



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**SİNYALİZE KAVŞAKLARDA PİEZOELEKTRİK SENSÖRLER İLE ERİŞİLEBİLİR
YAYA BUTONU UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM ÇELİK

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ ABUT

**YALOVA
ŞUBAT 2024**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK BİLİM DALI

SİNYALİZE KAVŞAKLARDA PİEZOELEKTRİK SENSÖRLER İLE ERİŞİLEBİLİR
YAYA BUTONU UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM ÇELİK
218123005

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ ABUT

YALOVA
ŞUBAT 2024

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “SİNYALİZE KAVŞAKLARDA PİEZOELEKTRİK SENSÖRLER İLE ERİŞİLEBİLİR YAYA BUTONU UYGULAMASI” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Gizem ÇELİK



ÖNSÖZ

Çalışma sürecinde, zorlandığım her konuda yardımcı olan, değerli bilgi birikimini ve desteğini esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ABUT'a teşekkür ederim. Hayatımın her alanında bana destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Çalışma sürecinde Bursa Büyükşehir Belediyesi'nde yapılan uygulamalara dair verileri aldığım ve bu süreçte desteğini esirgemeyen sayın Zafer KAVAK'a, hücresel yük yöntemi deney süreçlerinde Polimer Malzeme Mühendisliği Laboratuvarı'ndaki desteğinden ötürü sayın Doç. Dr. İdris KARAGÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Akıllı Şehirler, Dirençli Şehirler ve Sürdürülebilir Şehirler temaları çerçevesinde ve Bursa Büyükşehir Belediyesi Lisansüstü Tez Destek Programı kapsamında, bu tez çalışmasının desteklenmesine olanak sağlayan Bursa Büyükşehir Belediyesi, Akıllı Şehircilik ve İnovasyon Dairesi Başkanlığı, ARGE Şube Müdürlüğü'ne (Sayı: E-90850554-600-220131, 24.11.2023) teşekkür ederim.

Şubat - 2024

Gizem ÇELİK



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
2.1. Erişilebilir Yaya Butonu (EYB).....	3
2.1.1. Tanım.....	3
2.1.2. Tarihsel gelişimi.....	4
2.1.3. EYB’lerin temel işlevleri.....	4
2.1.4. EYB’lerin faydaları	5
2.2. Piezoelektrik Kavramı ve Özellikleri	5
2.2.1. Tanım.....	5
2.2.2. Piezoelektrik sensörler ile EYB uygulaması	6
2.2.3. Karayolu altyapısında piezoelektrik kullanımı	7
3. BURSA İLİ ÖZELİNDE BİR SAHA ÇALIŞMASI	10
3.1. Bursa İlindeki Mevcut Durum	10
3.1.1. Konum ve nüfus dağılımı	10
3.1.2. İklim.....	11
3.2. “Zemin Yaya” Uygulaması	11
3.2.1. Çalışma prensibi.....	14
3.2.2. Kullanılan malzemeler.....	17
4. MATERYAL VE YÖNTEM	20
4.1. Hücresel Yük Yöntemi ile Deneysel Çalışma	23
4.1.1. Malzemeler.....	23
4.2.2. Yükleme testi	25
4.2. Yaya Tablası Yöntemi ile Deneysel Çalışma	31
4.2.1. Malzemeler.....	31
4.2.2. Yükleme testi.....	34
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	38

5.1. Hücresel Yük Yöntemi Deney Bulguları.....	38
5.2. Yaya Tablası Yöntemi Deney Bulguları.....	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	46
TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER.....	46
DİĞER YAYIN VE ESERLER	46





SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

π	:Pi
r	:Yarıçap
h	:Yükseklik
cm ³	:Santimetre küp
ml	:Mililitre
μ	:Mikron
°C	:Santigrat
m ² /lt	:Metrekare/litre
mV	:Milivolt
kg	:Kilogram
N	:Newton
V	:Volt

KISALTMALAR

APS	:Accessible Pedestrian Signals
EYB	:Erişilebilir Yaya Butonu
FSM	:Fatih Sultan Mehmet
PEH	:Piezoelectric energy harvesting
PZT	:Kurşun zirkonat titanat



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. “Zemin Yaya” uygulaması için malzeme listesi	17
Tablo 4.1. Epoksi reçinenin teknik özellikleri	23
Tablo 4.2. Kullanılan malzeme ve miktarları	26
Tablo 4.3. Malzeme özellikleri	32
Tablo 5.1. Hücresel yük yöntemi deney sonuçları	38
Tablo 5.2. Yaya tablası yönteminde kontrplak için deney sonuçları	39
Tablo 5.3. Yaya tablası yönteminde kauçuk polyester için deney sonuçları	39
Tablo 5.4. Yaya tablası yönteminde poliüretan köpük için deney sonuçları	40





ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çeşitli EYB gösterimleri.....	4
Şekil 2.2. Çeşitli EYB'ler [10]	5
Şekil 2.3. Piezoelektrik etki [14].....	6
Şekil 2.4. Avustralya'da kullanılan EYB'den bir görsel [10]	7
Şekil 3.1. Bursa ili sınırları [26]	10
Şekil 3.2. FSM Kavşağı uydu görüntüsü	11
Şekil 3.3. FSM Kavşağı sokak görüntüsü.....	12
Şekil 3.4. Soğanlı Pazar Alanı Kavşağı uydu görüntüsü	12
Şekil 3.5. Soğanlı Pazar Alanı Kavşağı sokak görüntüsü.....	13
Şekil 3.6. “Zemin Yaya” uygulaması (1)	13
Şekil 3.7. “Zemin Yaya” uygulaması (2)	14
Şekil 3.8. “Zemin Yaya” çalışma prensibi	15
Şekil 3.9. “Zemin Yaya”nın üzerine basılması (1. Adım)	16
Şekil 3.10. Talep algılandıktan sonra beklenmesi (2. Adım)	16
Şekil 3.11. Sesli uyarı ve yeşil ışıkla birlikte karşıya geçilmesi (3. Adım).....	17
Şekil 3.12. Alt-üst kapak	18
Şekil 3.13. Çerçeve	18
Şekil 3.14. Kauçuk conta ve buton	18
Şekil 3.15. Stoper ve termo-plastik buat.....	19
Şekil 3.16. Kablo ve hortum adaptörü	19
Şekil 3.17. Havalandırma drenaj borusu, M8-M6 vida	19
Şekil 3.18. “Zemin Yaya” içindeki butonların konumu	19
Şekil 4.1. Piezoelektrik malzemenin platformda kullanımı	21
Şekil 4.2. İş akış diyagramı	22
Şekil 4.3. Petri kap	24
Şekil 4.4. Piezoelektrik seramik	24
Şekil 4.5. Ölçü aleti.....	24
Şekil 4.6. Epoksi reçine	25
Şekil 4.7. Hücresel numunede malzeme yerleşimi	25
Şekil 4.8. Karışımın hazırlanması	27
Şekil 4.9. Alt tabakanın dökümü.....	27
Şekil 4.10. Isıtma işlemlerinde kullanılan etüv	28
Şekil 4.11. Piezoelektrik seramiğin yerleştirilmesi.....	28
Şekil 4.12. Üst tabakanın oluşturulması	29

Şekil 4.13. Yükleme deneyine hazır hale gelen hücresel numune	29
Şekil 4.14. Yükleme testinde kullanılan yük hücreleri	30
Şekil 4.15. Yük hücrelerinin ağırlıklarının tespit edilmesi	30
Şekil 4.16. Hücresel yük yöntemi deneyi için tasarlanan test düzeneği	31
Şekil 4.17. Kontrplak, kauçuk polyester, poliüretan köpük (1)	31
Şekil 4.18. Kontrplak, kauçuk polyester, poliüretan köpük (2)	32
Şekil 4.19. Piezoelektrik seramiklerin yaya tablasına yerleştirilmesi	33
Şekil 4.20. Yaya tablası ve test düzeneği ölçüleri	33
Şekil 4.21. Yaya tablasının üst kapağının kapatılması	34
Şekil 4.22. Yüklemeye hazır haldeki yaya tablası	34
Şekil 4.23. 30 kg için merkez ölçümü	35
Şekil 4.24. 30 kg için köşe ölçümü	35
Şekil 4.25. 30 kg için kenar ölçümü	35
Şekil 4.26. 60 kg için merkez ölçümü	36
Şekil 4.27. 60 kg için köşe ölçümü	36
Şekil 4.28. 60 kg için kenar ölçümü	36
Şekil 4.29. 90 kg için merkez ölçümü	37
Şekil 4.30. 90 kg için köşe ölçümü	37
Şekil 4.31. 90 kg için kenar ölçümü	37



SİNYALİZE KAVŞAKLARDA PİEZOELEKTRİK SENSÖRLER İLE ERİŞİLEBİLİR YAYA BUTONU UYGULAMASI

ÖZET

Trafiğin yoğun olduğu sinyalize kavşaklarda yayaların güvenli bir şekilde karşıya geçmeleri için ışıklı yaya geçişleri uygulanmaktadır. Bu aşamada önceden tanımlanmış sürelerle veya erişilebilir yaya butonlarından gelen sinyallere göre yeşil ışık devreye girmektedir. Yaya butonları sayesinde sadece yayalar olduğunda, sistem devreye girmekte ve araçlar yaya olmadığında durmak zorunda kalmadığı için trafiğin akışı hızlanmaktadır. Erişilebilir Yaya Butonu (EYB), tüm yayaların güvenli karşıya geçebilmeleri için sesli, titreşimli ve görsel olarak uyarı veren cihazlardır. Sinyal yaya butonlarının yapılış amacı, sürücülerin yüksek hızda seyrettiği, yoğun araç geçişlerinin bulunduğu, üst ve alt geçit imkanlarının bulunmadığı karayolu kesiminde yaya algılaması yaparak, kavşak kontrol cihazını bilgilendirip, ulaşımı yayanın geçişini kolaylaştıracak duruma getirmektir. Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından şehrin farklı bölgelerinde kullanılan “Zemin Yaya” uygulaması, Türkiye’de zeminle ilişkili EYB bağlamında ilk çalışma olarak ön plana çıkmaktadır. Bu ürün, sinyalize kavşaklarda yayaların karşıya geçebilmeleri için kullanılan yaya butonlarının yerini alan bir uygulamadır. Zemine monte edilen platform, yayanın üzerine adım atmasıyla birlikte aktifleşmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, ilk etapta Bursa ili özelinde “Zemin Yaya” uygulamasının yerinde bir incelemesi yapılmıştır. İkinci etapta ise, mevcutta bulunan EYB’ye alternatif olarak, yeni bir sistem tasarımı önerisinde bulunulmuştur. Bu amaçla, alternatiflerine göre birçok açıdan faydası bulunan “Zemin Yaya” uygulamasının farklı bir versiyonu olarak, piezoelektrik malzemelerin kullanıldığı yeni bir tasarım yapılmıştır. Doğada bol miktarda bulunan piezoelektrik malzemeler, uygulanan mekanik basınç doğrultusunda elektrik alan oluşturmaktadır. Piezoelektrik malzemelerin bu özelliği kullanılarak, kendi enerji ihtiyacını karşılayan, dışarıdan ekstra bir enerji kaynağına ihtiyaç duymayan bir sistem planlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, piezoelektrik malzeme kullanılarak oluşturulan düzeneğin, sinyalize kavşaklarda mevcutta bulunan EYB’ye alternatif olarak, herhangi bir elektrik enerjisine gerek kalmaksızın başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Buradan hareketle, sinyalize kavşaklarda bu tarz bir tasarımın planlanması durumunda ve düşük elektrik enerjisi ile çalışabilen bir devre tasarlanabildiği takdirde, gelecekteki “Zemin Yaya” platformlarının piezoelektrikli versiyonlarla yer değiştirebileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Piezoelektrik sensör, Temiz enerji, Sinyalize kavşak, Erişilebilir yaya butonu, Yaya geçidi



ACCESSIBLE PEDESTRIAN SIGNALS WITH PIEZOELECTRIC SENSORS AT SIGNALIZED INTERSECTIONS

ABSTRACT

At signalized intersections where traffic is heavy, lighted pedestrian crossings are implemented to allow pedestrians to cross safely. At this stage, green lights are activated according to predefined times or signals from accessible pedestrian buttons. Through pedestrian buttons, the system activates only when there are pedestrians, thus speeding up traffic flow as vehicles do not have to stop when there are no pedestrians. Accessible Pedestrian Signals (APS) are devices that provide audible, vibrating, and visual warnings for all pedestrians to safely cross. The purpose of signal pedestrian buttons is to detect pedestrians in road sections where drivers are traveling at high speeds, there are heavy vehicle crossings, and there are no overpasses or underpasses, informing the intersection control device to facilitate pedestrian crossing. The "Ground Pedestrian" application used in various parts of the city by the Bursa Metropolitan Municipality stands out as the first work in Türkiye in the frame of ground-related APS. This product is an application that replaces pedestrian buttons used for pedestrians to cross at signalized intersections. The platform mounted on the ground is activated when stepped on by a pedestrian. In the scope of this thesis, a case study of the "Ground Pedestrian" was initially conducted in Bursa province. In the second stage, as an alternative to the existing APS, a new system design proposal was made. For this purpose, a new design using piezoelectric materials was developed as an alternative version of the "Ground Pedestrian", which has many advantages compared to alternatives. Piezoelectric materials, abundant in nature, generate an electric field in the direction of applied mechanical pressure. Taking advantage of this property of piezoelectric materials, a system that meets its own energy needs without requiring an external power source was planned. As a result of the experimental works, it was observed that the system created using piezoelectric material could be successfully implemented as an alternative to the existing APS at signalized intersections without the need for any electrical energy. Based on this, it is concluded that if such a design is planned at signalized intersections and a circuit that can operate with low electrical energy is designed, piezoelectric versions of future "Ground Pedestrian" platforms can replace existing ones.

