

# TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE

KATEGORİSİ

TAKIM ADI

VisionAI

PROJE ADI

CytoDeep

BAŞVURU ID

342979

## İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	2
2. Problem/Sorun.....	3
3. Çözüm .....	4
4. Yöntem .....	6
4.1. Koloni Sayıcı Cihazın Tasarımı ve Geliştirilmesi.....	6
4.2. Gömülü Sistem ve Arayüz Tasarımın Geliştirilmesi.....	8
4.3. Agar Plakaların Veri Setinin Hazırlanması .....	9
4.4. Derin Öğrenme Tabanlı Otonom Koloni Sayıcı Yazılımın Geliştirilmesi .....	9
4.5. Manuel Koloni Sayımı ve CytoDeep Koloni Sayım Karşılaştırması .....	11
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü .....	11
6. Uygulanabilirlik.....	12
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması .....	13
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	15
9. Riskler .....	15
10. Kaynaklar.....	16

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

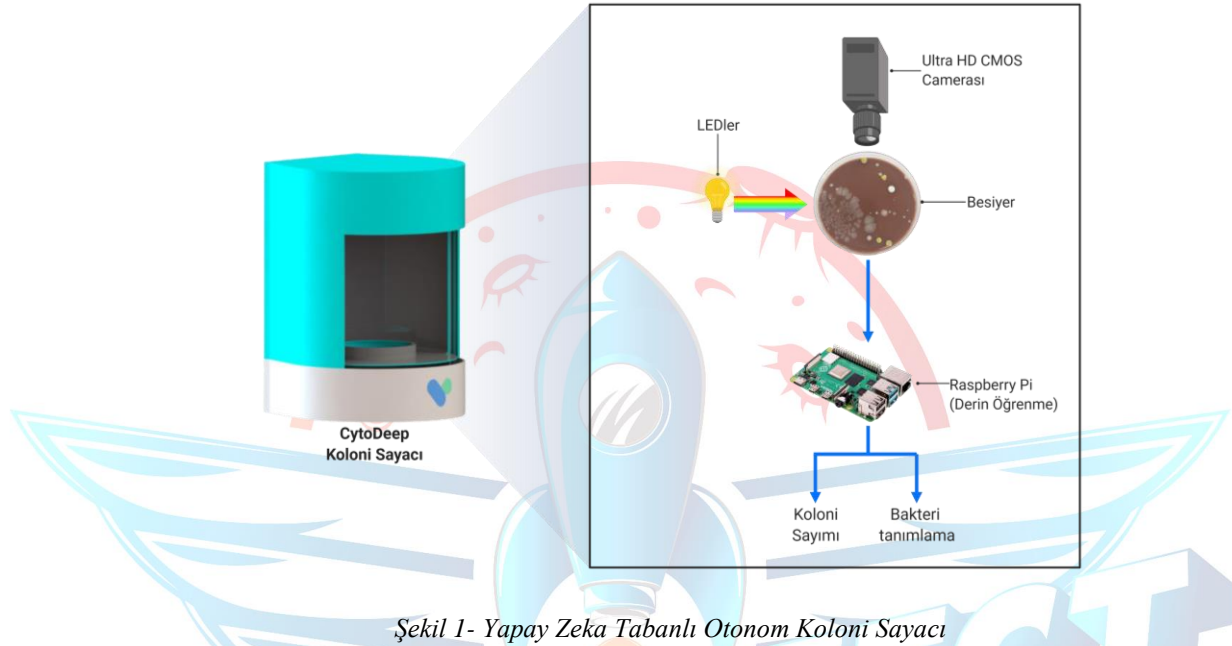
Mikrobiyolojik analizlerin uzun olması, kirlilikten kaynaklanan enfeksiyonların engellenmesini zorlaştırmaktadır. Bakteri tanımlanmasının zor olması, koloni sayım işleminin zaman alıcı olması ve serial dilüsyondan tekrarlanan sayım işlemleri analiz sürecini uzatmaktadır. Koloni sayımı, özellikle gıda sektöründeki ve laboratuvarlardaki mikrobiyolojik analizlerin verimliliğini düşürmektedir. Manuel sayım işlemi zaman alıcı, uygulamada yoğun bir çalışma gerektiren aynı zamanda da hata olasılığı yüksek bir işlemdir. Farklı uzmanlar tarafından yapılan sayımlarda farklı sonuçlar elde edilebilir.

CytoDeep projesi, yapay zeka ve görüntü işleme tekniği kullanılarak mikrobiyolojik analizlerdeki bakteri tanımlama ve koloni sayımı gibi yüksek doğruluk isteyen ve zaman alan işlemleri hızlandırmayı amaçlamaktadır. Kompakt bir model oluşturabilmek için Raspberry Pi mini bilgisayarından yararlanılmıştır. Petri kabının net bir görüntüsünü alabilmek için uygun aydınlatma ve 5 MP HD CMOS kamera açısını sağlamak amacıyla 3B yazıcı ile bir platform oluşturulmuştur.

Geliştirilen çift tabanlı Faster R-CNN derin öğrenme modelini kullanarak %95'ten daha yüksek bir doğruluk oranı ile sayım yapmaktadır. Geliştirilen prototip derin öğrenme ve görüntü işleme temelli koloni sayıcı, her plakanın eşit verimlilikte sayılmasını sağlamaktadır.

Python tabanlı raporlama sistemi sayesinde sayım sonuçlarını PDF, PNG ve XLSX formatında rapor alınabilmektedir. Bu çalışmaya özgün otonom ışık ayarlama ve çoklu sayım özellikleriyle yüksek doğruluk ve hızın yanında kullanıcı dostu bir çözüm geliştirilmiştir.

Bu yöntem sadece tıbbi amaçlı yapılan koloni sayma işleminde değil aynı zamanda gıda ve ilaç güvenliği için gerekli çalışmalarda, aşı geliştirme, çevresel izleme ve halk sağlığı alanlarında kullanılabilir.



Şekil 1- Yapay Zeka Tabanlı Otonom Koloni Sayacı

## 2. Problem/Sorun

Mikrobiyolojik analiz süreçlerinde, ekim yapılan besiyerdeki mikroorganizma sayısı ve hangi tip mikroorganizma olduğu önemlidir. Sayım sonuçları, incelenen örneğin mikrobiyolojik kalite yönünden değerlendirilmesinde büyük önem taşır (Ayanoğlu, K. 2011). Mikrobiyolojik gıda ve su analizinin hızlı bir şekilde yapılması, ortaya çıkan bakteriyel enfeksiyonların tespiti ve bu enfeksiyonların engellenmesi açısından oldukça önemlidir. Analizlerin uzamasına neden olan problemler 5 madde şeklinde incelenmiştir:

### 1. Artan Numunelerin Sayısı

Gıda ve su sektöründe artan kirlilik oranı, mikrobiyolojik analizlerin sayısını arttırmaktadır ve analiz sürecini uzatmaktadır. Artan analiz ve incelenen numunelerin sayısı, besiyer üzerindeki bakteri kolonilerinin benzerlikleri ve mikrobiyolojik süreçlerde yapılan koloni manuel sayım işlemi, sürecin oldukça uzamasına ve yorucu olmasına sebep olmaktadır.

