

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE

KATEGORİSİ

PROJE ADI: PEDİATRİK AKCİĞER SİMÜLATÖRÜ

TAKIM ADI: PEDILUNG

BAŞVURU ID: 407115

İçindekiler

1. Proje Özeti.....	3
2. Problem/Sorun.....	4
3. Çözüm.....	4
3.1. Kabuller ve Varsayımlar	5
3.2. Mekanik Tasarım	5
4. Yöntem	6
4.1. Tasarımın Boyutları.....	6
4.2. Tasarım Mekanizması.....	8
4.2.1. Nefes Alma Durumu.....	9
4.2.2. Nefes Verme Durumu.....	9
4.3. Nefes Sıklığı ve Sistem Hızı.....	10
4.4. Motor Hesabı	10
4.5. Redüktör Hesabı.....	11
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	13
6. Uygulanabilirlik.....	14
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	14
7.1. İş-Zaman Çizelgesi	14
7.2. Tahmini Bütçe Tablosu.....	15
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi	15
9. Riskler.....	16
10. Kaynakça.....	16

ŞEKİL LİSTESİ

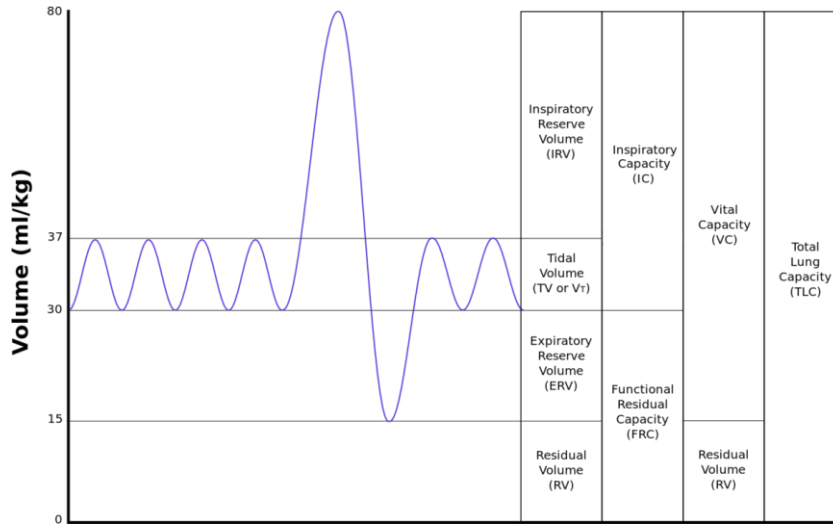
Şekil 1- Ortalama bir insan için nefes grafiği	3
Şekil 2- Projenin blok diyagramı	4
Şekil 3- Cihazın CAD ortamında izometrik görünümü	5
Şekil 4- Cihazın CAD ortamında yandan görünümü	6
Şekil 5- Solunum ile ilgili bazı terimlerin grafik gösterimi	7
Şekil 6- Çocuk bireyler için akciğer fonksiyon testi değerleri.....	7
Şekil 7- Nefes alma durumunda sistemin yandan görünümü.....	9
Şekil 8 - Nefes verme durumunda sistemin yandan görünümü	9
Şekil 9 - Tasarlanan redüktörün izometrik görünümü	11
Şekil 10 - Tasarlanan redüktörün yandan görünümü	12
Şekil 11 - Dişlilerin numaralandırılması	12
Şekil 12 - 12V 300 RPM L redüktörlü DC motor.....	13

TABLO LİSTESİ

Tablo 1- Şekil 5'teki solunum terimlerinin açıklamaları	7
Tablo 2- Çocukların kilolarına göre TLC ve RV hacimleri tablosu.....	8
Tablo 3- Silindir körük boyutları	8
Tablo 4 - 8 ve 12 yaş çocuklar için nefes alma durumunda sistem boyutları	9
Tablo 5 - 8 ve 12 yaş çocuklar için nefes verme durumunda sistem boyutları	10
Tablo 6 - Kuvvet hesabı için gerekli parametreler	10
Tablo 7 - Gereken motor gücü parametreleri	11
Tablo 8 - Redüktör dişli parametreleri	12
Tablo 9 - Redüktör ile beraber hesaplanan güç ve tork değerleri	13

1. Proje Özeti

Bu projede çocuklardaki sağlıklı ve belirlenen 3 farklı hastalığa sahip akciğerlerin davranışlarını taklit edebilen bir sistem tasarlanması amaçlanmıştır. Proje, çocuk akciğerlerinin mekanik hareketlerine odaklanmaktadır. Akciğer hacimlerinin gerçeğe en uygun şekilde aktarılması hedeflenmektedir. Akciğeri temsil edecek elastik balonun, literatürde var olan nefes alma ve verme düzenlerine en uygun şekilde hareket ettirilmesi projenin temel misyonudur. Literatürde var olan hacim ve nefes sıklığı parametrelerine uygunluk ise projenin başarı kriterlerinden biridir.



Şekil 1- Ortalama bir insan için nefes grafiği

Projenin mekanik aksamı tek bir motorla tahrik edilecektir. Akciğerin etrafındaki zarı temsil edecek olan bir silindir körük, diyaframı temsil eden bir dişli-kremayer mekanizması sayesinde sıkıştırılacak ve şişirilecektir. Körüğün içi ise akciğeri temsil edecek olan elastik balonun, daha önceden belirlenen hacim değerlerine ulaşabilmesi için yeterli miktarda vakumlanacaktır. Sağlıklı ve hastalıklı akciğerlerin mekanik hareketini en iyi şekilde aktarmak adına gerekli algoritmalar üretilecek ve hassas motor kontrolü sağlanacaktır. PID veya benzer kontrolcü algoritmalarıyla hatalar minimuma indirilecektir.

Piyasada çok çeşitli akciğer simülatörü bulunmamakla beraber ülkemizde daha önce

akciğer simülâtörü yapılmamıştır. Bu proje ile ülkemizde bu konuda öncü olmak ve başarılı bir prototip geliştirerek ülkemizi global markette de temsil etmek en önemli motivasyondur.

