP2.5	DP2.5.1	DP2.5.2	DP2.6	DP2.6.1	DP2.7	DP2.8	DP2.9	DP2.10
FR0					X																
	FR1					X															
		FR2					X														
			FR2.1					X													
			FR2.2						X												
			FR2.3							X											
			FR2.3.1								X										
			FR2.4									X									
			FR2.5										X								
			FR2.5.1											X							
			FR2.5.2												X						
			FR2.6													X					
			FR2.6.1														X				
			FR2.7										X					X			
			FR2.8																X		
			FR2.9																	X	
			FR2.10																		X

Şekil 5. Yenilikçi Model yapılanmasına ait toplam tasarım matrisi (Total design matrix for innovative model construction)

Çizelge 2. Model yapılanmasında tespit edilen sorunlar ve çözüm önerileri (Problems identified fo model structure and their solutions)

Tasarım Parametresi	Problem	Çözüm Önerisi
DP2.3: İç içe geçen teleskobik sistem	FR2.5.1 Yatay yönde ayarlanabilir baş destek noktası fonksiyonel gereksinimini etkilemesi	Baş destek noktasının konumlandırıldığı bölgenin hareketsiz bir yapıya sahip olması
	FR2.9 Tüfek taşıma unsurları fonksiyonel gereksinimini etkilemesi	Kayış halkasının sabit bir noktada konumlandırılması
DP2.4 Dikey katlanma sistemi	FR2.7 Geri tepme sönümleme fonksiyonel gereksinimini etkilemesi.	Geri tepme sönümleme ve irca yayının bulunduğu iç borunun katlanma sistemi dışına çıkarılması
	FR2.9 Tüfek taşıma unsurları fonksiyonel gereksinimini etkilemesi	Kayış halkasının sabit bir noktada konumlandırılması

Yapılan analiz sonucu oluşan tasarım matrisi ise Eş. (10)'daki gibi gerçekleşmiştir. Matris incelendiğinde tasarımın bağımsızlık aksiyomu kriterini 3. seviyede karşılamadığı görülebilmektedir. Yenilikçi Model yapılanmasında bazı fonksiyonel gereksinimler için alt kısımlar bulunmaktadır. Bu kısımlar ve gerçekleştirilen tasarım parametreleri aşağıda gösterilmektedir:

- FR2.5.1: Yatay yönde ayarlanabilir baş destek noktası

- DP2.5.1: Yatay yönde hareket eden vidalı sistem
- FR2.5.2: Dikey yönde ayarlanabilir baş destek noktası
- DP2.5.2: Dikey yönde hareket eden raylı sistem
- FR2.6.2: Dikey yönde hareket eden omuz desteği
- DP2.6.2: Dikey yönde hareket eden raylı omuz desteği

$$\begin{matrix}
\left. \begin{matrix}
\text{FR2.1} \\
\text{FR2.2} \\
\text{FR2.3} \\
\text{FR2.4} \\
\text{FR2.5} \\
\text{FR2.6} \\
\text{FR2.7} \\
\text{FR2.8} \\
\text{FR2.9} \\
\text{FR2.10}
\end{matrix} \right\} = \\
\begin{matrix}
\left[\begin{matrix}
X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\
0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X
\end{matrix} \right] \left\{ \begin{matrix}
\text{DP2.1} \\
\text{DP2.2} \\
\text{DP2.3} \\
\text{DP2.4} \\
\text{DP2.5} \\
\text{DP2.6} \\
\text{DP2.7} \\
\text{DP2.8} \\
\text{DP2.9} \\
\text{DP2.10}
\end{matrix} \right\}
\end{matrix} \quad (10)
\end{matrix}$$

Model ile ilgili olarak tasarım ağacı ve toplam tasarım matrisi Şekil 4 ve Şekil 5’de yer almaktadır. Model yapılanması aksiyomatik tasarım yönteminin ilk prensibi olan bağımsızlık aksiyomu açısından ele alındığında Şekil 5’te yer alan toplam tasarım matrisi elde edilmiştir.

Model yapılanmasının tasarım parametrelerinin birden fazla fonksiyonel gereksinimi etkilediği tasarım matrisinden görülebilmektedir. Ortaya çıkan bu durum tasarımı olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 5 ve Çizelge 2 analiz edildiğinde “FR2.3: Uzayıp kısılabılır sistem” fonksiyonel gereksinimi için oluşturulan “DP2.3: İç içe geçen teleskobik sistem” tasarım parametresinin aynı zamanda “FR2.5.1: Yatay yönde ayarlanabilir baş destek noktası” ve “FR2.9: Tüfek taşıma unsurları” fonksiyonel gereksinimlerini etkilediği görülebilmektedir. Bir başka fonksiyonel gereksinim “FR2.4: Katlanabilir dipçik” için oluşturulan “DP2.4 Dikey katlanma sistemi” tasarım parametresi ise FR2.7: Geri tepme sönümleme fonksiyonel gereksinimini etkilemektedir. Bununla birlikte dipçik katlandığında dipçik üzerinde yer alan kayış halkasının konumu değişeceği için FR2.9: Tüfek taşıma unsurları” fonksiyonel gereksinimini de etkilemektedir. Sonuç olarak 1 numaralı yapılanma bağımsızlık aksiyomu kriterini karşılamamaktadır.

4.3. Yenilikçi Model İçin Düzeltmesi Gereken Tasarım Parametreleri (Design Parameters for the Innovative Model that needs to be Corrected)

Tasarım matrisinin analizi sonrasında model yapılanmanın ayrı tasarım olmadığı anlaşılmıştır. Bu durum yani tasarım parametrelerinin birden fazla fonksiyonu etkileme durumu istenmeyen bir durumdur. Zira tasarım süreçleri uzun süreli ve canlı olmaları nedeniyle yapılan tasarımda zaman zaman değişiklikler yapılabilmektedir. Böyle bir değişikliğin yapılması gündeme geldiğinde sadece ilgili fonksiyonel gereksinimi etkileyen tasarım parametresinin değiştirilmesi sistemin diğer kısımlarının bozulmaması açısından oldukça önemlidir.