Keywords: Piezoelectric sensor, Clean energy, Signalized intersection, Accessible pedestrian button, Pedestrian crossing



1. GİRİŞ

Günümüzde nüfustaki artış ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç, yaşamın her alanında artış göstermektedir. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil kaynaklar, CO₂ gazının atmosferde birikmesi ile birlikte iklim değişikliklerine yol açmaktadır. İklim değişikliğinin getirmiş olduğu olumsuzlukları engelleme için başlıca koşullardan birisi de fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelmektir [1]. Bu sebeple rüzgâr, güneş, hidroelektrik, jeotermal gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımının önemi gün geçtikçe artmakla birlikte, çevreci ve sürdürülebilir uygulama arayışları hız kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde enerji, ısınma ve ulaştırma gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ulaşım ve erişilebilirlik iç içe geçmiş kavramlardır. Ulaşılabilirlik, bireylerin istenilen fonksiyonlara, ürünlere ve hizmetlere kolaylıkla ulaşabilmesi ve bunlardan faydalanabilmesi olarak tanımlanabilmektedir [2]. Erişilebilirlik ise, engelli bireylerin mekanlara, alanlara, ulaşım, kamusal hizmetlere ve yaşamın tüm alanlarına kolaylıkla erişebilmesi anlamına gelmektedir [3]. Ulaşım politikası kapsamında erişilebilirlik kavramı, engelli vatandaşların diğer vatandaşlar ile aynı kolaylıkla ulaşım hizmetlerinden yararlanması olarak tanımlanabilir [4]. Trafik sinyalizasyon sistemlerinin bulunduğu noktalarda motorlu taşıtlar ile yaya geçişleri arasındaki koordinasyon trafik ışıkları ile sağlanmaktadır. Motorlu taşıt ve yayalar için yeşil ışığın yanması ya önceden tanımlanmış otomatik süreler üzerinden ya da yaya butonu kullanılarak gerekli sinyalin alınması ile gerçekleştirilmektedir. Yaya varlığı, yaya butonundan gelen sinyal doğrultusunda anlaşılabilir. Bu sinyal ise yaya butonuna basılması ile oluşturulmaktadır [5].

Bu tez çalışmasında, mevcutta bulunan erişilebilir yaya butonlarına alternatif yeni bir sistem önerilmiştir. Bu amaçla yaya butonlarının dezavantajlarına dikkat çekilerek, buton kavramının ortadan kaldırıldığı ve zeminin altına yerleştirilen bir düzenek ile yayaların algılandığı bir tasarım amaçlanmıştır. Tez kapsamında tasarlanması hedeflenen sisteme benzer bir ürünün, Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından, şehrin farklı bölgelerinde uygulandığı tespit edilmiştir. Bu amaçla ürünü yerinde görmek adına, çalışmanın üçüncü bölümünde Bursa ili özelinde bir saha araştırması yapılmış, Belediye tarafından sinyalizasyon kavşaklarında yayaların karşıdan karşıya geçmeleri için tasarlanan ve elektrikle çalışan “Zemin Yaya” uygulaması yerinde incelenmiştir. “Zemin Yaya” uygulaması ile sinyalizasyon kavşaklarında yayanın algılanma süreci butondan ziyade, zemine monte edilen platforma yayaların adım atmasıyla birlikte gerçekleşmektedir. Ürünün

Çalışma Şekli; karşıdan karşıya geçmek için platformun üzerine basılması, yeşil ıŐıŐın yanması ile birlikte “karşıya geçebilirsiniz” uyarısının alınması ve güvenle karşıya geçiŐin saŐlanması Şeklinde üç adımdan oluşmaktadır.

Özellikle engelli bireylerin kullanımı için tasarlanan erişilebilir yaya butonlarının bazı dezavantajları butonun ortadan kaldırılması ile giderilebilmektedir. Yayaların kavŐakta algılanması için butona basılması gerekmektedir. Ancak uzuv kaybı olan veya elleri dolu olan yayalar, tekerlekli sandalye kullanan bireyler, görme engelli kiŐiler butonun yerini bulamayabilir veya uzanamayabilirler. ne çıkan başlıca problemlerin yanı sıra, mevcuttaki erişilebilir yaya butonlarının imalat ve kullanım aşamasındaki zorluklar ve ekonomik yönden ortaya çıkan olumsuz durumların tatbik edilen söz konusu bu “Zemin Yaya” uygulaması ile giderildiği, Bursa ilinde yapılan saha gözlemleri ile tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, ilave elektrik enerjisine ihtiyaç duyan bu “Zemin Yaya” uygulamasının yerine, enerji kaynağını piezoelektrik malzemelerden saŐlayan doğa dostu erişilebilir bir yaya butonunun tasarlanmasıdır. Piezoelektrik malzemeler, uygulanan mekanik basınç doğrultusunda elektrik alan oluŐurmaktadır ve doğada bol miktarda bulunduğu için maliyet açısından oldukça uygundur. Bu amaçla, elektrik enerjisi için ek bir kaynağa ihtiyaç duymayan, mevcut teknolojilere göre daha çevreci ve daha ekonomik, tamamen yerli bir tasarımın geliştirilmesi hedeflenmektedir. Günümüzde enerji maliyetlerinin yüksek olması göz önüne alındığında tamamen yenilenebilir ve temiz bir enerji üretebilmek, ekonomiklik bağlamında önemli bir avantaj saŐlayacaktır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ulaşılabilirlik, yaşamın tüm alanlarındaki hak ve hizmetlere ulaşabilmek ve bunlardan yararlanabilmek anlamına gelmektedir [6]. Erişilebilirlik ise, engellilerin de toplumdaki diğer bireyler gibi bağımsız yaşayabilmelerini ve yaşamın tüm alanlarına tam ve etkin katılımını sağlamak; fiziki çevreye, ulaşım, bilgi ve iletişim teknolojileri ve sistemlerine eşit koşullarda sahip olmasını ifade etmektedir [7]. Kentlerdeki farklı hizmetlerin sunulduğu sağlık yapıları, okullar, kamu binaları, işyerleri ve konut binalarını; kaldırımlar, parklar, yaya geçitleri gibi açık alanları ve bunları birbirine bağlayan ulaşım sistemlerini herkesin günün herhangi bir saatinde kullanması gerekebilir. Bu sebeple, bunların sadece bir kısmının erişilebilir olması yeterli olmamaktadır. Örnek olarak; görme engelli bir vatandaş, kamu binasından hizmet almak istediği zaman evinden çıkıp bu binaya erişinceye kadar kullanacağı kaldırımlarda gerekli engelsiz geçiş genişlikleri, ışıklı yaya geçidinde sesli sinyal, toplu taşıma durağında gelen araç ve aracın içinde varılan durakla ilgili sesli anons, araçtan indiği duraktan gideceği binaya gerekli yönlendirme ve bahçe girişinden binanın danışma bankosuna kadar bordür takibi ya da hissedilebilir yürüme yüzeyi işareti uygulamasının bulunması gerekir. Bu düzenlemeler erişilebilirlik zincirini oluşturur. Her bir düzenleme ise bu zincirin bir halkasıdır ve halkalardan birinin kopması tüm zincirin bozulmasına, yani erişilebilirliğin sağlanamamasına sebep olacaktır [8]. Ayrıca, Erişilebilir Ulaşım Stratejisi ve Eylem Planı'nda engelli bireylerin şehir içinde yaya olarak güvenli dolaşımının iyileştirilmesi kapsamında, yaşlı ve engellilerin trafik ışıklarında karşıdan karşıya geçerken yeterli süreye sahip olabilmeleri için, ışık süresinin düzenlenmesini sağlayan, sinyalizasyon ve mobil uygulamaların entegre edildiği bir uygulama modelinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir [9].

2.1. Erişilebilir Yaya Butonu (EYB)

2.1.1. Tanım

Erişilebilir Yaya Butonu (EYB) tüm yayaların güvenli bir şekilde karşıya geçebilmeleri için tasarlanmış bir cihazdır. Yaya zamanlaması hakkındaki uyarıları sesli, titreşimli veya görsel olarak iletebilirler [10]. EYB'nin yapılış amacı, sürücülerin yüksek hızlarda seyrettiği, yoğun araç geçişlerinin bulunduğu, üst ve alt geçit imkanlarının bulunmadığı karayolu kesiminde yaya algılaması yaparak, kavşak kontrol cihazını bilgilendirip, ulaşımı yayanın geçişini kolaylaştıracak duruma getirmektir. Bu cihazlar sayesinde özellikle görme ve duyma engelli yayaların güvenli bir şekilde karşıya geçmeleri mümkün hale gelmiştir. Şekil 2.1'de sinyalizasyon kavşaklara monte edilen çeşitli EYB tasarımlarından örnekler verilmiştir.



Şekil 2.1. Çeşitli EYB gösterimleri

2.1.2. Tarihsel gelişimi

EYB, 1960'lardan beri Japonya ve İsveç'te yaygın olarak kullanılmasına rağmen, ilk önemli araştırma 1976'da Avustralya, Yeni Güney Galler'de, Motorlu Taşımacılık Departmanı'nda elektrik mühendisi olan Frank Hulscher tarafından yapılmıştır [10]. Hulscher'in araştırması zamanla geliştirilerek, bugün tüm dünyada kullanılan tamamen standartlaştırılmış ve oldukça başarılı EYB sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. ABD'de EYB üzerine önemli araştırmalar, 1988'de San Diego Hükümetler Birliği tarafından üstlenilen bir projeye başlamıştır. Bu projenin sonuçları, bir şehir erişim komitesinin tavsiye ettiği San Diego'daki kavşaklarda standart sinyallerin uygulanması politikasının temelini oluşturmuştur [10]. Türkiye'de ise ilk saha uygulaması İstanbul'da 2005 yılında 2218 numaralı SSK Okmeydanı Yaya Kavşağı'nda gerçekleştirilmiş [11] ve Covid-19 pandemisi nedeniyle İstanbul'daki bu yaya butonlarının birçoğu fotosel özelliği sayesinde temassız hale getirilmeye başlanmıştır [12].

2.1.3. EYB'lerin temel işlevleri

EYB'ler yayalara aşağıdaki konularda bilgi sağlayabilmektedir;

- “Yürü” sinyalini etkinleştiren butonun varlığı ve konumu (Şekil 2.2),
- Yaya yürüyüşe başlamadan önce uyarmak ve yönlendirmek,
- Yaya geçidinin yönü ve hedef kaldırımın konumu,

- Kavşaklara bağlı sokak isimleri (Braille alfabesi ve sesli mesajlar yardımıyla),
- Braille alfabesi ile görme engelli yayalar için kavşak düzeni ve yönü,
- Sesli mesajlar yardımıyla kavşak sinyalizasyonu,
- Dokunmatik haritalar, diyagramlar veya sesli mesajlar aracılığıyla kavşak geometrisi [10].



Şekil 2.2. Çeşitli EYB'ler [10]

2.1.4. EYB'lerin faydaları

EYB'ler, görme veya duyma engelli yayalar için geliştirilmiş ürünlerdir. Geliştirilen bu ürünler sayesinde duyma ve görme engelli yayaların trafikte güvenliği sağlanarak yaşam standartlarının artırılması hedeflenmiştir. Yapılan araştırmalar, EYB'lerin görme engelli yayalar tarafından karşıdan karşıya geçiş performansını iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, yayalar da EYB'li kavşaklarda daha hızlı bir şekilde geçiş yapabilmektedir. EYB'ler ile yayaların erişim güvenliği artmaktadır. Kavşaklarda bekleme süreleri en aza indirilmektedir.