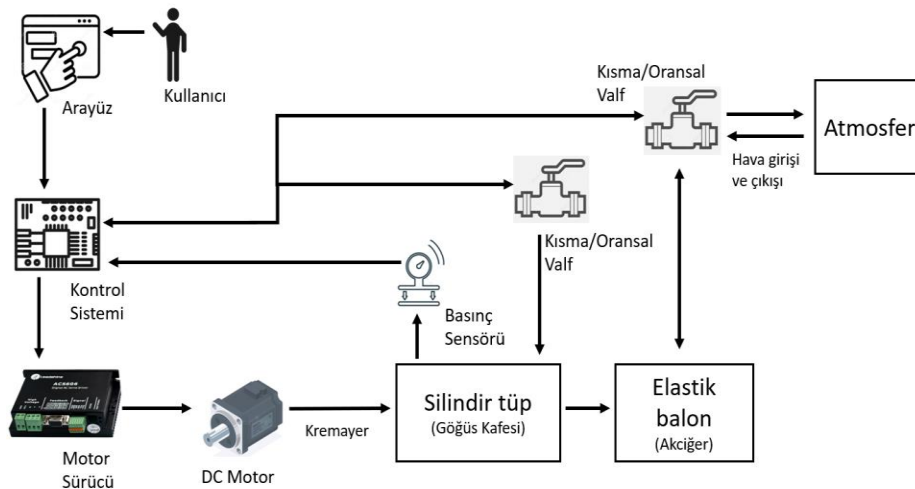
2. Problem/Sorun

Günümüzde Covid-19 hastalığı ve bu hastalığın varyasyonları neticesinde topyekûn mücadele ettiğimiz pandemiden dolayı artan akciğer ve solunum sistemi rahatsızlıkları insanlar için büyük sorun teşkil etmektedir. Pandemiden dolayı yaşanan ölüm vakaları gitgide artarken akciğer ve göğüs hastalıkları ile mücadele edecek kalifiye doktorlar ve sağlık çalışanlarının yetişmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle küçük yaşta çocukları etkileyen akciğer hastalıkları ile mücadelede, herhangi bir hastanın rızasına ihtiyaç duymadan akciğerlerin mekanik hareketini iyi bir şekilde gözlemek ve yetiştirmekte olan sağlık çalışanlarına doğru bir şekilde aktarmak oldukça önemlidir.

3. Çözüm

Pediyatrik akciğer simülâtörü sağlıklı ve hastalıklı akciğerlerin mekanik ventilasyonunu görsel olarak taklit edecektir. İstenilen yaş, kilo ve benzeri parametreleri, bir kullanıcı arayüzüne girilerek olası hastalık senaryoları oluşturulacaktır. Bunun için kullanışlı bir arayüz tasarlanacaktır. Bu sayede simülâtör sadece üç hastalık ile sınırlı kalmayacaktır. Yeteri kadar basit ve sade bir arayüz ile cihaz her yaşta insanın kullanabileceği bir cihaz olacaktır. Sağlık çalışanlarının yanı sıra akciğerin çalışma mekanizmasını gözlemlemek isteyen her yaşta insana hitap eden bir cihaz tasarlamak ekibimizin amaçlarından biridir.

İlgili projede ilk aşamada çocuk akciğerleri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır ve mekanik ventilasyonun ne olduğunu anlaşılmıştır. (1) (2) (3) Ardından özgün bir mekanik tasarım yapılmıştır. Motor ve sensör seçimlerinde fiyat ve hassasiyet büyük bir etkidir. Mekanik tasarımın ardından uygun kontrolcüler seçilmiştir. İç mekanik tasarım ve elektronik sistemin tasarımı sonrası göze hitap eden bir dış kasa tasarımı yapılacaktır. Tüm aşamaların birbiriyle entegrasyonu sonucu ortaya çıkan prototip test edilecek ve gerekli optimizasyonlar sağlanacaktır.



Şekil 2- Projenin blok diyagramı

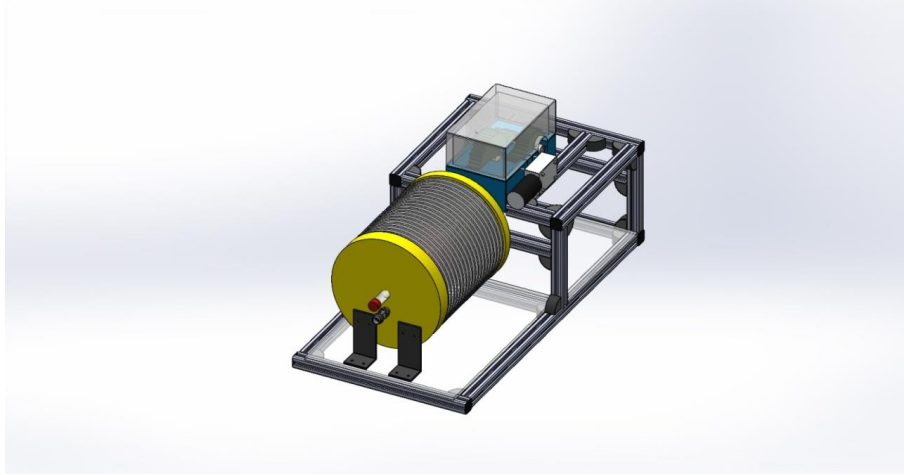
3.1. Kabuller ve Varsayımlar

Tasarımı ve üretimi yapılacak olan Pediatrik Akciğer Simülatörü tasarımı için yapılan hesaplarda, aşağıdaki maddeler kabul edilmiştir.