Yenilikçi Model yapılanmasında baş destek noktası aynı zamanda iç içe geçen teleskobik yapılanmanın dış borusunu da teşkil eden dipçik gövdesi üzerine konumlandırılmıştır. Bu noktada dış borunun iç boru üzerinde geriye doğru kayması ile dipçik boyu uzayıp kısalmaktadır. Ancak dış borunun konumu değiştiğinde baş destek noktasının da konumu değişmektedir. İstisnai durumlar olsa da bu durum istenmeyen bir durumdur. Bu noktada yapılması gereken en uygun yapılanma, baş destek noktasının konumlandırıldığı bölgenin hareketsiz bir yapıya sahip olması şeklinde değerlendirilmektedir.

Benzer şekilde Yenilikçi Model yapılanmasında askı kayışı halkası da dipçik gövdesinde yer almaktadır. Bu durumda dipçik gövdesi yatay yönde hareket ettiğinde askı kayışının boyu da değişmektedir. Yine dipçik katlandığında halkanın konumu değişeceğinden askı kayışının boyu etkilenmektedir. Bu problemin çözümü için en uygun yapılanmanın kayış halkasının sabit bir noktada konumlandırılması olarak değerlendirilmektedir. Yenilikçi Model yapılanmasında birden fazla fonksiyonel gereksinimi etkileyen bir diğer tasarım parametresi ise dipçik dikey yönde katlanabilir yapıya sahip olmasıdır. Dipçik iç borusu içerisinde irca yayı ve sönümleme sistemi bulunmaktadır. Patlama esnasında oluşan basınç bu sönümleme sistemi ile sönümlenmekte ve tüfek tekrar kurulmaktadır. Ancak dipçik katlandığında sönümleme sistemi ile mekanizma arasındaki bağlantı devreden çıkarılmaktadır. Tüfek dipçik katlandığında sönümleme sistemi ile mekanizma arasındaki bağlantı devreden çıkarıldığında tüfeğin kullanımı sağlamaktadır. Ancak geri tepme sönümleme ve irca sistemi devreden çıkarıldığında tüfeğin kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu noktada yapılması gereken düzeltme geri tepme sönümleme ve irca sistemini dipçik yapılanmasından çıkarıp tüfek gövdesi içerisine veya namlu üzerine taşınması olabilir.

Ancak bu durum beraberinde birçok değişikliği getireceği için istenen bir durum değildir. Sönümleme sisteminin dipçik yapılanması içerisinde olması da müşteri ihtiyacında belirtilmiştir. Bu nedenle geri tepme sönümleme ve irca yayının bulunduğu iç borunun katlanma sistemi dışına çıkarılması daha kabul edilebilir bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

4.4. Yenilikçi Modelin Geliştirilmesi (Development of the Innovative Model)

Fonksiyonel gereksinimleri karşılayacak tasarım parametrelerinin bazılarının birden fazla fonksiyonel gereksinimi etkilediği ve dolayısıyla bağımsızlık aksiyomu kriterinin sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bir adet yenilikçi model geliştirilmiştir (Şekil 6). Söz konusu modelde geri tepme sisteminin yer aldığı kılavuz borusu ile dipçik uzatma için kullanılan dipçik uzatma borusunun konumlandırıldığı sabit bir ara parça kullanılmıştır. Bu sayede dipçik oluşturulan ana unsurlar olan geri tepme yayı kılavuz borusu ile dipçik uzatma borusu fonksiyonel olarak birbirinden ayrılmıştır. Dipçik üzerindeki bir diğer hareketli parça olan baş destek noktası (yanaklık) da sabit ara parça üzerinde

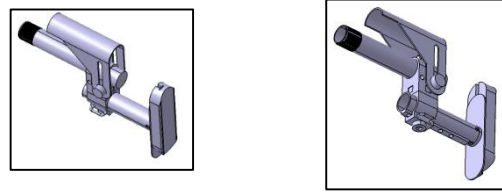
konumlandırılmıştır. Tasarlanan ara parça esnetilebilir bağlantı (İngilizce: snap-fit) yöntemi ile birbirine entegre olabilen iki parça kullanılarak oluşturulmuştur. Yanaklığın yatay konumda hareketli olabilmesi için ara parça üzerinde 3 farklı pozisyonlama deliği oluşturulmuştur. Hareketli olan bu unsurların fonksiyonel olarak birbirlerinden ayrılmasını aksiyomatik tasarım yönteminin bağımsızlık aksiyomu şartını sağlamak adına oldukça önemlidir. Dipçik katlanma hareketi ise ara parçayı oluşturan parçalardan alt kısmı oluşturan parçanın, üst kısmı oluşturan parçadan ayrılması ve kendi eksenini etrafından 180° döndürülüp tekrar takılması ile sağlanmaktadır. İki parça arasındaki esnetilebilir bağlantı (İngilizce: snap-fit) kolay sökülüp takılmaya imkân tanımaktadır. Şekil 7’de ara parça görülebilmektedir. Bununla birlikte dipçiğin katlanması esnasında taban kısmının geri tepme kılavuzuna çarpmasını önlemek adına bayonet bağlantı kullanılarak kendi eksenini etrafında 90° dönmesi sağlanmıştır. Şekil 8’de dipçik tabanı ile uzatma borusunun montajlanmış hali gösterilmektedir.

Uzatma borusunun ara parça ile entegrasyonu vida-pim sistemi ile gerçekleşmektedir. Bu anlamda kılavuz kanalları ara parça üzerinde oluşturulurken bu kanallar içinde hareket edecek çıkıntılar, uzatma borusu üzerinde konumlandırılmıştır. Bu durum uzatma işlemi esnasında pim yuvalarının kolaylıkla tespit edilmesini sağlamaktadır. Yenilikçi modelde uzatma sistemi sabit parça içerisinde hareket edebilen dipçik uzatma borusu üzerinde 5 farklı pozisyon için 10 mm aralıklarla vida-pim delikleri oluşturulmuştur. Bu sayede dipçik 5 kademe uzatılıp kısaltılabilmektedir. Dipçiğin katlama fonksiyonu ise Şekil 9’da görülebilmektedir. Dipçiğin katlanması öncesinde bayonet bağlantı ile dipçik tabanı yatay pozisyona getirilmektedir. Yenilikçi model yapılanmasında bazı fonksiyonel gereksinimler için alt kırılımlar bulunmaktadır. Bu kırılımlar ve gerçekleştirilen tasarım parametreleri aşağıda gösterilmektedir.

