

**TEKNOFEST**  
**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ**  
**FESTİVALİ**

**İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ**  
**YARIŞMASI**  
**PROJE DETAY RAPORU**

**PROJE KATEGORİSİ:** Engelli Dostu

**PROJE ADI:** Görme Engelliler için Okuryazar Akıllı Yardımcı  
(GÖKAY)

**TAKIM ADI:** TFL-GÖKAY

**BAŞVURU ID:** #79022

**TAKIM SEVİYESİ:** Lise

## İçindekiler

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

### Proje Özeti (Proje Tanımı)

Dünya genelinde 285 milyon görme engelli bireyin 39 milyonu “kör”, 246 milyonu “az gören”dir. [4] Türkiye'de ise her bin kişiden 3'ü görmede problemler yaşamaktadır.[1] Bilgiye ulaşabilmek için kullanılan yazılı ve sanal medya büyük miktarda görsel öğelere dayanmaktadır. Görme engelli bireyler ise bu bilgilere ulaşmak için Braille alfabesi kullanmaktadır. Ayrıca internette görme engelliler için seslendirilmiş veya pdf formatına getirilmiş kitaplar da bulunmaktadır. Dünyadaki kitap sayısı göz önüne alındığında ise bu miktar yeterli değildir. Dolayısıyla tüm kaynaklara erişemeyen görme engelliler için akademik olarak fırsat eşitsizliği oluşmaktadır. Görme engellilerin okuyabileceği kitap sayısını arttırmak, onlara eğitimde fırsat eşitliği sağlamak ve günlük hayatlarını kolaylaştırmak için Görme Engelliler için Okuyazar Akıllı Yardımcı (GÖKAY) projesi geliştirilmiştir.

GÖKAY, Braille karakterleri kullanarak yazılı kaynakların görme engelli bireyler için okunmasını sağlar. Bu doğrultuda sistem SolidWorks programında 3B olarak oluşturulmuştur ve oluşturulan tasarım 3B yazıcı ile basılmıştır. Sistem üzerinde 10 adet bölme vardır. Her bölmede 6 adet solenoid motor bulunmaktadır. Sistem kontrolü için bir adet dokunmatik LCD ekran ve 5 adet buton bulunmaktadır. Kamera ile görüntüsü alınan metin Raspberry Pi 3'de Python tabanlı Tesseract OCR programı ile işlenir ve düz metin halinde Raspberry Pi 3'ün hafızasına kaydedilir. Kaydedilen metin Arduino'ya aktarılır. Arduino metinde yer alan karakterlere göre solenoidleri kontrol eder ve kullanıcıya metni Braille karakterleriyle çıktı sunar. Ayrıca bilgisayar ve SD kart gibi çeşitli depolama alanlarında bulunan yazılar da Braille karakterleriyle kabartma ekranda kullanıcıya sunulmaktadır.

Projemiz sayesinde görme engelli bireyler internete veya bir bilgisayara ihtiyaç duymadan istedikleri yazılı metni okuyabileceklerdir. Ayrıca sistem portatif bir tasarıma sahip olduğundan istenilen ortamda rahat bir şekilde kullanabilme ve kolay taşıma imkânı da sunmaktadır.



Görsel1: Prototipin yandan görünümü



Görsel2: Prototipin önden görünümü

### Problem/Sorun:

İçinde bulunduğumuz çağda bilgi ve bilgiye erişim önemli bir yere sahiptir.[3] Görme engelli bireyler ise birçok konuda olduğu gibi bilgiye erişimde de zorluklarla karşılaşılır. Dünya genelinde 285 milyon görme engelli bireyin 39 milyonu “kör”, 246 milyonu ise “az gören” dir.[4] Ayrıca Türk Oftalmoloji Derneği (TOD) Başkanı Reha Ersöz'ün 2016 yılında açıkladığı veriye göre Türkiye'de her bin kişiden 3'ü görmede problemler yaşamaktadır.[1] Bu veri ülkemizde de azımsanmayacak miktarda görme engelli birey bulunduğunu göstermektedir.