### 2. Besiyer Üzerindeki Bakteri Kolonilerinin Benzerlikleri

Bakteri kolonilerinin benzerliklerine örnek olarak da MacConkey besiyerinde oluşan *K. pneumoniae* ve *E. coli* kolonileri, Hektoen Enteric besiyeri üzerinde oluşan *Salmonella* ve *Shigella* kolonileri verilebilir. MacConkey besiyerinde *E. coli* kolonileri sümüksü yapıya sahipken *K. pneumoniae* değildir, Hektoen Enteric besiyerinde de *Salmonella* kolonileri koyu

ve siyah bir yapıya sahipken Shigella kolonileri daha açık ve şeffaftır (Waltman, 2000). Bu farklılıkların ise gözle fark edilmesi oldukça zor ve zaman alıcıdır.

### 3. Manuel Sayım İşlemi

Manuel sistemlerin insan kaynaklı hatalara açık olması ve zaman kaybı olumsuz yönleri olarak öne çıkmaktadır (Goss vd., 1974). Mikrobiyolojik süreçlerde yapılan koloni manuel sayım işlemi, kolonileri tek tek kalemlle sayarak yapılmaktadır, bu da sürecin oldukça uzamasına ve yorucu olmasına sebep olmaktadır ve hata payı oranını yükseltmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar sayma işleminin uzmandan uzmana farklılık gösterebilen, standardizasyonun gerekli olduğu bir alan olduğunu göstermektedir (Biston vd., 2003).

### 4. Tekrarlanan Sayım İşlemi

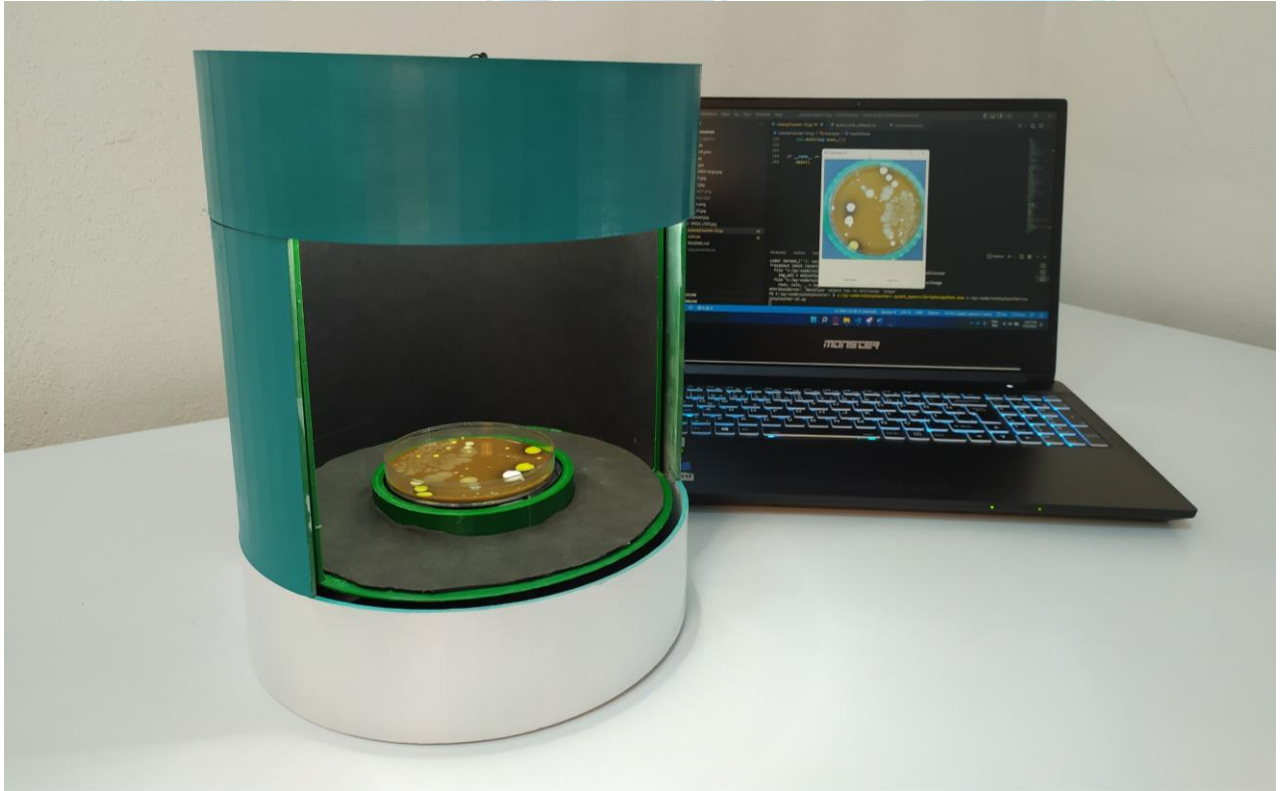
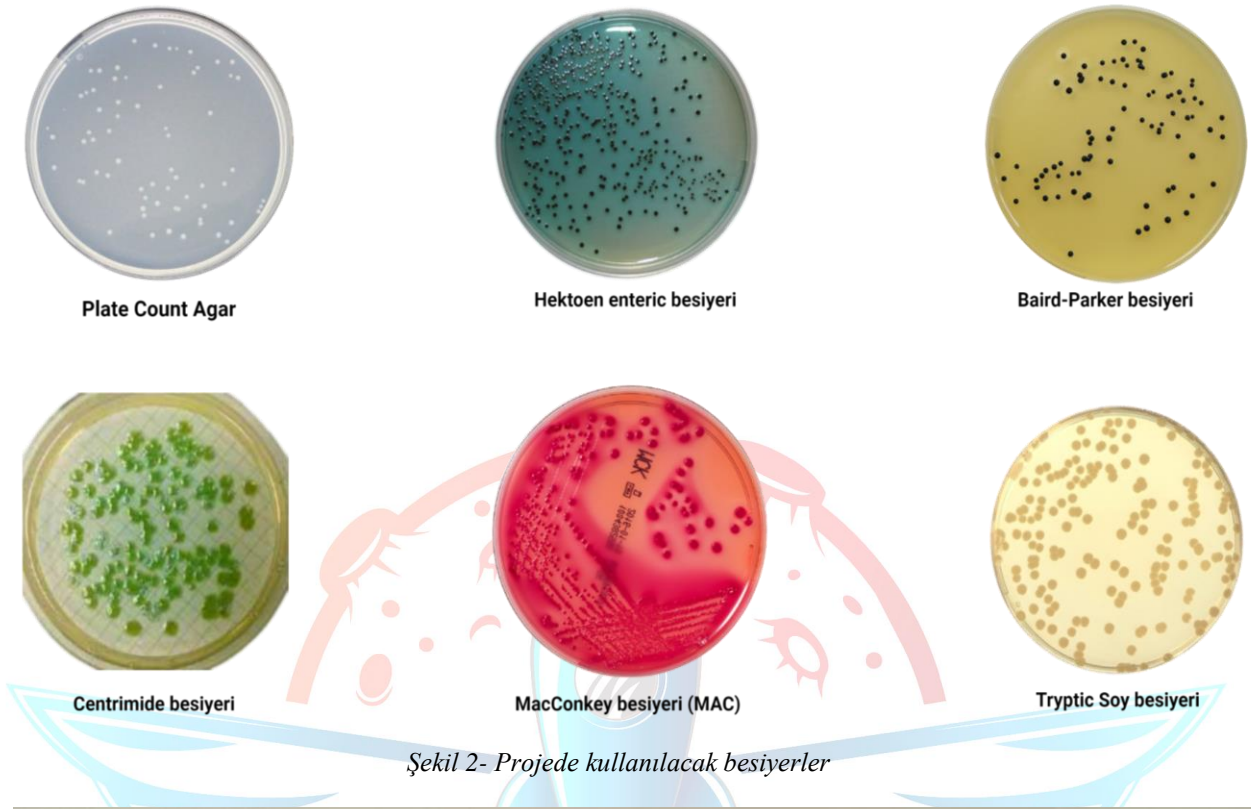
Numunenin kirliliğini göstermek için kullanılan koloni oluşturma ünitesi (CFU), besiyer üzerinde oluşan bakteri kolonilerine işaret etmektedir. Mikrobiyolojik süreçlerde CFU 300'den az olmalıdır, eğer CFU 300'den fazla ise numune seyreltilip, koloniler tekrar sayılmaktadır (Boukouvalas vd., 2019). Seri dilüsyon (Seyreltme) yöntemi, zaman alıcı, hata eğilimli ve göz yorgunluğuna neden olur (Vongmanee vd., 2018). Ortalama numune başı 3-5 dakika süren manuel sayım işlemi, tekrarlandığı için analiz sürecini uzatmakla beraber hata payını yükseltmektedir.