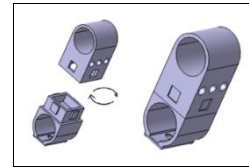
- *FR2.4.1: Yatay Yönde Ayarlanabilir Dipçik Tabanı*
- *FR2.4.2: Dönebilir Ara Parça*
- *DP2.4.1: Bayonet Bağlantı Katlanır Taban Sistemi*
- *DP2.4.2: Esnetilebilir Bağlantı İle 2 Parçalı Ara Parça*
- *FR2.5.1: Yatay Yönde Ayarlanabilir Baş Destek Noktası*
- *FR2.5.2: Dikey Yönde Ayarlanabilir Baş Destek Noktası*
- *DP2.5.1: Yatay Yönde Hareket Eden Raylı Sistem*
- *DP2.5.2: Dikey Yönde Hareket Eden Raylı Sistem*
- *FR2.6.2: Dikey Yönde Hareket Eden Omuz Desteği*

- *DP2.6.2: Dikey Yönde Hareket Eden Raylı Omuz Desteği*

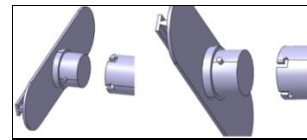
Yenilikçi model ile ilgili olarak tasarım ağacı ve toplam tasarım matrisi Şekil 10 ve Şekil 11’de yer almaktadır. Şekil 11’de yer alan toplam tasarım matrisi ele alındığında söz konusu matrisin ayrı tasarım şartlarını karşıladığı görülmektedir. Bu nedenle yenilikçi model için bağımsızlık aksiyomunun sağlandığı görülebilmektedir. Bir başka deyişle yenilikçi üründe her bir fonksiyonel gereksinim için üretilen tasarım parametreleri sadece bir adet fonksiyonel gereksinime etki etmektedir. Yenilikçi model için 3. Seviyede gerçekleştirilen fonksiyonel gereksinimler ve tasarım parametreleri Çizelge 3’de yer almaktadır.



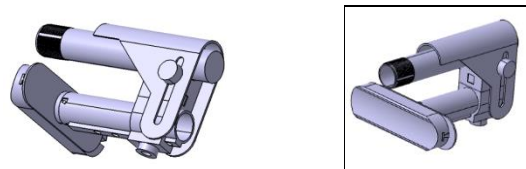
Şekil 6. Yenilikçi modelin arkadan ve alttan perspektif görünümü (Innovative model from the back and bottom perspective views)



Şekil 7. Yenilikçi modele ait iki parçadan oluşan ara parça (Two-piece spacer of the innovative model)



Şekil 8. Yenilikçi modele ait dipçik tabanı ve uzatma borusu bağlantısı (Innovative model’s butt base and extension tube connection)



Şekil 9. Yenilikçi model katlanmış halde üstten ve alttan perspektif görünüm (Innovative model’s folded view from top and bottom perspective)

Yapılan analiz sonucu oluşan tasarım matrisi ise Eş.(11)’deki gibi gerçekleşmiştir. Matris incelendiğinde tasarımın bağımsızlık kriterini 3. seviyede karşıladığı görülebilmektedir.

$$\begin{Bmatrix} \text{FR2.1} \\ \text{FR2.2} \\ \text{FR2.3} \\ \text{FR2.4} \\ \text{FR2.5} \\ \text{FR2.6} \\ \text{FR2.7} \\ \text{FR2.8} \\ \text{FR2.9} \\ \text{FR2.10} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \text{DP2.1} \\ \text{DP2.2} \\ \text{DP2.3} \\ \text{DP2.4} \\ \text{DP2.5} \\ \text{DP2.6} \\ \text{DP2.7} \\ \text{DP2.8} \\ \text{DP2.9} \\ \text{DP2.10} \end{Bmatrix} \quad (11)$$

5. MODELİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPISAL ANALİZİ (STRUCTURAL ANALYSIS OF THE MODEL USING FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD)

Cr1 müşteri ihtiyacında tüfek dipçığının atıştan gelen kuvvetlere ve düşmelere karşı dayanıklı olması gerektiği vurgulanmıştır. Yenilikçi model için atıştan gelen kuvvete dayanımı ve düşmeye karşı dayanımı hususunda sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

5.1. Boyutlandırma (Sizing)

Yenilikçi model boyutlandırılırken, gerek sportif gerekse askeri amaçla yaygın olarak kullanılan tüfeklere monte edilebilecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir. Bu kapsamda sportif ve av tüfeği olarak silah üreticilerinin emsal aldığı AR15 tüfeğinin geri tepme yayının bulunduğu borunun ölçüleri kullanılmıştır. Bu sayede dipçığın AR15 ve AR15 temel alınarak üretilen benzer tüfeklerde kullanımı mümkün olabilecektir. Şekil 12'de yenilikçi dipçığın AR15 tüfeğine montajlı haldeki görüntüsü yer almaktadır. Geri tepme kılavuz borusuna ilişkin ölçüler Ek-1'de gösterilmektedir. Söz konusu kılavuz borusu dış yüzeyinde ara parçanın oturması amacıyla bir kademe verilerek yatak oluşturulmuştur. Standart parça kullanımını artırmak amacıyla uzayıp kısalmayı sağlayan dipçik taban borusu da boyutlandırılırken aynı ölçüler kullanılmıştır.

Geri tepme kılavuz borusu ile dipçik uzatma borusu (Ek-2) arasındaki bağlantı 2 parçadan oluşan ara parça ile sağlanmaktadır. Üst ara parça geri tepme kılavuz borusu dış yüzeyinde oluşturulan yatağa konumlandırılırken alt ara parça ile dipçik uzatma borusu vidalı şekilde bağlanmaktadır. Üst ara parçaya ilişkin boyutlar Ek-3'de yer almaktadır. Askı kayışının bağlanacağı halkayı da içeren alt ara parçaya ilişkin boyutlar Ek-4'de yer almaktadır. Askı kayışı halkası alt ara parçanın yan yüzeyine konumlandırılmıştır.

