

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ENGELSİZ YAŞAM TEKNOLOJİLERİ

#### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE ADI:** Serebral Palsi (beyin felci) sebep olduğu hareket düzensizliği ve denge kaybını önleyecek mekanik tasarım

**TAKIM ADI:** BAYWALKER

**Başvuru ID:**358722

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite-Mezun

## İçindekiler

1 Proje özeti.....	3
2 Problem/Sorun.....	3
3 Çözüm .....	3
4 Yöntem .....	4
5 Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	6
6 Uygulanabilirlik .....	7
7 Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	7
8 Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar).....	8
9 Riskler.....	8
10 Kaynakça.....	9



## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüzde çeşitli sebeplerden dolayı uygun yaşa gelmesine rağmen desteksiz ayakta duramayan ve düzgün yürüyemeyen birçok kişi bulunmaktadır. Bu kişilerin büyük bir çoğunluğunu ise çocuklar oluşturmaktadır. Doğum esnasında veya geçirilen rahatsızlığa bağlı olarak sonradan ortaya çıkan ve temel olarak kasların hareketini ve motor becerileri etkileyen “*Serebral Palsi*” yani beyin felci olarak nitelendirilen hastalık yüzünden çocuklarda düzgün hareket kabiliyeti oluşmamaktadır. Türkiye Çocuk Nörolojisi Derneğinin verilerine göre her bin çocuktan üçünde bu rahatsızlık görülmektedir [1]. Bu hastalığa sahip çocuklarda motor becerilerinin gelişebilmesi için dinamik iskele sistemi (dynamic scaffolding system) adı verilen bir sistem kullanılmaktadır. Farklı modellere sahip bu mekanizmanın ücretleri oldukça yüksektir. Bu proje de beyin felci geçiren çocukların hareket becerilerini gelişmesine destek olacak, teknolojik yönü olan, milli kaynaklar ile üretilmiş, uygun maliyete sahip bir mekanizma tasarlanması amaçlanmaktadır. Tasarım üç kısımdan meydana gelecektir. Birinci kısım, mekanizmanın çizim programı kullanılarak tasarlanmasını kapsamaktadır. Tasarlanan mekanizma analiz programında tüm koşullar için analiz edilerek, dayanımı belirlenecektir. Son aşamada ise tasarım ve analizi tamamlanan mekanizmanın üretim süreci gerçekleştirilecektir.

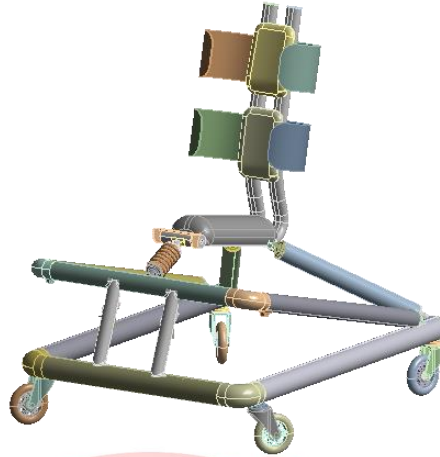
## 2. Problem/Sorun:

Çocuklarda beyin felcine bağlı olarak ortaya çıkan hareket kabiliyetinde ki hasarı iyileştirmeye yönelik yürüteç mekanizmaları kullanılmaktadır. Yürüteç mekanizmaları çocukların hem ayakta denge pozisyonlarının sağlanmasına hem de motor becerilerini geliştirerek, düzgün hareket etmesine yardımcı olmaktadır. Ancak, kullanılan hareketli yürüteç mekanizmaların da önemli eksiklikler bulunmaktadır. Bunların en başında konfor eksikliği gelmektedir. Mekanizma içinde ki çocukların hareketleri esnasında yeterli konfor alanlarının oluşmaması, çocukların mekanizmayı kullanmak istememesine sebep olmaktadır. İkinci en önemli eksik ise mekanizmalarda ki mevcut teknoloji eksikliğidir. Özellikle güvenlik tedbirleri açısından mekanizmanın gerekli teknolojik donanıma sahip olması gerekmektedir. Bu kapsamda, proje kapsamında tasarlanan yürüteç mekanizmasının muadillerine göre çocuklara daha çok konfor alanı sağlayacak ve güvenlik önlemlerinin düşünüldüğü bir tasarım olacaktır.