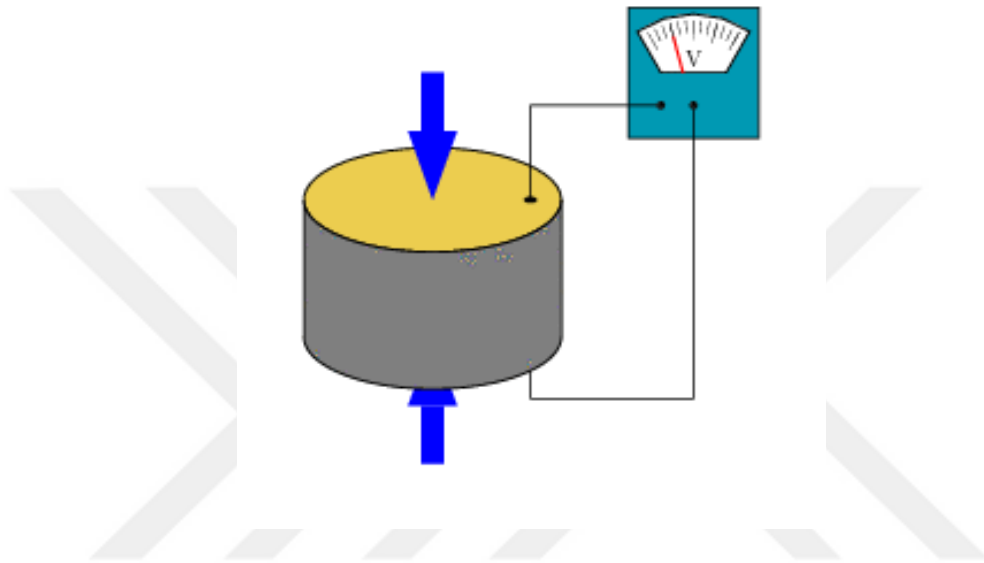
2.2. Piezoelektrik Kavramı ve Özellikleri

2.2.1. Tanım

“Piezo” kelimesi Yunancada basınç anlamına gelmektedir. Piezoelektrik etki üzerine 18. yüzyılın ortalarında yapılan bazı çalışmalar olsa da ilk keşfi Fransız fizikçiler Jacques ve Pierre Curie tarafından 1880’te olmuştur [13]. Piezoelektrik özelliği, mekanik bir enerjinin elektrik enerjisine veya elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesidir. Piezoelektrik özellik taşıyan bazı malzemelere uygulanan mekanik basınç doğrultusunda malzeme elektrik alan oluşturmaktadır. Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi ters piezoelektrik etki olarak adlandırılır. Bir malzeme basınç veya kuvvet etkisi altında titreşim gösterir. Kristaller

sıkıştırıldığı zaman polarize olurlar ve bunun sonucunda bir gerilim oluşturlar. Bu olay piezoelektrik etkiye örnek olarak verilebilir.

Piezoelektrik malzemeler içinde genellikle kurşun-zirkonyum-titanyum (PZT) seramik kullanılır. Çinko Oksit (ZnO), Turmalin, Kuartz (SiO_2), PVDF (Poli-vinilidin-klorür) ve Baryum Titanat (BaTiO_3) kullanılan malzemelerden bazılarıdır. Şekil 2.3'te piezoelektrik bir malzemenin çalışma prensibi yer almaktadır [14].



Şekil 2.3. Piezoelektrik etki [14]

2.2.2. Piezoelektrik sensörler ile EYB uygulaması

Yaya geçidi alanına yaklaşan yayalar, mikrodalga, kızılötesi veya piezoelektrik teknolojileri kullanılarak pasif olarak (herhangi bir düğmeye basmaya gerek kalmadan) tespit edilebilirler. Piezoelektrik malzeme ile yaya algılama teknolojisinin bir örneği, 1993'ten beri İngiltere'de kullanılan “akıllı yaya dostu” (pedestrian user-friendly intelligent, PUFFIN) geçididir. PUFFIN geçidi hem yaya bekleme alanı hem de yaya geçişi için yaya detektörlerini kullanmaktadır. Bekleme alanı detektörleri, piezoelektrik sensörlü basınç matları, sinyal direğine monte edilmiş kızılötesi veya mikrodalga detektörleri ve uzaktan sensör yazılımı ile çalışan video kameralardan oluşmaktadır (Şekil 2.4) [10].



Şekil 2.4. Avustralya'da kullanılan EYB'den bir görsel [10]

2.2.3. Karayolu altyapısında piezoelektrik kullanımı

Yapılan bir çalışmada, raylı sistemlerde ve karayollarında kullanılabilmesi amacıyla piezoelektrik malzeme kullanılarak elektrik enerjisi üretimi araştırılmış ve prototip bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde farklı yapılar da piezoelektrik bloklar kullanılarak karşılaştırmalı olarak analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, teknolojinin hızla ilerleyişi de göz önüne alındığında piezoelektrik malzeme kullanılarak üretilen enerjinin, yol aydınlatmalarında ve sinyalizasyon sistemlerinde kullanılabileceği belirlenmiştir [15].

Manila Filipinler'de yapılan bir çalışmada, yollarda meydana gelen kazaları azaltmak için yaya algılama özelliği ile ilgili bir cihaz geliştirilmiştir. Geliştirilen cihazda yüz ve yaya algılama entegrasyonu başarılı olmuştur. Çalışmada web kamerası, görüntüleri gerçek zamanlı olarak yakalamak için kullanılmış ve görüntüler bilgisayarda işlenmiştir. Yayalar algılandığında, mikroişlemci kaydedilen sesi çalar ve yayalara bu zamana kadar geçmeden önce beklemlerini bildirmek için bu sesi bağlantı hoparlörüne verir. Yapılan testler sonucunda başarı oranı %87,33 olarak belirlenmiştir [16].

Yapılan başka bir çalışmada, piezoelektrik malzemeler kullanılarak enerji üretimi araştırılmıştır. Daha sonra karayolu trafiğinden sürdürülebilir enerji üretmek için en uyumlu piezoelektrik dönüştürücü, sonlu elemanlar analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Depolanan enerji, yol yüzeyinde hareket eden araçlar nedeniyle boşa harcanan titreşim ve kinetik enerjiden yararlanılarak elde edilmiştir [17].

Köprülerde trafikten kaynaklanan titreşimlerden enerji elde edilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, önerilmeli beton otoyol köprüsü kullanılarak, yerinde titreşim

ölçümleri yapılmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarından, piezoelektrik malzemeler ile enerji üretiminin bir prototipi tasarlanmış, test edilmiş ve modellenmiştir. Üretilen gücün trafik yoğunluğu açısından teorik tahmini için bir model önerilmiştir. Bu model deneysel sonuçlarla iyi bir uyum göstermekte ve köprülerde kullanılabilecek basit ama etkili tasarım olarak öne çıkmaktadır [18].

Rusya’da yapılan bir çalışmada, cadde kavşaklarında, yerleşim yerlerinin dışındaki yol kavşaklarında, yaya geçitlerinde trafik verimliliğinin ve güvenliğinin artırılması araştırılmıştır. Yol kavşaklarında ve yaya geçitlerinde potansiyel olarak tehlikeli durumların sayısını azaltmak için, ışık sinyal tasarımının iyileştirilmesi ve ışık sinyalinin uygun döngüde otomatik çalışması için araç algılama sensörleri ile donatılması önerilmiştir. Işık sinyallerinde özel sensörler sayesinde önerilen iyileştirme, trafik hız kontrolünü kolaylaştırırken, kavşakların ve yaya geçitlerinin trafik kapasitesini artırmanın yanı sıra, egzoz gazlarını azaltarak bu alanlarda çevresel durumun daha iyi olmasını sağlamaktadır [19].

Yapılan bir diğer çalışmada, özellikle büyük şehirlerde yayaaların fazla olduğu alanlarda, güvenlik ve konforun sağlandığı yaya alanları oluşturulması konusu üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda piezoelektrik sensör teknolojisi enerji dönüşümünde kullanılarak ve yaya adımlarındaki ortalama güç hesaplanarak, mevcut alanı bağımsız bir güç kaynağı haline getirmek amaçlanmıştır. Bu sayede halkın kaldırımlarda yürümeye teşvik edilmesi de hedeflenmiştir. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel çalışmalar sonucunda piezoelektrik sensörlerin bu konuda başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir [20].

Brezilya’da yapılan bir çalışmada, kavşaklarda trafik ışığında yayaaların bekleme süresinin azaltılması ve yaya butonları yerine yayanın farklı şekillerde algılanabilmesi üzerinde durulmuştur. Yapılan bu çalışma, hâlihazırda kullanılmakta olan butona basma sisteminin yerini alabilecek yeni bir yaya algılama sistemi alternatifi sunmaktadır. Çalışmada sunulan sistem, kızılötesi ve piezoelektrik varlık sensörlerinden oluşmaktadır. Piezoelektrik sensörler basınç sensörleridir. Bu sensörler genellikle zeminde belirli bir yüzeydeki nesnelerin veya insanların varlığını tespit etmek için kullanılırlar. Çalışmada yapılacak alternatif sistem için oldukça uygun bir malzeme olduğu gözlemlenmiştir [21].

Çin’de yapılan bir çalışmada, insan hareketini elektriğe dönüştürmek için (yürüme, diz veya kas hareketi ve avuç içi kavrama) piezoelektrik enerji toplama (PEH) teknolojisinin kullanımı araştırılmıştır. Geliştirilen PEH’ler ayakkabı, sırt çantası ve bilek koruyucusunda uygulanmış ve depolanan elektriğin miliwatt düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Güç kaynağı için düşük güçlü

elektronik ekipmanlar kullanılmıştır. Çalışmada, kullanılan ekipmanların insan vücudunun yapısına ve hareketine uygun olacak şekilde tasarlanması, gelecekteki araştırmalarda bazı problemlerin üstesinden gelinmesine fayda sağlayacağı vurgulanmıştır [22].

Yine Çin’de yapılan bir çalışmada, enerjiyi insan adımlarından elektriğe dönüştürmek için piezoelektrik malzemeleri kullanan yeni bir enerji toplayan zemin yapısı önerilmiştir. Piezoelektrik malzemeler ile mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da başarılı sonuçlanmıştır [23].

Sabiha Gökçen Havalimanı ile Kurtköy arasında yapılacak olan metro hattında bulunan Teknopark İstasyonunda piezoelektrik malzemeden elektrik üretimi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada üretilen enerjinin miktarı ve hangi sistemlere aktarılacağı araştırılmıştır. Çalışmanın öne çıkan sonuçları şu şekildedir; bir istasyon bölgesinde bulunan turnike bölgesinde yenilenebilir enerji kaynağının kullanılabilir hale gelebileceği gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler göz önünde bulundurularak üretilen enerji miktarı m^2 ’de yaklaşık 100W olmaktadır. Bu da her bir turnikenin enerji ihtiyacını karşılamaktadır [14].

Hindistan’da yapılan bir çalışmada, piezoelektrik malzeme üzerinde yaya hareketinden enerji elde etmeyi amaçlamışlardır. Hindistan, Agartala şehrinin altı konumundan yaya verileri toplanmış ve daha fazla gerilim elde edebilmek için piezo gömülü kauçuk şeritler kullanılarak mekanik sönümleme düşük tutulmuştur. Çalışmadaki duyarlılık analizi sonuçları, basınç seviyesinin ve yürüme hızının voltaj üretimini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Bu işlem tarafından üretilen enerjinin, yol kenarında küçük bir LED ışığı yakmak, cep telefonlarını şarj etmek gibi küçük enerji gereksinimlerini karşılayan kapasitörlerde depolanabileceği belirlenmiştir [24].

Fas’ta yapılan bir çalışmada, piezoelektrik malzemelerin yaya geçidinde kullanımına dayalı bir enerji toplama sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Piezoelektrik etkiyle mekanik enerjiyi toplamak için PZT malzemesi kullanılmıştır. Araştırmacılar, iki parametrenin (kuvvet genliği ve çalışma frekansı) kombinasyonunun, mekanik enerji elde etmek için piezoelektrik seramiklerin elektriksel dönüşümü üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Deneysel sonuçlara göre, uygulanan kuvvet değeri 100 N ile toplanan voltajın maksimum 20,9 V’a ulaşabileceği tespit edilmiştir. Bu gerilim değerinin, örneğin daha fazla piezoelektrik malzeme kullanarak veya daha düşük yay sertliğine sahip başka tip yaylar kullanarak iyileştirilebileceği belirtilmiştir [25].

3. BURSA İLİ ÖZELİNDE BİR SAHA ÇALIŞMASI

3.1. Bursa İlindeki Mevcut Durum

Bu bölümde, Bursa ilinin konum ve nüfus dağılımı, iklimi, trafik altyapısı ve yol ağı bilgilerine değinilmiştir.

3.1.1. Konum ve nüfus dağılımı

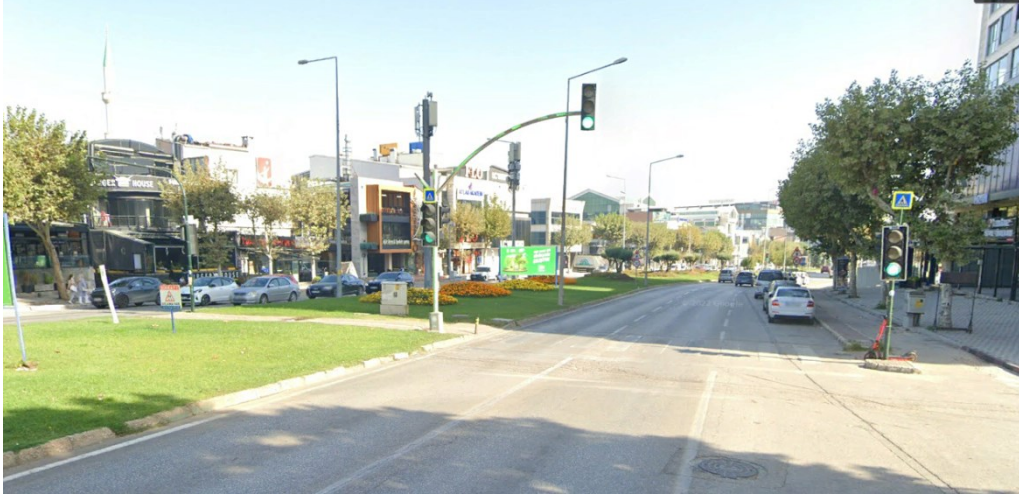
Bursa ili, il ve ilçe sınırları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Bursa ili sınırları [26]

Bursa il nüfusu 2022 sonu itibariyle 3.194.720 ve yüzölçümü itibariyle 10.811 km²'dir. İlde km²'ye 296 kişi düşmektedir. Yoğunluğun en fazla olduğu ilçe 5962 kişi ile Yıldırım'dır. İlde yıllık nüfus artış oranı %1,49 olmuştur. Nüfus artış oranı en yüksek ve en düşük ilçeler sırasıyla Nilüfer ve Büyükorhan'dır. 4 Şubat 2022 TÜİK verilerine göre 17 ilçe ve belediye ve bu belediyelerde toplam 1061 mahalle bulunmaktadır [26].

