

ÇOK AMAÇLI GENİŞLETİLEBİLİR KONTEYNER TASARIMI VE PROTOTİPİ

O.E. GÜRFİLİZ, D. SOYDAN, L.C. DÜLGER ve H. ESKİCİOĞLU

İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü 35330, Balçova/İZMİR

erengurfiliz@gmail.com, deniizz.soydan@gmail.com,
canan.dulger@ieu.edu.tr, hakki@ieu.edu.tr

Bu bildiri, afet senaryolarında kullanılmak üzere geçici barınak çözümlerine yönelik acil ihtiyaca yanıt olarak prototip geliştirilmesine odaklanmaktadır. Projemizin amacı, konteyneri kurmak için gereken personel ve ekipman sayısını azaltmak ve insan gücünün daha fazla ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmasını sağlamaktır. Çalışmada kumaş ve metal yapıların faydaları değerlendirilmiş ve genişleme için bir makas mekanizması kullanılmıştır. Güvenli çalışmasını sağlamak için hem ANSYS hem de Excel aracılığıyla stres ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, tasarımın uygulanabilirliğini ve sağlamlığını göstermiş, acil durumlarda hızlı konuşlandırma ve güvenilir barınak için pratik bir çözüm sunmuştur. Çalışmada belirtilen özellikleri karşılayan 6/1000 ölçeğinde bir prototip hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makas mekanizması, ANSYS, çok amaçlı genişleyebilen konteyner

MULTI-PURPOSE EXPANDABLE CONTAINER DESIGN AND PROTOTYPE

ABSTRACT

In response to the urgent need for effective temporary shelter solutions in disaster scenarios, our project focuses on the design and prototype development of a multi-purpose expandable container. The aim of this study is to reduce the number of personnel and equipment required to install the container and use the manpower elsewhere when it is needed more. The study integrates the benefits of fabric and metal structures, and it employs a scissor mechanism for expansion. To ensure its safe operation, stress and deformation analyses through both ANSYS and Excel. The obtained results demonstrate the feasibility and robustness of the design, providing a practical solution for rapid deployment and reliable shelter in emergencies. A prototype has been prepared at a scale of six to one thousand that fulfils the specifications in the study.

Keywords: Scissor mechanism, ANSYS, multi-purpose expandable container

1. GİRİŞ

Acil güvenlik ve barınma ihtiyacı olan kişiler için, konteynerler veya acil durum çadırları gibi geçici barınma seçenekleri ihtiyaç sahiplerine konforlu ve güvenli bir yaşam alanı sağlamaktadır. Taşınabilir ve geçici çadırlar, inşa edilmesi kolay, hava koşullarına dayanıklı ve özelleştirilebilir (yemek alanı, mobil hastanelerde, depolama alanları)[1]. Standart konteynerler genellikle tek yönlü nakliye konteynerlerinden geri dönüştürülür. Kurmak için çeşitli ağır iş makinelerinin yanı sıra iş

makinelerini kullanmak ve konteynerleri kurmak için çok fazla insan gücü gerekir. Katlanabilir barınma konteynerleri genellikle sandviç panellerden yapılır ve kurulumu daha kolaydır [2]. Genişletilebilir barınma konteynerleri önceden kurulmuş banyo ve mutfakla birlikte gelir, bu da kurulum için gereken süreyi azaltır. Standart konteynerlerle karşılaştırıldığında vinç yardımı olmadan ve daha az insan gücüyle 4-10 dakika arasında kurulabilirler [3]. Tasarımları genellikle sabit bir çekirdek ve genişleyen yan duvarlar içerir.

Sektördeki ürünler incelendiğinde kaldırma mekanizmaları arasında yüksek mukavemet ve bükülmeye karşı direnci diğer mekanizmalardan daha yüksek olduğu için makas mekanizmalarının tercih edildiği görülmüştür.