## 3. Çözüm

Proje kapsamında geliştirilen mekanizmanın sağladığı en önemli avantajlardan biri, mekanizmayı kullanacak çocuklara konfor alanı sağlamasıdır. Örneğin, mekanizmada çocuğun yerleştiği yerin ön kısmında hareketi kısıtlayacak el destek ünitesi bulunmamaktadır. Ayrıca, çocuğun mekanizma da güvenle durup hareket edebilmesi için sırt destek ünitesi tasarlanmıştır. Sırt ünitesinin de bulunan ve çocuğu göğüs kısmından saran destek ünitesinde poliüretan yastık kullanılmayacaktır. Muadil ürünlerde kullanılan poliüretan yastığın sert yapısı çocukların hareket konforunu etkilediği gözlemlenmiştir. Bu sebeple, tasarımda, poliüretan yastık yerine visko-elastik köpük kullanılacaktır. Tasarımın şekilde de görüldüğü gibi alt ünite ile destek ünite arasına yay mekanizması yerleştirilmiştir. Bu kısımda yay kullanılmasının en önemli sebebi, hareket esnasında mekanizmanın

dengelesinin sağlanması ve mekanizmaya düşen yüklerin eş dağıtılmasıdır. Mekanizmanın ağırlığı muadillerine göre oldukça düşüktür.



**Şekil 1** Tasarım modelinin üç boyutlu görünümü

Proje kapsamında üretilmesi planlanan mekanizmanın tüm parçaların da yerli hammadde kullanılmıştır. Proje kapsamında takım tarafından oluşturulan tasarım, üretim ve analiz aşamaları özgün değere sahip olduğundan tasarlanan mekanizma tamamen yerli bir üretim olacaktır.