- Sistem içine nüfuz edecek olan gaz, atmosfer ortamındaki havadır ve bu sistem için ideal gaz olarak kabul edilmiştir. Basınç ve hacmin çarpımı bu yüzden sabit alınmıştır. (4)
- Pediatrik Akciğer Simülatöründeki tasarımlar ve hesaplamalar 8 – 12 yaş aralığındaki çocuklar için yapılmıştır.
- 8 – 12 yaş aralığındaki çocuklar ortalama vücut ağırlıkları, ortalama olarak yaşlarının dört katı kabul edilmiştir. (5)
- Çocukların akciğer hacim değerleri, literatürde var olan değerlerden alınmıştır. (6)

3.2. Mekanik Tasarım

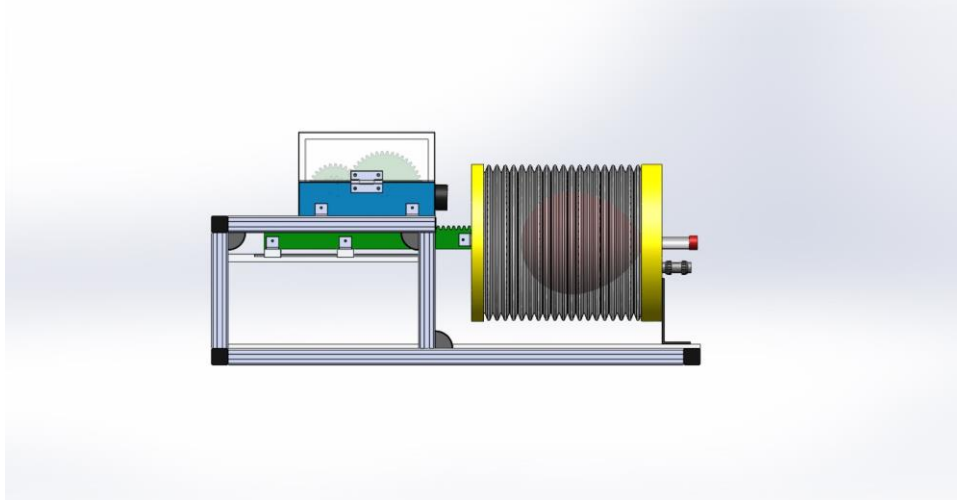
Cihazımız piyasada bulunan muadillerine kıyasla özgün bir mekanik tasarıma sahiptir. Gerekli durumlarda sistemin mekanik ölçüleri değişebilir ve mekanik tasarım yeniden boyutlandırılabilir.



Şekil 3- Cihazın CAD ortamında izometrik görünümü

Sistemde gerekli torkun sağlanabilmesi için 1:6 oranında dişli kutusuna ihtiyaç duyulmuştur. Kremayerin üzerinde ileri geri hareket edebileceği bir platform gerekmektedir. Silindirin de tam ortasına denk gelecek şekilde yerden yüksekliği 10 cm platform tasarlanmıştır. Platformda sigma profiller kullanılmıştır ve elektronik komponentlerin de muhafaza edilebilmesi için altı boş bir şekilde tasarlanmıştır. Alt zeminin oluşturmak adına şeffaf veya renkli pleksi plakalar kullanılacaktır. Dişli kutusu, bu platforma 4 adet köşebentle sabitlenmiştir.

Kremayerin rahatça kayabilmesi ve silindir körüğü sıkıştırıp gevşetebilmesi için bir raylı araba kullanılacaktır. Kremayer, ray üzerindeki iki adet arabaya sabitlenecektir. Kremayerin ileri-geri hareketi bu arabalar ile sağlanacaktır.



Şekil 4- Cihazın CAD ortamında yandan görünümü

4. Yöntem

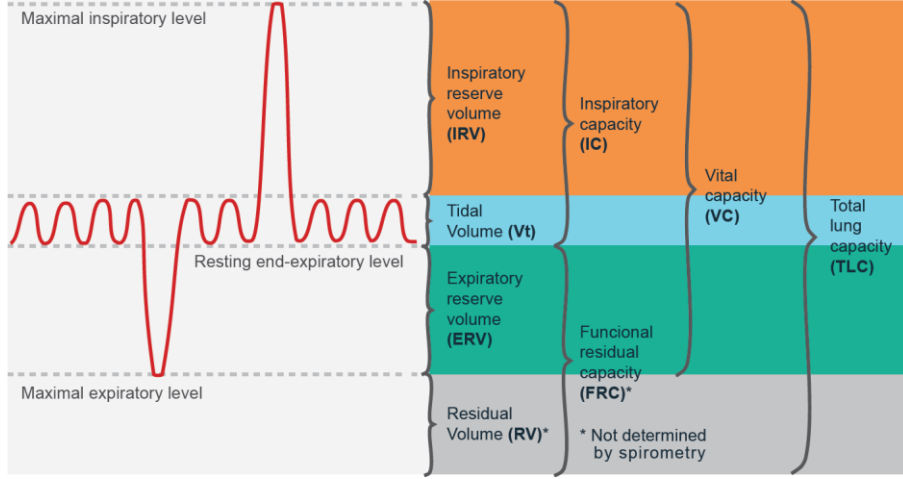
Projenin mekanik aksamı tek bir motorla tahrik edilecektir. Akciğerin etrafındaki zarı temsil edecek olan bir silindir körük, diyaframı temsil eden bir dişli-kremayer mekanizması sayesinde sıkıştırılacak ve şişirilecektir. (7) Körüğün içi ile elastik balonun arasında kalan boşluk kapalı bir sistemdir ve daha önceden belirlenen hacim değerlerine ulaşabilmesi için yeterli miktarda vakumlanacaktır. Sağlıklı ve hastalıklı akciğerlerin mekanik hareketini en iyi şekilde aktarmak adına gerekli algoritmalar üretilecektir. (2) Hassas motor kontrolü sağlanacaktır. Silindir körük içinde bulunacak olan basınç sensörü ile de anlık olarak basınç ölçümü yapılacaktır. PID veya benzer kontrolcü algoritmalarıyla hatalar minimuma indirilecektir

Projenin **Teknoloji Hazırlık Seviyesi (THS)**, THS1'den başlayacak ve proje bitiminde THS6'ya ulaşacaktır. Eğer proje, planlanan sponsor destekleri ve yardımlar ile desteklenirse proje THS7 seviyesine kadar ilerleyecektir. Yani cihaz gerçek veya gerçeğe en yakın ortamlarda testlerini tamamlamış, nihai tasarım boyutlarını belirlemiş ve eğer gerekirse sertifikalarını da elde etmiş şekilde, seri üretime hazır hale gelecektir. Bu raporun hazırlanması aşamasında ise söz konusunu cihaz THS3 seviyesini tamamlamış, THS4'ün ortalarında bulunmaktadır.