Dipçik uzatma borusunun bayonet bağlantı sayesinde kolayca çıkarılıp yönü değiştirilerek tekrar takılmasına

imkan tanıyan ve aynı zamanda elastik pedin kayar bir şekilde üzerine konumlandırılabilirdiği dipçik taban plakasına ait boyutlar Ek-5'de yer almaktadır. Yenilikçi modele ait tüm unsurların montajlı olduğu haldeki dış boyutlar Şekil Ek-6'da gösterilmektedir. Dipçik yaklaşık olarak 280 mm uzunluğa ve 201 mm yüksekliğe sahip olmuştur.

5.1. Atış Esnasında Dipçığe Etki Eden Kuvvete

Dayanım Analizi (Strength Analysis of Rifle Butt during Firing)

5.1.1. Kabuller ve Sınır Şartları (Assumptions and Boundary Conditions)

Atış esnasında tüfek dipçığıne etki eden 13,5 N (Abaş 2011) değerinde maksimum kuvvet, atış esnasında çok büyük basınçların oluşması ve bu nedenle geri tepme sisteminde bir sorun olması durumunda dipçığın parçalanıp kullanıcıya zarar vermemesi adına emniyet katsayısı 5 alınarak 67,5 N olarak uygulanmıştır. Analizde 6 adet parçadan oluşan montaj kullanılmıştır. Kuvvet irca yayının ve geri tepme tamponunun konumlandırıldığı geri tepme kılavuz borusunun iç taban yüzeyine uygulanmıştır. Dipçik elastik pedin konumlandırıldığı kısım olan ve dipçik taban plakası olarak adlandırılan parçanın, kullanıcının omuzu ile temas eden yüzeyinden sabitlenmiştir. Şekil 13'de uygulanan kuvvet yönü ve sabitlenme noktaları görülebilmektedir. Montajı oluşturan parçalar arası kontaklar lineer analiz için sıkça kullanılan kontak olarak seçilmiştir.

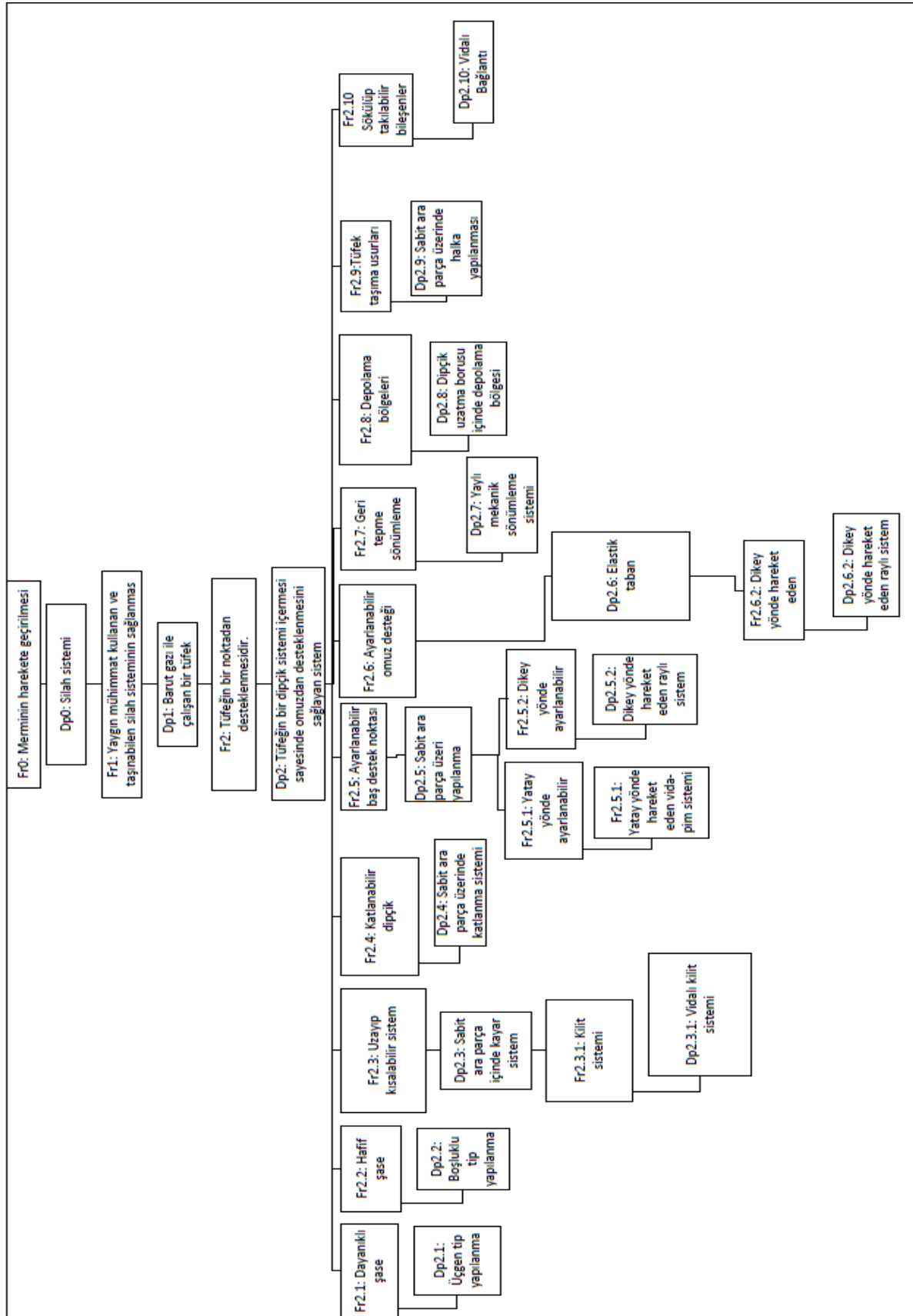
6 adet kontak oluşturulmuştur. Statik yapısal analiz esnasında dipçik tabanına yerleştirilecek olan elastik ped malzemesi ihmal edilmiştir. Ayrıca geri tepme kılavuz borusunda yer alan vida dişleri analiz esnasında ihmal edilmiş olup düz yüzey kullanılmıştır. Bununla birlikte yapılan çalışmanın teorik olması ve literatürde kullanımının yaygın olması sebebiyle Von-Misses hasar kriteri kullanılmıştır. Ayrıca atış anında tüfek kabze ve ön kundaktan tutularak desteklediği için yer çekimi ivmesi ihmal edilmiştir. Çözüm ağı oluşturulurken en iyi sonucu alabilmek adına analizi yapılan modelde tetrahedron mesh kullanılmıştır. Mesh yapısı 49385 eleman ve 93785 düğüm noktasından oluşmaktadır.