### 5. Mevcut Çözümlerin Yetersizliği

Koloni sayma konusunda çözüm üreten farklı ticari firmalar bulunmaktadır. Mevcut çözümler, düşük doğruluğu olan manuel koloni sayıcı ve maliyeti yüksek olan kısmen otonom koloni sayıcı cihazlarından oluşmaktadır. Fakat mevcut çözümler yurt dışından ithal edilmesi ve döviz kuru etkisi ile pahalı hale gelmiştir. Mevcut çözümler klasik görüntü işleme teknikleri kullandıkları için belirli besiyer türleri ve belirli koşullar içerisinde doğru sonuçlar vermektedir. Klasik koloni sayma yardımcı cihazları ile ya da tamamen manuel yapılan sayma işlemlerinde hata payları oldukça yüksek olmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalar farklı uzmanların aynı kültürleri çok farklı sayılarda tahmin ettiklerini göstermektedir (Peeler vd., 1982).

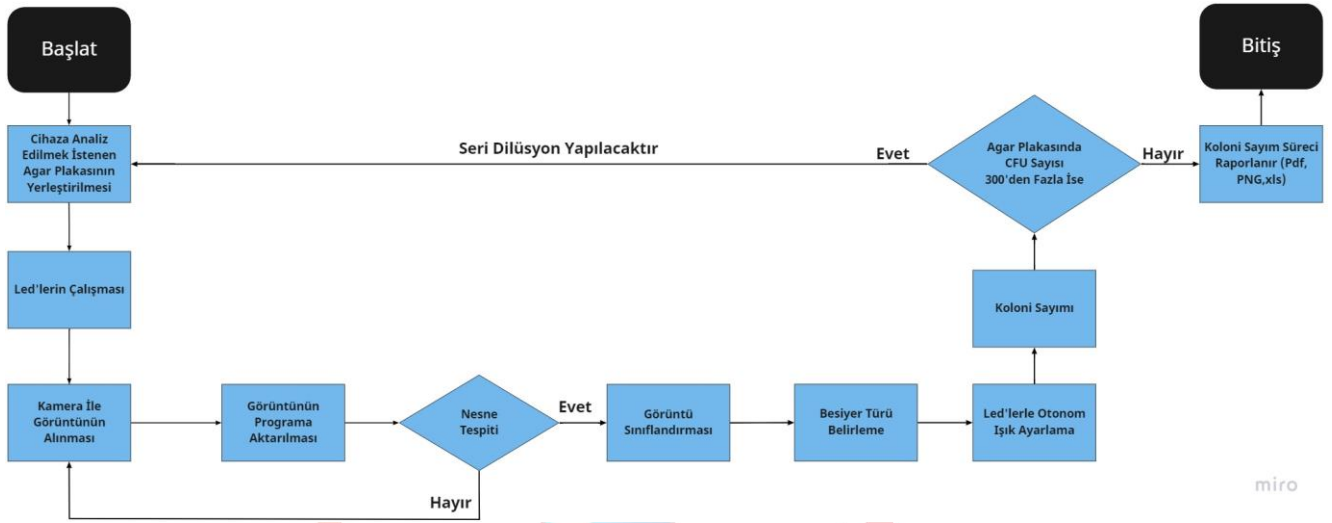
### 3. Çözüm

Geliştirilecek CytoDeep cihazı, en ideal besiyer görüntüsünü alıp, besiyer türüyle birlikte o besiyerlerde bulunan kolonileri tanımlayıp saymaktadır. Mikrobiyolojik analiz süreci, hızlı ve yaklaşık %6'ın altında bir hata payı ile gerçekleşmesi gerekmektedir, dolayısıyla analiz sürecinde derin öğrenme gibi yüksek doğruluğa sahip tekniklerin kullanılması çok yararlı olacaktır. Çift tabanlı Faster R-CNN derin öğrenme modelini kullanarak bakteri tespiti ve koloni sayım süreçlerini hızlanacaktır. Ultra HD CMOS kamera, uzun ömürlü SMD LED'leri kullanmaktadır. SMD LED'lerin kullanılmasının temel sebebi ayarlanabilir olmasıdır. Ayrıca enerji tasarrufu bakımından da tercih edilen bir komponenttir. Koloni boyutları yaklaşık 0.05-0.1 mm arasında olup bu küçük boyutlardaki kolonileri görüntülemek için 5 MP HD CMOS kameraya ihtiyaç vardır. Şekil-2'de gösterilen besiyerlerin türüne göre otonom ayarlanabilir bir aydınlatma ile mümkün olan en ayırt edici görüntüleri almak hedeflenmektedir.