40 derece boylam ve 28 – 30 derece enlem daireleri arasında Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer alan Bursa ili doğuda Bilecik, Adapazarı, kuzeyde Kocaeli, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, güneyde Kütahya, batıda Balıkesir illeriyle çevrilidir. Denizden yüksekliği 155 metredir [27].



Şekil 3.3. FSM Kavşağı sokak görüntüsü



Şekil 3.4. Soğanlı Pazar Alanı Kavşağı uydu görüntüsü



Şekil 3.5. Soğanlı Pazar Alanı Kavşağı sokak görüntüsü



Şekil 3.6. “Zemin Yaya” uygulaması (1)



Şekil 3.7. “Zemin Yaya” uygulaması (2)

3.2.1. Çalışma prensibi

“Zemin Yaya” uygulamasında, basınçla oluşan mekanik etkinin kullanıldığı ilave elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan bir sistem geliştirilmiştir. Ürün, sinyalizasyon kavşaklarda yayaların geçişi sırasında sinyalizasyon sisteminin kontrolü için tasarlanmıştır. Ürünün mevcutta kullanılan EYB’ye kıyasla birçok fayda sağladığı bildirilmiştir. Sistemin çalışma prensibi kısaca üç adımda özetlenirse;

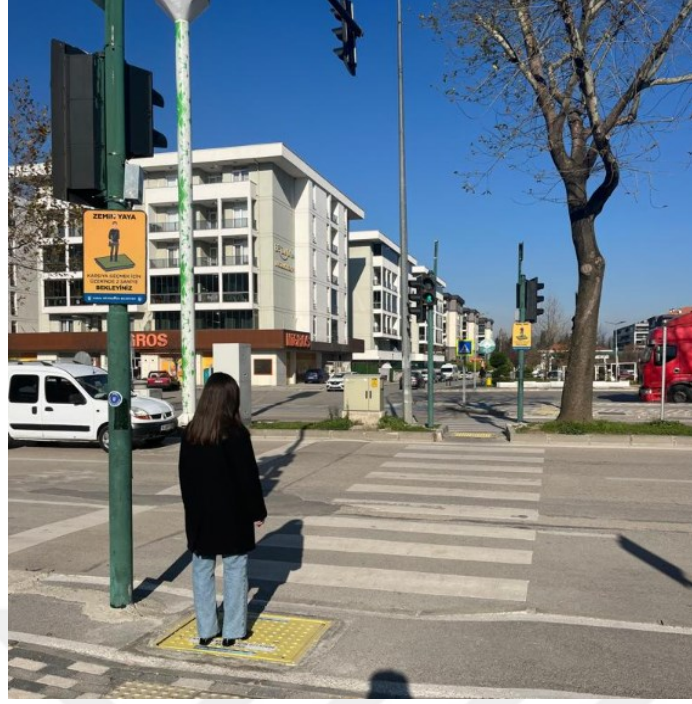
1. Adım: Karşıdan karşıya geçmek için üzerine bas.
2. Adım: Yeşil ışığın yanmasını ve karşıya geçebilirsiniz uyarısının verilmesini bekle.
3. Adım: Güvenle karşıya geç.

Şekil 3.8’da “Zemin Yaya” uygulamasının çalışma prensibi yer almaktadır.



Şekil 3.8. “Zemin Yaya” çalışma prensibi

EYB’nin kullanımı ile birlikte, yayalar özellikle de engelli bireyler trafikte güvenli bir şekilde hareket edebilmektedir [28]. Yaya butonu sayesinde yaya geçişinin olmadığı zamanlarda, araçlar trafikte kesintisiz bir şekilde hareket edebilmektedir [29]. Yayaların kullanmış oldukları sistemler ne kadar kullanışlı olursa, trafikteki güvenlikleri de o kadar artmaktadır. Bu noktada uygulama mevcuttaki yaya butonlarına göre birçok açıdan kolaylık sağlamaktadır. Yaya butonları sadece görme ve duyma engelli yayalara hitap ederken, “Zemin Yaya” uygulaması uzuv kaybı yaşamış ya da felçli yayaların da kullanımına uygundur. Çünkü butona basma zorunluluğu bulunmamaktadır. Engelli yayalar dışında elleri dolu olan insanlar için (poşet, çanta vb. taşıyanlar) butona basma sıkıntısı da bulunmamaktadır. Aynı zamanda üzerine basılması ile talep alındığı için temas ile bulaşabilecek hastalık riski ortadan kalkmaktadır. Hijyenik bir uygulamadır. Suya, toza, ısıya ve soğuğa dayanıklı bir ürün olduğu tasarımcıları tarafından bildirilmiştir. Şekil 3.9-11’de “Zemin Yaya” uygulamasının kullanımına ait görseller yer almaktadır.



Şekil 3.9. “Zemin Yaya”nın üzerine basılması (1. Adım)



Şekil 3.10. Talep algılandıktan sonra beklenmesi (2. Adım)



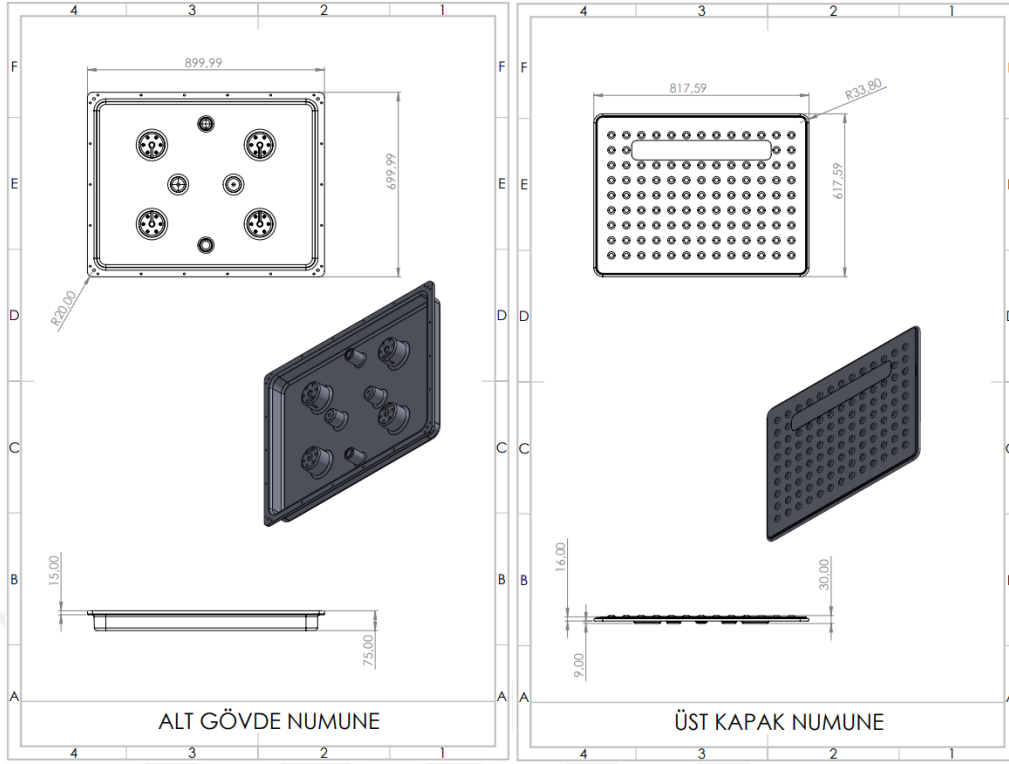
Şekil 3.11. Sesli uyarı ve yeşil ışıkla birlikte karşıya geçilmesi (3. Adım)

3.2.2. Kullanılan malzemeler

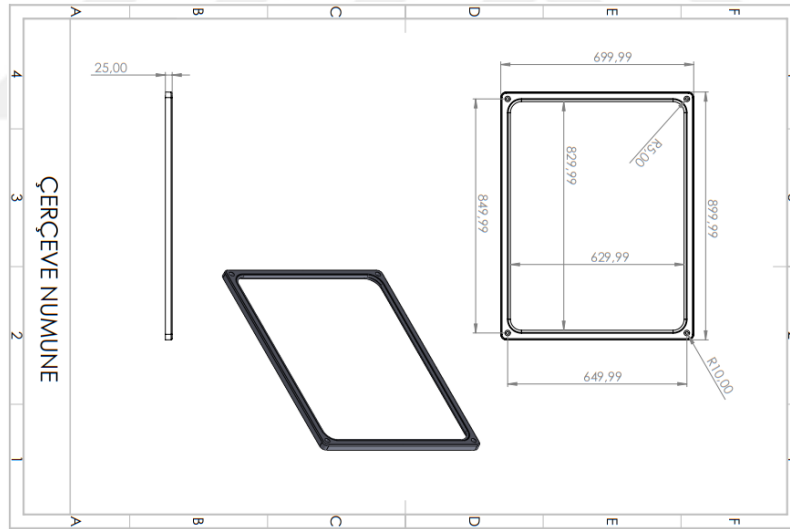
Tablo 3.1’de “Zemin Yaya” uygulamasında kullanılan malzeme ve miktarları yer almaktadır. Şekil 3.12-17’de ise bu malzemelere ait birtakım görseller verilmektedir.

Tablo 3.1. “Zemin Yaya” uygulaması için malzeme listesi

Malzeme	Açıklama	Miktar
“Zemin Yaya” alt gövde	Teknik resim	1
“Zemin Yaya” üst kapak	Teknik resim	1
“Zemin Yaya” çerçeve	Teknik resim	1
Kauçuk conta	Kalınlık: 2mm Kort bezli 700x900x100 mm	1
Buton	Ip67 metal buton	4
Stoper yayı	Teknik resim	12
Buton yayı	Teknik resim	4
Stoper yay pimi	Teknik resim	12
Beşli buat klemensi	Wago	2
Buat	85X85X45 mm Termoplastik Buat	1
Kablo	2x1,5 mm TTR	10 m
Hortum adaptörü	Hortum adaptörü. AISI 316 paslanmaz çelik.	1
Havalandırma drenaj borusu	Universal klima su tahliye hortumu	5 m
M8 alyan başlı vida	Boy: 35 mm	22
M6 havşa başlı vida	Boy: 25 mm	25
Conta montaj laması	Kesit:10x20mm Ölçüler: 600x800 mm demir	1



Şekil 3.12. Alt-üst kapak



Şekil 3.13. Çerçeve



Şekil 3.14. Kauçuk conta ve buton



Şekil 3.15. Stoper ve termo-plastik buat

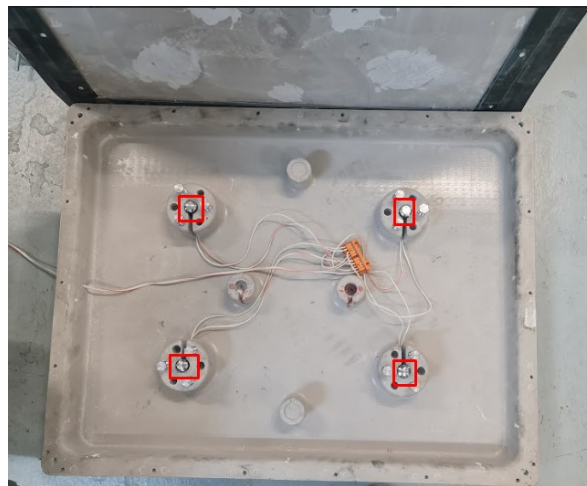


Şekil 3.16. Kablo ve hortum adaptörü



Şekil 3.17. Havalandırma drenaj borusu, M8-M6 vida

“Zemin Yaya” uygulamasında kullanılan platformun içerisinde oluşturulan düzenek, Şekil 3.18’de yer almaktadır. Yapılan uygulamada taleplerin algılanması, yayaların platformun üzerine basması ile gerçekleşmektedir. Yaya ağırlığının algılanması ile birlikte butonlar yardımıyla sinyal oluşmaktadır. Yaklaşık 40-70 gramlık bir basınç etkisi butonu aktif edebilmektedir. Sistemin çalışması için ise 24 mV’luk bir gerilim (elektrik enerjisi) gerekmektedir.