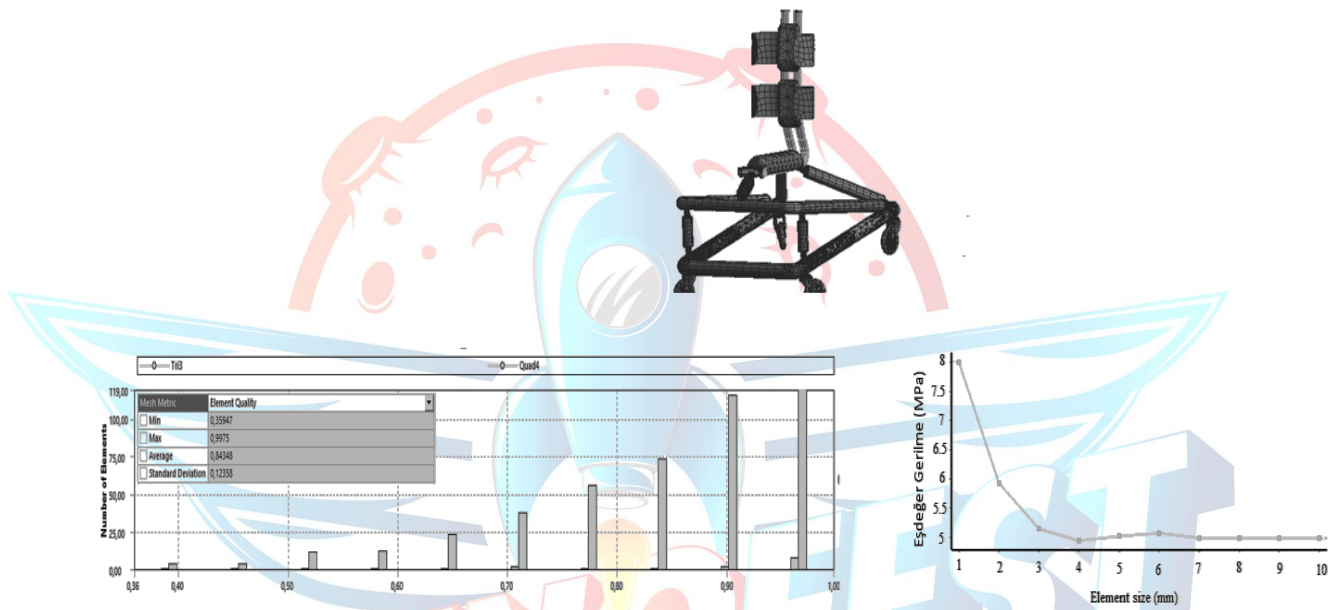
#### 4. Yöntem

Proje kapsamında tasarlanacak olan mekanizmanın oluşturulması üç kısımda gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak, ilgili mekanizmanın piyasada kullanılan muadilleri araştırılmış, eksik yönleri belirlenmiş ve tasarım parametreleri takım tarafından belirlenmiştir. Ardından, özgün mekanizma tasarımı, takım içerisinde yer alan tasarım ekibi tarafından SOLIDWORKS katı model programı kullanılarak tasarlanmıştır. Projenin diğer kısımları sırasıyla analiz ve üretim aşamalarıdır. Bu noktada belirtilmelidir ki, gerek analiz gerekse de üretim aşamalarına geçebilmek için takım tarafından ilk olarak mekanizmanın modellenmesine öncelik verilmiştir. Mekanizmanın tasarımı bittikten sonra, tasarımın dayanımı ve yürüyen aksamı için yapısal ve dinamik analizler yürütülecektir. Tüm analizler ANSYS sonlu elemanlar programında yapılacaktır. Analiz sonuçlarına göre üretim aşamaları belirlenecektir. Bir başka deyişle, üretimin her aşaması analizler ile önceden kontrol edilerek gerçekleştirilecektir. Böylelikle güvenilir, dayanıklı ve konforlu bir mekanizma ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

Şekil 1 görülen tasarımın önce yapısal analizleri yapılmıştır. Yapısal analizler de tasarımın üç boyutlu görünümü Ansys programına aktarılmış, önce bağlantı noktaları ve sonlu elemanlarına ayrılma işlemleri gerçekleştirilerek, sınır şartları uygulanmıştır. Sınır şartları maksimum 60 kg bir çocuğun kullanımına göre belirlenmiştir. Bu değer, Bayburt ilinde mevcut bu hastalığa sahip çocuklar gözetilerek belirlenmiştir. Analiz çözümünde mekanizmanın kritik noktaları belirlenmiş, gerilme ve deformasyon dağılımları incelenmiş ve tasarımın optimum hali belirlenmiştir.

Analiz adımlarını kısaca açıklamak gerekirse; ilk olarak tasarımın bağlantı noktalarının kontrolleri yapılmıştır. Bağlantı noktalarında herhangi bir boşluğun veya penetrasyonun olmamasına dikkat edilmiş ve uygun kontak çeşitleri uygulanmıştır. Tasarımın alt ve üst

iskele kısımlarının hepsinde en uygun bağlantı çeşidinin “bonded” bağlantı olduğuna karar verilmiştir. Bununla birlikte tasarımın hareketini sağlayan tekerleklerin bağlantılarında ise hem kartezyen koordinatlarda hem de dönüşün sağlandığı silindirik koordinatlarda tanımlı “general joint” kullanılmıştır. Bağlantı noktalarının belirlenmesinden sonra tasarımın sonlu elemanlarına ayrılması işlemine geçilmiştir. Sonlu elemanlara ayrılması işleminde “metot mesh” yöntemi kullanılarak en yüksek eleman kalitesini verecek ağ yapısı belirlenmiştir. Buna göre, dörtgensel ve üçgensel ağ yapılarının birlikte uygulandığı “hexdominat mesh” eleman kalitesinin en yüksek belirlendiği ağ yapısı olmuştur. Ayrıca ağ yapısının büyüklüğü içinde ağ duyarlılık analizi (*mesh sensitivity*) uygulanmıştır. Ağ yapısının büyüklüğünün gerilme sonuçlarına etkisi irdelenerek, optimum ağ büyüklüğü değeri belirlenmiştir. Yaklaşık 4 mm eleman boyutunda ağ yapısına ayrılan tasarımda toplam 188792 eleman ve 374949 düğüm noktası oluşturulmuştur. Tasarımın ağ geometrisi şekil 2 de gösterilmektedir.