Günümüz yazılı ve sanal medyası büyük miktarda görsel öğelere dayanmaktadır. Yazılar, resimler, arayüzler ve işaretler; kitaplarda, dergilerde, internet ve televizyon ağlarında bilgi iletimi için kullanılırlar. Görme engelli bireyler bu öğeleri ayırt edemedikleri için medyanın sahip olduğu bilgilerin tümüne erişemezler. İnternette seslendirilmiş veya pdf formatına getirilmiş kitaplar bulunsa da dünyadaki kitap sayısı göz önüne alındığında bu miktar yeterli değildir.[3] Dolayısıyla medyanın sağladığı kaynakların tamamına erişemeyen görme engelliler için akademik olarak fırsat eşitsizliği vardır.

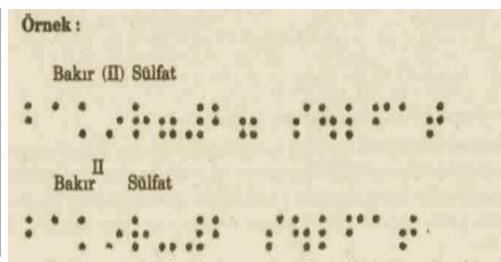
İçinde bulunduğumuz salgın döneminde bu fırsat eşitsizliği daha da gün yüzüne çıkmıştır. Covid-19 salgını ile birlikte akademik eğitimler çevrimiçi hale geldiğinden bireyler kendini daha çok geliştirmek, uzaktan eğitimde elde edilemeyen bilgi ve becerileri kendi çabalarıyla elde etmek zorunda kalmıştır. Bu durum görme engelli bireyleri de olumsuz etkilemiştir.

### Çözüm

Görme engelli bireylerin erişebilecekleri yazılı kaynaklar sınırlı olduğu için var olan yazılı kaynakları görme engellilerin algılayabileceği formatlara çevirmek projenin amacıdır. Aracı medya olarak da Braille alfabesi kullanılmıştır. Braille alfabesi, iki kolon taşıyan dikdörtgen düzen üzerine dizilmiş altı kabartılmış noktadan oluşur. Her iki kolonda üç nokta bulunur.[5] Braille alfabesi sayesinde kabartma kağıdından kitaplar basılabilir; geometri ve resim haricindeki ortaöğretim zorunlu dersler okutulabilir.

Kesirler	Braille Yazılışı
$\frac{a-b}{c+d}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
$\frac{3}{x+7}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
$\frac{12-x}{25}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
$\frac{6.(8-x)}{4}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
$\frac{3}{5}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
$\frac{1}{3+x}$	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠

Görsel 3: Braille işlem örnekleri [14]

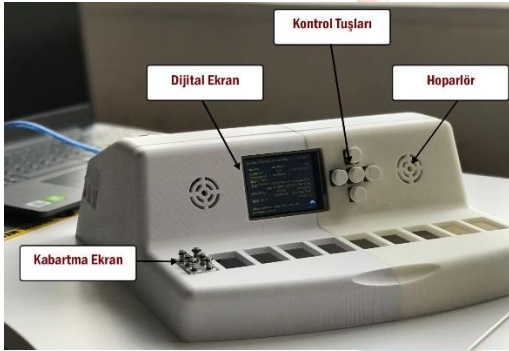


Görsel 4: Braille bileşik örneği[15]

Yaygınlığı sayesinde Braille alfabesi çoğu görme engellinin kullanabileceği bir medyadır. Braille alfabesinden başka alfabeler, yöntemler ve medyalar bulunsa da yetişkin görme engellilerin %85'nin eğitim olanaklarından yoksun oldukları düşünüldüğünde kullanımı için belli bir beceri gerektiren yöntemlerin gündelik kullanım için uygun olmadığı söylenebilir [7]. Mevcut teknolojiler ve uygulamalar göz önüne alındığında kullanımı kolay ve yeni beceriler gerektirmeyen sistemler tasarlanmalıdır.