Şekil 3.18. “Zemin Yaya” içindeki butonların konumu

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan saha araştırması sonrasında platformun içerisinde bulunan butonlar ve elektrik enerjisi ihtiyacı yerine, ilave elektrik enerjisine ihtiyaç duymayan farklı sistemlerin arayışına gidilmiştir. Literatürde geniş ölçüde piezoelektrik malzemelerin bu gibi zemin uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir. Buton yerine piezoelektrik malzemenin bu tarz bir uygulamada kullanılmasının sağlayacağı bazı faydalar aşağıda özetlenmiştir;

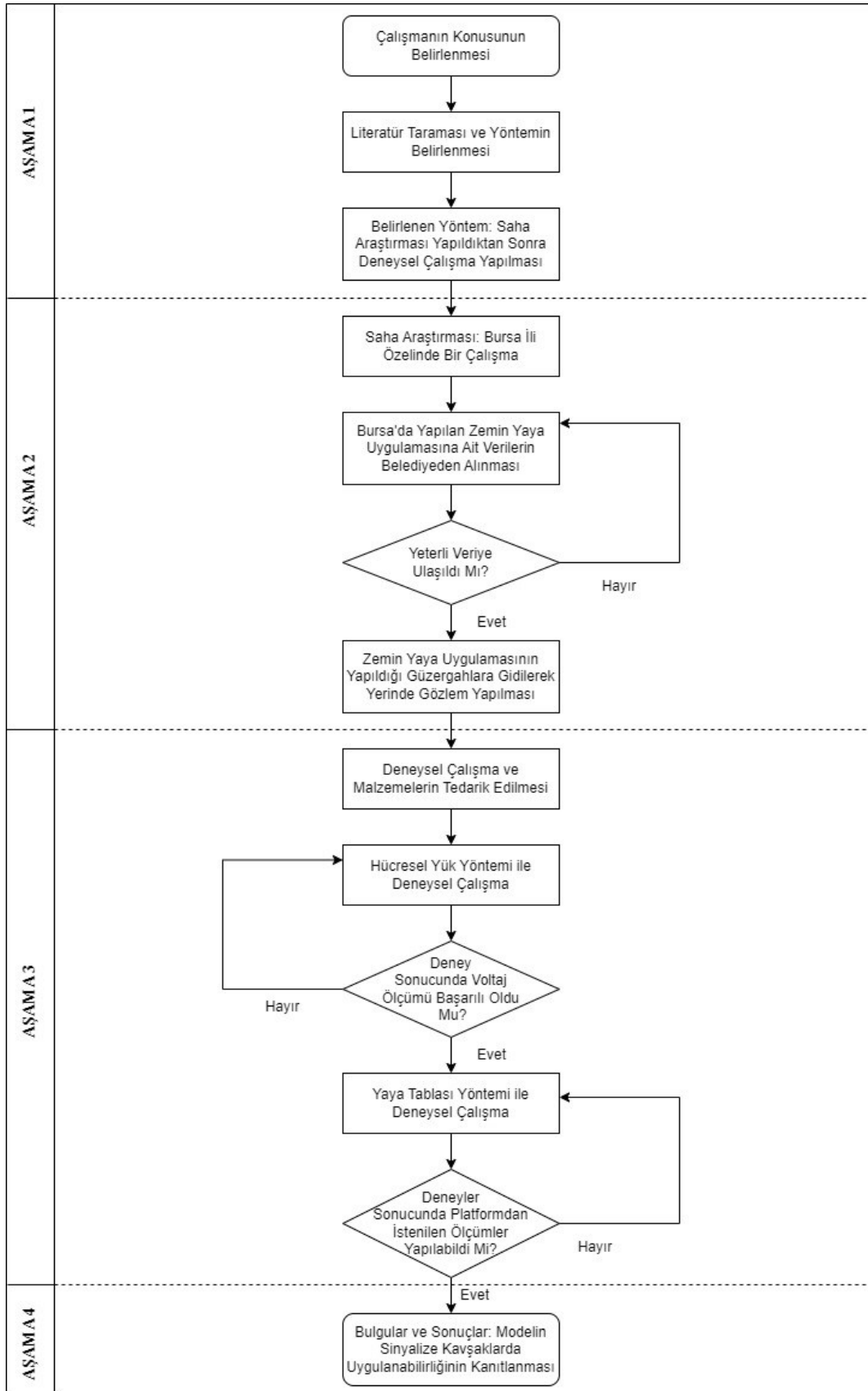
- Piezoelektrik malzemeler doğada kolaylıkla bulunabilen uygun fiyatlı malzemelerdir. PZT seramik, piezoelektrik malzemeler arasında en yaygın olarak bilinen malzemedir [30]. Bununla birlikte baryum, titanat, lityum, kuvars gibi bilinen birçok malzeme bulunmaktadır. Görüldüğü üzere doğada bol miktarda bulunduğu için mevcutta kullanılan buton yerine, piezoelektrik malzeme kullanılması maliyeti oldukça düşürecektir.
- Sistemin 24 mV değerinde bir gerilime ihtiyacı vardır, ancak piezoelektrik malzemenin enerji ihtiyacı bulunmamaktadır. Yaya ağırlığı ile oluşan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir.
- Piezoelektrik malzeme oldukça uzun ömürlüdür.
- Daha rijit bir üründür.
- Daha ince bir kalıp, daha az malzeme, daha stabil bir çalışma imkânı sunmaktadır.
- İmalatı ekonomiktir.
- Daha az arıza yapan, bakıma daha az ihtiyaç gösteren bir malzeme olma potansiyeli taşımaktadır.

Bütün bu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, piezoelektrik malzemenin sinyalize kavşaklarda EYB'nin bir enstrümanı olarak kullanılabileceğini gösterebilmek adına, çalışmanın bu bölümünde deneysel çalışmalara ağırlık verilmiştir. Şekil 4.1'de tasarlanması planlanan piezoelektrik malzemeli platforma ait bir prototip yer almaktadır.



Şekil 4.1. Piezoelektrik malzemenin platformda kullanımı

Tez kapsamında uygulanan deneysel çalışmalar, modelin gelişim süreci ve öncesinde yapılan hazırlıklar bir akış diyagramında gösterilerek Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu aşamada iki farklı deneysel çalışma yapılmıştır. İlki hücresel yük yöntemi ile, diğeri ise yaya tablası yöntemi ile yapılan deneysel çalışmalardır. İlk olarak hücresel yük yöntemi ile bir deneysel çalışma yapılmış, daha sonra alınan başarılı sonuçlar doğrultusunda yaya tablası yöntemi ile başka bir deneysel çalışma tamamlanarak, bütün bulgular analiz edilmiştir.



Şekil 4.2. İş akış diyagramı

4.1. Hücresel Yük Yöntemi ile Deneysel Çalışma

4.1.1. Malzemeler

Hücresel yük yöntemi deneyi için kullanılan malzemeler;

- Petri kap (13,26 mm kalınlık) (Şekil 4.3)
- Piezoelektrik seramik (Şekil 4.4)
- Ölçü aleti (Şekil 4.5)
- Epoksi reçine (Şekil 4.6)
- Yağlı kâğıt
- Şırınga

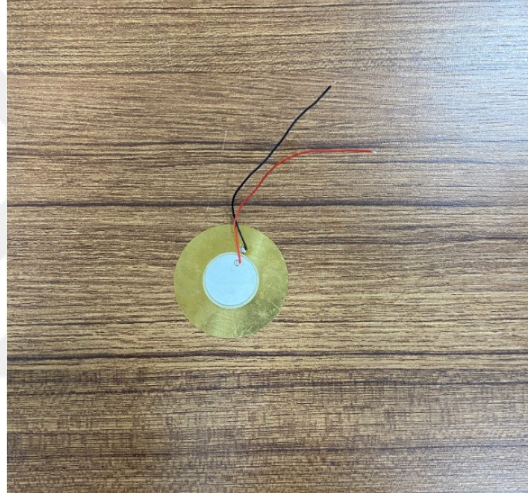
Epoksi reçinenin teknik özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Epoksi reçinenin teknik özellikleri

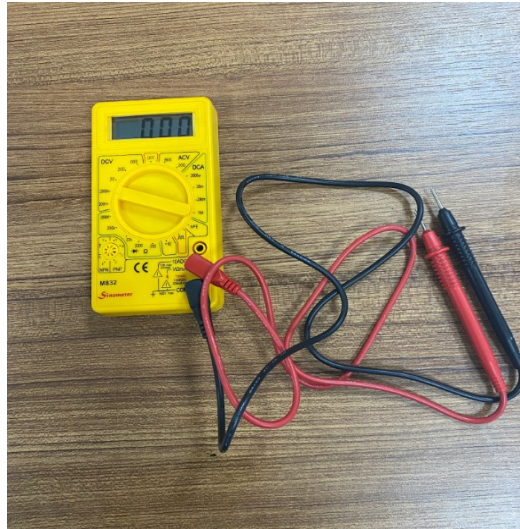
Teknik Özellikler
İki bileşenli ve solventsiz bir epoksi yapıştırıcı özelliğinde
Hacimce katı madde (%): 100
Yoğunluk (gr/cm ³): 1,1
Renk: Şeffaf
Parlaklık: Parlak
Kuru film kalınlığı (μ): 200 μ
Teorik kaplama kapasitesi (m ² /lt): 5 (200μ) ~ 2 (500μ)
Uygulama aralığı (°C): + 15 ~ + 35
Kuruma sıcaklığı (°C): 20
İlk kuruma (saat): 1
Kuruma (saat): 6
Servise hazır hale gelme (saat): 24
Kat sayısı: 3 ~ 4
Tiner: Kullanılmaz
Uygulama şekli: Fırça, rulo
Karışım oranı (ağırlık): 2 A / 1 B
Karışım oranı (hacim): 2 A / 1 B
Kullanılabilirlik süresi (20 °C) (dakika): 35



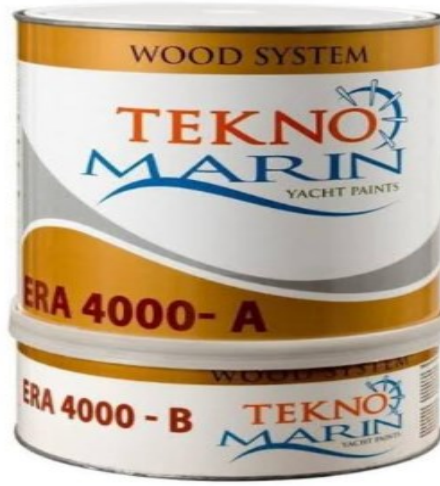
Şekil 4.3. Petri kap



Şekil 4.4. Piezoelektrik seramik



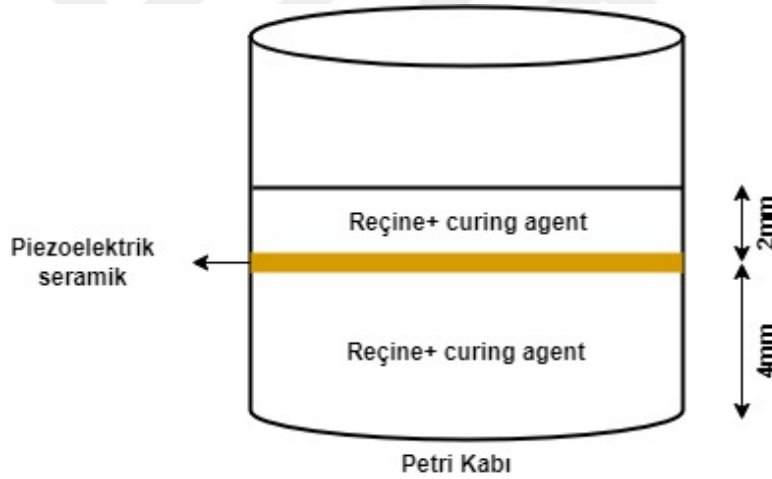
Şekil 4.5. Ölçü aleti



Şekil 4.6. Epoksi reçine

4.2.2. Yükleme testi

Epoksi reçine karışımı, alt ve üst tabaka olmak üzere iki tabaka şeklinde tatbik edilmiştir. Orta bölüme ise piezoelektrik seramik yerleştirilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Hücresel numunede malzeme yerleşimi

$$Petri\ Hacmi = \pi r^2 h = 3,14 \times 34^2 \times 13,26 = 48,13\ cm^3 \quad (4.1)$$

Hacmi 5 ml olan şırınga 9 defa su ile doldurulup, petri kabına boşaltıldıktan sonra 3 ml daha su eklenmiştir. Son durumda toplam 48 ml'ye ulaşılmıştır. Bu şekilde petri kabının hacmi tekrar hesaplanarak teyit edilmiştir.

Tabakalarda kullanılacak epoksi karışımlarının miktarları;

- Petri kabının hacmi: 50 ml
- Petri kabının kalınlığı: 13,26 mm

$$\frac{50\text{ml}}{13,26\text{mm}} = 3,77 \text{ ml/mm} \quad (4.2)$$

1 mm yükseklik için eklenmesi gereken karışım miktarı 3,77 ml olarak hesaplanmıştır. Alt tabakada 4 mm yükseklik için 15,08 ml, üst tabakada ise 2 mm yükseklik için 7,54 ml epoksi karışımı kullanılacaktır. Oluşturulacak karışımda epoksi ile birlikte kür kimyasalı da kullanılmıştır. Oran olarak ise kür kimyasalının iki katı olacak şekilde epoksi tatbik edilmiştir.