Koloni tanımlama ve koloni sayımı özellikleri de Çift Tabanlı Faster R-CNN derin öğrenme modeli kullanarak gerçekleştirilecektir. Böylece geliştirilecek CytoDeep cihazı, bakteri tespitini ve koloni sayım işlemini, saniyeler içinde yaparak artan numune sayısı ve seri

dilüsyon'dan dolayı uzayan mikrobiyolojik analiz sürecini azaltacaktır. Şekil-4'te CytoDeep cihazının nasıl çalışacağı gösterilmiştir.



Şekil 4 – CytoDeep çalışma blok şeması

## 4. Yöntem

Yapılan çalışmada, CytoDeep cihazın 3D baskı, donanım, yazılım ve test çalışmaları, İstanbul Ticaret Üniversitesinde bulunan laboratuvar ve Atölye Üsküdar bünyesinde gerçekleştirilmiştir. CytoDeep veri setinin oluşturması, manuel ve otonom sayım karşılaştırma çalışmaları Sağlık Bilimler Üniversitesine bağlı Validebağ Araştırma Merkezinde yürütülmüştür. Projemizin tasarım, üretim, kontrol sistemi ve test çalışmaları başarıyla tamamlanmıştır. Projenin teknolojik hazırlık seviyesi (THS/TRL) 5-6 arasındadır. Projenin aşamaları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

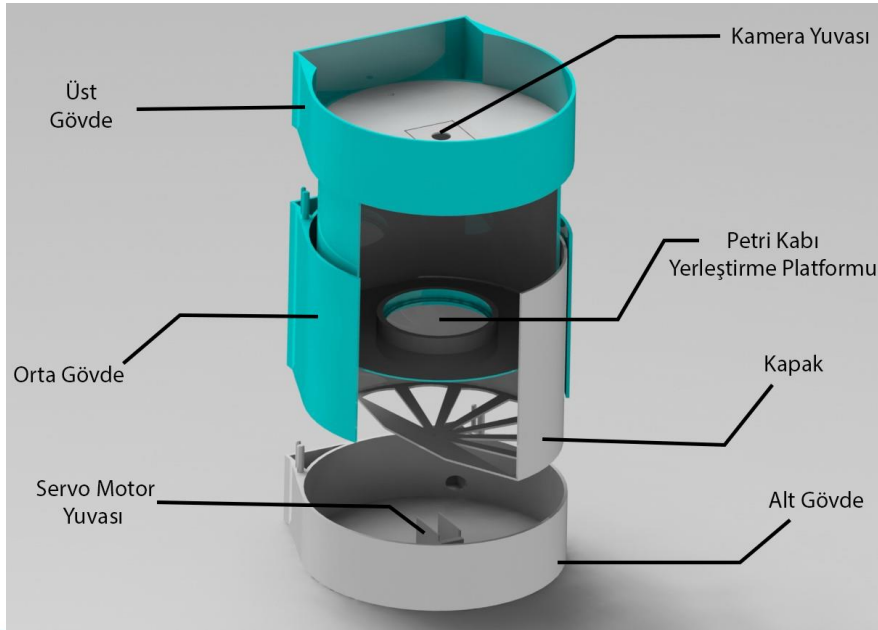
### 4.1. Koloni Sayıcı Cihazın Tasarımı ve Geliştirilmesi

Cytodeep cihazının yüksek doğruluk oranlı sayım yapabilmesi adına tasarım yapılırken öncelikli hedef yüksek kalitede görüntü almak üzerine oldu. Bu hedefimize ulaşabilmek için öncelikle kurduğumuz bir düzenekle bizim için hangi parametrelerin önemli olduğu tespit edildi. Tespit edilen parametreler ve hesaplamalar;

1. Kamera ile agar arasındaki olması gereken mesafenin 170mm olması,
2. LED'ler ile agar arasındaki olması gereken mesafenin 168.5mm olması,
3. Işığın, agara ulaşması gereken açının 72,5 derece olması gerektiği hesaplanmıştır.

Bu hesaplardan sonra cihazın içinde yer alacak bileşenler ve sayım sırasında dış ışık etkeninden korunması için gerekli olacak korumanın gerekliliği ön görülüp SolidWorks yazılımı kullanılarak cihazın tasarımı yapılmıştır (Şekil 5). Tasarım, elektronik aksam üzerinde çalışmayı kolaylaştırması adına 8 adet parçadan oluşmaktadır. Tasarım tamamlandıktan sonra cihazın üç boyutlu baskısı alınmıştır. Baskı standart baskı kalitesinde basılmıştır. İnsan

sağlığına zararı bulunmaması ve dayanıklı olmasından dolayı baskıda PLA (Polylactic Acid) türü filament tercih edilmiştir.



Şekil 5- CytoDeep Cihazının tasarımı

Baskı sonrasında parçaların uygun bir şekilde birbirine monte edilmesi adına zımparalama işlemi yapıp kuvvetli yapıştırıcılarla monte edilmiştir. Akabinde boyanın sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için şeffaf boya astarı uygulanmıştır. Sonrasında uygun renklere boyanmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra alt gövdeye, kapağı hareket ettirmesi için servo motor yerleştirilmiştir ve kapak ile bağlantısı yapılmıştır. Servo motorun devre kartıyla bağlantısı cihazın tasarımında bulunan gizlenmiş kanallardan geçirilerek yapılmıştır. Daha sonra agarın ışıklandırılması için cihazın agara bakan üst kısmında bulunan ve açılar görüntüyü en iyi şekilde almamızı sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanan duvarlara LED'ler yerleştirilip devre kartıyla bağlantısı yapılmıştır. Akabinde kamera, yuvasına yerleştirilip devre kartıyla bağlantısı yapılmıştır. Kapağın kapanıp açılma fonksiyonu test edilmiştir.

Agar plakaları görüntüleyen cihazın ışıklandırmasının etkinliği birçok deneme yapılarak ve yapay zeka algoritmamız tarafından denenerak test edildi. Bilimsel olarak tasarlanmış ve spektral olarak nötr bir beyaz referansı olan (yani farklı ışık koşullarında renk kaymasına neden olmayan) X-Rite Color Checker Passport cihazı kullanarak %18 gri yüzeyinden cihaz içerisindeki beyaz rengin dengesi hesaplandı ve en ideal ışık ortamı sağlamak için testler yapıldı.