Projemizin çözüm önerisi yazılı kaynakları Braille alfabesine çevirip kullanıcıya sunmaktır. Bu sayede görme engellilerin okuyabileceği kitap sayısını arttırmak, görme engellilere eğitimde fırsat eşitliği sağlamak ve günlük hayatlarını kolaylaştırmak için bir adım atmak hedeflenmiştir.

Yazılı kaynakların okunabilmesi için cihazımız görüntü işlemeyle birlikte kaynağı taramakta ve taradığı metni kontrol kartına göndermektedir. Kontrol kartı kendisine gelen bilgileri işleyerek kabartma ekranda çıktı oluşturur. Kabartma ekran 6 solenoid motorun setler halinde dizilmesiyle oluşan sistemdir. Solenoid motorlar komutlara göre inip çıkarak kabartma kağıttakine benzer kabartmalar oluşturur. Oluşan kabartmalar sayesinde görme engelliler bu metinleri okuyabilirler.



Görsel 5: Prototipin Alt Birimleri



Görsel 6: Pixy Cam 2

## Yöntem

Yapılan araştırmalar sonucunda prototipinin oluşum sürecini 6 iş paketi halinde gerçekleştirdik.

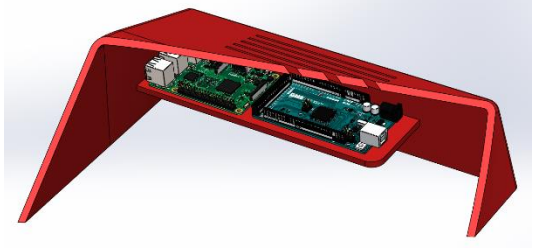
### İş Paketi 1: Görüntü Alma

Braille Alfabesine çevrilmek istenen yazılı kaynağın görüntüsünü alabilen, Arduino Mega[8] ve Raspberry Pi3[11] ile uyumlu çalışabilen Pixy Cam 2[10] modülünü kullandık. Pixy Cam 2 modülünün kullanım kolaylığı ve çeşitliliği sunan kütüphaneleri de bulunmaktadır. Raspberry I2C protokolü ile bağlanan Pixy Cam 2 modülü ile metnin fotoğrafı çekilir ve Raspberry'nin hafızasına “.png” türüyle kaydedilir. Pixy Cam 2 Arduino ile uyumlu çalışmasına rağmen görüntü çekimi ve işlenmesi için depolama alanı ve veri işleme hızı Arduino'dan fazla olan Raspberry Pi 3 tercih edilmiştir.



## İş Paketi 2: Görüntü İşleme

Raspberry Pi 3, Python tabanlı (programlama diliyle) çalışmaktadır. Raspberry'nin hafızasına kaydedilen görseli işleyebilmek için Python tabanlı çalışan Tesseract OCR [9] programı kullanılmaktadır. Tesseract OCR programı .png türündeki görsellerde bulunan metni sanal ortama geçirmektedir. Bu program 100 üzerinde dil tanımakta ve başka diller de öğretilmektedir. Tesseract OCR çekilen görüntüdeki metinleri farklı dosya biçimlerinde kaydeder. Projemizde Arduino, solenoid[12] motorları metinde bulunan karakterlere göre yöneteceği için arduinonun anlayabileceği şekilde düz metin olarak çıktı alınmaktadır.



## İş Paketi 3: Veri Aktarma

Solenoidlerle kullanıcıya çıktı olarak sunulacak metin Raspberry Pi 3'ün hafızasından SPI iletişim kullanılarak Arduino'ya aktarılmaktadır.