Alt tabaka:

$$\frac{15,08\text{ml}}{3} = 5,02 \text{ ml} \quad (4.3)$$

Üst tabaka:

$$\frac{7,54\text{ml}}{3} = 2,51 \text{ ml} \quad (4.4)$$

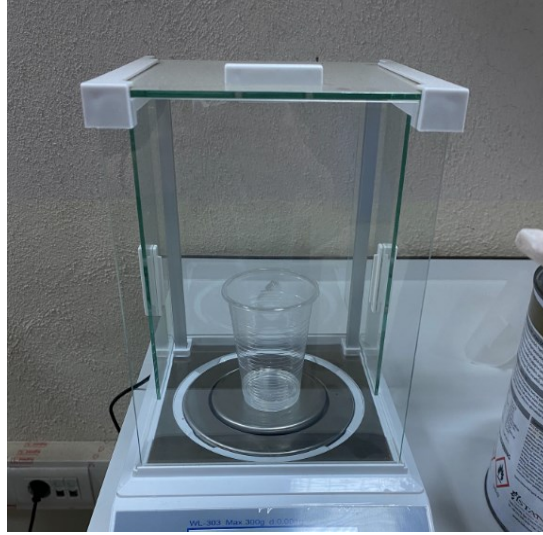
Tablo 4.2’de son durumda alt ve üst tabakada kullanılacak olan malzemelerin oranları verilmiştir.

Tablo 4.2. Kullanılan malzeme ve miktarları

	Malzeme	Oran	Toplam Malzeme (ml)
Alt Tabaka	Epoksi	2	10,04
	Kür kimyasalı	1	5,02
Üst Tabaka	Epoksi	2	5,02
	Kür kimyasalı	1	2,51

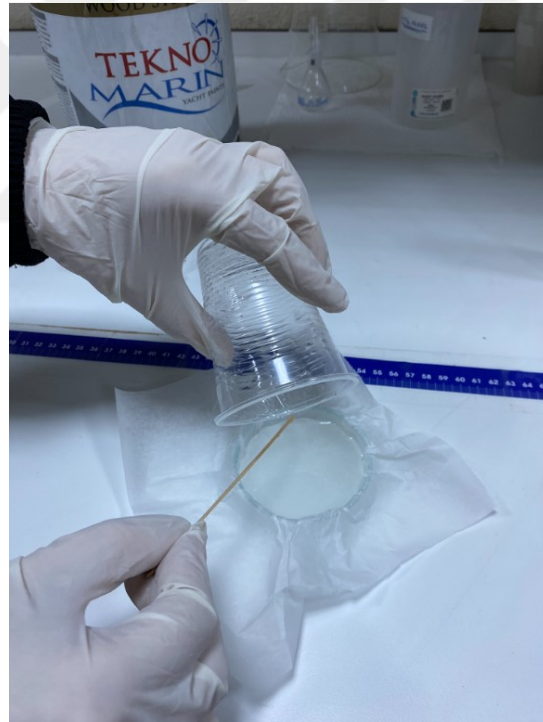
Kullanılacak olan malzemelerin hesaplamaları yapıldıktan sonra numune hazırlama aşamasına geçilmiştir;

- Belirlenen oranda epoksi ve kür kimyasalı 5 dakika boyunca karıştırılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Karışımın hazırlanması

- Petri kabına yağlı kâğıt yerleştirildikten sonra, alt tabaka malzemesi boşaltılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Alt tabakanın dökümü

- Karışım 60 °C sıcaklıktaki etüvde 1 saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra kontrol edildiğinde, istenilen kıvama gelmediği için belirli aralıklarla tekrar kontrolleri yapılarak etüve tekrar bırakılmış, istenilen şartlar sağlandıktan sonra etüvden çıkarılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Isıtma işlemlerinde kullanılan etüv

- Piezoelektrik seramik alt tabakanın üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4.11).



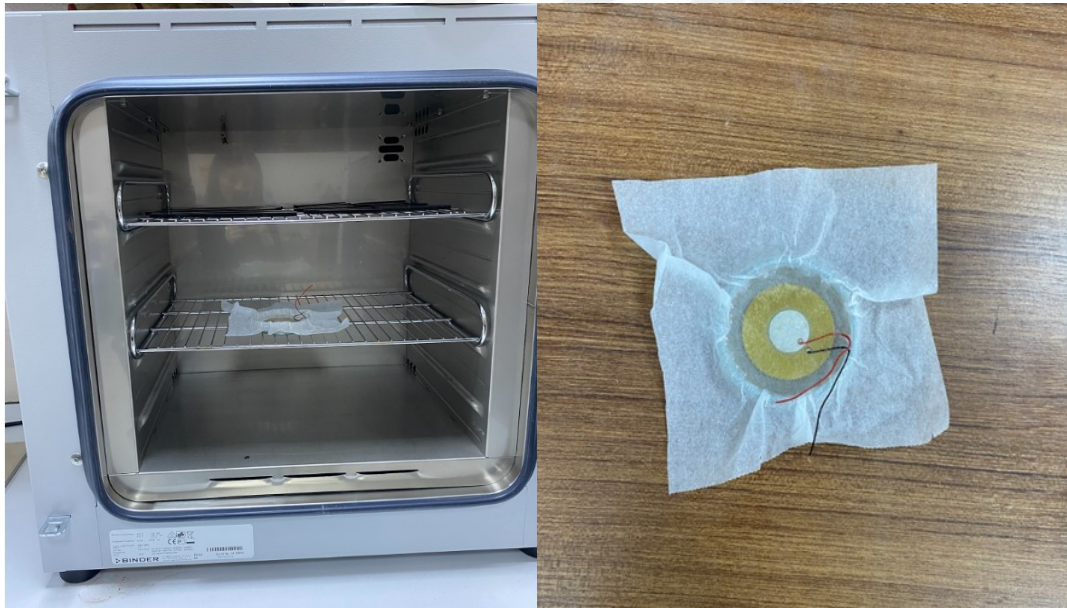
Şekil 4.11. Piezoelektrik seramiğin yerleştirilmesi

- Üst tabaka malzemesi piezoelektrik seramiğin üzerine döküldükten sonra, 60 °C etüvde ısıtılmaya bırakılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Üst tabakanın oluşturulması

- Etüvde 1 saat bekletildikten sonra numune çıkarılmış, daha sonra oda sıcaklığında 1 gün süreyle bekletilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Yükleme deneyine hazır hale gelen hücresel numune

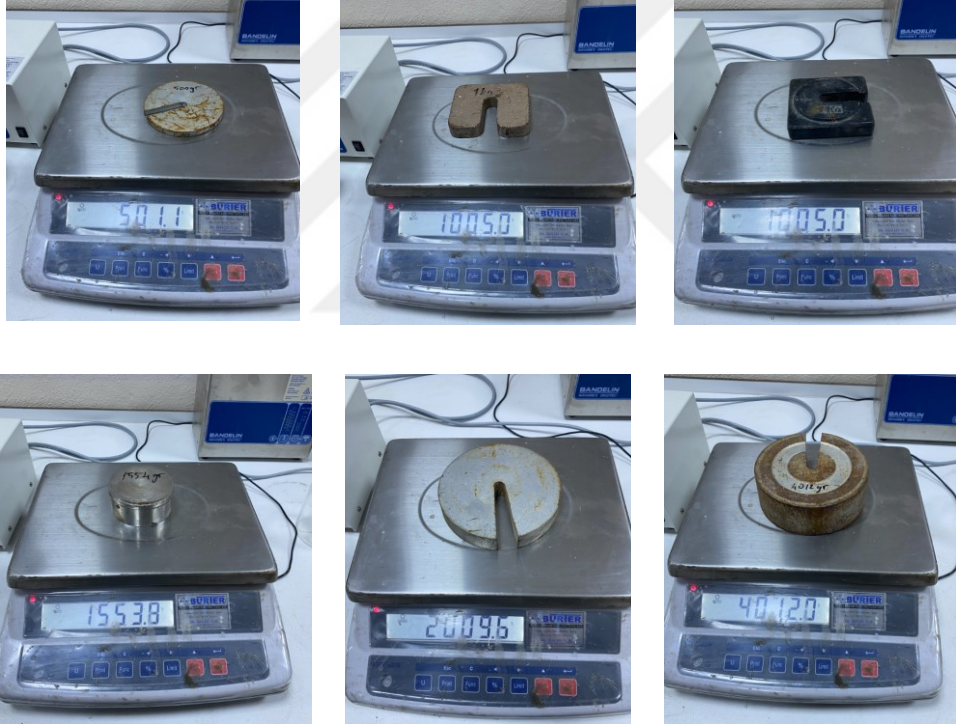
Yük ölçümleri sürecinde aşağıdaki algoritma esas alınmıştır;

- Kullanılacak yük hücrelerinin hassas terazide ağırlıkları ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15).
- Belirlenen ağırlıklar, ölçü aleti ve epoksi kaplı piezoelektrik seramik numunesinin yer aldığı bir yükleme düzeneği oluşturulmuştur (Şekil 4.16).

- Ağırlıkları belli olan yük hücreleri ile ölçümler yapılarak 1 adet piezoelektrik seramiğin üretebileceği maksimum gerilim (volt) belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Yükleme testinde kullanılan yük hücreleri



Şekil 4.15. Yük hücrelerinin ağırlıklarının tespit edilmesi



Şekil 4.16. Hücresel yük yöntemi deneyi için tasarlanan test düzeneği

4.2. Yaya Tablası Yöntemi ile Deneysel Çalışma

4.2.1. Malzemeler

Yaya tablası yöntemi deneyi için kullanılan malzemeler;

- Kontrplak, kauçuk polyester, poliüretan köpük (Şekil 4.17, Şekil 4.18)
- Yaya tablası
- Ölçü aleti
- 30, 60 ve 90 kg ağırlıklar



Şekil 4.17. Kontrplak, kauçuk polyester, poliüretan köpük (1)



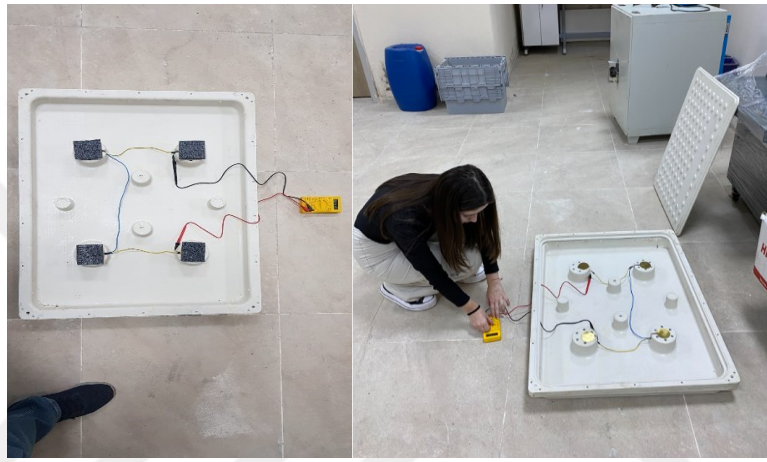
Şekil 4.18. Kontrplak, kauçuk polyester, poliüretan köpük (2)

Deneyde kullanılan malzemelerin özellikleri Tablo 4.3’te verilmiştir.

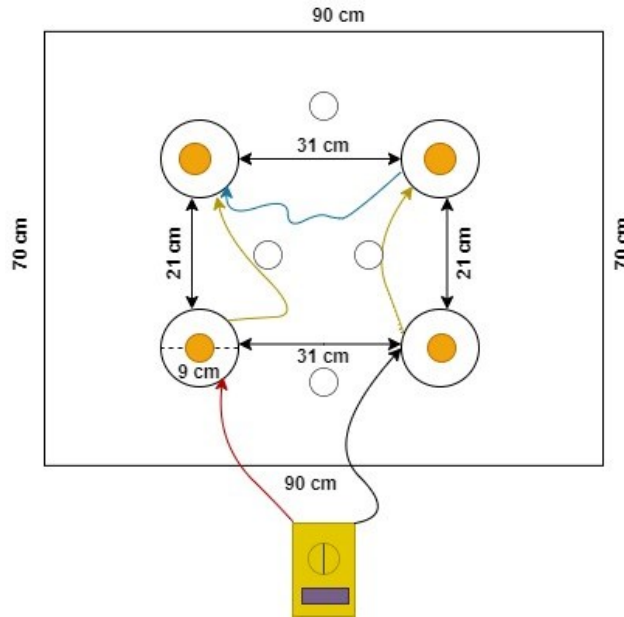
Tablo 4.3. Malzeme özellikleri

MALZEMELER	
Kontrplak	Kontrplak, ince ağaç katmanlarının reçine ile birleştirilmiş olarak birbirine çapraz şekilde dizilmesi sonucunda elde edilen ahşap bir malzemedir. Aynı kalınlığa sahip tahtalardan daha yüksek dayanıma sahiptir. Şişme ve çekme olasılığı zayıftır. Üretimi sırasında daha fazla ahşap, daha az kimyasal kullanılmaktadır. Yüksek mekanik özelliklere sahiptir, çivi ve vida tutma konusunda başarılıdır. İnsan sağlığına zararlı bir etkisi yoktur.
Kauçuk Polyester	Kauçuk, yüksek elastikiyete sahip bir malzeme olduğu için kullanım alanı çok fazladır. Isıtıldığında yumuşar, 180 °C’de yapışkan hale gelir ve 220 °C’de erimektedir. Elektrik akımını iletmediği için yalıtım, izolasyon gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Farklı bir özeliği ise plastik hale geçebilmektedir. Kauçuk, ahşap kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok alanda kullanılan kauçuğun büyük çoğunluğu otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Uzun ömür, yüksek mukavemet, su direnci, ısı direnci gibi özelliklere sahiptir.
Poliüretan Köpük	Çoğunlukla açık sarı olmakla birlikte, bazen beyaz renkte de olabilir. Havadaki nem ile hızlı bir şekilde sertleşebilmektedir. Parlayıcı bir maddedir. Raf ömürleri ortalama 1-2 yıldır. Hava şartlarına dayanıklı ve her şeye kolay yapışabilen bir yapıdadır.