4.1. Tasarımın Boyutları

Yapılacak akciğer simülatörü pediatrik bir cihazdır. Bundan dolayı sadece çocuk akciğerlerinin mekanik ventilasyonunu taklit edilecektir. Projede tercih edilen yaş aralığı 8 ~ 12 yaş aralığıdır. Sistemin tasarımı yapılırken akciğer hacimlerinin minimum ve maksimum değerleri baz alınmıştır. (6)

Sistem tasarımı yapılırken akciğerler için **Toplam Akciğer Kapasitesi (TLC)** maksimum hacim olarak kabul edilecektir. Minimum hacim ise bir insanın tüm gücüyle nefes verebilme sınırı olan **Residual Volume (RV)** kabul edilecektir. (6)



Şekil 5- Solunum ile ilgili bazı terimlerin grafik gösterimi

Aşağıdaki tabloda Şekil 5'teki terimlerin açıklamalarına yer verilmiştir. (8)

Tablo 1- Şekil 5'teki solunum terimlerinin açıklamaları

Değişken	Tanım
Total Lung Capacity (TLC)	Maksimal inspirasyon sonunda akciğerlerin içerdiği hava miktarı.
Functional Residual Capacity (FRC)	İstirahat halinde iken normal bir soluk veriş sonunda akciğerlerde arta kalan hava miktarı.
Inspiratory Capacity (IC)	Soluk verışı takiben normal bir soluk alışla akciğerlere girebilen maksimal hava miktarı.
Expiratory Reserve Volume (ERV)	Normal bir nefes vermeden sonra yapılan en zorlu nefes vermeyle akciğerlerden çıkarılan hava hacmi.
Residual Volume (RV)	Güçlü bir soluk veriş sonunda akciğerlerde arta kalan hava miktarı; artık hava hacmi.

Çocuk yaştaki bireyler için Şekil 5'te belirtilen grafikteki değerler kilogram başına aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bu değerler çocuk yaştaki bireyler için geçerlidir. (2) (9)

Variable	Definition	Normal Value
TLC	Total lung capacity	80 mL/kg
FRC	Functional residual capacity	40 mL/kg
IC	Inspiratory capacity	40 mL/kg
ERV	Expiratory reserve volume	30 mL/kg
RV	Residual volume	10 mL/kg
V_T	Tidal volume	5 mL/kg
V_E	Minute volume ventilation	100 mL/kg/min
\dot{V}_E	Alveolar ventilation	60 mL/kg/h
V_d	Dead space	mL = wt in lb
V_d/V_t	% Dead space	0.33
C_{St}	Static compliance	2 mL/cm H ₂ O/kg
C_{eff}	Effective compliance	1 mL/cm H ₂ O/kg

Şekil 6- Çocuk bireyler için akciğer fonksiyon testi değerleri

Tabloda verilen değerlere göre çocuk yaştaki bireylerin akciğer hacimlerinin ölçüleri bilinebilir. Doğru değerlere ulaşabilmek adına çocukların ortalama ağırlıklarının tahmin edilmesi gerekir. (5) (10) Yapılan çalışmalar neticesinde 8 ~ 12 yaş aralığındaki çocukların kilolarının en doğru yaklaşımı

$$\text{Çocuk Kilosu} = 4 \cdot \text{Çocuk Yaşı} \quad (1)$$

şeklinde verilir. Buna göre 8 yaşındaki bir çocuğun ortalama kilosu 32 kg iken 12 yaşındaki bir çocuğun kilosu 48 kg olmaktadır.

Tablo 2- Çocukların kilolarına göre TLC ve RV hacimleri tablosu

Yaş	Ağırlık (kg)	TLC (mL)	RV (mL)
8	32	2560	320
9	36	2880	360
10	40	3200	400
11	44	3520	440
12	48	3840	480

Elde edilen değerlere göre sistemin karşılaşılabileceği maksimum hacim değeri 12 yaş için 3840 cm^3 iken 8 yaş için bu değer 2560 cm^3 'tür. Minimum değerler (Kalıntı Hacmi) ise sırasıyla 480 ve 320 cm^3 değerindedir. Yapılan hesaplar doğrultusunda sistemin tasarımı için optimum değerler tabloda verilmiştir.

Tablo 3- Silindir körük boyutları

Silindir Parametreleri	Değer
Yarıçap	9 cm
Uzunluk	20 cm
Alan	$254,469 \text{ cm}^2$
Hacim	$5089,38 \text{ cm}^3$

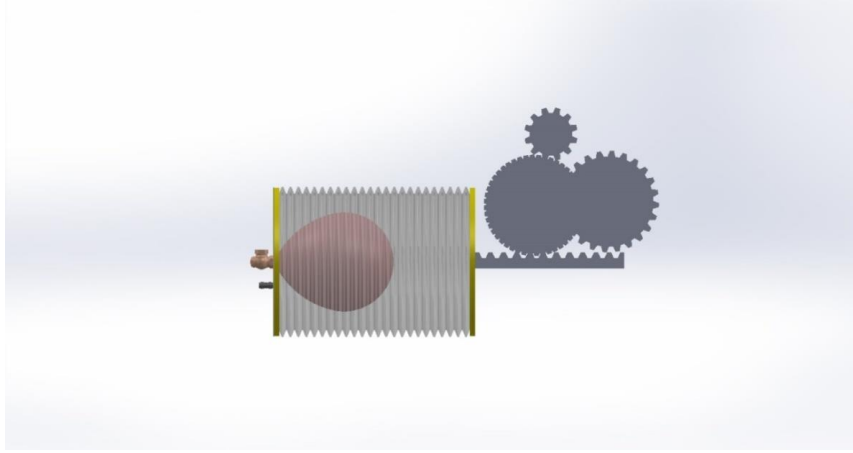
4.2. Tasarım Mekanizması

Projedeki temel hedef daha önceden belirlenen hacim değerlerini sağlayabilecek şekilde sistemin tahrik edilmesidir. Sistemin ana tahrik elemanı olan DC motor ve dişli kutusu, silindir körüğe bağlı olan kremayeri hareket ettirecektir. Kremayerin hareket ettirilmesi ile silindir körük sıkışacak ve genişleyecektir. Silindir ile elastik balon arasında kalan hacim kapalı bir sistemdir. Yani kütle giriş çıkışı olmayan fakat ısı alışverişi yapabilen bir hacmi ifade eder.