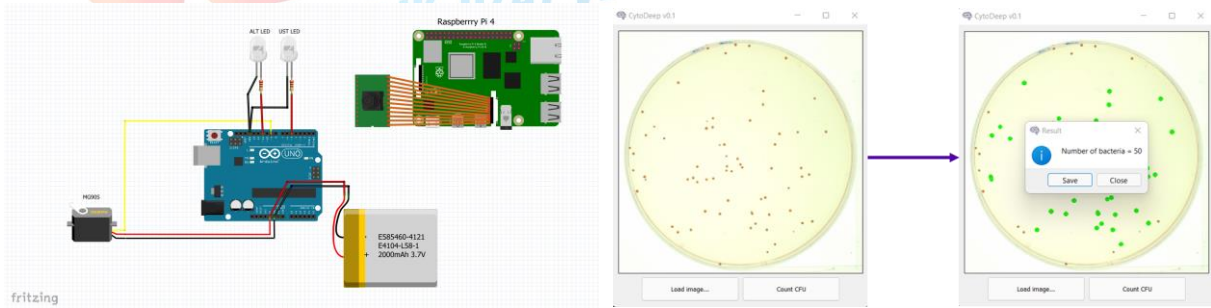


Şekil 6- A) Görüntüleme ve cihaz içi ışıklandırma çalışması B) 3D baskı sonrası Boyama çalışması C) 4 TRL seviyesindeki laboratuvar ölçekli CytoDeep prototipi

#### 4.2. Gömülü Sistem ve Arayüz Tasarımın Geliştirilmesi

Cihazın elektronik devresi Fritzing programında tasarlandı (Şekil 7-A). Cihazın elektronik aksamını temelde, Raspberry kontrolü ve Arduino kontrolü şeklinde 2 bölüme ayrılabilir. Raspberry Pi kontrolü kısmında kullanılan Raspberry Pi 4 4GB Model B kartı ile birlikte besiyerin görüntüsünün alınması hedeflendi. Alınan görüntüyü Raspberry Pi mikroişlemcide bulunan çift CNN MobileNet algoritması kullanılarak koloni sayımı ve bakteri tespiti yapılmaktadır. Arduino kontrolü kısmında ise kullanılan Arduino Uno kartı ile SMD LED'ler ve MG90S Servo sistemi kontrol edilmektedir. CytoDeep cihazı dışarıdaki ışıklardan etkilenmemesi için MG90S Servo sistemi ile cihaz kapağının açılıp kapanmasını sağlandı. Servo sistemin kontrolü  $0^\circ$  ve  $180^\circ$  olmak üzere 2 açıda gerçekleştirilmektedir. Cihazın kapağı  $0^\circ$  konumunda kapalı ve  $180^\circ$  konumunda açık şeklinde ayarlandı. LED'leri Arduino kartının PWM modüllerine bağlanarak parlaklık kontrolü sağlandı ve bunun sayesinde otonom ışık hassasiyeti özelliği kazandırmaktadır. Agar plaka yüzeyini görüntülemek için Sony IMX219PQ CMOS kamera kullanıldı. Kamera cihazın üst kısmında yerleştirilecek ve agar plakanın alt ve kamera yanında beyaz SMD LED'ler entegre edildi.

Arayüz görsel tasarımı Figma programında yapıldı. Arayüz tasarımı yapılırken kullanıcı dostu ve karmaşık olmamasına özen gösterilmiştir. Arayüz python dilinde PyQt5 kütüphanesi kullanarak geliştirildi (Şekil 7-B). Arayüzde koloni sayıcı hassasiyeti, koloni büyüklüğü ve ışıklandırma parametreleri içermektedir.



Şekil 7- A) Devrenin Şeması B) CytoDeep Yazılımın Arayüz Tasarımı

CytoDeep programında koloni sayım raporlama özelliğine sahiptir. Raporlama sisteminde kullanıcı tarafından numune miktarı, dilüsyon sıvısı miktarı ve petri kabına



pipetlenen hacim bilgisi alınmaktadır ve Dilüsyon Faktörü (DF), besiyer görüntüsünü sayım öncesi ve sonrası fotoğrafları içeren analiz sonucu raporlanacaktır.

Dilüsyon Faktörü (DF) hesabı da yazılım tarafından *Sayı/ml* şeklinde otomatik olarak yapılmaktadır:

$$\text{Sayı/ml} = \text{Koloni Sayısı} \times \text{Dilüsyon Faktörü} / \text{Dilüsyon tüpünden Petri kutusuna aktarılan hacim(ml)}$$

$$\text{Dilüsyon faktörü (DF)} = (\text{Numune miktarı} + \text{Dilüsyon sıvısı miktarı}) / \text{Numune miktarı}$$

### 4.3. Agar Plakaların Veri Setinin Hazırlanması

Derin öğrenmede kullanılacak veri seti, Cornell Üniversitesi tarafından sağlanan, 18 bin görsel ve özel çalışmalarımızla elde edeceğimiz görsellerden oluşmaktadır. Cornell Üniversitesi tarafından sağlanan görseller kapsayıcı olmadığı için özel bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Özel yapılan veri seti bu şekilde hazırlanacaktır:

1. Maliyeti azaltabilmek adına besiyerler hazır bir şekilde alınacak ve 25 C'den düşük sıcaklıklarda, kuru ve karanlık ortamlarda saklanacaktır.
2. Bakterilerle bulaşmış yemeklerden, sularından örnek alınacak ve besiyerlere ekilecektir. Örneğini bulamadığımız bakteriler ise özel laboratuvarlardan alınacaktır.
3. Görüntülerin yazılıma doğru bir şekilde eğitilebilmesi için besiyerlerin seri dilüsyon oranı ise  $10^{-6}$ - $10^{-10}$  olacaktır.
4. Ekilen besiyerler inkübatörde 37 derecede bekletileceklerdir.
5. Plate Count besiyeri üzerinde koloniler sarı gözükür. Salmonella, Hektoen besiyeri üzerinde siyah koloni şeklinde olacaktır, MacConkey besiyeri üzerinde ise açık sarı renkte gözükmektedir. E. coli ve Koliform, MacConkey besiyeri üzerinde sırayla sarı ve pembe koloni şeklinde gözükmektedir. P. aeruginosa, Cetrimide besiyerinde mavi-yeşil, sarı-yeşil şeklinde gözükür. S. aureus, Baird-Parker besiyerinde siyah veya gri şeklinde gözükür. TSA besiyeri üzerindeki koloniler açık sarı şeklinde olacaktır.
6. Besiyerlerin görüntüleri tek tek alınarak yazılıma eğitilecektir.
7. Oluşan koloni renkleri ve morfolojisi derin öğrenme modeline eğitilip, bakteri tanımlamada kullanılacaktır.

### 4.4. Derin Öğrenme Tabanlı Otonom Koloni Sayıcı Yazılımın Geliştirilmesi

Kütüphane ve geliştirici ortamların kurulması için Anaconda programında gerekli ortamlar ve araçlar (Pandas, Matplotlib, Tensorflow, Keras, Numpy, Opencv-python, Sklearn ve h5py, CUDA- cuDNN araç takımları) kuruldu.