SPI İletişim: Açılımı **Serial Peripheral Interface** olan ve full dublex olarak çalışan bir haberleşme tekniğidir. Full dublex veri alma ve gönderme işlemi eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedir. Bu iletişim Master ve Slave cihazları arasında gerçekleşir. Master cihaz, iletişim kurmak istediği cihazı seçer ve o cihazla iletişime geçer. Bu seçme işini SPI donanımı dahilinde olan SS (Slave Select) pini ile yapar. Bu iletişim iki cihaz arası basit olarak görsel 7 deki gibidir.

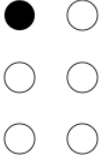


Görsel 7: Master ve Slave Cihazları arasındaki iletişim

## İş Paketi 4: Solenoidlerle Çıktı Sunma

Arduino, kullanıcıya solenoidler ile çıktı sunmaktadır. Çıktıyı sunabilmek için öncelikle her harf ve işaretler fonksiyonla tanımlanmıştır. Braillede, bir harf veya işaret gösterebilmek için 6 noktadan kullanılmaktadır. Kullandığımız fonksiyonlarda her karakter için 6 solenoid kullanılır ve solenoidlerin ileri geri yapma hareketlerinden yararlanır. Örneğin "A" karakteri için görsel ... daki her nokta solenoid kabul edilirse, içi boş noktalar geriye çekilmiş solenoidleri, içi dolu olan noktalar ileriye gitmiş solenoidleri temsil eder. Bu şekilde raspberry den arduinoya yollanmış metindeki her karakter, fonksiyonlar yardımıyla solenoidleri kontrol etmeye uygun hale getirilir ve arduino solenoidler ile kullanıcıya çıktıyı sunar.

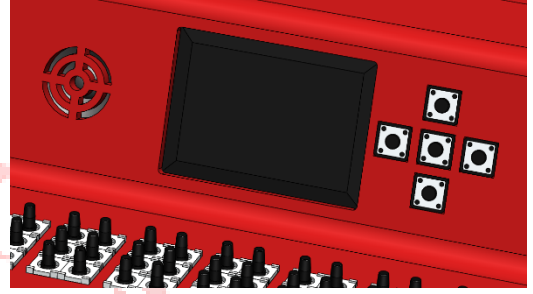




**Görsel 8:** “A” harfinin Braille alfabesinde gösterimi

### **İş Paketi 5: Arayüz ve Seslendirme:**

Sistemimizin kontrolü az görenler için dokunmatik ekran ile, körler için buton ile sağlanmaktadır. Menüleri ve menüde bulunduğu yeri belirtmek için seslendirme sistemi de bulunmaktadır. İstenilen yazılı kaynağın kabartma ekrana çıktı verebilmesi gibi olayların yönetimini sağlamak için ekran ve kontrol tuşları kullanılmaktadır. Projemize SD kart gibi herhangi depolama alanlarında yer alan metinleri seçebilmek ve solenoidlerden çıktı alabilmek gibi işlevleri gerçekleştirmek için de ekran ve kontrol tuşları kullanılmaktadır.



### **İş Paketi 6: Projenin Tasarımının Belirlenmesi ve İmalatı:**

Belirlenen sorun doğrultusunda sistemin tasarımı belirlenmiştir. Sistemin tasarımını ilk olarak SolidWorks programında 3B olarak oluşturulmuştur. Gerekli düzenlemeler ve yenilikler eklendikten sonra oluşturulan tasarım 3B yazıcı ile basılmıştır. Tasarımımız 30cm x 30cm boyutlarındadır. Solenoid motorların yerleşeceği 10 tane bölme vardır. Her bölmede 6 tane solenoid motor bulunmaktadır. Sistem kontrolü için bir adet dokunmatik LCD ekran ve 5 adet buton bulunmaktadır.