Buradaki alanın içerisindeki hava hep sabit olacaktır. Silindirin sürekli ileri gidip gelmesi ile hacim belirli bir ritimde azalacak ve artacaktır. **Boyle Kanunu** (4) gereği hacim ile basınç ters orantılıdır. Hacimdeki değişim basıncı etkileyecek ve böylece sistem tekrar denge konumuna gelinceye kadar balon hacmi sürekli olarak değişecektir.

4.2.1. Nefes Alma Durumu

Sistem hareketi esnasında silindir hacminin artması, nefes almayı temsil edecektir. Nefes alma halinde sistemin durumu Şekil 7’de ve hacim değerleri Tablo 4’te gösterilmiştir.



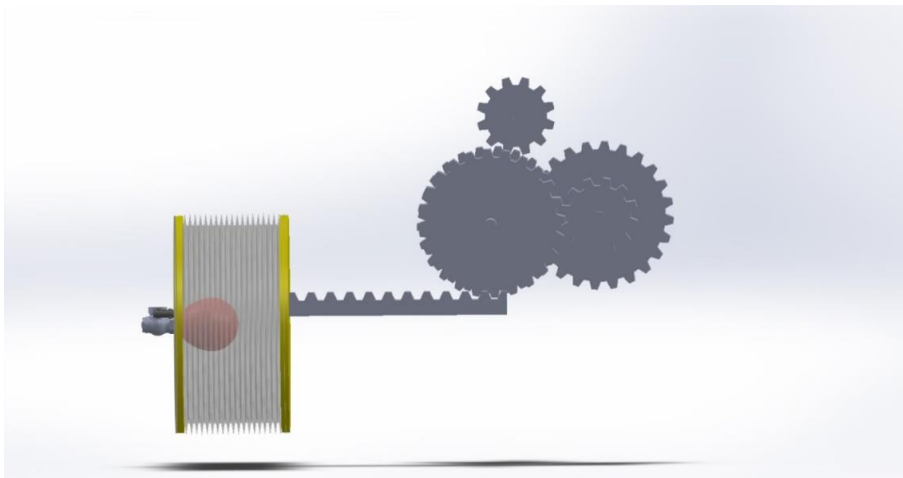
Şekil 7- Nefes alma durumunda sistemin yandan görünümü

Tablo 4 - 8 ve 12 yaş çocuklar için nefes alma durumunda sistem boyutları

Parametre	8 Yaş	12 Yaş
TLC Akciğer Hacmi (Balon Hacmi)	2560 cm ³	3840 cm ³
Kapalı Sistem Hacmi (TLC Durumunda)	1249,38 cm ³	1249,38 cm ³
Silindir Uzunluk	15 cm	20 cm

4.2.2. Nefes Verme Durumu

Sistem hareketi esnasında silindir hacminin azalması, nefes vermeyi temsil edecektir. Nefes verme halinde sistemin durumu 'de ve hacim değerleri 'da gösterilmiştir.



Şekil 8 - Nefes verme durumunda sistemin yandan görünümü

Tablo 5 - 8 ve 12 yaş çocuklar için nefes verme durumunda sistem boyutları

Parametre	8 Yaş	12 Yaş
RV Akciğer Hacmi (Balon Hacmi)	320 cm ³	480 cm ³
Kapalı Sistem Hacmi (TLC Durumunda)	1249,38 cm ³	1249,38 cm ³
Silindir Uzunluk	6,17 cm	6,8 cm

4.3. Nefes Sıklığı ve Sistem Hızı

Yapılan araştırmalara göre 8 -12 yaş aralığındaki çocukların nefes sıklıkları dakika başına 19 ile 16 nefes arasında değişmektedir. (11) Bu değerler ışığında akciğer simülatörü cihazımızın en küçük yaşta dakikada 19 nefes, en büyük yaşta ise dakikada 16 nefes alacak şekilde çalışabilmesine karar verilmiştir. Buna göre sistemin hızı aşağıda verilen denklemlere göre hesaplanabilmektedir

$$8 \text{ yaş: } v_{ort} = \frac{19 \text{ nefes}}{\text{dakika}} \cdot \frac{\text{dakika}}{60 \text{ saniye}} \cdot \frac{8,83 * 2 \text{ cm}}{\text{nefes}} = 5,6 \text{ cm/saniye} \quad (2)$$

$$12 \text{ yaş: } v_{ort} = \frac{16 \text{ nefes}}{\text{dakika}} \cdot \frac{\text{dakika}}{60 \text{ saniye}} \cdot \frac{13,2 * 2 \text{ cm}}{\text{nefes}} = 7 \text{ cm/saniye} \quad (3)$$

Burada bulunan değerler silindir körüğe bağlı olan kremayerin hangi hızlarda gidip geleceğini göstermektedir. Burada bulunan sayısal değerler simüle edilecek hastanın sağlıklı olup olmamasına, yaşına, kilosuna, normal veya derin nefes almasına göre değişiklik gösterecektir. Sistemin karşılaşacağı minimum ve maksimum kuvvetler ele alınarak sistem tasarımı yapılsa da proje nihayete erdiğinde herhangi bir yaştaki çocuk bireyler için farklı hasta senaryoları simüle edilebilecektir.

4.4. Motor Hesabı

Sisteme uygun bir tahrik elemanının seçimi için öncelikle sistem için gereken tork ve kuvvet değerleri tespit edilmelidir. Mekanik kanunlarından bilindiği üzere kuvvet değeri, basınç ve alanın çarpımına eşittir.

$$F = P \cdot A \quad (4)$$

Gerekten kuvvet değerini bulmak için basınç ve alan değerleri gerekli hesaplamalar sonucu tespit edilmiştir. Değerler Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6 - Kuvvet hesabı için gerekli parametreler

Parametre	Değer
Basınç Farkı	58,714 mm-Hg / 0,00782 megapascal

Silindir Körük Alanı	25446,90049 mm ²
----------------------	-----------------------------

Bu değerler ışığında kuvvet 199,197 N değerindedir. Elde edilen kuvvet değeri, silindir körüğe bağlı olan kremayerden gelen kuvvet değeridir. Bu kuvvet bir dişli aracılığı ile kremayera aktarılmaktadır. Yapılan literatür araştırmalarında dişli-kremayer ikilisinin verimi %90 olarak belirlenmiştir. Yani %10'luk bir kayıp söz konusudur. Buna göre %10'luk kayıp ile dişlideki kuvvet değeri **219,117 N** olarak belirlenmiştir.