Bu bildiride, mekanizmanın güvenli çalışmasını sağlamak ve çalışacak bir makas mekanizması tasarlamak için gereken hesaplamalar araştırılmıştır. Yan duvarları kaplamak için farklı kumaş tipleri, kapı, pencereler, çatı ve zemin için malzeme seçenekleri incelenmiştir. Çalışmamızda kısa ve orta vadeli ikamet için en uygun çözümü bulmak amacıyla kumaş ve metal yapıların avantajları incelenmiş ve bu iki malzemenin farklı avantajlarından faydalanılmıştır. Makas mekanizması için güvenli çalışma koşullarının sağlanması için gerekli hesaplamalar yapılmış, ANSYS analizleri ile gösterilmiştir. Belirlenen bir ölçekte prototip hazırlanmıştır.

2. MALZEME DETAYLARI

Günümüzde çoğu çadırın ana bileşeni polyesterdir. Hafif bir üründür, üretim maliyeti düşüktür ve hava koşullarına dayanıklıdır. %100 polyester üretimi olan bir kumaş türü olan Impertex kumaş, su itici bir yüzeye ve dayanıklı bir yapıya sahip olup aşınmaya ve yıpranmaya karşı dayanıklıdır. PVC çadır kumaşlarının sağlam, uzun ömürlü, hava koşullarına dayanıklı, su geçirmez, alev geciktirici ve kir tutmayan malzemeler oldukları bilinmektedir. Bizofol ABBA, her iki tarafı alüminyum folyo ile kaplı ve yalıtım katmanı olarak bir (ABA) veya iki (ABBA) kat naylon balon malzemesinden oluşan yalıtım malzemesidir. Bizofol ABBA'nın toplam kalınlığı farklı bileşimlerde 7-8 mm olabilir. Malzemenin birim alan kütlesi 300-330 gr/m²'dir. Bizofol ABBA su geçirmezdir ve yağmur yalıtımı sağlar. Malzeme esnektir ve kolay işlenebilir. Ayrıca, arıza yükü 110,5 N ve naylon balonlar için patlama yükü yaklaşık 1,9 kN'dir [4-5].

Çadırlarda pencere kullanmanın amacı, çadırın içini korurken çadıra ışık girmesine izin vererek iç alanı daha konforlu hale getirmektir. Çadır endüstrisinde pencereler için en sık kullanılan malzemenin şeffaf PVC filmler olduğu görülmektedir. Şeffaf PVC film, kolayca işlenebilir. Kullanılan kalınlık 0,4 mm'dir (m=29,197 kg/m).

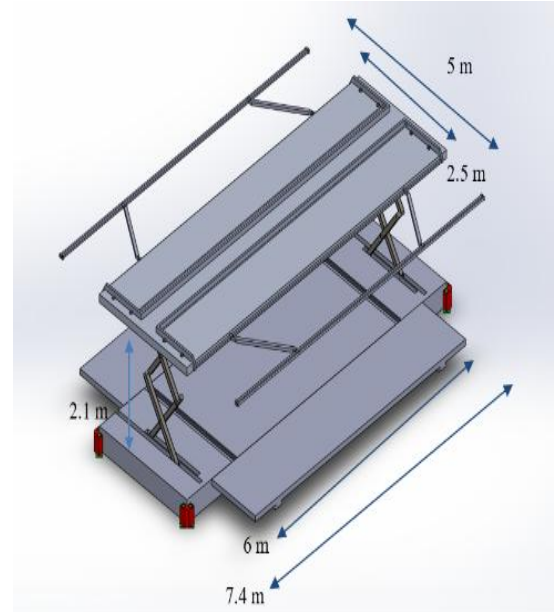
3. METODOLOJİ

Çok Amaçlı Genişletilebilir Konteyner projesinin amacı, meydana gelebilecek çeşitli afetler sırasında kullanılacak bir konteyner tasarlamaktır. Bu tasarımın diğer tasarımlardan farkı, katlanabilir yapısı ve genişletilebilir kumaş yan duvarları sayesinde herhangi bir ağır makineye ihtiyaç duyulmadan kullanıma hazır hale getirilebilmesidir. Yapılan çalışmalardan yola çıkarak projede makas mekanizması kullanılmasına karar verilmiştir. Kavramsal bir tasarım oluşturmak için, içinde yaşanabilecek bir konteynerin yapısal özellikleri ve boyutları hakkında bilgi bulmak için literatür taraması yapılmıştır [6]. Acil durumlar için 20 ft konteynerlerin değerlendirilmesinden sonra, 6m x 5m x 2,1m yaşanabilir alana sahip bir konteynerin bu proje için uygun olacağı görülmüştür. Konteyner için kabul edilecek ölçütler:

(i) Makas mekanizmasının maksimum yüksekliği 2,1m'dir.

(ii) Herhangi bir yapılandırma da statik denge sağlanır, yani mekanizmada eğilme veya burkulmalar olmaz ve yük sistem tarafından güvenli bir şekilde taşınabilir.

Şekil 1 de konteyner boyutları aşağıda verilmektedir. Belirlenen ölçütleri gerçekleştirebilmek için öncelikle bir dizi tasarım parametresi gerekmektedir



Şekil 1: Konteyner Boyutları

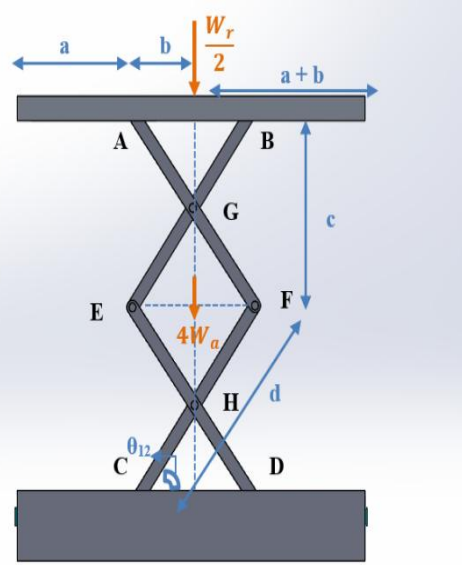
Sisteme uygulanan toplam yükü belirlemek için çatı malzemesi, boyutları, makas kollarının malzemesi ve boyutları ayarlanmalıdır.

Sandviç paneller üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda dayanıklılığı, ısı ve ses yalıtımı, yangın ve suya dayanıklılığı ve hafif yapısı nedeniyle çatı malzemesi olarak sandviç panel kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 1'den çatının yüzey alanı $18,5 \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Paneller ortalama 15 kg/m^2 olarak kabul edilmiş ve çatı kütlesi $277,5 \text{ kg}$ dır. Ayrıca, kumaşı ve kumaşın kendi ağırlığını taşıyacak ekstra bir branda mekanizması olduğundan, bunlar da çatının sahip olduğu yüke etki edecektir. Branda mekanizması için kullanılan malzeme 6063-T5'tir ($m=566 \text{ kg}$). Kumaşın kütlesi 780 g/m^2 'dir ($A=52,08 \text{ m}^2$ yüzey alanı) kaplayacaktır. Toplam çatı yükü 8841.2 N olarak hesaplanmıştır.

Konteyner için tasarlanan makas mekanizmasının ilk ölçütü, tavan yükünün yanı sıra kendi ağırlığını da taşıyabilmesidir. Toplam sistem 8 kola sahiptir; bu nedenle, $8841,2 \text{ N}$ ' luk tavan yüküne ek olarak tüm kolların toplam ağırlığı 6000 N olarak elde edilir. Yapılanmada 2 ayrı makas mekanizması olduğu düşünüldüğünde, toplam tavan yükü 2'ye bölünecektir. Bu yükü taşıyabilmesi için mekanizmanın kollarının malzemesi S355 olarak belirlenmiştir. Başarılı bir tasarıma sahip olmak için yerine getirilmesi gereken ikinci ölçüt, tamamen açıldığında konteynerin iç yüksekliğinin minimum $2,1 \text{ m}$ olmasıdır.