5.2. Atış Esnasında Dipçığe Etki Eden Kuvvete

Dayanım Analizi Sonuçları (Strength Analysis Results for the Rifle Butt during Firing)

Gerçekleştirilen statik analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme 7,0766 MPa olarak gerçekleşmiştir.

Söz konusu maksimum gerilmenin tüfeğin uzayıp kısalmasını sağlayan ve dipçik tabanı ile bağlantılı olan içi boş olarak modellenen dipçik uzatma borusunda olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 14-a'da analiz sonucu elde edilen gerilmeleri gösteren görüntüler yer almaktadır. Maksimum gerilmenin ortaya çıktığı dipçik uzatma borusu üzerindeki gerilme dağılımını gösteren görüntü Şekil 14-b'de yer almaktadır



Şekil 10. Yenilikçi modelin fonksiyonel gereksinim - tasarım parametresi ağacı (Functional requirement of the innovative model - design parameter tree)

Çizelge 3. Yenilikçi model için 3. seviye fonksiyonel gereksinimler ve tasarım parametreleri (Functional requirements for Level 3 and design parameters for the innovative model)

Seviye Kodu	Fonksiyonel Gereksinimler	Tasarım Parametreleri
2.1	Dayanıklı şase	Üçgen tip yapılanma
2.2	Hafif şase	Boşluklu tip yapılanma
2.3	Uzayıp kısalabilir sistem	Sabit ara parça içinde kayar sistem
2.4	Katlanabilir dipçik	Sabit ara parça üzerinde katlanma sistemi
2.5	Ayarlanabilir baş destek noktası	Sabit ara parça üzeri yapılanma
2.6	Ayarlanabilir omuz desteği	Elastik taban
2.7	Geri tepme sönmüleme	Yaylı mekanik sönmüleme sistemi
2.8	Depolama bölgeleri	Dipçik uzatma borusu içerisinde depolama bölgesi
2.9	Tüfek taşıma unsurları	Sabit ara parça üzerinde halka yapılanması
2.10	Sökülüp takılabilir bileşenler	Vidalı bağlantı

FR0	FR1	FR2	FR2.1	FR2.2	FR2.3	FR2.3.1	FR2.4	FR2.4.1	FR2.4.2	FR2.5	FR2.5.1	FR2.5.2	FR2.6	FR2.6.1	FR2.7	FR2.8	FR2.9	FR2.10
X																		
	X																	
		X																
			X															
				X														
					X													
						X												
							X											
								X										
									X									
										X								
											X							
												X						
													X					
														X				
															X			
																X		
																	X	
																		X

Şekil 11. Yenilikçi modelin toplam tasarım matrisi (Total design matrix of the innovative model)**Şekil 12.** Yenilikçi dipçığın AR15 tüfeğine montajlı haldeki görüntüsü¹ (Innovative butt assembled to the AR15 rifle)

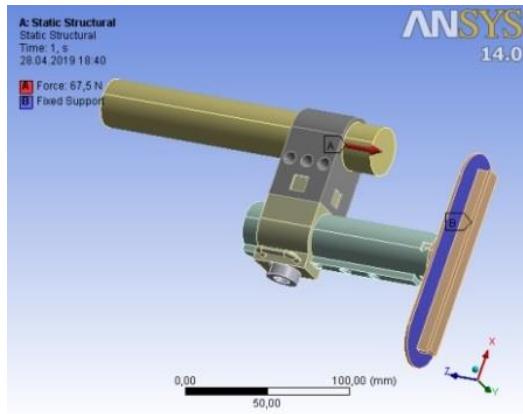
Plastik malzeme kullanımının düşünüldüğü ara parçada ise analiz sonucunda gerilmeler çok düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Özellikle alt ara parçada görülen gerilme dağılımı Şekil 14-c'de yer almaktadır. Bununla birlikte maksimum deformasyon ise 3,7 mm olarak geri tepme kılavuz borusunun namlu tüfek gövdesi ile bağlandığı noktada gerçekleşmiştir. Bunun ana nedeni dipçik uzatma borusundaki eğilme olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte dipçik gövdesinin ihmal edilmesi bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir.

¹ [26] AR15 tüfeğinin gövde kısmına ait katı model internetten hazır olarak bulunup kullanılmıştır. Gövde kısmının katı modeli

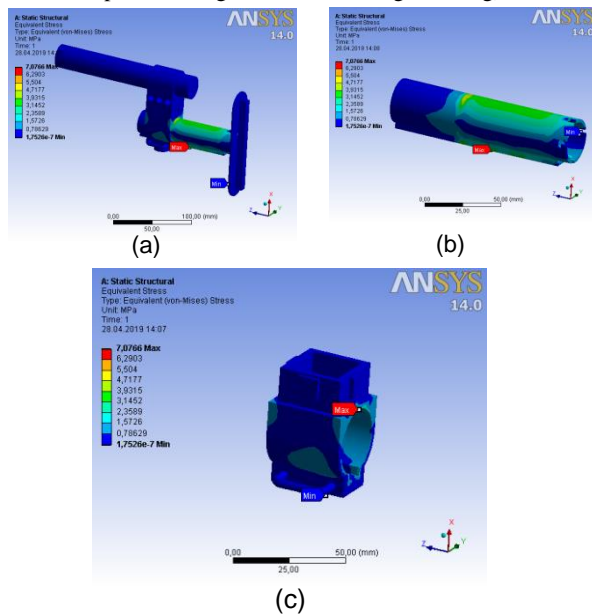
https://grabcad.com/library?sort=most_downloaded&tags=ar15 sayfasından sağlanmıştır.