Yapılan tork ve açısal hız hesapları sonucunda gerekli motor gücü ve benzeri parametreler aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

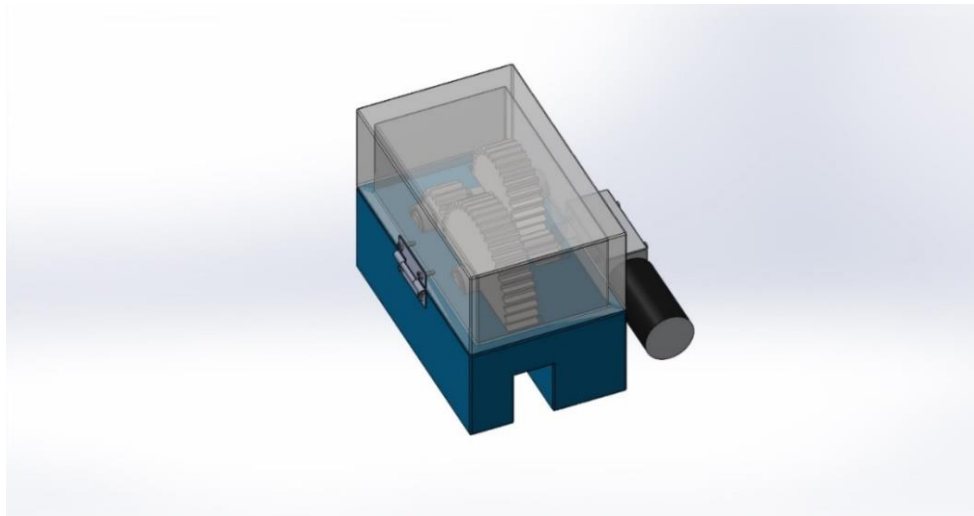
Tablo 7 - Gereken motor gücü parametreleri

Parametre	Değer
Yarıçap	0,015 m
Kuvvet	219,117 N
Tork	33,515 kg-cm
Açısal Hız	4,7 rad/s veya 44,83 rpm
Güç	16 W

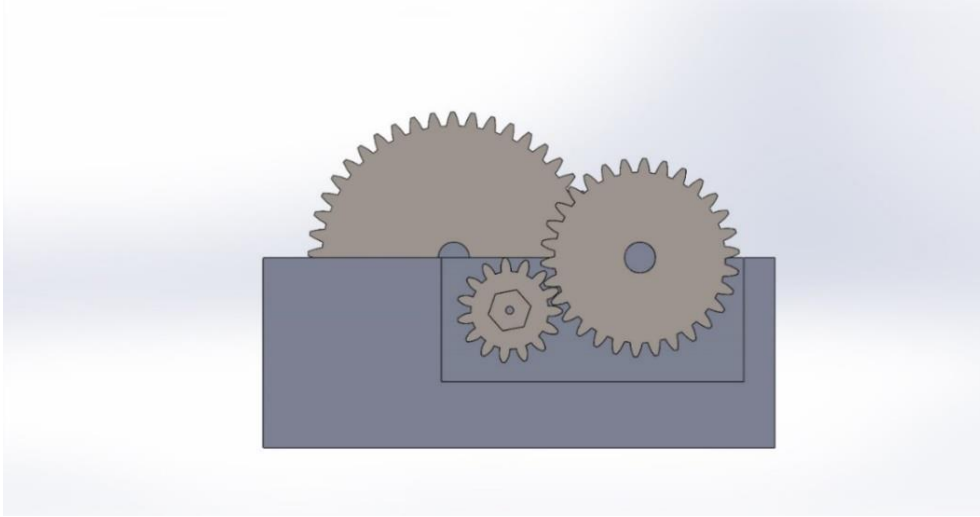
Yapılan piyasa araştırmasına göre 44 - 45 rpm hızında ve yaklaşık 33,515 kg-cm tork sağlayabilecek bir motor, gereken 16 W güç değerinden çok daha yüksek güce sahip olacak ve oldukça pahalı olacaktır. Bu yüzden daha uygun fiyatlı ve sistem için uygun bir motor tercihi için sisteme bir redüktör eklenmesi tüm takım üyelerince uygun görülmüştür.

4.5. Redüktör Hesabı

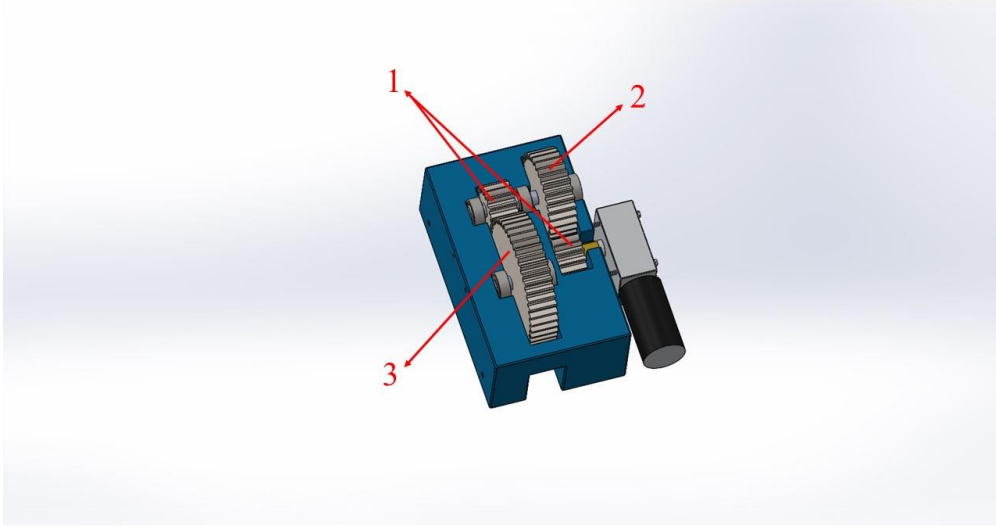
Takım üyeleri tarafından yapılan hesaplar, piyasa araştırmaları ve beyin fırtınaları sonucunda sistem için bir redüktör tasarımı gerekli görülmüştür. Redüktör tasarımı, dişli modülleri ve şekilleri takım üyeleri tarafından tasarlanmıştır ve parçaların üç boyutlu yazıcı ile üretilecektir. Dişli kutusu 2 kademedен oluşmaktadır ve 1:6 oranındadır.