Derin öğrenme tabanlı koloni algılama modelin eğitilmesi için veri setini eğitim ve doğrulama için sırasıyla %80 ve %20 kullanıldı. Koloni tespiti için en ideal modelin seçilmesi için tek ve aşamalı nesne dedektörü modeller araştırıldı. Koloni tespiti için tek aşamalı

(RetinaNet, CNN MobileNet) ve iki aşamalı (Faster RCNN) gibi modeller kullanılarak deney yapıldı ve Doğruluk (Accuracy), Kesinlik (Precision), Duyarlılık (Recall) ve F1 Score kriterleriyle değerlendirdi. Modelleri eğitilirken Öğrenme Hızı (Learning Rate) 0.0002, Eğitim Tur (Epoch) Sayısı 40.000, Mini-Yığın (Mini-batch) 12 şeklindeki Hiper-parametreleri kullandı ve optimizasyon algoritması olarak da Adam algoritması kullanıldı.

Eğitilen modellerin performansını değerlendirmek için derin öğrenme alanında en çok kullanılan performans ölçümleri testin doğruluğu hassasiyet(precision), hatırlama(recall) ve F1 skorudur (Goutte ve Gaussier, 2005). Bu hesaplamaları yapmak için TP, TN, FP ve FN değerlerini konfüzyon matrisinden çıkarmak gereklidir. Bir sınıfın; TP değeri Doğru Tahmin sayısını, FN değeri yanlış tahmin sayısı, FP diğer sınıflarda çıkan o sınıfın sayısını, TN değeri ise o sınıfın ilgili olmadığı toplam sayıyı ifade etmektedir. Bu sayılar hesaplandıktan sonra her bakteri sınıfı için Test doğruluğu (1), Hassasiyet (2), Hatırlama (3) ve F1 skorları hesaplanır. Hesaplamalar için kullanılan formüller Şekil-8’de verilmiştir.

$$\text{Test Doğruluğu(Testing Accuracy)} = \frac{(TN + TP)}{(TN + TP + FN + FP)} \quad (1)$$

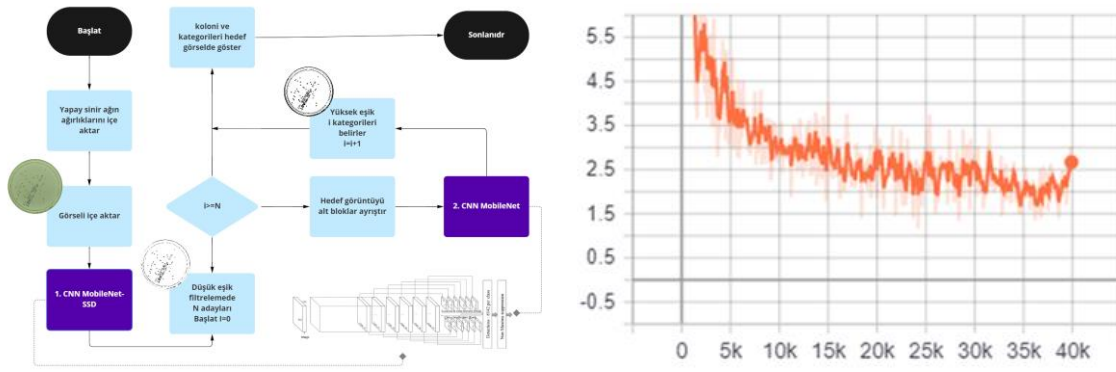
$$\text{Precision (Hassasiyet)} = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (2)$$

$$\text{Recall (Hatırlama)} = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (3)$$

$$\text{F1 Skor} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

Şekil 8- Performans ölçümleri için kullanılan formüller

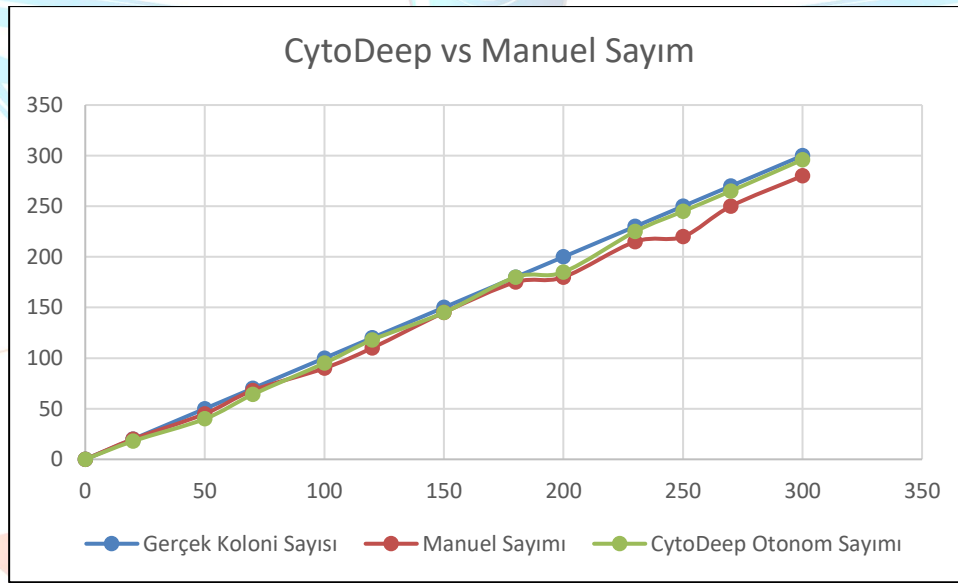
Yaptığımız performans ölçümlerine göre Çift CNN MobileNet SSD algoritmasıyla eğitilen model, RetinaNet ve Faster RCNN algoritmasıyla eğitilen modele göre daha iyi performans gösterilmektedir. F1 skor ortalamasına bakıldığında Faster RCNN %72,5 iken RetinaNet %89,6 gösterirken Çift CNN MobileNet SSD modeli %96,2 olduğu görülmektedir. Çift CNN MobileNet SSD (Şekil 9) modelinde ilk aşamada tüm görsel CNN ile işlenir ve feature map'ler (öznitelik haritaları) çıkarılır. 2. aşamada her bölge önerisi için gerekli öznitelikler toplanır. Bunlara region proposal feature map denir. Ardından bu haritalar max pooling (maksimum havuzlama) ile belirli boyutlara indirgenir. Bu havuzlama katmanına ise RoI (Region of Interest) pooling layer adı verilir. Ardından bu öznitelik haritaları tek boyutlu vektör haline indirgenir. Son aşama olarak bu vektörler sinir ağına sokulur ve softmax ile bölgedeki objeye ait sınıf, bounding box regressor ile de objenin sınırlayıcı kutusu belirlenir.