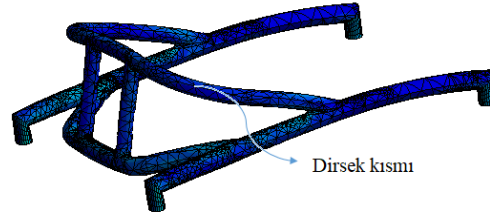
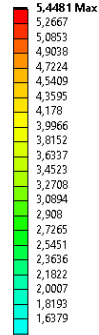


Şekil 2. Tasarımın sonlu elemanlar ağ yapısı

Analizin sınır şartların da çocuğun mekanizmaya uyguladığı yükleme uygulanmış, mekanizmanın denge durumunun için tekerleklerin sabit durumu ayarlanmasında ankastre mesnet uygulanmıştır. Mekanizmanın ağırlığının da işleme katılmasıyla beraber sınır şartları tamamlanmıştır.

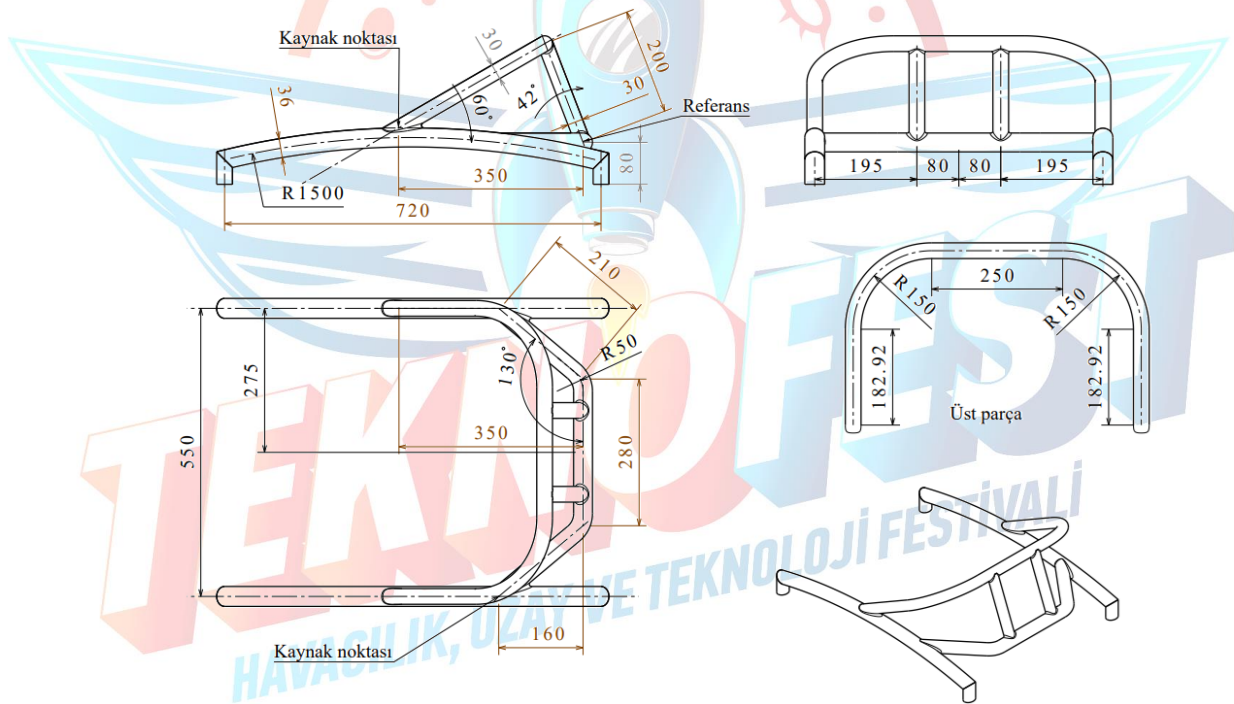
Analizin çözüm kısmında ortaya çıkan baskın gerilmelerin eğilme ve kayma gerilmesi olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple analiz sonunda tasarım üzerinde ki eş değer gerilme değerlerine bakılmıştır. Eşdeğer sonunda maksimum gerilme değerinin tasarımın alt iskele tarafında yığıldığı gözlemlenmiş, ayrıca alt iskelede yer alan dirsek ekleme kısımlarının ise bu yükleme koşulları için problem oluşturacağı tespit edilmiştir. Bu sebeple alt iskelede yer alan dirsek eklemeler tasarımdan kaldırılarak, tasarımda yer alan çelik boruların bükülerek tasarlanması uygun görülmüştür. Alt iskelenin yeni tasarımı ve üzerinde yer alan gerilme dağılımı şekil 3 gösterilmektedir.