Geliştirilen kavramsal tasarımın istenen ölçütlere uyup uymadığını belirleyebilmek için açık yapılanmanın gerilme ve deformasyon değerleri hesaplanmış, serbest cisim diyagramları çizilerek denge denklemlerinden yararlanılmıştır. Denklemlerin çözümü Excel'de yapılarak ANSYS aracılığıyla incelenmiştir. Şekil 2'de mekanizmanın açık konumda bulunacağı yapılanma gösterilmiştir. A ve C noktalarında mekanizmayı hareket ettirecek tekerlekler bulunmaktadır. Bu tekerlekler hareketi kolaylaştırır ve açma-kapama sırasında mekanizma üzerindeki yükü dağıtır. Bu şekilde çatının yükü mekanizmanın parçalarına eşit olarak dağıtılır. C noktasında ayrıca çelik halatın içinden geçtiği ve mekanizmanın hareketini sağlayacak mekanizmanın hareketini sağlayacaktır. Bu yapılanmada kasnaklar, hareketi önlemek için

kilitlenir. D ve B noktaları konteynere sabitlenmiştir. Bu noktalarda sadece dönme hareketi vardır ve eğimleri açının değişmesiyle değişir.



Şekil 2: Açık Konfigurasyon

4. MEKANİZMA HESAPLARI

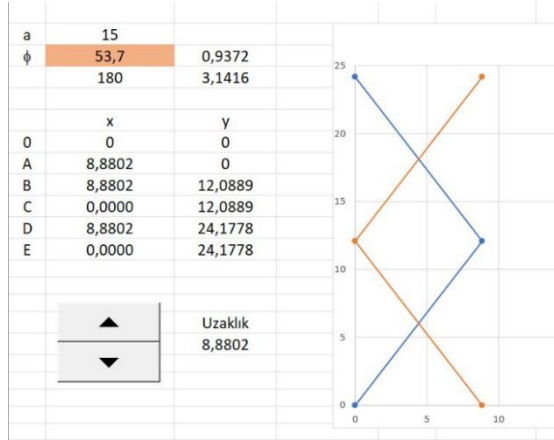
4.1 EXCEL Üzerinden Yapılmış Mekanizma Hesapları

Konteynerin üç farklı yapılandırması bulunmaktadır: kapalı, açılma esnasında ve açık. Yükün mekanizmanın bağlantı noktalarına uzaklığı göz önünde bulundurulduğunda, en kritik noktanın açık yapılanma sırasında olduğu belirlenmiştir. İlk olarak mekanizmanın uygun değer kol uzunluğu ve giriş açısının elde edilmesi gerekmektedir.

Hesapların değerlendirilmesinin Von Mises denklemlerine göre yapılmasına karar verilmiştir. İlk olarak kolların serbest cisim diyagramları çizilmiş ve her eksen için kuvvet ile moment denklemleri kullanılarak sistemin denge modeli (Global Equilibrium) oluşturulmuştur. Daha sonrasında malzemeler seçilmiş ve denklemlerde bilinmeyenleri azaltmayı amacıyla kolların uzunluğu ile ilgili varsayımlarda bulunulmuştur. Daha sonra bu değer değiştirilip en optimal uzunluğun bulunması hedeflenmiştir.

Excel kullanılarak 2 boyutlu hale getirilen mekanizmanın benzetimi yapılarak farklı açılar kullanılarak çeşitli kombinasyonlar

denenmiştir. Giriş açısının $53,7^\circ$ olduğu durumda istenilen sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir. Şekil 3'te mekanizmanın Excel görünümü ve hesap detayları gösterilmiştir.



Şekil 3: 2D Excel Görünümü

Mekanizmanın kol uzunlukları, kalınlıkları, kullanılan malzeme (S355) için akma değeri, çatı yükü ve bu kolların bağlantı noktalarına etki edecek yüklerin özellikleri gibi veriler bir tabloya aktarılmıştır. Sonraki adımda normal, kayma ve bükülme gerilimleri ayrı ayrı hesaplanmış, eş değer stresler tüm noktalar için elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, en kritik noktaların olması beklenen gibi C ve D noktaları olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerler, Tablo 1'de (a)-(b)-(c) olarak 3 kısımda verilmiştir.