Şekil 9- A) Çift CNN MobileNet Model Mimarisi B) Eğitim Tur Sayısı ile Loss değeri ilişkisi

#### 4.5. Manuel Koloni Sayımı ve CytoDeep Koloni Sayım Karşılaştırması

Geliştirdiğimiz CytoDeep koloni sayıcının etkinliğini araştırmak için 10 besiyer (PCA/TSA Agar) üzerinden insan tarafından yapılan manuel sayım sonuçlarını ve CytoDeep koloni sayıcı tarafından sayım sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır, elde edilen sonuçlar Şekil-10'da gösterilmiştir.








Şekil 10- Manuel sayım sonuçlarını ve CytoDeep koloni sayıcı

### 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Koloni sayma konusunda çözüm üreten farklı ticari firmalar bulunmaktadır (Tablo-1). Fakat yurt dışından ithal edilmesi ve döviz kuru etkisi ile pahalı hale gelmiştir. Bu projede, dışarıdan yüksek maliyetlerle çözülebilen bir ihtiyaca, yerli üretim çözümü geliştirilmeye çalışılmıştır. Mevcut çözümler klasik görüntü işleme teknikleri kullandıkları için belirli besiyer türleri ve belirli koşullar içerisinde doğru sonuçlar vermektedir. Projemizde Çift Tabanlı Faster R-CNN gibi derin öğrenme teknikleri kullanılacağı için yeni bir yaklaşım geliştirmekteyiz. Ayrıca çoklu sayım dediğimiz özelliğe sahiptir. Çoklu sayım, besiyer üzerinde bulunan farklı

bakterilere ait kolonilerin ayrımını yapması ve gerçek zamanlı bir şekilde aynı anda saymasıdır. Kullanılan SMD LED'ler 5 volt üzerinden çalıştığı için enerji tasarrufu açısından uygundur. Besiyer türüne göre otonom bir şekilde ışığın ayarlanması, çoklu sayım ve çift CNN tabanlı modelimiz ve enerji tasarrufu bizi bu alanda yenilikçi kılan özelliklerimizdendir.

	 CytoDeep	 Cole-Parmer	 Interscience	 Reichert	 Funke Gerber
Otonom Sayımı	✓	✓	✓	✗	✗
Yapay zeka destekli	✓	✗	✓	✗	✗
Otonom ışık ayarlanması	✓	✗	✗	✗	✗
Petri Kabi, 55-150 mm arası besiyerlerin sayılabilmesi	✓	✓	✓	✓	✓
Çoklu Sayım	✓	✗	✓	✗	✗

Tablo 1- Rakip analizi

## 6. Uygulanabilirlik

Patojenlerin hızlı ve doğru bir şekilde test edilmesi marka imajını koruyabilir, endüstri maliyetlerini azaltabilir ve salgın araştırmasını ve müdahalesini hızlandırabilir. Artan ürün geri çağırımları ve artan tüketici endişeleri, küresel endüstriyel mikrobiyoloji pazarını yönlendiriyor. Artan sağlık çalışmaları yüksek teknolojili sağlık araç ve gereçleri ihtiyacını arz etmektedir. Aynı zamanda ülkemizde otonom koloni sayıcı üretimi olmadığı için, yerli üretim otonom koloni sayıcı cihazına ihtiyaç duymaktadır. Tasarlanacak cihazın ve yazılımın, su analizlerinde ve gıda sektöründe kullanılması, zaman tasarrufuna ve ekonomik açıdan ideal olması, kullanıcıya iyi bir alternatif olacaktır. Ülkemizde bu konuda geliştirilen milli bir ürün olmaması bakımından da önemlidir.

Proje ekibi olarak sağlıkta yapay zeka alanında akademik yarışmalarda ve start-up yarışmalarında ödüllere ve derecelere sahibiz;

- Teknofest'21 yarışmasında İnsanlık Yararına Teknolojiler kategorisi-Finalistlik
- Opencv Spatial AI Contest -Finalist
- Ulusal Sağlıkta Yapay Zeka Öğrenci Kongresi Bir Fikrim Var Yarışması-1.lik Ödülü
- Projemiz, TÜBİTAK 1512 BİGG 2021-2 Yeşil Büyüme çağrısında BİGG desteği almaya hak kazanmıştır.

Projenin üretimi için akademik dünyadan ve özel sektörden kurum ve kuruluşlar ile iş birliği halindeyiz:

- Proje konusu sistem ihtiyacı Validebağ Araştırma merkezindeki yetkililerle ve Carnegie Mellon Üniversitesindeki araştırmacıları ile gerçekleştirdiğimiz görüşmeler sonucunda faydalı ve pratiğe dönük bir sistem olduğu belirtilmiştir.
- Cihazın prototip çalışmaları konusunda Atölye Üsküdar'dan ve Teknopark İstanbul Üretim Atölyesinden destek alınmıştır.

Projenin sürdürülebilirliği için akademik ve özel sektörde yaptığımız görüşmeler doğrultusunda mikrobiyolojik analizleri hızlandırması nedeniyle uygulanabilirlik ve satın alınabilirliğine dair iyi niyet mektubu alınmıştır:

- Diatek Diagnostik firmasından projemizin satın alınabilirliğine dair bir niyet mektubu alınmıştır.
- Buz Proje firmasından projemizin satın alınabilirliğine dair bir niyet mektubu alınmıştır.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin geliştirilmesi ve testlerinin gerçekleştirilmesi sürecinde takip edilecek proje planı Tablo 2'de verilmiştir. Projenin toplamda 6 aylık süre içerisinde bitirilmesi hedeflenmektedir. Tablo 3'de ise projenin bütçe kalemlerini ve maliyetlerini göstermektedir. Projenin bütçesi 9,143.08 ₺ olarak belirlenmiştir. Geliştirilecek cihazın, Cole-Parmer ve Interscience gibi birçok rakibimize göre daha az maliyetli olacaktır.