Yaya tablası yöntemi ile yapılan deneysel çalışmada, yük algılama işinde kullanılması amacıyla “Zemin Yaya” yapısına benzer bir platform oluşturulmuştur (Şekil 4.19, Şekil 4.20). Platform içerisindeki dairesel hücrelere 4 adet piezoelektrik seramik, seri şekilde ve uçları ölçü aletine bağlanarak sabitlenmiştir. Bu piezoelektrik seramiklerin üzerine önce kontrplak malzeme koyularak tablanın kapağı kapatılmış ve farklı ağırlıklarda ölçümler yapılmıştır. Daha sonra aynı işlem kauçuk polyester ve poliüretan köpük için tatbik edilmiştir. Ölçüm sonuçları kaydedilerek, hangi malzemenin kullanılması durumunda daha fazla gerilim değerinin elde edilebileceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu değerlere göre saha uygulamasında hangi malzemenin kullanımının daha uygun olabileceğine karar verilebilecektir.



Şekil 4.19. Piezoelektrik seramiklerin yaya tablasına yerleştirilmesi



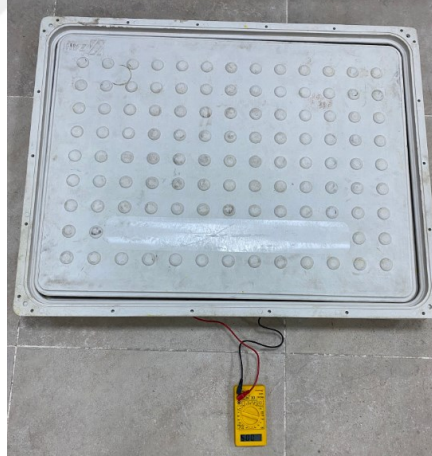
Şekil 4.20. Yaya tablası ve test düzeneği ölçüleri

4.2.2. Yükleme testi

Yaya tablası yöntemi ile uygulanan yükleme testinde test düzeneği hazırlandıktan sonra, üst kapak kapatılmıştır (Şekil 4.21, Şekil 4.22). Daha sonra platform üzerinde 30, 60 ve 90 kg ağırlıkları kullanılarak ölçümler yapılmıştır.



Şekil 4.21. Yaya tablasının üst kapağının kapatılması



Şekil 4.22. Yüklemeye hazır haldeki yaya tablası

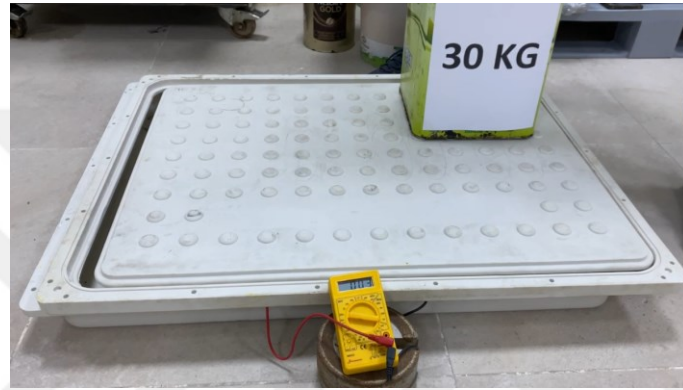
İlk olarak, 30 kg ağırlık ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasıyla;

- Kontrplak için; merkez – kenar – köşe,
- Kauçuk polyester için; merkez – kenar – köşe,
- Poliüretan köpük için; merkez – kenar – köşe,

kombinasyonları için yapılmış, ölçü aleti ile gerilim değerleri kaydedilmiştir (Şekil 4.23-25).



Şekil 4.23. 30 kg için merkez ölçümü



Şekil 4.24. 30 kg için köşe ölçümü

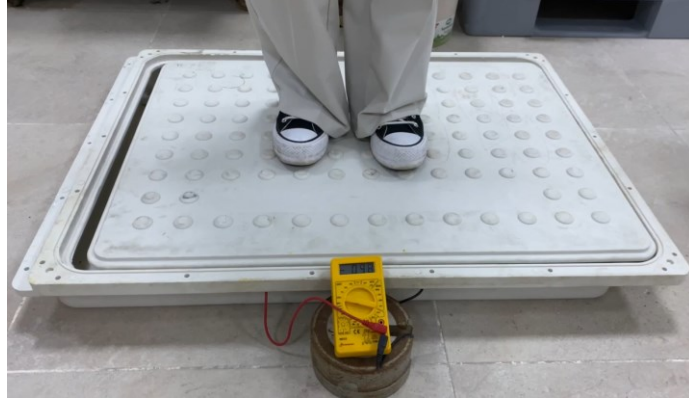


Şekil 4.25. 30 kg için kenar ölçümü

İkinci olarak, 60 kg ağırlık ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasıyla;

- Kontrplak için; merkez – kenar – köşe,
- Kauçuk polyester için; merkez – kenar – köşe,
- Poliüretan köpük için; merkez – kenar – köşe,

kombinasyonları için yapılmış, ölçü aleti ile gerilim değerleri kaydedilmiştir (Şekil 4.26-28).



Şekil 4.26. 60 kg için merkez ölçümü



Şekil 4.27. 60 kg için köşe ölçümü



Şekil 4.28. 60 kg için kenar ölçümü

Son aşamada ise, 90 kg ağırlık ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasıyla;

- Kontrplak için; merkez – kenar – köşe,
- Kauçuk polyester için; merkez – kenar – köşe,
- Poliüretan köpük için; merkez – kenar – köşe,

kombinasyonları için yapılmış, ölçü aleti ile gerilim değerleri kaydedilmiştir (Şekil 4.29-31).



Şekil 4.29. 90 kg için merkez ölçümü



Şekil 4.30. 90 kg için köşe ölçümü



Şekil 4.31. 90 kg için kenar ölçümü

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Hücresel Yük Yöntemi Deney Bulguları

Ağırlıklar sırasıyla (0,3, 0,5, 1, 1,5, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 kg) hücresel numuneye tatbik edilerek, voltaj değerleri kaydedilmiştir. Her bir ağırlık için beş defa ölçüm yapılmıştır. Tablo 5.1’de verilen deney sonuçları incelendiğinde, en yüksek voltaj değerine (1880 mV) 8 kg ağırlıkta ulaşıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca 10, 12, 14 ve 16 kg ağırlıklarla yapılan ölçümlerde de 8 kg ağırlıkla elde edilen gerilim miktarına yakın değerler elde edilmiştir. Buradan hareketle 8 kg’dan daha büyük ağırlıklar için bir harmoni yakalandığı söylenebilir.

Tablo 5.1. Hücresel yük yöntemi deney sonuçları

AĞIRLIK (kg)	VOLTAJ (mV)						Ortalama
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	St. Sapma	
0,3	77	84	110	124	202	50,0	119,4
0,5	85	101	101	198	272	81,0	151,4
1	156	191	291	299	609	178,7	309,2
1,5	356	584	650	754	800	174,5	628,8
2	251	686	730	787	1072	295,2	705,2
4	414	776	1330	1710	1815	602,6	1209,0
6	811	940	1250	1440	1689	358,7	1226,0
8	884	949	1053	1204	1880	402,1	1194,0
10	1016	1038	1300	1506	1569	256,5	1285,8
12	498	503	536	631	1189	294,2	671,4
14	933	1062	1111	1468	1800	354,3	1274,8
16	1154	1423	1517	1582	1700	206,0	1475,2

5.2. Yaya Tablası Yöntemi Deney Bulguları

Tablo 5.2’de piezoelektrik seramik üzerinde kontrplak malzeme kullanılarak 30, 60 ve 90 kg ağırlıkları için merkez, köşe ve kenar olmak üzere üç farklı bölgede yapılan ölçümler yer almaktadır. Her bir ağırlık için üç defa ölçüm yapılmıştır.

- 30 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri merkezde ölçülen değerler olmuştur.
- 60 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri köşede ölçülen değerler olmuştur.
- 90 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri merkezde ölçülen değerler olmuştur.

Tablo 5.2. Yaya tablası yönteminde kontrplak için deney sonuçları

KONTRPLAK						
Ağırlık (kg) ve Konum		VOLTAJ (mV)				
		1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	St. Sapma	Ortalama
30	Merkez	137	84	11	63,3	77,3
	Köşe	36	35	37	1,0	36,0
	Kenar	23	32	29	4,6	28,0
60	Merkez	152	124	125	15,9	133,6
	Köşe	158	145	145	7,5	149,3
	Kenar	102	137	156	27,4	131,6
90	Merkez	148	217	152	38,7	172,3
	Köşe	189	98	104	50,9	130,3
	Kenar	153	111	101	27,6	121,6

Tablo 5.3'te piezoelektrik seramik üzerinde kauçuk polyester malzeme kullanılarak 30, 60 ve 90 kg ağırlıkları için merkez, köşe ve kenar olmak üzere üç farklı bölgede yapılan ölçümler yer almaktadır. Her bir ağırlık için üç defa ölçüm yapılmıştır.

- 30 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri köşede ölçülen değerler olmuştur.
- 60 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri kenarda ölçülen değerler olmuştur.
- 90 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri köşede ölçülen değerler olmuştur.

Tablo 5.3. Yaya tablası yönteminde kauçuk polyester için deney sonuçları

KAUÇUK POLYESTER						
Ağırlık (kg) ve Konum		VOLTAJ (mV)				
		1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	St. Sapma	Ortalama
30	Merkez	91	194	217	67,1	167,3
	Köşe	858	1125	1175	170,4	1052,6
	Kenar	505	205	177	181,8	295,6
60	Merkez	1097	250	789	428,7	712,0
	Köşe	942	1133	776	178,6	950,3
	Kenar	1726	738	628	604,7	1030,6
90	Merkez	816	907	824	50,4	849,0
	Köşe	1684	1159	1062	334,6	1301,6
	Kenar	338	283	407	62,1	342,6

Tablo 5.4'te piezoelektrik seramik üzerinde poliüretan köpük malzeme kullanılarak 30, 60 ve 90 kg ağırlıkları için merkez, köşe ve kenar olmak üzere üç farklı bölgede yapılan ölçümler yer almaktadır. Her bir ağırlık için üç defa ölçüm yapılmıştır.

- 30 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri merkezde ölçülen değerler olmuştur.
- 60 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri köşede ölçülen değerler olmuştur.
- 90 kg ağırlıkta yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerleri kenarda ölçülen değerler olmuştur.

Tablo 5.4. Yaya tablası yönteminde poliüretan köpük için deney sonuçları

POLİÜRETAN KÖPÜK						
Ağırlık (kg) ve Konum		VOLTAJ (mV)				
		1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	St. Sapma	Ortalama
30	Merkez	210	221	296	46,8	242,3
	Köşe	67	27	59	21,2	51,0
	Kenar	65	63	65	1,2	64,3
60	Merkez	467	315	226	121,9	336,0
	Köşe	430	228	501	141,6	386,3
	Kenar	581	163	391	209,3	378,3
90	Merkez	473	224	342	124,6	346,3
	Köşe	244	246	290	26,0	260,0
	Kenar	570	779	654	105,2	667,6

Kullanılan üç malzeme için genel bir değerlendirme yapıldığında, piezoelektrik seramik üzerinde kauçuk polyester malzeme kullanılarak yapılan ölçümlerde en yüksek voltaj değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir. Oluşturulan platformun son versiyonunda kauçuk polyester malzeme kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, piezoelektrik malzeme kullanılarak oluşturulan düzeneğin, sinyalize kavşaklarda mevcutta bulunan EYB'ye alternatif olarak, herhangi bir elektrik enerjisine gerek kalmaksızın başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Buradan hareketle, sinyalize kavşaklarda bu tarz bir tasarımın planlanması durumunda ve düşük elektrik enerjisi ile çalışabilen bir devre tasarlanabildiği takdirde, gelecekteki “Zemin Yaya” platformlarının piezoelektrikli versiyonlarla yer değiştirebileceği kanaatine varılmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcuttaki EYB'nin imalat ve kullanım aşamasındaki zorlukları ve ekonomik yönden ortaya çıkan dezavantajları bulunmaktadır. Yaya butonları sinyal direkleri üzerine yayaların erişebileceği yükseklikte montajlanır. Bu durum kötü niyetli bireylerin cihaza kolay erişimine neden olur. Özellikle engelli bireyler için oluşturulmuş yaya butonları, görme engellileri için sesli ikazlarda bulunur. Bu ikazlar yayalar için kırmızı ve yeşil süreleri boyunca, bekleme modu da dâhil 24 saat boyunca sürekli çalışmaktadır. Bu durum, bölgede bulunan gerek dükkân gerek konut sakinlerinde olumsuz etkilere neden olmakta ve zaman zaman cihaza fiziksel saldırıda bulunulmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden, yaya butonları ve özellikle de engelli yaya butonları fiziksel darbelere dayanıklı olacak şekilde üretilmektedir.