Tablo 1: Excel hesaplama sonuçları

Yarı Uzunluk	Q12 (ø)	a (m)	b (m)	wa (N)
1,25	53,7	0,955	0,295	750
Link Uzunluğu	d (pim çapı)	kalınlık	2'nci L linki	c (m)
1,5	0,05	0,005	0,8	10,5
	Pim Alanı	0,00025		
Pimler için Stres Hesaplaması				
S355 ve n=2 için;				
$\sigma_{mall} = \sigma_a/n = 355/2 = 177,5$				
$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_n + 3\sigma_t^2}$				

(a) Girdiler ve İşlemlerde Kullanılan

Gerilme Formülleri

Wr (N)	C2 (N)	D2 (N)
10000	4000	4000
y	2368,052715	-2368,052715
x	3223,713129	3223,713129
Kayma	σ_c [MPa]	σ_D
	9,472210861	-9,472210861
Normal	12,89485252	12,89485252
Bükülme	21,62971	-21,6297
Eş Değer	39,62083	39,620832

(b) Kritik Noktalar ve Hesaplanan Gerilme Değerleri

A		B		G		E		F		H	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
-2014,82	1480,03	-2014,82	-1480,03	2317,04	1702,04	0	0	0	0	2921,49	2146,05
Kayma	Normal										
σ_A	σ_B	σ_G	σ_E	σ_F	σ_H						
-8,06	5,92	-8,06	-5,92	9,27	6,81	0	0	0	0	11,69	8,58
13,52	-13,52	15,55	0,00	0,00	19,60						
24,15	24,15	24,77	0,00	0,00	35,02						

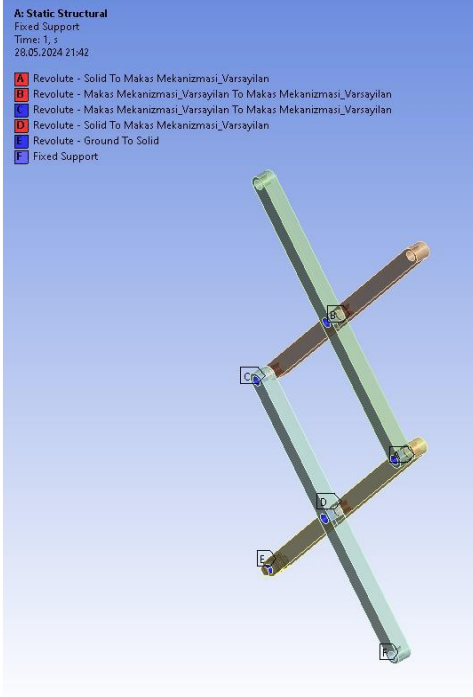
(c) Kalan Bağlantı Noktalarındaki Mukavemet Değerleri