İş Paketleri	Sorumlu	Başarı Katkısı	Zaman Aralığı					
			1	2	3	4	5	6
1. Koloni sayıcı cihazın tasarımı ve geliştirilmesi	Bekir, Ahmet	10%	■	■				
2. Agar plakaların veri setinin hazırlanması ve optimizasyonu	Hussein	20%			■			
3. Gömülü sistem ve arayüz tasarımının geliştirilmesi	Eshagh, Hussein	30%			■	■	■	
4. Derin öğrenme tabanlı otonom koloni sayıcı yazılımın geliştirilmesi	Eshagh, Samet ve Ahmet	20%				■	■	
5. Donanım ve yazılımın entegrasyonu ve testleri	Ahmet ve Bekir	20%					■	■

Tablo 2- Proje iş paketleri ve aylık proje planı

No	Modeli ve İsmi	Birim Fiyat	Miktar ve Birimi	Toplam Tutar (TL)	Gereçesi
1	Raspberry Pi Orijinal Kamera Modülü V2	807,13 TL	1 Adet	807,13 TL	Agar yüzeyini görüntülemek için kullanılacaktır.
2	Servo Motor MG90S	63,16 TL	1 Adet	63,17 TL	Cihaz kapağının açılıp kapanması için kullanılacaktır

3	Orijinal Arduino Uno R3	381,47 TL	1 Adet	381,47 TL	Servo motor kontrolü ve açılarının ayarlanmasını sağlayacaktır
4	Raspberry Pi 4 8GB - Model 4B	3.988,42 TL	1 Adet	3.988,42 TL	Cihazdan gelen verileri işleyip bilgisayara aktarır.
5	Raspberry Pi Yüksek Kalite Kamera 8-50mm Zoom Lens	1089,61 TL	1 Adet	1089,61 TL	Daha kaliteli agar görüntüsü almayı sağlayacaktır
6	Beyaz Şerit LED	20 TL	5 Metre	100,00 TL	Cihaz içi aydınlatma için kullanılacaktır
7	Esun Filement	1437,84 TL	5 Adet	7.189,20 TL	3 boyutlu yazıcının sarf malzemesidir.
8	Motip Plastik Yüzey Astarı 400 ml	80,43 TL	1 Adet	80,43 TL	Prototip baskının daha rahat boyanması için kullanılacaktır.
9	Akçalı Sprey Boya 400 ml	62 TL	3 Adet	186,00 TL	Prototip baskının boyanması için kullanılacaktır.
10	Politek Polyester Çelik Macunu 1 KG	120,00 TL	1 Adet	120,00 TL	Prototip baskının yüzeyindeki kusurları kapatmak için kullanılacaktır.
11	Adaptör	120 TL	1 Adet	120,00 TL	Cihazın güç ve entegrasyon bağlantısı için kullanılacaktır
12	Şarj edilebilir 9 Volt Lityum iyon pil	138,75 TL	1.0 Takım	138,75 TL	Cihazın enerji ihtiyacı için
13	Baird-Parker besiyeri	7,72 TL	1 Paket	65 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
14	Plate Count besiyeri	5,07 TL	1 Paket	61 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
15	Macconkey besiyeri	5,07 TL	1 Paket	63 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
16	Tryptic Soy besiyeri	6,35 TL	1 Paket	61 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
17	Hektoen Enteric besiyeri	6,35 TL	1 Paket	65 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
18	Cetrimide besiyeri	6,35 TL	1 Paket	65 TL	Test ve Derin Öğrenme modelini eğitmede kullanılacak.
19	Petri kabı	3,00 TL	1 Paket	60,9 TL	Veri seti hazırlamak için kullanılacaktır.

20	Membran filtresi	30,45 TL	10 Adet	304,50 TL	Test aşamasında kullanılacak.
			<b>Toplam:</b>	<b>15.008,58 TL</b>	

Tablo 3- Proje bütçesi ve gerekçeleri

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Projede geliştirilecek cihaz bu yapıyla; hastane laboratuvarlarında, üniversite laboratuvarlarında, gıda üretim ve denetimi yapan kurumlarda, özel tahlil laboratuvarlarında (Türk lab'a kayıtlı yaklaşık 150 tane laboratuvar kayıtlıdır), tarım ve orman bakanlığı kontrol laboratuvarlarında, halk sağlığı laboratuvarlarında ve ilaç sektöründe kullanılabilir.

## 9. Riskler

No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)	Risk Skoru
i.	Cihazın Kapağının açılıp kapanmasını sağlayan motorda oluşabilecek tutukluk veya kapağın oluşturduğu sürtünmenin nedeniyle motor gücünün etkilemesi	Kapağın daha az sürtünme ile dönebileceği ve motorun daha az yorulmasını sağlayacak yeni bir tasarım yapılacak.	$3*2 = 6$
ii.	Ledlere yeterli gücün sağlanamayıp parlaklık ayarlamasında oluşabilecek sorun	Ek/destek güç olarak batarya kullanılacak.	$4*1 = 4$
iii.	Üst üste oluşan, birbirlerine yakın ve çok karışık yapıda olan kolonilerin olması	Derin öğrenme modeli tarafından kolonileri ayrıştırıp sayımı ve tespiti gerçekleştirilir	$3*3 = 9$

Tablo 4- Projede ortaya çıkabilecek risk ve çözüm önerisi (B Planı)

Şiddet (Etki)	Olasılık				
	1 Çok küçük	2 küçük	3 Orta Derece	4 Yüksek	5 Çok yüksek
1 Çok küçük	1 Anlamsız	2 Düşük	3 Düşük	4 Düşük	5 Düşük
2 küçük	2 Düşük	4 Düşük	6 Düşük	8 Düşük	10 Orta
3 Orta Derece	3 Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Yüksek
4 Yüksek	4 Düşük	8 Orta	12 Orta	16 Yüksek	20 Yüksek
5 Çok yüksek	5 Düşük	10 Orta	15 Yüksek	20 Yüksek	25 Tolere Edilemez

Tablo 5- Risk Skoru Matrisi

## 10. Kaynaklar

1. Ayanoglu, K. (2011). Gıda Teknolojisi Koloni Sayımı. Ankara: MEB.
2. Waltman, W. D. (2000). Methods for the cultural isolation of Salmonella. *Salmonella in domestic animals*, 355-372.
3. Goss, W. A., Michaud, R. N., & McGrath, M. B. (1974). Evaluation of an automated colony counter. *Applied Microbiology*, 27(1), 264-267.
4. Biston, M.-C., Corde, S., Camus, E., Marti-Battle, R., Esteve, F., & Balosso, J. (2003). An objective method to measure cell survival by computer-assisted image processing of numeric images of Petri Dishes. *Physics In Medicine And Biology*, 1551-1563.
5. Boukouvalas, D. T., Prates, R. A., Leal, C. R. L., & de Araújo, S. A. (2019). Automatic segmentation method for CFU counting in single plate-serial dilution. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 195, 103889.
6. Vongmanee, N., Bunmak, A., & Visitsattapongse, S. (2018, May). An Automated Colony Counter for Serial-Dilution Culture Method. In *Proceedings of the 2018 10th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology* (pp. 42-45).
7. Peeler, J. T., Leslie, J. E., Danielson, J. W., & Messer, J. W. (1982). Replicate Counting Errors by Analysts and Bacterial Colony Counters. *Journal of Food Protection*, 45(3), 238-240. doi:<https://doi.org/10.4315/0362-028X-45.3.238>
8. Goutte, C., & Gaussier, E. (2005, March). A probabilistic interpretation of precision, recall and F-score, with implication for evaluation. In *European conference on information retrieval* (pp. 345-359). Springer, Berlin, Heidelberg.