5.3. Düşme Test Analizi (Drop Test Analysis)

İlk olarak gerçekleştirilen dikey düşme analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme 48,593 MPa olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu maksimum gerilmenin tüfeğin uzayıp kısılmasını sağlayan dipçik uzatma borusunda olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 15'de analiz sonucu elde edilen maksimum gerilmeleri gösteren görüntü yer almaktadır. Eğik düşme analizinde ise maksimum gerilme 65,921 MPa olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu maksimum gerilmenin dipçik tabanında olduğu gözlemlenmiştir. Dikey düşme analizindeki sonuçlara benzer şekilde ara parça üzerinde gerilmeler oldukça düşük çıkmıştır. Şekil 15-a'da analiz sonucu elde edilen maksimum gerilmeleri gösteren şekil yer almaktadır. Dipçiklerin tabanında esnek bir malzemeden sönümleyici ped kullanılmaktadır. Söz konusu ped sonlu elemanlar modeline dahil edildiğinde gerilme değerlerinde belirgin düşüşler sağlanmaktadır. Elastik ped ANSYS malzeme kütüphanesinde yer alan lastik malzeme ile modellenmiştir.

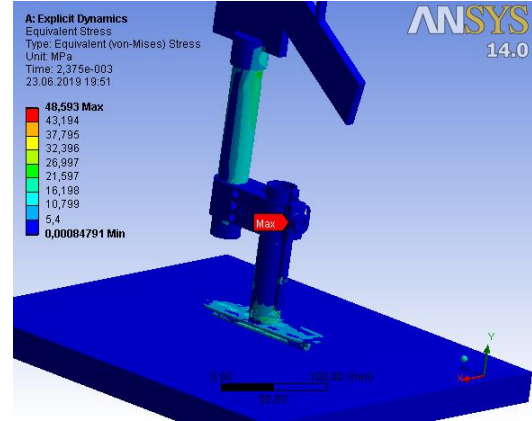


Şekil 13. Atış esnasında dipçiğe etki eden kuvvet yönü ve sabitlenen noktalar (Direction of force and fixed points acting on the butt during shooting)

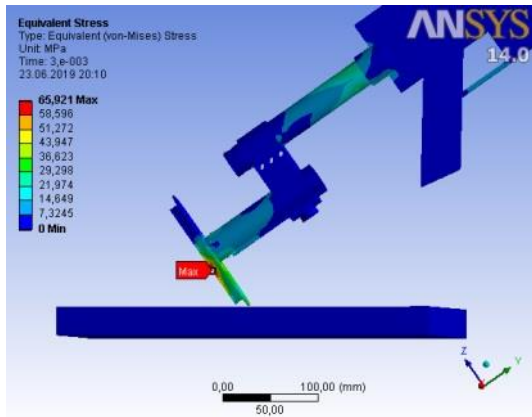


Şekil 14. Maksimum gerilme (Maximum stress)

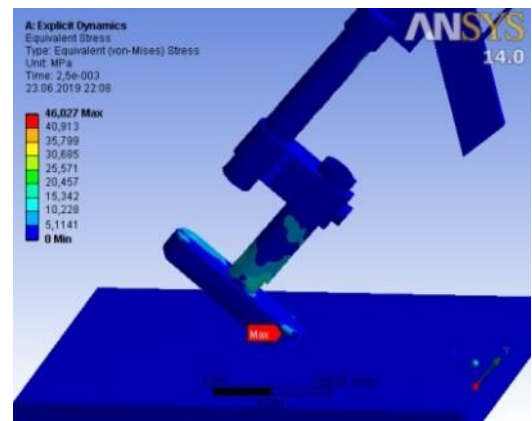
Şekil 15-b'de elastik ped içeren model ile yapılan analiz sonucu oluşan gerilmeler görülebilmektedir. Elastik ped içeren model ile yapılan eğik düşme analizinde maksimum gerilme 46,027 MPa olarak gerçekleşmiştir (Şekil 15-c). Söz konusu maksimum gerilmenin dipçik tabanında olduğu gözlemlenmiştir. Dikey düşme analizindeki sonuçlara benzer şekilde ara parça üzerinde gerilmeler oldukça düşük çıkmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 15. Dikey ve eğik düşme analizi sonrası elde edilen maksimum gerilme (Maximum stress obtained from vertical and inclined fall analysis)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışma kapsamında belirlenen müşteri ihtiyaçlarını karşılamak adına 1 adet dipçik yapılanması (Yenilikçi Model) oluşturulmuştur. Aksiyomatik tasarım yöntemi ile analiz edilen bu modellerin bağımsızlık aksiyomu kriterini sağlamadığı tespit edilmiştir. Modellerin bağımsızlık aksiyomu kriterini sağlamama konusunda ortak nedeninin, FR2.4 (Katlanabilir Dipçik) fonksiyonel gereksinimine yönelik oluşturulan DP2.4 (Dikey/Yatay Katlanma Sistemi) tasarım parametresinin FR2.4 dışında FR2.9 (Tüfek Taşıma Unsurları) ve FR2.7 (Geri Tepme Sönümleme) fonksiyonel gereksinimlerinin her ikisini de etkilemesi olarak tespit edilmiştir.

Bu problemleri ortadan kaldırmak adına 1 adet yenilikçi model geliştirilmiştir. Yenilikçi modelde geri tepme sisteminin yer aldığı geri tepme klavuz borusu ile uzatma ve kısaltmanın yapıldığı dipçik uzatma borusunun birbirinden ayrılması ve sisteme eklenen bir ara parça üzerine konumlandırılmışlardır. Yenilikçi modelde ara parça bayonet veya esnetilebilir bağlantı sistemi ile 2 parçadan oluşturularak istenildiği takdirde dipçığı katlamak üzere yönü değiştirilebilen bir yapı elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar analizinde atış esnasında ve tüfeğin düşürülmesi durumunda dipçiğe gelecek olan kuvvetler nedeniyle oluşacak gerilmeler statik analiz modülü kullanılarak incelenmiştir. Atış esnasında dipçiğe etki eden kuvvet sonucu dipçikte oluşan gerilmeleri belirlemek adına yapılan statik analiz sonucunda maksimum gerilme 7,076 MPa olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu maksimum gerilmenin tüfeğin uzayıp kılmasını sağlayan ve dipçik tabanı ile bağlantılı olan içi boş olarak modellenen dipçik uzatma borusunda oluştuğu gözlemlenmiştir.