Şekil 9 - Tasarlanan redüktörün izometrik görünümü



Şekil 10 - Tasarlanan redüktörün yandan görünümü



Şekil 11 - Dişlilerin numaralandırılması

Tasarlanan dişli kutusunda üç farklı dişli mevcuttur. Motorun tahrik ettiği 1. kademe redüktör oranı 1:2'dir. 1. kademedeki büyük dişli ile aynı mil üzerinde bulunan motor dişlisi boyutunda bir dişli daha bulunmaktadır. 2.kademede de bu dişli ile beraber redüktördeki en büyük dişli bulunmaktadır ve oranları 1:3'tür. Dişli kutusu tasarımında 4 adet yataklı rulmana ihtiyaç duyulmuştur. Dişlileri muhafaza edebilmek için dişli kutusuna kapak tasarlanıp menteşe ile sabitlenmiştir. Dişli parametreleri Tablo 8'te gösterilmektedir.

Tablo 8 - Redüktör dişli parametreleri

Dişli Parametresi	1 Numaralı Dişli	2 Numaralı Dişli	3 Numaralı Dişli
Modül	2	2	2
Dişli Sayısı	15 diş	30 diş	45 diş
Ortalama Daire Çapı	30 mm	60 mm	90 mm
Dış Daire Çapı	34 mm	64 mm	94 mm
İç Daire Çapı	26 mm	56 mm	86 mm

Taksimat	6,283 mm	6,283 mm	6,283 mm
-----------------	----------	----------	----------

Tasarlanan 1:6 oranındaki redüktör sonrasında elde edeceğimiz değerleri aşağıdaki tabloda özetleyebiliriz.

Tablo 9 - Redüktör ile beraber hesaplanan güç ve tork değerleri

Parametre	Değer
Tork	5,58 kg-cm
Açısal Hız	269 rpm
Güç	16 W

Dişli kutularının pratikteki verimleri yaklaşık olarak %95 olarak kabul edilir. Buna göre gereken güç yaklaşık 16,8 W olacaktır. Bu değerlere uygun olarak sistem için seçilen motor, 12V 350 RPM, L redüktöre sahip DC motordur.



Şekil 12 - 12V 300 RPM L redüktörlü DC motor

Sözü geçen motor, yüksüz çalışma durumunda 350 RPM, zorlanma akımı 6A olan 20W gücünde bir motordur. Cihazın mekanik tasarımı yüzünden düz bir DC motor yerine L redüktörlü bir DC motor tercih edilmiştir. Bu sayede alandan tasarruf edilen bir tasarım ortaya çıkmıştır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Cihazımız piyasada bulunan muadillerine kıyasla özgün bir mekanik tasarıma sahiptir. Akciğeri temsil eden elastik balon atmosfere açılırken, göğüs kafesini temsil eden şeffaf körük, akciğerin belirli hacimlerini sağlayacak şekilde vakum ortamına sahiptir. Projede Boyle kanunu gereği basınç ve hacmin ters orantılı olması prensibinden yararlanılır. Motorun tahrik ettiği sistem sıkıştıkça basınç artacak ve akciğer boyutu küçülecek. Tam tersi durumda sistem genişledikçe basınç azalacak ve akciğeri temsil eden balon tekrardan şişecektir.

Akciğerlerin mekanik ventilasyonunun taklidi için daha önce yapılmış araştırmalar sonucunda oldukça pahalı ve karmaşık cihazlar ortaya çıkmıştır. Bu cihazlar kompleks cihazlar olup görevlerini oldukça iyi yerine getirseler de akciğerin mekanik hareketini görsel olarak anlatmazlar.

6. Uygulanabilirlik

Proje fikrinin uygulanabilirliği gayet yüksektir. Projenin temel amacı, yukarıda açıkça belirtilen problemin çözümünü yeteri kadar iyi ve son derece ucuz şekilde çözmektir. Çözüm ve Yöntem kısımlarında bahsedilen cihazın uygulanabilirliğinin yüksek olmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunları sıralayacak olursak;

- Kullanılan malzemelerin ekonomik olması,
- Malzemelerin piyasada rahatlıkla bulunabilmesi,
- Cihazın bundan sonraki Ar-Ge çalışmaları için geliştirilmeye açık olması,
- Var olan diğer medikal cihazlarla potansiyel uyumu,
- Cihazın endüstriyel muadillerine göre oldukça hafif ve sağlam olması,
- Cihazın kullanım kolaylığı,

bu nedenlerden bazılarıdır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

7.1. İş-Zaman Çizelgesi

İş Paketleri	Sorumlular	Zaman Aralığı	Hedefler
Mekanik Tasarım	Taha EKSİK	Nisan-Mayıs	Bilgisayar ortamında yapılan tasarımın hesaplamaları ve gerçekleşmesi.
Motor Seçimi ve Motor Modellemesi	Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Nisan-Mayıs	Balonun belirlenen hacimlere ulaşabilmesini sağlayacak motor seçimi ve bilgisayar ortamında modellenmesi.
Elektronik Tasarım	Taha EKSİK Kerem DEMİR	Mayıs-Haziran	Basınç ve hacimdeki eş zamanlı değişikliklerin ölçüm gerektirmesi nedeniyle deneysel olarak kontrol edilebilmesi.
Basınç Sensörü ve Kontrolcü Seçimi	Taha EKSİK Zeynep YALÇIN	Mayıs-Haziran	Uygun hassasiyete sahip basınç sensörünün seçimi.
Tasarımın Üretilmesi	Taha EKSİK Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Mayıs-Temmuz	Bilgisayar ortamında tasarlanan parçaların minimum hata ile üretilmesi.
Algoritma Tasarımı ve Yazılım	Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Mayıs-Temmuz	Farklı solunum hızlarını manipüle edebilmesi ve hastaların farklı solunum patolojilerini simüle edebilmesini sağlayacak tasarım.