### **Yenilikçi (İnovatif) Yönü**

Görme engelli bireylerin fiziki ve sanal ortamda bulunan yazılı bilgilere erişimleri için kabartma kağıtları ve kabartma ekranlar gibi birçok teknolojik ürün geliştirilmiştir. Bu ürünlerin her birinin kendilerine ait güçlü ve zayıf yanları olmasına karşın mevcut yazılı kaynakları görme engellilerin anlayacağı formata çevirip sunan kompakt bir ürün bulunmamaktadır.

Projemiz ile görme engelli bireylere hem fiziki hem de sanal ortamda bulunan yazılı haldeki belgelere erişim imkânı sağlamayı hedefliyoruz. Bu sayede bireylerin erişebilecekleri bilgi çeşitliliğini arttırmayı amaçlamaktayız.

Projemiz sayesinde görme engelli bireyler internete veya bir bilgisayara ihtiyaç duymadan istedikleri yazılı metni okuyabileceklerdir. Ayrıca sistem portatif bir tasarıma sahip olduğundan istenilen ortamda rahat bir şekilde kullanabilme ve kolay taşıma imkânı da sunmaktadır.

Tablo 1’ de projemiz, Braille klavye ve kabartma kağıtlardan yapılan kitaplar karşılaştırılmıştır.

	Braille Klavyeler	Kabartma Kağıdından Yapılan Kitaplar	GÖKAY
Sanal ortamdaki seslendirilmiş veya pdf haline getirilmiş kitaplara ve yazılı belgelere erişilebilir.	-	-	+
Fiziki ortamdaki her kitaba ve yazılı belgeye ulaşabilir.	-	-	+
İnternet veya bilgisayar bağlantısı gerektirmeksizin hizmet sunabilir.	-	+	+
Günlük hayatta kolay kullanım ve taşıma imkanı sunabilir.	+/-	+/-	+

**Tablo 1: İnovatif karşılaştırma tablosu**

+ : Evet, sahiptir. - : Hayır, sahip değildir. +/- : Piyasadaki çeşitli muadillerine göre değişim göstermektedir.

**Not:** Kabartma ekran ve kabartma kağıtlardan bahsedilirken tek bir model göz önüne alınmamıştır. Piyasadaki çeşitli modeller incelenip, genel bir yargı oluşturulmuştur.

### Uygulanabilirlik

Projemizin kontrollerini piyasada yaygın olarak bulunan Arduino ve Raspberry Pi 3 kartları ile birlikte tasarladık. Elektronik parçaların seçerken tedariki kolay parçalar seçerek üretimi kolaylaştırmayı hedefledik. Ayrıca kartların basit arayüzlere sahip oldukları için yeterli yazılım bilgisine sahip herkes kodlanabilir. Kullanacağımız kodların tümünü açık kaynaklı olarak yayınlamayı ve bu sayede projemizin isteklere göre ayarlanabilmesini hedefliyoruz.

Sorun hakkında bilgi edinebilmek için literatür taraması ve görme engelli bireyler ile görüşmeler yaptık. Bunun sonucunda bilgi teknolojilerinin yaygın olarak kullanıldığını ancak bu kullanımın genel olarak telefon ve bilgisayardaki sesli yardımcılarla olduğunu gördük. Piyasada Braille ekran, okuyucu ve klavye gibi birçok ürün bulunmaktadır ancak bu ürünler yazısal, sanal, sesli ve Braille olarak farklı medyaları kullanmaktadırlar. Birçok makineyi tek bir işlev için kullanmak efektif bir yöntem değildir. Üreteceğimiz ürün ise yazı ortamından tek bir cihazla Braille e çeviri yapacağı için kullanım kolaylığı sağlayacaktır. Taşınabilir boyutlarda ve ağırlıkta olduğu için okul, işyeri ve kütüphane gibi alanlarda kullanılabilir olacaktır.