Tüfeğin düşürülmesi sonucunda çarpma sonucu dipçik üzerinde oluşacak gerilmelerin tespit edilmesi amacıyla yapılan analizde tüfek dik olarak düşürülmüş ve maksimum gerilme 48,593 MPa olarak gerçekleşmiştir. Maksimum gerilme dipçik uzatma borusu üzerinde gerçekleşmiştir. Yapılan ikinci analizde ise tüfek 45° lik bir açı ile düşürülmüş ve maksimum gerilme 65,921 MPa olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yapılan ikinci analizde maksimum gerilme dipçik taban plakasında meydana gelmiştir. Her analiz sonucunda da gerçekleşen maksimum gerilme değerleri plastik malzemenin akma değerinin üstünde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte plastik olması değerlendirilen ara parça üzerinde kayda değer bir gerilme oluşmamıştır. Gerilmelerin azaltılması kritik boyutlarda güçlendirme yapılarak veya dipçik üzerinde sönümleyici malzeme kullanılarak giderilebileceği değerlendirilmiştir. Bu etkiyi gözlemlemek adına yapılan üçüncü bir analiz daha yapılmış ve dipçik taban plakasına esnek malzemeden ped eklenerek eğik düşme analizi tekrarlanmıştır. Analiz sonucunda maksimum gerilme 46,027 MPa olarak dipçik taban plakasında gerçekleşmiştir. Bu sonuç esnek ped

kullanılmadan yapılan analize göre maksimum gerilmenin % 30 oranında azaldığını göstermiştir.

Yapılan bu çalışma ile aksiyomatik tasarım yöntemi uygulanarak elde edilen yenilikçi dipçik modellerinde gelecekte oluşabilecek müşteri ihtiyaçlarındaki değişimler için tasarım parametrelerinde yapılacak değişimler sistemin genelinde büyük değişimleri gerektirmeyecektir. Bu anlamda aksiyomatik tasarım metodunun uzun süren tasarım süreçlerinde olası değişikliklerde getirdiği verim bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında ortaya konulan yenilikçi dipçik modeli için patent ya da faydalı model başvurusu yapılabilir.

Bu çalışma temel alınarak yapılabilecek ilave çalışmalar ile iki adet yenilikçi model arasından aksiyomatik tasarım yönteminin bilgi aksiyomu kriteri kullanılarak maliyet, üretim, montaj gibi birçok konu açısından bir değerlendirme yapılarak ideal tasarımı karar verilebilir. Bununla birlikte gerilmelerin azaltılması veya farklı malzeme kullanımı hususunda bilgi aksiyomu kullanılarak seçim yapılabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

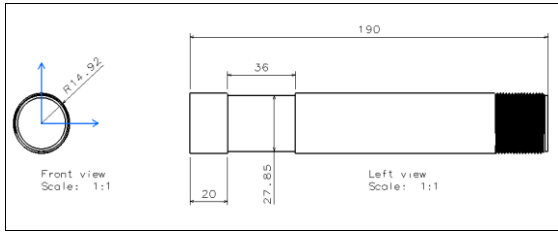
KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Suh N.P., *Axiomatic Design Advances and Applications*, Oxford University Press, (2001).
- [2] Suh N.P., *The Principles of Design*. Oxford University Press, (1990).
- [3] Suh N.P., "Design of thinking design machine", *Annals of the CIRP*, 39 (1):1990.
- [4] Martin B. & Kar K., "Developing E-Commerce Strategies Based on Axiomatic Design", *Marmara University Working Paper*, (2001).
- [5] Cochran, D. S. and Reynal, V. A., "Axiomatic Design of Manufacturing Systems, The Lean Aircraft Initiative Report Series", RP96-05-14, *Mass. Institute of Technology*, (1996).
- [6] Run-Jie, L., Yi-Xiong F., Hao Z., Jian-Rong T., "A Product Design Based On Interaction Design And Axiomatic Design Theory". *10th International Conference on Axiomatic Design- ICAD*, (2016).
- [7] Suh, N.P., Cochran, D.S., Paulo, C.L., "Manufacturing System Design", *Annals of the CIRP*, 47(2): 627-39, (1998).
- [8] Cochran, D. S; Eversheim, W.; Kubin, G.; Sesterhenn, M. L., "The Application of Axiomatic Design and Lean Management Principles in the Scope of Production System Segmentation", *The International Journal of Production Research*, 38 (6): 1377-1396, (2000).
- [9] Demirtaş, M., "An Axiomatic Design Approach to Mechanical Car Parking System Design", *M.Sc. Thesis*. Marmara University Institute For Graduate Studies In Pure And Applied Science, (2012).