Simülasyon ve Test	Taha EKSİK Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Haziran- Temmuz	Yapılması hedeflenen simülatörün sanal ortamda test edilerek gerçekleşmesi.
Arayüz Tasarımı	Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Haziran- Temmuz	Cihaz kullanımının kolaylaştırıcı ve hastalık seçimi yapılabilmesinin yanı sıra yaş, cinsiyet gibi parametre girişlerinin de yapılabilmesini sağlayacak arayüz tasarımı.
Sistem Entegrasyonu ve Testler	Taha EKSİK Kerem DEMİR Zeynep YALÇIN	Haziran- Ağustos	Sistem bileşenlerinin bir araya getirildiğinde sorunsuz çalışabilmesi.

7.2. Tahmini Bütçe Tablosu

Malzemeler	Temin Durumu	Bütçe Miktarı (TL)
DC Motor	Temin Edildi	643,23
STM32F429I Discovery Geliştirme Kartı	Temin Edildi	740,26
Üç Boyutlu Yazıcı Parçaları	Kısmen Temin Edildi	500
VNH2SP30 -30A Motor Sürücü	Temin Edildi	228,49
Toz Emme Hortumu	Temin Edildi	200
12V Güç Kaynağı	Temin Edildi	200
Sigma Profiller ve İşçilik	Temin Edilmedi	400
Körük Kapakları (Pleksi)	Temin Edildi	160
Cihaz Alt Platformları (Pleksi)	Temin Edilmedi	150
Balon	Temin Edilmedi	10
Köşebentler ve Bağlantı Elamanları	Temin Edilmedi	200
Rulmanlar	Temin Edildi	103,84
Cıvata ve Somunlar	Kısmen Temin Edildi	50
TOPLAM		3.585,82

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi

Ülkemizde ilk defa yerli olarak üretilecek olan bu proje, özellikle tıp fakültelerinde ve araştırma hastanelerinde aktif olarak kullanılabilir. Akciğer ile ilgili yapılacak çalışmaları hızlandırabilecek, aynı zamanda hasta rızası gibi yasal izinlere gerek kalmadan çeşitli şartlar altındaki akciğerin davranışlarını inceleyebilme imkânı verecektir.

Projenin diğ er bir ayağı ise tıbbi ihtiyaçlara hizmet etmesidir. Proje ilerleyen dönemlerde simülasyon yapmanın yanı sıra var olan ventilasyon cihazları ile uyumu sağlanabilir. Böylece canlı hastalara gerek olmaksızın istenilen hasta senaryoları oluşturulup değ erlendirilebilir.

9. Riskler

No	En Büyük Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Sistemde basınç kaybı olması (Sızdırmazlık problemi).	Alternatif tasarımlardan biri olan pistonlu tasarıma geçiş ve üretimin yeniden planlanması. Alternatif sensörlerin denenmesi.
2	Artan dövüz kurları nedeniyle fiyat artışları ve sensör, motor gibi malzemeleri temin edememe.	Alternatif sponsor arayışları ve muadil ürün araştırması.
3	Gerekli malzemelerin istenilen ölçüde veya miktarda temin edilememesi.	Gerekli malzemelerin üç boyutlu yazıcı ile imalatı.
4	Göğüs kafesini temsil edecek olan şeffaf körüğün vakum ortamına dayanamaması.	Aynı ölçülere sahip farklı malzemelerden üretilmiş alternatif körükleri denemek ve bunların yurt için veya yurt dışından temini.

10. Kaynakça

1. **McGraw-Hill.** *Principles And Practice of Mechanical Ventilation.* 2012.
2. **Hirschl, Samir K. Gadepalli and Ronald B.** Mechanical Ventilation in Pediatric Surgical Disease. 2015.
3. *Bilgisayar Destekli Yenidoğ an Akciğ er Simül atör ü Tasarımı.* **Fatih Serdar Sayın, Hasan Erdal.** Muğ la : Biyomedikal ve Klinik Mühendisliđ i Derneđ i, 2015.
4. **Wikipedia.** Boyle Yasası. *Wikipedia.* [Çevrimiçi] 18 Şubat 2021. https://tr.wikipedia.org/wiki/Boyle_yasası.
5. *Make your Best Guess: an updated method for paediatric weight estimation in emergencies.* **Katie Tinning, Jason Acworth.** 2007, National Library of Medicine.
6. *Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies.* **Susannah Fleming, Matthew Thompson, Richard Stevens, Carl Heneghan, Annette Plüddemann, Ian Maconochie, Lionel Tarassenko, David Mant.** 2011, National Library of Medicine.
7. How a Bellows Works. *Expansion Joints India.* [Çevrimiçi] <http://www.expansionjointsindia.com/Questionnaire.pdf>.
8. **SÖZLÜ ĞÜ, TIBBİ TERİMLER.** TIBBİ TERİMLER SÖZLÜ ĞÜ. [Çevrimiçi] 2011 - 2021. <https://saglik.sozlugu.org>.
9. **Rakhimov, Dr. Artour.** Normal Breathing Pattern (Normal Respiration Cycle). [Çevrimiçi] 13 Eylül 2020. <https://www.normalbreathing.com/patterns-normal/>.
10. **Waizmann, Hannah.** Growth, Range of Height and Weight. [Çevrimiçi] Nisan 2019.

<https://www.cincinnatichildrens.org/health/g/normal-growth>.

11. **UpToDate.** Pediatric respiratory rate and heart rate lower limit, normal range, and upper limit by age*. [Çevrimiçi] 2022.

<https://www.uptodate.com/contents/image/print?imageKey=EM%2F78097>.

12. **Pololu.** *37D Metal Gearmotors*. Las Vegas : Pololu Corporaiton, 2020.

13. **Balassan Robert, Noor Hannah, Meyfroot Michiel, Verbeke Jolien, Rios Alejandra.** *PEDIATRIC AND NEONATAL LUNG SIMULATOR PROJECT*. s.l. : Universitat Politecnica de Catalunya, 2015.

14. **INC., Duraflex.** Bellows Pressure Thrust. *Duraflex INC. Sitesi*. [Çevrimiçi] 14 Kasım 2017. <https://www.duraflexinc.com/pdf/Bellows-PressureThrust-EffectiveArea.pdf>.

15. **ORGANİS.** Organis Test Chest. [Çevrimiçi] <https://www.organis-gmbh.ch/solutions/testchest/>.