Yeni ortaya çıkan fikirlerin piyasadaki pay alabilmek için tanıtımlara ve etkili yorumlara ihtiyacı vardır. Ürün tanıtımlarında yaygın olarak internet, televizyon ve reklam panoları kullanılmaktadır. Hedef kitlemiz bu tip reklam araçlarını nadiren kullandığından piyasadaki ürünlerin reklamı fazla yapılamamaktadır. Kullanıcılar ürünlere genellikle internette arayarak ulaşmaktadır. Bu durum bizim gibi küçük çaplı girişimciler için bir avantajdır. Hedef kitlenin internette araştırma yaparak ürüne ulaşması geniş çaplı reklamların etkisini azaltır. Reklam ve pazarlama gereksinimi düşük olan ürünümüz de bu maliyetler olmadan daha ucuza satılabilecektir.

## Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemiz piyasada bulunan ve tam olarak karşılama da muadil olarak görülebilecek cihazlardan daha düşük maliyet sunmaktadır. Projemizin tahmini maliyeti 2.000- 3.000 TL bandındadır. Bu fiyat ürettiğimiz prototip için geçerlidir. Piyasada, rekabet oluşturabilecek benzer bir ürün bulunmamaktadır.

Ürün Adı	Ürün adedi	Fiyatı
Arduino UNO R3	1	225TL
Pixy2 CMUcam5 Sensor -kamera-	1	832,41 TL
2.8 Inch Nextion HMI Dokunmatik TFT Lcd Ekran	1	165,08 TL
Mini solenoid motor	18	12 TL
Raspberry pi3	1	414,99 TL
Buton	5	0.85 TL
2.85 mm PLA+ Filament	1	194,78TL
Hoparlör	2	10,48TL
3s 2200mah 25C Lipo Batarya 11.1V Pil	1	241,55 TL
Profuse 11.1 V 3s Lipo Batarya-Pil 450Mah 25C	1	61,02 TL
<b>Toplam</b>		<b>2376.04 TL</b>

**Tablo 2:** Maliyet Tablosu

\* Toplam tutar malzemelerin adedine göre kur artışına göre değişiklik gösterebilmektedir.

## Proje Zaman Planlaması:

İş Paketleri	AYLAR				
	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Literatür Taraması	x	x			
Proje sorunun çözümüne karar verilmesi	x				
Verilerin Toplanması ve Analiz		x	x		
Sistem tasarımının belirlenmesi			x		
Prototipin hazırlanması				x	x
Yazılım çalışmaları				x	x
Maliyet Hesapları					x
Proje Raporu Yazımı					x



## Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemizin hedef kitlesi %40 ve üzeri görme kaybı yaşayan bireylerdir. (%40 görme kaybı olan insanlar görme engelli birey kabul edilir.[6] Dünya Sağlık Örgütü'nün 2010 yılında gerçekleştirdiği küresel bir araştırmaya göre dünyada 39 milyonu total kör ve 246 milyonu az gören olmak üzere 285 milyon görme yetersizliğinden etkilenmiş birey vardır.[4] Bu veriler de bize global ve büyük bir hedef kitemizin olduğunu göstermektedir. Ayrıca projemizi hem görme hem de işitme engeli bulunan bireylerin de kullanabilmesini hedeflemekteyiz.

## Riskler

	Riskler	Risk yönetimi (B planı)
1.	Kullanıcının hatasına dayalı sensör arızaları oluşması	Kullanıcının elektroniklerin kullanımı hakkında bilgilendirilmesi ile arızalara karşı önlem alınması
2.	Bağlantı sorunu (kamera-sistem-bilgisayar sistem)	Cihazda sesli uyarı sistemi kullanılabilir.
3.	Sisteme sıvı dökülmesi	Sistem su geçirmez yapılabilir.
4.	Bataryanın zarar görmesi	Sigorta kullanılabilir.
5.	Belgenin doğru yerleştirilememesi	Kağıt boyutlarına uygun kılavuz oluşturulabilir.
6.	Işık yetersizliği sonucunda belgenin kamera tarafından istenilen şekilde algılanmaması	Cihaza aydınlatma sistemi yerleştirip yetersiz ışık olduğu zamanlarda sesli uyarı verilebilir.
7.	Kullanıcı bilinçsizliği	Sesli kullanım kılavuzu hazırlanabilir.