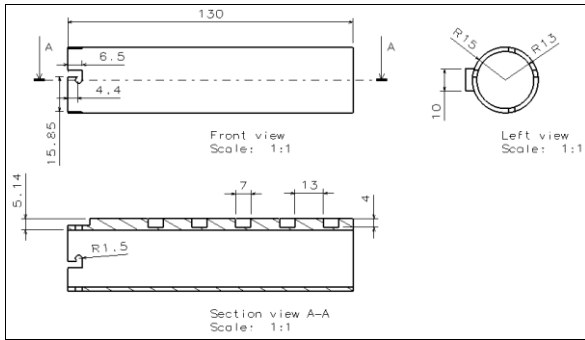
- [10] Kabadurmuş, Ö. ve Durmuşoğlu, M. B., “Aksiyomlarla Tasarım İlkelerini Kullanarak Çekme/Kanban Üretim Kontrol Sistemlerinin Tasarımı”, *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 313-317, (2005).
- [11] Tarcan, E., “Evaluation Of Sub-Component Alternatives in a Product Design”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).
- [12] Yılmaz, E., “Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri Yardımıyla Kentiçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Tasarımı”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1): 9-26, (2006).
- [13] Özel, B. ve Özyörük, B. “Aksiyomatik Tasarım ve Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Tedarikçi Seçimi”, *VI. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul Kültür Üniversitesi 189-203, (2006).
- [14] Özel, B. “Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımı İle Hiyerarşik Bir Tedarikçi Seçim Modeli”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2007).
- [15] Durmuşoğlu, M.B. ve Danacı T., “Military logics network design Via axiomatic design principles”, *M.Sc. Thesis*, İstanbul Technical University, Institute Of Science And Technology, (2011).
- [16] Özbek, İ., “Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçiminde Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımı”, *Yüksek Lisans Tezi*. Marmara Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, (2013).
- [17] Freyja Y.O., Róbert B. O., Joseph T. F., “The axiomatic design of Chessmate: a chess-playing robot”, *10th International Conference on Axiomatic Design- ICAD*, (2016).
- [18] Petru D., Eugen P., Gheorghe N., Oana D., Marius R. and Laurentiu S., “Construction of Patent Claims Using Axiomatic Design”, *11th International Conference on Axiomatic Design- ICAD*, (2017).
- [19] Abaş, A., “Tetik Mekanizmasına Gelen Dinamik Kuvvetlerin Sonlu Elamanlar Metoduyla İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).
- [20] Özyılmaz, Ö., “Hafif Silah Tasarımının Balistik Açidan İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).
- [21] Zaloğlu, H., “Finite Element Modelling and Analysis of Recoil Springs in Automatic Weapons”, *M.Sc. Thesis*, Middle East Technical University, Ankara, (2013).
- [22] Salonitis, K., “Design for additive manufacturing based on the axiomatic design method”, *Int J Adv Manuf Technol*, 87:989-996, (2016).
- [23] Schuh, G., Rudolf, S., Breunig, S., “Modular Platform Design for Mechatronic Systems using Axiomatic Design and Mechatronic Function Modules”, *Procedia CIRP*, 50:701-706, (2016).
- [24] Shangguan, L., Song, Z., Zhu, Z., Mao, E., Chen Y., “Axiomatic Design Principle Based Rapid Gearbox Design for Large Wheeled Tractors”, *Applied Engineering in Agriculture*, 31(5): 747-754, (2015).
- [25] Porpíglío, I., Scalice, Rk. Silveira, Z., “Axiomatic design and solution variants applied to a modular 3D printing head based in material extrusion”, *Procedia CIRP*, 84: 143-148, (2019).
- [26] https://grabcad.com/library?sort=most_downloaded&tags=ar15 (2019).

EKLER (APPENDICES)

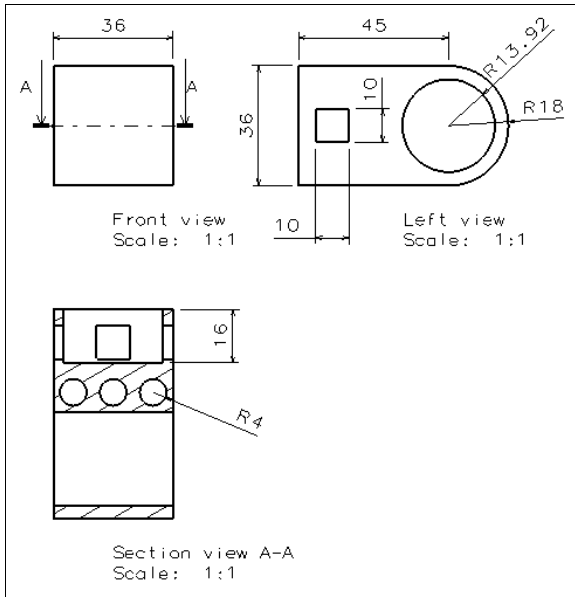
Ek-1. Geri tepme kılavuz borusuna ilişkin ölçüler (Dimensions for recoil guide tube)



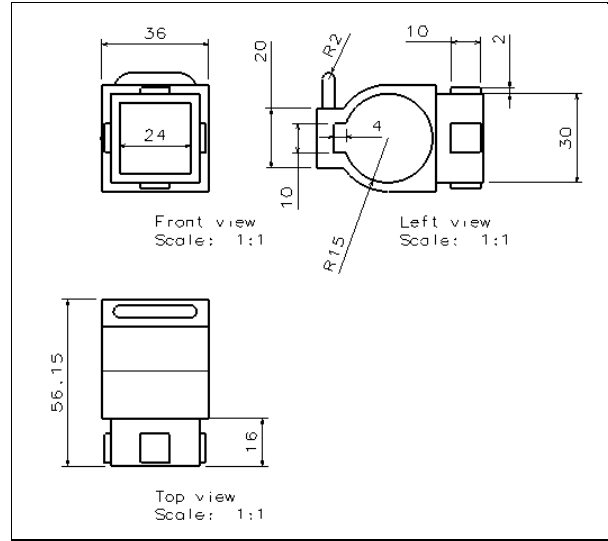
Ek-2. Dipçik taban borusu (Buttom tube for butt)



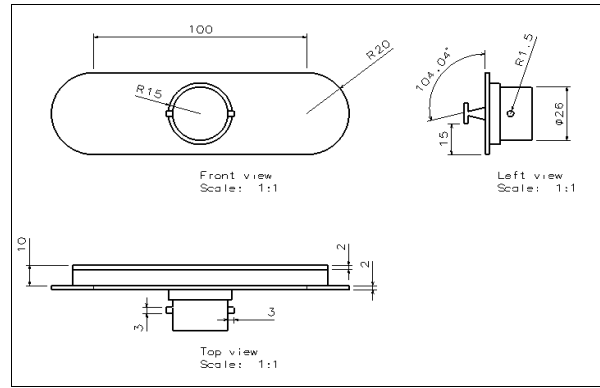
Ek-3. Üst ara parçaya ilişkin boyutlar (Dimensions for the upper spacer)



Ek-4. Askı kayışı halkası ve alt ara parça (Sling strap ring and lower spacer)



Ek-5. Dipçik taban plakası (Buttom plate for butt)



Ek-6. Yenilikçi modelin montajlı hali (Assembled version of the innovative model)