4.2 ANSYS Analizleri

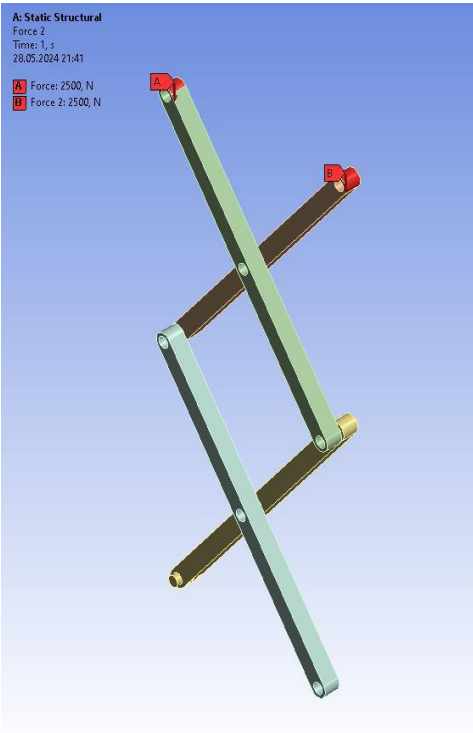
Mekanizma parçalarının çatı yükünü taşıyıp taşıyamayacağını görmek ve boyutlarına karar vermek için mekanizma ANSYS ortamına aktarılmıştır. Daha sonra bu program analiz edilerek şeklin mekanik bağlantıları belirlenmiştir. A, B, C ve D noktalarına ayrı ayrı döner bağlantılar yerleştirilmiştir. Bu şekilde parçaların birbirlerinin merkez noktalarından dönebileceği benzetim programına belirtilmiştir. E noktası için de bir devir bağlantısı verilmiş ancak bu sabitleme ilişkisi olarak zemin seçilmiştir. Böylece parça zemine göre dönmek zorunda kalmıştır. F noktası hareketli bir parça olmadığı için sabit olarak belirtilmiştir. Bu noktalara verilen bağlantı özellikleri ile mekanizma analize hazır hale getirilmiştir.

Mekanizma üzerindeki yük iki noktadan temas ettiği için, yük çatının ayrı gösterimleri olan tepe noktaları üzerinden verilmiştir toplam çatı yükü 8841,2 N olarak hesaplanmıştır. 2 makas mekanizması olduğundan ve sistem simetrik olduğundan, her birinin 4421,1 N taşıması beklenmektedir. Tasarımın daha da güvenli

olması için analiz sırasında çatıya 10 kN kuvvet uygulanmıştır. Bu yükü çatıdaki 4 bağlantı noktasına bölerek, her bir pime 2,5 kN kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4 ve 5'te bağlantı noktaları ile kullanılan kuvvet atamaları gösterilmiştir [6-9].



Şekil 4: Bağlantı Atamaları



Şekil 5: Kuvvet Atamaları

4.2.1 Ağ (Mesh) Detayları

Makas mekanizmasında benzetimde kullanılan ağ detayları Tablo 2'de verilmiştir.