Tablo 3: Riskler ve B Planı

Risk	Olasılık	Etki	Puan	Sonuç
Kullanıcının hatasına dayalı sensör arızaları oluşması	1	5	5	Düşük Risk Göz ardı edilebilir
Bağlantı sorunu (kamera-sistem-bilgisayar sistem)	5	3	15	Yüksek Risk
Sisteme sıvı dökülmesi	2	4	8	Orta Risk
Bataryanın zarar görmesi	1	5	5	Düşük Risk Göz ardı edilebilir
Belgenin doğru yerleştirilememesi	4	2	8	Orta Risk
Işık yetersizliği sonucunda belgenin kamera tarafından istenilen şekilde algılanmaması	3	3	9	Orta Risk
Kullanıcı bilinçsizliği	3	2	6	Düşük Risk Göz ardı edilebilir

Tablo 4: Risk Matrisi

## Kaynaklar

1. Sert Karaaslan, Y. (2016, 17 Kasım). Türkiye'de her bin kişiden 3'ü görme engelli Anadolu Ajansı. **Erişim adresi:** <https://www.aa.com.tr/tr/saglik/turkiyede-her-bin-kisiden-3u-gorme-engelli/687335>
2. Sağlamtuñ Tülin, Bilgi Dünyası, 2010,11(1)178-191
3. R. Bakırcı, Milli Kütüphane'de Görme Engellilere Sunulan Hizmetler ve Gelişmeler, 1.Ulusal Körler ve Kütüphanecilik Sempozyumu, Ankara, 100 -104 2007
4. DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) (2012). Global data on visual impairments-2010.
5. Braille Alfabesi, **Erişim Adresi:**[https://tr.wikipedia.org/wiki/Braille\\_alfabesi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Braille_alfabesi)
6. Göz için Engelli Raporu, **Erişim Adresi:**<https://www.erolkara.net/2020/03/goz-icin-engelli-raporu.html>
7. İYİĞÜN Serap Çifcibaşı , TORTOP Hasan Said, Özel Eğitimde Yenilikçi Uygulamalar Görme Engelli Bireyler İçin İnovatif ve Yenilikçi Teknolojik Araç Tasarımları ve Yaşam Doyumlarına Etkisi, 26 Temmuz 2018
8. Arduino Mega, **Erişim Adresi:**<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega/>
9. Tesseract Open Source OCR Engine(main repository), **ErişimAdresi:** <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>
10. Pixy2 Cmucam5, **Erişim Adresi:** <https://pixycam.com/pixy2/>
11. Raspberry Pi 3 B+, **Erişim Adresi:**<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
12. Mini Solenoid 5v, **Erişim ,Adresi:** <https://www.robishop.com/urun/mini-solenoid-5v>
13. Başer, Oğuzhan, SPI HABERLEŞME VE ARDUİNO İLE SPI AĞ KURMA, 20/4/2015  
**Erişim Adresi:** <http://www.elektrobot.net/spi-haberlesme-ve-arduino-ile-spi-ag-kurma/>
14. BRAİLLE MATEMATİK KILAVUZU, **Erişim Adresi:** [http://orgm.meb.gov.tr/dosyalar/00001/braille\\_mat\\_kilavuzu.pdf](http://orgm.meb.gov.tr/dosyalar/00001/braille_mat_kilavuzu.pdf)
15. Braille Kabartma Yazı Kılavuzu, **Erişim Adresi:**[https://orgm.meb.gov.tr/alt\\_sayfalar/yayimlar/ozelegitim/braille/braille.pdf](https://orgm.meb.gov.tr/alt_sayfalar/yayimlar/ozelegitim/braille/braille.pdf)