- Dış ortamda bulunan yaya butonlarının yağmur ve kar yağışına dayanıklı olması, dolayısıyla suyu bünyesine geçirmemesi gerekir. Bu yüzden, yaya butonları genellikle IP68 standardına uygun üretilir ve bu standarda uygun testlerden geçirilirler.
- Yaya butonları üzerlerinde bulunan düğmeye basılarak gerekli talebi alırlar. Yani, kullanıcı cihaza temas ederek gerekli talebi kendisi gerçekleştirmektedir. Yayaların doğrudan butona basarak talep verme gereksinimi birçok kullanıcı için hijyen probleminin doğmasına neden olmaktadır. Yayanın butona direk teması söz konusu olduğundan, cihaz ya elektriksel olarak yalıtkan bir malzemeden imal edilmeli ya elektrik izolasyonu sağlanmalı ya da düşük gerilimle (50V'tan daha düşük) çalıştırılmalıdır. Bu durum, düşük gerilim elde etme amaçlı olarak sistemde bir transformatör kullanımını gerekli kılmaktadır.
- Cihazın sinyalizasyon direk üzerine montajlanması ve direk üzerindeki tespit noktasının kavşak yerine göre değişiklik arz etmesi, montaj işçiliğini arttırmakta, direk üzerine gerekli vidalama işlemleri nedeniyle direğe (direk galvaniz dokusu ve varsa boyasına) zarar vermektedir.
- Covid-19 pandemisi nedeniyle butonsuz teknolojiler (infrared, fotosel, kamera sistemleri vb.) kullanılmaya başlansa da ortam karanlık olduğunda, yağmurlu veya karlı günlerde bu teknoloji verimli olmamakta, ayrıca görme engelli vatandaşlar bu teknolojiyi ihtiyaçları doğrultusunda kullanamamaktadırlar.
- Sistemin çalışması için ekstra elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, piezoelektrik malzemeler kullanılarak EYB tasarımı önerisinde bulunulmuştur. Bu amaçla, elektrik enerjisi için ilave bir kaynağa ihtiyaç duymayan, mevcut teknolojilere göre daha çevreci ve daha ekonomik, tamamen yerli bir tasarım geliştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, piezoelektrik malzeme kullanılarak oluşturulan düzeneğin, sinyalizasyon kavşaklarında mevcutta bulunan EYB'ye alternatif olarak, herhangi bir elektrik enerjisine gerek kalmaksızın başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Buradan hareketle, sinyalizasyon kavşaklarında bu tarz bir tasarımın planlanması durumunda ve düşük elektrik enerjisi ile çalışabilen bir devre tasarlanabildiği takdirde, gelecekteki “Zemin Yaya” platformlarının piezoelektrikli versiyonlarla yer değiştirebileceği kanaatine varılmıştır.

Çalışmanın katkıları;

- Piezo maddeler ile zemin altı uygulama, dış ortam koşullarına daha uygundur. Doğrudan yayaların temas edemeyeceği zemin altı montajı, arızalanma, fiziksel darbelerden etkilenme gibi problemleri ortadan kaldıracaktır. Yine bu durum fiziksel darbeler ve dış ortam koşullarına maruz kalmanın getireceği ekstra maliyetleri de ortadan kaldıracaktır.
- Direkt üzerinde herhangi bir montaja ihtiyaç duymaması, montaj sırasında direğe verilecek zarar ortadan kaldırdığı gibi, direğe de ihtiyaç duymaz.
- Yayaların varlık bilgisi için bir düğme basma gereksinimleri ortadan kalkar, sadece yerdeki işaretli bölgeye bir kez basılması gerekli talep için yeterli olacaktır. Yine yerde tanımlanmış bölge, piezo maddelerin zemine döşenme şekline göre istenildiği gibi revize edilebilir. Yaya butonlarında olduğu gibi tek noktaya ulaşma ve buradan düğme basma gereksinimi ortadan kalkar.
- Montajı tamamen zemin altında olduğundan görüntü kirliliğine neden olmaz.
- Piezo maddenin kendisi basınç etkisini elektrik enerjisine çevirdiği için ekstra enerji kaynağına ihtiyaç duymaz.
- Piezo materyallerin doğal olması ve doğada bol miktarda bulunması ürünün fiyatını düşürdüğü gibi onun doğa dostu olduğunu da gösterir.
- El ile doğrudan temasın olmaması üründe hijyenik bir probleme neden olmaz.

Yeni sistemin getireceği kolaylıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Fiyatının uygun olması,

- Doğa dostu olması,
- Yaya tespiti için yaya butonlarına ihtiyaç olmaması, talep alma için üzerine basılmasının yeterli olması,
- Montajının emsallerine göre daha basit olması,
- Talep bölgesinin istenildiği gibi yapılandırılabilmesi,
- Çalışması için ekstra enerji kaynağına ihtiyacının olmaması,
- Dış ortam koşulları ve fiziksel darbelerden emsallerine göre daha korunaklı olmasıdır.



KAYNAKLAR

- [1] Öymen, G., *Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik üzerindeki rolü*. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2020. **19**(39): p. 1069-1087.
- [2] Kesik, O. and A. Aydınoglu, *Ulaşılabilirlik kavramı ve engelli örneği*. Coğrafyacılar Derneği Uluslararası, 2014: p. 646-652.
- [3] Aytis, S., *Mekansal Erişilebilirliğin Ötesinde Zihin Farklı Bireyler İçin Erişilebilir Yaşamı Tasarlamak: İzv Örneği*. Uluslararası İnsan Ve Sanat Araştırmaları Dergisi, 2021. **6**(4): P. 505-518.
- [4] Ulaştırma, T. and A. Bakanlığı, *Erişilebilir Ulaşım Stratejisi ve Eylem Planı 2021-2025*. 2021.
- [5] ISBAK. *Erişilebilir Yaya Butonu*. Available from: <https://www.isbak.istanbul/akilli-ulasim-sistemleri/trafik-yonetim-sistemleri/yaya-butonlari/erisilebilir-yaya-butonlu/>.
- [6] YILMAZ, M., Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 2012. **4**(2): p. 33-54.
- [7] Tiyek, R., B.H. Eryiğit, and B. Emrah, *Engellilerin erişilebilirlik sorunu ve tse standartları çerçevesinde bir araştırma*. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2016. **12**(2): p. 225-261.
- [8] Aile, T., Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü (2019). Engelli ve Yaşlı İstatistik Bülteni. Araştırma Geliştirme ve Proje Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2021.
- [9] Ulaştırma, T. and A. Bakanlığı, *Ulaşan ve erişen Türkiye 2020*. Kasım, 2020. 20: p. 2021.
- [10] Harkey, D.L., et al., Accessible pedestrian signals: A guide to best practices. National Cooperative Highway Research Program, Contractor's Guide for NCHRP Project, 2007.
- [11] İBB. *İstanbul'daki Sinyalize Kavşaklarda Erişilebilir Yaya Butonu (Engelli Yaya Sistemi) Dönüşümü*. 13.12.2017; Available from: <https://uym.ibt.gov.tr/kurumsal/haberler-ve-duyurular/istanbul-daki-sinyalize-kav%C5%9Faklarda-eri%C5%9Filebilir-yaya-butonlu-engelli-yaya-sistemi-d%C3%B6n%C3%BC%C5%9F%C3%BCm%C3%BC>.
- [12] Karlı, R.G.Ö. And S. Çelikyay, *Akıllı Kentlerin Gelişiminde Covid-19 Etkisi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2020(Salgın Hastalıklar Özel Sayısı): P. 321-338.
- [13] Duck, F., 'The electrical expansion of quartz' by Jacques and Pierre Curie. Ultrasound, 2009. **17**(4): p. 197-203.
- [14] Çalışır, A., B. Sürmeli, And M.T. Akçay, *Metro İstasyonlarında Piezoelektrik Malzeme Kullanarak Elektrik Enerjisi Üretilmesi*. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2020. **2**(1): P. 1-6.

- [15] Dokur, E., Et Al., Ulaşım Sistemlerinde Titreşim Tabanlı Enerji Hasadı Ve Uygulamalı Analizi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2016. 1(1): P. 52-58.
- [16] Manlises, C.O., et al. Real-time integrated CCTV using face and pedestrian detection image processing algorithm for automatic traffic light transitions. in 2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). 2015. IEEE.
- [17] Najini, H. and S.A. Muthukumaraswamy, Investigation on the selection of piezoelectric materials for the design of an energy harvester system to generate energy from traffic. International Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. 3(2): p. 257722.
- [18] Peigney, M. and D. Siegert, Piezoelectric energy harvesting from traffic-induced bridge vibrations. Smart Materials and Structures, 2013. 22(9): p. 095019.
- [19] Batishcheva, O. and A. Ganichev, Creative approaches to organization and safety of road traffic. Transportation Research Procedia, 2017. 20: p. 36-40.
- [20] Triono, A.D., et al. *Utilization of pedestrian movement on the sidewalk as a source of electric power for lighting using piezoelectric sensors.* in 2018 3rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE). 2018. IEEE.
- [21] Rego, R.C.B. and R.S. Semente, *Presence sensor for people detection and reduction of pedestrian waiting time in traffic light.* BTSym 2018 Proceedings., 2018. 1.
- [22] Sun, C., G. Shang, and H. Wang, *On piezoelectric energy harvesting from human motion.* Journal of Power and Energy Engineering, 2019. 7(1): p. 155-164.
- [23] He, M., et al., Study of a piezoelectric energy harvesting floor structure with force amplification mechanism. Energies, 2019. 12(18): p. 3516.
- [24] Karmakar, D., et al., Energy harvesting from pedestrian movement using piezoelectric material. Materials Today: Proceedings, 2022. 57: p. 391-397.
- [25] Malki, Z., et al. *Pedestrian crossing system for the mechanical energy harvesting using piezoelectric materials.* in IOP conference series: materials science and engineering. 2020. IOP Publishing.
- [26] VİKİPEDİ. *Bursa'nın ilçeleri.* 2024 3 Ocak 2024]; Available from: https://tr.wikipedia.org/wiki/Bursa%27n%C4%B1n_il%C3%A7eleri.
- [27] GotoBursa, B.T.P. *Nüfus, Konum, İklim ve Coğrafya.* [cited 04 Ocak 2024; Available from: <https://www.bursa.com.tr/tr/sayfa/nufus-konum-iklim-ve-cografya-47/>.
- [28] Öksüz, M.İ. And Y. Eyigün, *Geometrik Düzenlemelerin Yaya Trafığı Ve Araç Trafığına Etkileri (Bahçelievler Örneği).* 2023, Istanbul Ticaret University.
- [29] Fidan, A.N., A. Karadeniz, And G. Gelişen, *Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Sistemleri Yönetimi "Bursa Şehri İncelemesi".* Ankara/Turkey, 2022: P. 26.
- [30] Tressler, J.F., S. Alkoy, and R.E. Newnham, *Piezoelectric sensors and sensor materials.* Journal of electroceramics, 1998. 2: p. 257-272.

ÖZGEÇMİŞ

Gizem ÇELİK, 2016 yılında başladığı Yalova Üniversitesi Ulaştırma Mühendisliği Bölümünden 2021 yılında mezun oldu. 2021 yılında aynı üniversitede Ulaştırma ve Lojistik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans yapmaya başladı. İş hayatına BTC Bilişim Hizmetleri firmasında SAP Basis Danışmanı olarak başladı. Burada firmaların sahip oldukları SAP sistemlerinin kurulumu, konfigürasyonu, sistemlerin güncel versiyonlara yükseltilmesi ve mevcut veri tabanı da dahil tüm sistemin sorunsuz bir şekilde çalışmasını yönetmektedir. Kariyer hayatına burada devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Çelik, G., Abut, Y., “Development of Accessible Pedestrian Signals (APS) with piezoelectricity”, In Proc. 1st International Conference on Frontiers in Academic Research, (ISBN: 978-605-72325-5-7), 2023, pp. 506-510.

DİĞER YAYIN VE ESERLER

Çelik, G., Abut, Y., “Yoğun trafik altındaki ssb kaplamanın mekanistik tasarımı ve tasarım parametrelerinin duyarlılık analizi”, In Proc. International Marmara Sciences Congress (Autumn), (ISBN: 978-605-70762-2-9), 2021, pp. 290-295.