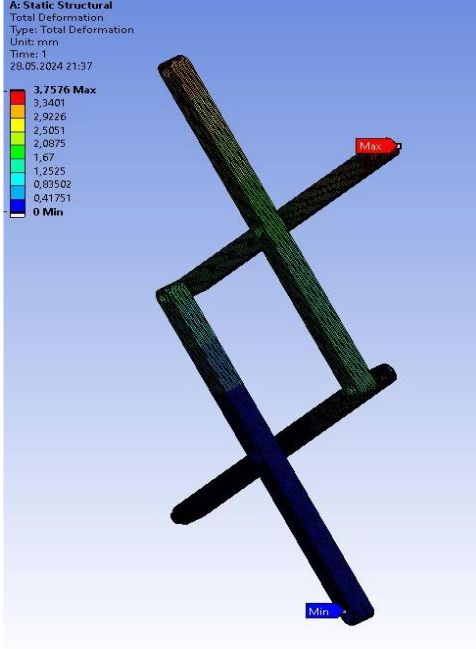
Tablo 2: Ağ (Mesh) Detayları-ANSYS

"Mesh" Detayları	
☑ Görünüm	
Görünüm Stili	Geometri Ayarlarını Kullan
☑ Varsayılanlar	
Fizik Tercihi	Mekanik
Eleman Düzeni	Program Kontrollü
Eleman Boyutu	Varsayılan
☑ Boyutlandırma	
Uyarlanabilir Boy...	Evet
Çözünürlük	Varsayılan (2)
Mesh Basitleştirme	Evet
Basitleştirme Boy...	Varsayılan
Geçiş	Hızlı
Açısal Aralık Mer...	Kaba
İlk Boyut...	Montaj
Sınır Kutusu Boy...	7,0313 m
Ortalama Yüzey...	0,36662 m ²
Minimum Kenar...	8,0 e-002 m
☑ Kalite	
Mesh Kalitesi Ko...	Evet, Hatalar
Hata Limitleri	Agresif Mekanik
Hedef Eleman K...	Varsayılan (5,0e-002)
Düzgünleştirme	Orta
Mesh Metrik	Yok
☑ Kabartma	
Otomatik Kabart...	Yok
Kabartma Seçeneği	Yumuşak Geçiş
Geçiş Oranı	0,272
Maksimum Katm...	5
Büyüme Oranı	1,2
Kabartma Algori...	Ön
Gelişmiş Görünüm	Yok
☑ Gelişmiş	
CPU Sayısı	Program Kontrollü
Düz Kenarlı Eleman	Hayır
Rijit Gövde Davra...	Boyutsal Olarak Azaltılmış
Üçgen Yüzey İşle...	Program Kontrollü
Topoloji Kontrolü	Evet
Sıkışma Toleransı	Lütfen Tanımlayın
Sıkışma Noktası ...	Hayır
☑ İstatistikler	
Düğüm Sayısı	4738
Eleman Sayısı	630
Ayrıntılı İstatistikl...	Hayır

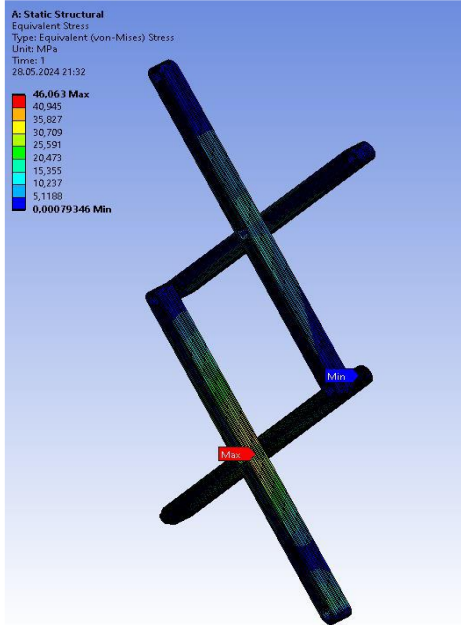
4.3 Sonuçların Karşılaştırılması

Excel kullanılarak yapılan hesaplamalar, tabandaki tepki kuvvetlerine karşılık gelen Cy ve Dy noktalarında maksimum 39,62 MPa'lık bir gerilim göstermiştir. Buna karşılık, ANSYS benzetim sonuçları, genel gerilim dağılımına kıyasla bu noktalarda daha düşük gerilim seviyeleri görülmüştür. ANSYS benzetimi, pim H'deki maksimum gerilimi 46 MPa olarak belirlerken, Excel sonuçları aynı alanda gerilimi

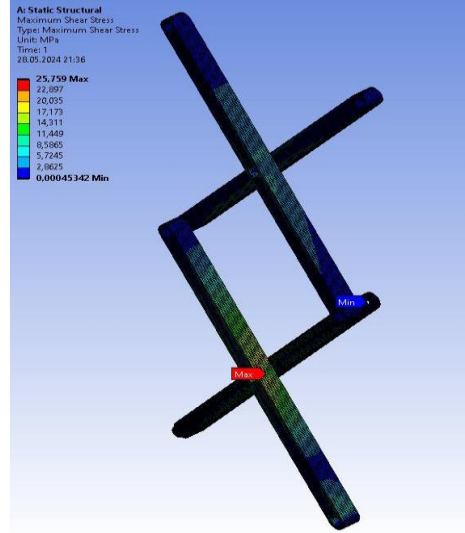
35 MPa olarak göstermektedir. Hata payını etkileyen faktörler, parçalara atanan ağırların boyutları ve C ile D noktalarının zemine sabit olarak kabul edilmesidir. Toplam deformasyon, von Mises sonuçları ve maksimum kayma gerilmeleri Şekil 6-7-8 de gösterilmektedir.