A: Static Structural  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1 s  
 Deformation Scale Factor: 3,6e+003 (Auto Scale)



Şekil 3. Tasarımın sonlu elemanlar analiz sonucu

Tasarımın analizi çalışmalarının tamamlanması sonrasında alt iskelenin tasarımı revize edilerek üretim için teknik resmi oluşturulmuştur. Şekil 4 de tasarımın teknik resim görüntüsü görülmektedir. Teknik esimde görülen teknik verilere göre alt iskelenin protatip üretimine başlanacaktır.



Şekil 4. Tasarımın üretim için çıkarılan teknik resmi

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Beyin felcine sahip çocukların motor becerilerini geliştirmek üzere piyasada kullanılan yürüteçler proje kapsamında detaylı olarak araştırılmıştır. Hastalığın tedavisinde yaygın kullanılan bu yürüteçlerin çoğu yurtdışı üretimlidir. Proje kapsamında tasarlanan mekanik yürüteç muadilleri göz önüne alınarak, eksik yönleri belirlenmiş ve tasarım buna göre şekillenmiştir. Tasarımın muadillerine göre sağladığı en önemli yeniliklerden biri, kullanıcı olan çocuklara önemli konfor alanı sağlamasıdır. Tasarımda çocuğun kollarını veya gövdesini yaslayacağı bir üst iskele kullanılmamıştır. Böylelikle çocuk kollarını ve gövdesini hem dik tutmaya alışacak hem de önünde hiçbir kısıtlama olmadan rahatlıkla hareket



## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Proje kapsamında hedeflenen kitle olarak beyin felci sonucunda hareket kabiliyetini kısmen veya tamamen kaybeden çocuklar esas alınmıştır.

## 9. Riskler

Proje zaman planlanmasında da açıklandığı gibi projenin tasarım ve analiz kısımları planlanan zaman aralığında tamamlanmıştır. Tasarım üçüncü aşaması üretim aşamasıdır. Mekanizmanın prototip üretimi iki aşamada gerçekleştirilecektir. Birinci aşama tasarımda yer alan alt iskelenin üretimi olacaktır. Alt iskelenin üretiminde ilk olarak 1 mm et kalınlığında 40 mm çapında sahip çelik borular temin edilmiş, bu çelik borulara paslanmaz dirsekler ark kaynağı kullanılarak kaynak edilmişlerdir. Ancak üretim aşamasında kullanılan çelik boruların ince yapıda olması kaynak sırasında çarpılma ve hasar oluşumlarına sebep olmuştur. Bu durum analiz sonuçları ile de teyit edilmiştir. Bu sebeple, çelik borular şekil 4 de görüleceği üzere özel açılarda bükülüp, punto kaynağı ile birleştirilmesine karar verilmiştir. Boruların büküm açıları tasarlanan mekanizmanın denge ve dayanımı açısından son derece önemlidir. Bayburt ilinin gerek coğrafi koşulları ile sanayi bölgelerine uzak oluşu gerekse de il içerisinde bulunan sanayi bölgesinin yetersizliği üretim için en büyük dezavantajdır. Hassas boru bükümü ve mekanik tasarımda yer alan bazı parçaların kalıp işlemleri Bayburt sanayisinde hizmet alımı şeklinde yapılamamaktadır. Üniversite bünyesinde de yer almayan cihazlar nedeniyle de özellikle büküm işlemleri İstanbul ili demirciler çarşısında yer alan firmalar tarafından hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Firmaların iş yoğunluğu ve Bayburt iline lojistik süresinin uzun olması sebebiyle proje değerlendirme raporu süresinde prototip çalışmaları tamamlanamamıştır.