Şekil 6: Makas Mekanizmasında Toplam Deformasyon Sonuçları



Şekil 7: Makas Mekanizması Üzerinde von-Mises Gerilmesi Sonuçları



Şekil 8: Makas Mekanizması Üzerinde Maksimum Kayma Gerilmesi

5. PROTOTİP HAZIRLAMA-ÜRETİM

Üretim için gerekli malzemeler marangozlardan, yapı marketlerinden, hırdavatçılardan ve ev malzemelerinden temin edilmiştir. Makas mekanizması için ilk başta metal seçilmiş olup daha sonra üretim kolaylığı açısından ahşapla değiştirilmiştir. Sonuç olarak yapının temel parçaları ahşapla tamamlanmıştır. Şekil 9 (a) ve (b) de hazırlanan prototipin kapalı ve açık hali gösterilmektedir.



(a) Katlanmış Durumda



(b) Açılmış Durumda

Şekil 9: Üretilen Prototip

6. SONUÇLAR

Çalışmada ihtiyaç duyulduğunda acil durum barınaklarının hızlı bir şekilde konuşlandırılmasını amaçlayan çok amaçlı genişletilebilir bir konteynerin prototipi tasarlanmış ve hesaplamaları yapılmıştır. Genişletilebilir bir tasarım elde etmek için bir makas mekanizması kullanarak kumaş ve metal yapıların faydalarını birleştirilmiştir. Makas mekanizması, çeşitli kaldırma uygulamalarında dayanıklılığı ve güvenilirliği nedeniyle seçilmiş ve uygulanmıştır. Statik denge denklemlerinin kullanımıyla makas mekanizmasının güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için ayrıntılı hesaplamalar yapılmıştır. Von-Mises gerilme analizi Excel aracılığıyla hesaplanmış ve 'ANSYS Static Structural' yazılımında sistemin benzetimi yapılmış, deformasyon değerleri de ANSYS kullanarak bulunmuştur. Tasarım süreci, konteynerin yan duvarları, kapıları, pencereleri, çatısı ve döşemesi için malzeme seçeneklerinin Impertex, polikoton ve vinil kaplı kumaşlar da olmak üzere çeşitli kumaş türlerini dayanıklılıkları ve farklı çevre koşullarına uygunlukları açısından değerlendirilmiştir.

Hem Excel hesaplamalarından hem de ANSYS benzetimlerden elde edilen sonuçlar tutarlıdır ve beklenen yükler altında tasarımın yapısal bütünlüğünü doğrulamıştır. Malzemelerin ağırlığı ve maliyeti önemli bir husus olmaya devam etmektedir. Daha hafif ve uygun

maliyetli alternatifler üzerinde araştırma yapılması tasarımı şu anki noktadan ileriye götürecektir.

7. KAYNAKLAR

- [1] <https://www.tentnology.com/our-tents/applications/emergency-tents>. Erişim: 31 Ekim 2023.
- [2] V. C. Group, 'Are Collapsible Containers a Viable Solution to Relocation Costs?'
- [3] L. Henan K-home Steel Structure Co., "Prefabricated Flat Pack Container House,"
- [4] Özerden, 'Reflective Thermal Insulation Material Bizofol ABBA Tech. Data Sheet' 2021.
- [5] <https://www.mahalaxmioverseas.co.in/clear-transparent-pvc-film-soft-rolls-819317.html>. Erişim: 25 Nisan 2024
- [6] O.E. Gürfiliz, D. Soydan, FENG 498-Proje Raporu, İzmir Ekonomi Üniversitesi, İzmir Haziran 2024.
- [7] G. Olenin, "Design of hydraulic scissors lifting platform," Saimaa Uviversity of App. Sci., Faculty of Tech. Lappeenranta, 2016.
- [8] F. P., J. E. R. Johnston, J. T. Dewolf and D.F.Mazurek, Mechanics of Materials, 6th ed., McGraw-Hill, 2012.
- [9] A. Foresta, Calculations for Structural Design of Hydraulic Scissor Lift with Load 3.5 tons at TMC Ind. Public Co., Ltd. Thailand, Universitas Islam Indonesia, 2017.