Yarışma takviminde yer alan 5 Ağustos tarihine kadar prototip üretiminin tamamlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamda olasılık etki matrisi ile prototip üretiminin risk durumu belirlenmiş ve çizelge 3 de gösterilmektedir.

**Çizelge 3 Etki-olasılık çizelgesi**

<b>ETKİ</b>		
<b>Etki</b>	<b>Derecelendirme</b>	<b>Puan</b>
Çok hafif	Prototipin tamamlanması	1
Hafif	Prototipin küçük eksiklikler içermesi	2
Orta	Prototipin tamamlanabilecek eksiklerinin olması	3
Ciddi	Prototipin önemli eksiklerinin olması	4
Çok ciddi	Prototipin oluşturulamaması	5
<b>OLASILIK</b>		
<b>Olasılık</b>	<b>Üretimin bitiş zamanı</b>	<b>Puan</b>
Mümkün değil	1 yıl	1
Az olasılık	9 ay	2
Olasılık Dahilinde	3 ay	3
Yüksek olasılık	1 ay	4
Kaçınılmaz	2 hafta	5



Çizelge 3 de yer alan etki-olasılık çizelgesi kullanılarak prototip üretiminin risk analizi gerçekleştirilmiş ve risk matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 4 risk matrisi gösterilmektedir.

**Çizelge 4 Risk matrisi**

		ETKİ				
OLASILIK	Puan	1	2	3	4	5
	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

\*\* 1 ve 2 puan ; Kabul edilebilir, önemli olmayan risk

⇒ 3, 4 ve 6 puan ; Dikkat edilmesi gereken önlem alınması gereken risk

⇒ 5, 8, 9 ve 10 puan; Önemli, dikkat edilmesi gereken risk

⇒ 12, 15 ve 16 puan; Yüksek derecede önemli, mutlaka önlem alınması gereken risk

⇒ 20 ve 25 puan; Kabul edilemez,

Projede üretim aşaması kısmında yapılan risk analizi sonucunda etki derecesinin *orta*, olasılık derecesinin ise *olasılık dahilinde derecesinde* olacağı düşünülmektedir. Risk matrisinde ilgili etki ve olasılık puan değerleri yazıldığında üretim kısmının risk analiz değeri **9** olarak belirlenmiştir. Bu değer çizelge 4 de görüleceği üzere önemli, dikkat edilmesi gereken bir risk değeridir. Bu sebeple, takım olarak üretim aşamasında oluşabilecek aksaklıklar dahilinde tasarımın değiştirilmesi, analiz parametrelerin güncellenmesi gibi durumlar B planı olarak üzerinde çalışılmaktadır.

## 10. Kaynaklar

1. Türkiye Çocuk Nörolojisi Derneği. (2022). Serebral Palsi. Erişim adresi <http://cnd.org.tr/index.php?cat=31>.
2. Mustang Çocuk Yürütücü, Engelli Yürüme Cihazı (2020). Erişim adresi <https://alisveris.engelliler.biz/mustang-cocuk-yuruteci-engelli-yurume-cihaz/>

